



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANAIS DO XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA TRABALHOS DO EIXO 6: MUDANÇA, VARIABILIDADE E RITMO CLIMÁTICO



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

INFLUÊNCIA DO EL NIÑO E ATLÂNTICO TROPICAL NAS CHUVAS DO NORDESTE DO BRASIL

JONAS TEIXEIRA NERY¹
OLIVER MESEGUER-RUIZ²
BEATRIZ SIQUEIRA³

RESUMO

A precipitação na região nordeste do Brasil apresenta variabilidade de ano para ano, com períodos nos quais a seca é acentuada e prolongada e períodos em que a precipitação é mais abundante. Sabe-se a influência dos mecanismos atmosféricos e oceânicos (oceano Pacífico e oceano Atlântico Sul tropical), que afetam essa dinâmica. Os vórtices ciclônicos de altos níveis, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as ondas de leste, as brisas marítimas, principalmente na costa da região, algumas vezes as frentes frias, principalmente mais ao sul da área estudada, assim como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), são eventos que explicam a dinâmica da chuva nessa região. Episódios de El Niño (déficit de chuva) e La Niña (excesso de chuva) também constituem uma dinâmica muito importante. Para o desenvolvimento do referido trabalho foram usados dados em ponto de grade, para analisar as chuvas. Dados da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) foram utilizados nas análises da temperatura do oceano Pacífico (setor EN3.4) e do oceano Atlântico tropical sul. Os resultados demonstram correlações marcadas entre a dinâmica do oceano Pacífico e do Atlântico tropical sul.

Palavras-chave: Índices; Oceanos; Variabilidade; El Niño 3.4.

ABSTRACT

Precipitation in the northeastern region of Brazil varies from year to year, with periods in which the drought is severe and prolonged and periods in which precipitation is more abundant. The influence of atmospheric and oceanic mechanisms (Pacific Ocean and tropical South Atlantic Ocean), which affect this dynamic, is known. The high level cyclonic vortices, the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), the east waves, the sea breezes, mainly on the coast of the region, sometimes the cold fronts, mainly further south of the studied area, as well as the South Atlantic Convergence (ZCAS), are events that explain the dynamics of rain in this region. Episodes of El Niño (rain deficit) and La Niña (excessive rain) are also very important dynamics. For the development of this work, data were used in grid point to analyze the rains. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) data were used in the analysis of the temperature of the Pacific Ocean (sector EN3.4) and the tropical Atlantic Ocean. The

¹ Professor Doutor, pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, jtn102040@hotmail.com

² Doutor em Geografia, Departamento de Ciências Históricas e Geográficas, Universidad de Tarapacá. Arica, Chile, omesequer@uta.cl

³ Doutora em Geografia, Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, beatriz.siqueira09@hotmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

results demonstrate marked correlations between the dynamics of the Pacific Ocean and the southern tropical Atlantic.

Keywords: Indexes; Oceans; Variability; El Niño 3.4.

1. Introdução

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre o Pacífico Equatorial e o gradiente meridional de anomalias de TSM sobre o Atlântico Tropical modulam conjuntamente uma grande parte da variância interanual do clima sobre a América do Sul. A combinação das circulações atmosféricas anômalas induzidas pelas distribuições espaciais de TSM sobre os oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico Tropical afetam o posicionamento latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico, influenciando desta forma a distribuição da pluviometria sobre a bacia do Atlântico e norte da América do Sul.

Embora a variabilidade interanual da TSM e dos ventos sobre o Atlântico Tropical seja significativamente menor do que aquela observada sobre o Pacífico Equatorial, essas variáveis têm profunda influência na variabilidade climática sobre a América do Sul, principalmente sobre a região Nordeste do Brasil (NEB) (Hastenrath, 1984; Nobre e Shukla, 1996).

Em alguns anos, notadamente aqueles nos quais o fenômeno ENOS coincide com a época da estação chuvosa sobre o norte do Nordeste (de fevereiro a maio), embora as distribuições de TSM sobre o Pacífico equatorial tenham um efeito decisivo na pluviometria sobre o norte do Nordeste e leste da Amazônia (e.g. 1958, 1972, 1983), os fenômenos atmosféricos e oceânicos sobre a bacia do Atlântico Tropical são estatisticamente mais significativos para a variabilidade interanual do clima sobre o NEB do que os fenômenos sobre o Pacífico (Chu, 1984; Hastenrath et al. 1987).

As relações entre os padrões anômalos de TSM do Atlântico com o clima do NEB foram inicialmente abordadas nos artigos de Serra (1941) e posteriormente documentadas por Hastenrath e Heller (1977).

O padrão de anomalias de TSM sobre o Atlântico Tropical comumente associado a anomalias pluviométricas sobre o Nordeste e referido na literatura como "padrão de dipolo" apresenta anomalias de TSM com sinais opostos ao norte e ao sul do equador sobre o Atlântico Tropical (Hastenrath e Heller, 1977; Moura e Shukla, 1981). Esse padrão de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

anomalias de TSM propicia a ocorrência de gradientes meridionais de anomalias de TSM, os quais impactam fortemente na posição latitudinal da ZCIT, modulando assim a distribuição sazonal de precipitação pluviométrica sobre o Atlântico Equatorial, parte norte do Nordeste do Brasil, até a parte central da Amazônia (Nobre e Shukla, 1996).

Em anos nos quais as TSM sobre o Atlântico Tropical Sul (entre a linha do equador e 15 °S) estão mais altas do que a média de longo período, durante março-abril-maio (MAM) e o Atlântico Tropical Norte (entre 5 °N e 20 °N) está menos aquecido do que a média, há formação de um gradiente meridional de anomalias de TSM no sentido norte/sul.

Nessa situação observa-se concomitantemente pressão ao nível do mar (PNM) mais baixa do que a média sobre o Atlântico Sul e mais alta do que a média sobre o Atlântico Norte, os alísios de sudeste mais fracos do que a média e os alísios de nordeste mais intensos do que a média. Além disso, também é possível observar o eixo de baixa pressão à superfície e confluência dos ventos alísios deslocado mais para sul, relativamente ao seu posicionamento médio, e totais pluviométricos acima da média sobre o norte do Nordeste (Hastenrath e Heller, 1977).

Diante do exposto acima, o objetivo deste trabalho foi comprovar os níveis de correlação existentes entre as precipitações (a partir dos seus índices) e as anomalias da TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico tropical.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento do referido trabalho foram utilizados dados em ponto de grade, um conjunto de dados disponível para a América do Sul, combinados de forma simples em campos diários com resolução espacial de 1° e 2,5° de longitude e latitude (Liebmann e Allured, 2005).

Dados das temperaturas da superfície do oceano Pacífico (setor El Niño 3.4) e do oceano Atlântico (faixa intertropical) foram obtidos no *site* da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), na seção de Índices Climáticos: série mensal da atmosfera e do oceano (Enfield et al. 1999).

As regiões homogêneas foram identificadas aplicando-se, primeiramente, análises de componentes principais (ACP) (modo S) aos dados de precipitação pluvial (Richman, 1986) e, em seguida, aplicou-se Análise de Cluster aos resultados obtido da ACP.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A Análise de Cluster (Everitt, et al. 1991), é uma técnica de natureza qualitativa, visando formar grupos (também chamados de Cluster), com base em um conjunto de dados multivariados. Esta análise é baseada principalmente na determinação de distâncias (medidas de aproximação ou semelhanças entre objetos).

Desenvolve-se através da divisão sucessiva da população total em subgrupos significativos através de diferentes etapas: 1) encontre a distância euclidiana métrica entre os diferentes indivíduos; 2) construir uma matriz das distâncias obtidas; 3) formar um primeiro subgrupo a partir do método vizinho mais próximo; 4) encontrar as distâncias do subgrupo formado pelas matrizes de menor distância em relação aos demais indivíduos e formar uma matriz distância; 5) formar um segundo subgrupo e determinar as novas distâncias e matrizes (assim por diante até que todas as matrizes sejam classificadas) e 6) formar um dendograma correspondente aos resultados obtidos e o tipo de análise realizada.

Uma vez obtidas as áreas homogêneas, obteve-se para cada uma dessas áreas (denominadas de grupos) o índice de precipitação (IPP), definido da seguinte maneira:

$$IPP = \frac{\overline{P}_i - \overline{\overline{P}}}{\overline{\overline{P}}} \quad (1)$$

Sendo \overline{P}_i a média da precipitação acumulada para cada ano e $\overline{\overline{P}}$ a média das médias de \overline{P}_i . Dessa forma, esse índice constitui uma anomalia relativa gerada para cada área homogênea.

Esses índices pluviométricos foram correlacionados a temperaturas dos eventos La Niña e El Niño no setor 3.4 e com as temperaturas do oceano Atlântico Tropical Sul e Norte (Tabela 1 e Figura 1).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

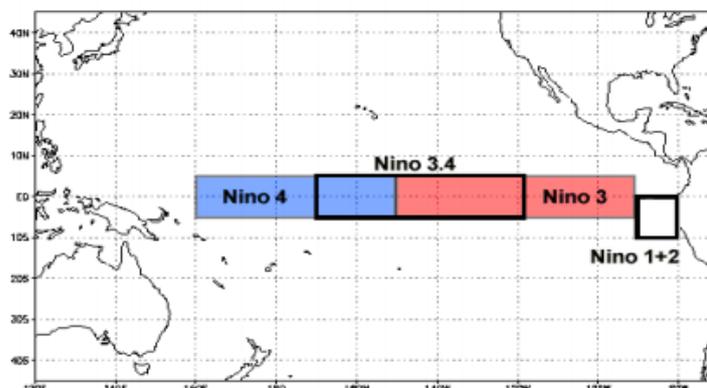
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 1 – Ocorrência dos eventos El Niño e La Niña.

El Niño			La Niña		
Começo do evento	Fim do evento	Tempo do evento	Começo do evento	Fim do evento	Começo do evento
Setembro/68	Março/70	19	Julho/70	Janeiro/72	19
Abril/72	Março/73	12	Junho/73	Junho/74	13
Agosto/76	Março/77	8	Setembro/74	Abril/76	20
Julho/76	Março/77	7	Setembro/84	Junho/85	10
Outubro/79	Abril/80	16	Mai/88	Junho/89	14
Abril/82	Julho/83	16	Setembro/95	Março/96	7
Agosto/86	Fevereiro/88	19	Julho/98	Junho/00	24
Março/91	Julho/92	17	Julho/00	Fevereiro/01	8
Fevereiro/93	Setembro/93	8			
Junho/94	Março/95	10			
Abril/97	Junho/98	15			
Abril/02	Março/03	12			
Junho/04	Abril/05	11			

Fonte: Trenberth, 1997.

Figura 1. Regiões de monitoramento do ENOS com base na TSM.



Fonte: Trenberth et al. 2016

A correlação linear de Pearson é obtida através da seguinte expressão:

$$r = \frac{\text{cov}(x, y)}{S_x S_y} \quad (2)$$

Sendo r é a correlação linear, $\text{cov}(x,y)$ a covariância entre $x = \text{IPP}$ e $y = \text{TSAS}$, por exemplo. No denominador tem-se os desvios padrões de IPP e de TSAS, por exemplo.

O teste foi realizado através da seguinte expressão:



$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{gl}}} \quad H_0 : \rho = 0 \quad H_1 : \rho \neq 0 \quad (3)$$

Na tabela a seguir tem-se os parâmetros necessários para se realizar o teste. Foi testado a inexistência de relacionamento linear na população (H_0) e existência de relacionamento linear na população (H_1).

Tabela 2. Existência e inexistência de relacionamento linear.

Correlação	Nº de dados	Grau de liberdade	α
r	n	GL	0,05

3. Resultados e discussão

Na Figura 2 tem-se as áreas homogêneas resultante da Análise de Cluster (análise multivariada), com base nos dados de precipitação pluvial. Foram geradas oito áreas que possibilitaram os cálculos dos índices pluviométricos, portanto foram gerados oito índices.

O grupo um (GI) localiza-se a noroeste da área de estudo; grupo (GII) a nordeste; grupo três (GIII) a norte da região nordeste; grupo quatro (GIV) à oeste; grupo cinco (GV) também a leste; grupo seis (GVI) à sul/centro; grupo sete (GVII) à leste e grupo oito (GVIII) à sudeste.

Esses índices foram correlacionados com a temperatura do oceano Pacífico (EM 3.4) e oceano Atlântico tropical (abaixo da linha do Equador).

Ressalta-se que no nordeste do Brasil foram geradas oito áreas, utilizando a Análise de Cluster e com base nessas áreas obteve-se a correlação linear de Pearson. Assim foram denominadas essas áreas: GI à noroeste da área de estudo; GII, à nordeste da área de estudo; GIII à norte da região nordeste; GIV a oeste; GV à leste da área de estudo; GVI parte central da área de estudo; GVII à leste da região nordeste e GVIII à sudeste da área de estudo (Figura 2).

Sabe-se que eventos La Niña estão associados com mais chuvas no NEB, ou seja, nesses eventos as temperaturas no oceano Pacífico ficam abaixo da média climatológica para o setor (EN 3.4), implicando em aumento de chuva em grande parte da área de estudo.

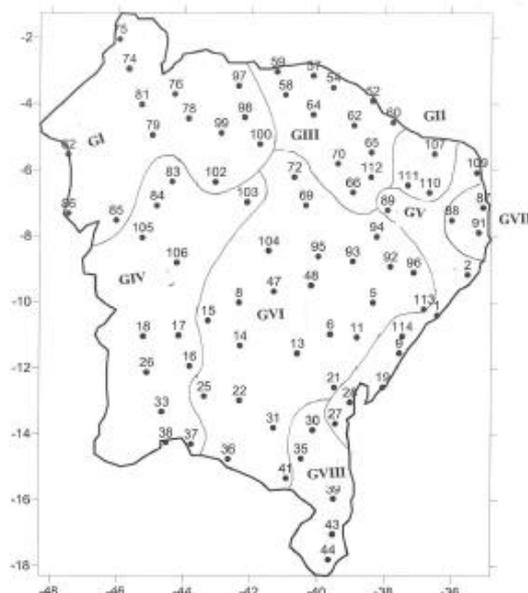


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2. Áreas homogêneas geradas a partir da análise de cluster.



Desta forma, as correlações lineares realizadas deveriam ser negativas, porém a inércia dos oceanos, devido a sua capacidade térmica, resulta em influência dessa diminuição da temperatura após certo tempo, não ocorrendo uma vinculação instantânea entre um (diminuição de temperatura no oceano Pacífico) e outro evento (aumento de temperatura no nordeste do Brasil). O resultado consiste, então, em defasagens de respostas na ocorrência de um em relação a outro.

Na Tabela 3 pode-se observar que foram realizadas correlações para os eventos selecionados, considerando-se a não ocorrência de defasagem (SD), com defasagens de um mês (DF1), dois meses (DF2), três meses (DF3), até defasagem de oito meses (DF8). Isso significa que o índice de precipitação pluvial para o grupo um (GI), correlacionado com o evento no Pacífico setor 3.4, apresentou algumas correlações significativas.

Por exemplo, no evento ocorrido em 1970/1972, há correlação linear significativa (-0,70, -0,73 e -0,61) com defasagem de um, dois e três meses respectivamente, ou seja, o evento La Niña resultou em interferência na chuva nessa área (Grupo 1, GI) de maneira negativa. Também foi observado que nos eventos 1973/1974, 1984/1985, 1988/1989,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1998/2000 e 2007/2008 ocorreram correlação negativa de até cinco meses, como, por exemplo, nos anos 2007/2008.

No grupo I (G1) tem-se correlações positivas em 1973/1974, DF8 (0,62), 1984/1985, DF7 (0,72) e DF8 (0,64), em 1998/2000, DF8 (0,71) e em 2007/2008, 0,62 (DF7 e DF8 (0,91).

Tem-se a correlação linear para o grupo II (GII) e observa-se correlações negativas significativas em 1970/1972 (-0,74 e -0,71, defasagem de dois e três meses, respectivamente), 1988/2000 (-0,67 e 0,69, com defasagem de dois e três meses, respectivamente), 2007/2008 (-0,81 e 0,68, com defasagem de dois e três meses respectivamente). Também em 1984/1985 e 2007/2008 pode-se observar que apresentaram correlações positivas (0,63, 0,62 e 0,69, em 1984/1985, com defasagem de cinco, seis e sete meses, assim como em 2007/2008 correlação positiva de 0,75, com defasagem de oito meses.

No grupo III (GIII) só ocorreu defasagem positiva nos eventos 1984/1985 (0,63 e 0,64) e 2007/2008 (0,80), com defasagem de oito meses. As demais correlações negativas (em vermelho) foram significativas. Os demais eventos apresentaram correlações negativas, significativas, com diferentes defasagens. Os valores dessas correlações oscilaram entre -0,61 e -0,90, nesse grupo.

O grupo quatro (GIV) apresentou correlações negativas em praticamente todos os eventos analisados. Somente os anos 1974/1976 e 1984/1985 não apresentaram nem correlações positivas ou negativas, significativas.

Observou-se que as correlações significativas, dentro dos evento La Niña, analisados ocorreram com diferentes defasagens.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 3. Correlação entre índice de chuva (IPP) e Temperatura da Superfície do Mar no oceano Pacífico (EN3.4), na região do Nordeste do Brasil, para os grupos obtidos através da análise de cluster.

GI

IPP(EN3.1)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	-0,35	-0,70	-0,73	-0,61	-0,17	0,13	0,38	0,48	0,52
1973/1974	0,09	-0,36	-0,77	-0,92	-0,85	-0,56	-0,06	0,39	0,62
1974/1976	0,43	0,17	-0,07	-0,15	-0,22	-0,18	-0,06	0,05	0,11
1984/1985	-0,11	-0,51	-0,70	-0,54	-0,17	0,05	0,50	0,72	0,64
1988/1989	0,22	-0,16	-0,52	-0,69	-0,71	-0,60	-0,01	0,40	0,50
1998/2000	-0,11	-0,54	-0,86	-0,85	-0,60	-0,26	0,16	0,48	0,71
2007/2008	-0,25	-0,74	-0,94	-0,68	-0,31	-0,04	0,31	0,62	0,91

GII

IPP(EN3.1)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	-0,29	-0,56	-0,74	-0,61	-0,34	-0,03	0,09	0,31	0,41
1973/1974	0,19	-0,23	-0,64	-0,85	-0,81	-0,62	-0,19	0,21	0,44
1974/1976	0,46	0,31	0,10	-0,02	-0,10	-0,08	0,06	0,07	0,05
1984/1985	-0,30	-0,33	-0,02	-0,07	0,31	0,63	0,62	0,69	-0,08
1988/1989	-0,14	-0,22	-0,45	-0,32	-0,45	-0,41	0,48	0,46	0,34
1998/2000	-0,04	-0,43	-0,67	-0,69	-0,48	-0,26	0,03	0,12	0,34
2007/2008	0,12	-0,51	-0,81	-0,68	-0,45	-0,13	0,16	0,34	0,75

Os grupos GVI, GVII e GVIII apresentaram correlações positivas e negativas, com predominância de correlações negativas significativas. No GVI nota-se sete correlações negativas e três correlações positivas significativas. O grupo VII (GVII) apresentou mais correlações significativas positivas, mas com diferentes defasagens, assim como no grupo oito (GVIII).

Os valores destacados em negrito, tanto na Tabela 3 quanto na Tabela 4, são indicativos de correlações significativas.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Continuação da Tabela 3

GIII									
IPP(EN3.1)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,53	0,40	-0,04	-0,61	-0,61	-0,51	-0,50	-0,27	-0,03
1973/1974	0,85	0,62	0,05	-0,35	-0,76	-0,90	-0,83	-0,44	-0,17
1974/1976	0,45	0,28	0,04	-0,06	-0,09	-0,08	-0,01	0,06	0,11
1984/1985	0,01	-0,33	-0,65	-0,74	-0,39	0,04	0,44	0,63	0,64
1988/1989	0,40	0,09	-0,32	-0,59	-0,66	-0,70	-0,35	0,10	0,30
1998/2000	0,00	-0,42	-0,78	-0,82	-0,61	-0,32	0,06	0,28	0,52
2007/2008	-0,06	-0,64	-0,90	-0,68	-0,37	-0,08	0,18	0,46	0,80
GV									
IPP(EN3.1)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,53	0,40	-0,04	-0,61	-0,61	-0,51	-0,50	-0,27	-0,03
1973/1974	0,85	0,62	0,05	-0,35	-0,76	-0,90	-0,83	-0,44	-0,17
1974/1976	0,14	0,16	0,27	0,34	0,28	0,15	0,16	0,22	0,13
1984/1985	0,35	0,13	-0,14	-0,57	-0,59	-0,26	-0,09	-0,07	-0,17
1988/1989	0,56	0,60	0,41	-0,03	-0,43	-0,75	-0,52	-0,31	-0,16
1998/2000	0,68	0,55	0,29	0,01	-0,49	-0,71	-0,75	-0,71	-0,37
2007/2008	0,62	0,28	-0,05	-0,52	-0,84	-0,85	-0,56	-0,22	0,28
GVI									
IPP(EN3.1)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,01	-0,33	-0,40	-0,34	0,15	0,35	0,41	0,43	0,22
1973/1974	0,01	-0,33	-0,40	-0,34	0,15	0,15	0,35	0,41	0,43
1974/1976	0,32	0,18	0,28	0,29	0,08	0,20	0,41	0,51	0,30
1984/1985	-0,25	-0,58	-0,59	-0,24	0,20	0,18	0,54	0,41	0,18
1988/1989	-0,14	-0,22	-0,45	-0,32	-0,45	-0,41	0,48	0,46	0,34
1998/2000	-0,60	-0,71	-0,66	-0,35	0,01	0,31	0,57	0,61	0,59
2007/2008	-0,35	-0,83	-0,85	-0,59	-0,33	0,08	0,47	0,82	0,89
GVII									
IPP(EN3.1)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	-0,48	-0,29	0,07	0,41	0,54	0,65	0,44	0,12	-0,25
1973/1974	-0,69	-0,90	-0,71	-0,29	-0,29	0,06	0,34	0,64	0,77
1974/1976	0,42	0,25	0,19	0,12	-0,01	0,05	0,16	0,13	0,03
1984/1985	0,04	-0,29	-0,61	-0,77	-0,38	0,06	0,44	0,48	0,35
1988/1989	0,23	0,02	-0,26	-0,26	-0,43	-0,50	-0,41	0,00	0,09
1998/2000	0,01	-0,34	-0,56	-0,52	-0,50	-0,43	-0,10	0,10	0,41
2007/2008	-0,09	-0,61	-0,79	-0,63	-0,40	-0,15	0,08	0,28	0,71



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Continuação da Tabela 4

GVIII									
IPP(EN3.1)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,22	0,08	0,23	0,32	0,38	0,11	0,14	-0,11	-0,24
1973/1974	-0,65	-0,65	-0,55	-0,62	-0,42	-0,15	0,33	0,44	0,77
1974/1976	-0,19	-0,09	0,13	0,29	0,18	0,20	0,30	0,43	0,37
1984/1985	-0,41	-0,57	-0,30	0,34	0,63	0,41	0,28	0,11	-0,07
1988/1989	-0,20	-0,29	-0,24	-0,11	-0,13	-0,05	0,60	0,47	0,25
1998/2000	-0,43	-0,46	-0,42	-0,13	0,15	0,28	0,36	0,38	0,47
2007/2008	-0,64	-0,67	-0,26	-0,08	-0,13	0,51	0,73	0,75	0,36
GIV									
IPP(EN3.1)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	-0,33	-0,38	-0,20	0,07	0,44	0,57	0,57	0,42	0,04
1973/1974	-0,42	-0,66	-0,85	-0,85	-0,78	-0,40	0,07	0,47	0,69
1974/1976	0,13	-0,07	-0,12	-0,16	-0,28	-0,09	0,22	0,36	0,30
1984/1985	-0,19	-0,09	0,13	0,29	0,18	0,20	0,30	0,43	0,37
1988/1989	-0,47	-0,63	-0,70	-0,44	-0,36	0,07	0,66	0,61	0,46
1998/2000	-0,72	-0,78	-0,64	-0,28	0,12	0,41	0,67	0,75	0,66
2007/2008	-0,69	-0,94	-0,74	-0,32	-0,04	0,47	0,77	0,83	0,57

Na Tabela 4 tem-se as correlações do índice pluviométrico com a temperatura da superfície do Atlântico Tropical Sul (TSAS) e observou-se que o padrão de correlações positivas e negativas permanece (semelhantes as correlações obtidas anteriormente) e estão distribuídos principalmente ao longo das defasagens.

No caso do evento La Niña esperava-se correlação negativa, pois quando este evento ocorre, as águas de Pacífico estão mais frias, ou seja, temperaturas abaixo da normal climatológica no oceano, associado com mais chuvas na área estudo. Sendo assim pode-se observar que de fato isso ocorreu, embora com defasagens diferentes para cada evento.

Estas defasagens podem estar associadas a inércia dos oceanos, o que implica em defasagem das anomalias dos oceanos em relação a chuva em grande parte do nordeste brasileiro. Sabe-se que as anomalias do oceano Atlântico tropical implica estão associadas na explicação de grande parte das chuvas do norte do nordeste do Brasil. A presença do dipolo entre o oceano Atlântico tropical norte e Atlântico tropical Sul é que determina a posição da ZCIT mais aprofundada no norte do nordeste brasileiro, ou seja, quando as águas do



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

oceanos Atlântico tropical sul estão mais quentes (temperaturas maiores) em relação ao oceano Atlântico norte a ZCIT penetrará mais na parte continental da área estudada, refletindo em mais chuva sobre essa região.

Tabela 4. Correlação entre índice de chuva (IPP) e Temperatura da Superfície do Mar no oceano Atlântico equatorial, na região do Nordeste do Brasil, para os grupos obtidos através da análise de cluster.

GI									
IPP(TSAS)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,56	0,19	-0,03	-0,41	-0,62	-0,58	-0,35	-0,06	0,18
1973/1974	-0,75	-0,87	-0,68	-0,25	0,20	0,48	0,78	0,79	0,59
1974/1976	-0,47	-0,34	-0,12	0,22	0,46	0,51	0,52	0,50	0,50
1984/1985	0,00	0,03	0,07	0,08	0,32	0,23	0,11	0,07	-0,11
1988/1989	-0,20	-0,44	-0,42	-0,46	-0,52	-0,41	-0,06	0,24	0,31
1998/2000	-0,24	-0,54	-0,62	-0,61	-0,26	-0,04	0,30	0,57	0,72
2007/2008	0,45	-0,02	-0,54	-0,80	-0,84	-0,76	-0,46	0,01	0,67

GII									
IPP(TSAS)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,50	0,39	0,13	-0,26	-0,58	-0,46	-0,35	-0,15	0,00
1973/1974	-0,65	-0,87	-0,72	-0,30	0,07	0,33	0,62	0,80	0,57
1974/1976	-0,33	-0,28	-0,20	0,11	0,42	0,45	0,38	0,43	0,46
1984/1985	-0,01	0,00	0,08	-0,02	0,18	0,34	0,16	0,22	-0,14
1988/1989	-0,10	-0,20	-0,32	-0,25	-0,47	-0,58	-0,20	-0,12	0,13
1998/2000	-0,01	-0,34	-0,41	-0,59	-0,28	-0,22	0,22	0,35	0,75
2007/2008	0,64	0,23	-0,23	-0,50	-0,70	-0,74	-0,55	-0,34	0,31

GIII									
IPP(TSAS)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,65	0,40	0,16	-0,20	-0,55	-0,61	-0,48	-0,21	0,01
1973/1974	-0,65	-0,88	-0,77	-0,37	0,07	0,36	0,67	0,82	0,64
1974/1976	-0,38	-0,33	-0,22	0,11	0,39	0,46	0,50	0,48	0,54
1984/1985	-0,05	0,03	0,09	0,05	0,25	0,33	0,23	0,17	-0,10
1988/1989	0,00	-0,31	-0,35	-0,33	-0,52	-0,49	-0,18	0,08	0,23
1998/2000	-0,13	-0,40	-0,51	-0,65	-0,37	-0,17	0,23	0,43	0,78
2007/2008	0,55	0,10	-0,39	-0,65	-0,77	-0,74	-0,54	-0,18	0,50



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

GV

IPP(TSAS)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,55	0,61	0,56	0,47	0,20	-0,26	-0,61	-0,61	-0,43
1973/1974	0,10	-0,50	-0,84	-0,75	-0,49	-0,27	0,17	0,61	0,71
1974/1976	0,10	0,09	-0,12	-0,24	-0,07	0,11	0,20	0,41	0,59
1984/1985	-0,34	-0,64	-0,35	-0,44	-0,19	0,27	0,48	0,59	0,25
1988/1989	0,28	0,26	0,12	-0,21	-0,35	-0,56	-0,46	-0,32	-0,33
1998/2000	0,51	0,19	-0,07	-0,33	-0,32	-0,45	-0,41	-0,36	-0,13
2007/2008	0,97	0,85	0,70	0,23	-0,36	-0,77	-0,93	-0,85	-0,56

GVI

IPP(TSAS)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,00	-0,17	-0,12	-0,35	-0,47	-0,20	-0,13	0,18	0,31
1973/1974	-0,74	-0,75	-0,47	-0,06	0,38	0,59	0,74	0,58	0,30
1974/1976	0,12	0,28	0,33	0,51	0,63	0,51	0,32	0,00	0,03
1984/1985	-0,03	-0,04	-0,01	0,00	0,35	0,16	0,03	0,08	-0,21
1988/1989	-0,34	-0,51	-0,14	-0,44	-0,23	-0,08	0,02	0,12	-0,12
1998/2000	-0,30	-0,53	-0,42	-0,18	0,44	0,25	0,25	0,40	0,44
2007/2008	0,36	-0,18	-0,58	-0,74	-0,82	-0,69	-0,24	0,34	0,82

GVII

IPP(TSAS)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	0,64	0,36	0,06	-0,32	-0,54	-0,53	-0,66	-0,37	-0,13
1973/1974	-0,69	-0,90	-0,71	-0,29	-0,29	0,06	0,34	0,64	0,77
1974/1976	-0,21	-0,12	-0,12	0,09	0,34	0,34	0,37	0,50	0,60
1984/1985	-0,38	-0,36	-0,09	-0,08	0,38	0,63	0,70	0,72	-0,04
1988/1989	-0,03	-0,13	-0,17	-0,37	-0,50	-0,58	-0,28	-0,06	-0,06
1998/2000	0,02	-0,33	-0,38	-0,55	-0,27	-0,24	0,13	0,37	0,62
2007/2008	0,57	0,15	-0,26	-0,56	-0,77	-0,76	-0,56	-0,45	0,09

GVIII

IPP(TSAS)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	-0,50	-0,33	0,07	-0,05	0,03	0,51	0,65	0,41	0,37
1973/1974	-0,65	-0,88	-0,77	-0,37	0,07	0,36	0,67	0,82	0,64
1974/1976	0,32	0,46	0,47	0,30	0,55	0,43	-0,06	-0,46	-0,33
1984/1985	0,08	-0,01	0,15	0,47	0,55	-0,16	-0,51	-0,39	-0,34
1988/1989	-0,44	-0,45	-0,02	-0,18	-0,09	0,19	-0,02	0,06	-0,20
1998/2000	-0,13	-0,34	-0,30	0,09	0,58	0,16	0,02	0,30	0,46
2007/2008	-0,39	-0,71	-0,79	-0,65	-0,68	-0,03	0,56	0,77	0,72



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

GIV

IPP(TSAS)	SD	DF1	DF2	DF3	DF4	DF5	DF6	DF7	DF8
1970/1972	-0,33	-0,44	-0,33	-0,55	-0,59	0,00	0,31	0,48	0,55
1973/1974	-0,73	-0,56	-0,21	0,20	0,61	0,74	0,78	0,43	0,11
1974/1976	-0,17	0,00	0,22	0,50	0,67	0,56	0,27	-0,12	-0,26
1984/1985	-0,12	0,03	0,17	0,45	0,67	0,25	-0,10	-0,17	-0,46
1988/1989	-0,58	-0,65	-0,32	-0,42	-0,07	0,14	0,22	0,29	0,08
1998/2000	-0,43	-0,56	-0,40	-0,02	0,45	0,40	0,43	0,55	0,40
2007/2008	-0,10	-0,61	-0,90	-0,84	-0,73	-0,33	0,29	0,77	0,91

4. Considerações finais

As correlações entre os índices de precipitação e temperaturas El Niño 3.4 foram significativas com diferentes defasagens, podendo-se observar marcadas correlações que oscilam entre -0,60 e 0,94 em toda a área de estudo.

Também pode-se observar que o oceano Atlântico tropical sul influencia na chuva do nordeste brasileiro, com correlação significativa entre a temperatura da superfície do mar no oceano Atlântico Tropical sul e a incidência da precipitação na área de estudo, podendo-se observar, com diferentes defasagens, valores de correlação significativas entre -0,60 e -0,90.

5. Referências

CHU, P. S. Time and space variability of rainfall and surface circulation in the northeast Brazil - tropical Atlantic sector. *J. Meteorol. Soc. Japan*, 62, 363-370, 1984.

ENFIELD, D.B.; MESTAS-NUÑEZ, A. M.; MAYER, D. A. y CID-SERRANO, J.L. "How ubiquitous is the dipole relationship in tropical Atlantic sea surface temperatures?" *Journal of Geophysical Research*, 104, pp. 7841-7848, 1999.

EVERITT, B. S. y GRAHAM, D. Applied multivariate data analysis. Edward Arnold. USA, British Library Cataloguing in Publication Data, 1991.

LIEBMANN, B.; ALLURED, D. Daily precipitation grids for South America. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 86, n. 11, p. 1567, 2005.

RICHMAN, M. B. Rotation of principal components. *International Journal of Climatology*, 6, pp. 293-335, 1986.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in north-east Brazil. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 110, 411-425, 1977.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

HASTENRATH, S. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1097-1107, 1984.

HASTENRATH, S.; CASTRO, L. C.; ACEITUNO, P. Aceituno, The Southern Oscillation in the tropical Atlantic sector. *Contrib. Atmos. Phys.*, 60, 447-463, 1987.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 38, 2653-2675, 1981.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *J. Climate*, in press, 1996.

SERRA, A. B. The general circulation over South America. *Bull. of the Am. Meteorol. Soc.*, 22, 173-179, 1941.

TRENBERTH, K.; TIMOTHY, J. H. EL Niño and climate change. *Geophysical Research Letters*, Vol. 24, n. 23, Pages 3057-3060, December, 1997.

TRENBERTH, K. e National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Última alteração em 02 fev 2016. "The Climate Data Guide: Nino SST Indices (Nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI)." Disponível em: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-andtni>. Acesso em 03/01/2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ABORDAGEM MICROCLIMÁTICA SOBRE O CAMPO TÉRMICO NO TERRITÓRIO QUILOMBOLA MORRO DE SÃO JOÃO, TOCANTINS

LUCAS BARBOSA E SOUZA¹
CÁSSIA DE SOUZA CASTRO²

RESUMO

Este artigo busca abordar a questão da temperatura do ar ao longo de um território quilombola localizado na porção sul do Estado do Tocantins. Trata-se do território da Comunidade Quilombola Morro de São João, no município de Santa Rosa do Tocantins (TO). A comunidade foi reconhecida em 2006, mas suas terras têm sido incorporadas pelo agronegócio para a produção de grãos, em razão da regularização fundiária ainda não ter sido concluída. O território tem sofrido mudanças ambientais causadas pela retirada da vegetação de Cerrado e, segundo os quilombolas, os microclimas têm sido afetados pela elevação do calor. Os resultados obtidos com o uso de transecto móvel, em episódios de inverno e primavera, mostram que diferenças térmicas significativas podem ocorrer entre diferentes tipos de uso e cobertura do solo, a depender da época do ano e das condições atmosféricas.

Palavras-chave: Temperatura do ar; Transecto móvel; Comunidade quilombola.

ABSTRACT

This paper seeks to approach the issue of air temperature over a quilombola territory located in the south of the State of Tocantins. It's the territory of the Quilombola Community Morro de São João, in the municipality of Santa Rosa do Tocantins (TO). The community was recognized in 2006, but its land has been incorporated by agribusiness for the production of grains, due to land regularization not yet concluded. The territory has undergone environmental changes caused by the removal of Cerrado vegetation and, according to quilombolas, microclimates have been affected by rising heat. The results obtained with the use of mobile transect, in winter and spring episodes, show that significant thermal differences can occur between different types of use and land cover, depending on the time of year and atmospheric conditions.

Keywords: Air temperature; Mobile transect; Quilombola Community.

1. Introdução

O Cerrado brasileiro tem sido utilizado por diferentes grupos sociais, com seus mais divergentes interesses, e isso tem ocasionado desmedido distúrbio ao ambiente. Em vista

¹ Doutor em Geografia, Professor da UFT, lbsgeo@uft.edu.br

² Graduanda em Geografia (Bacharelado) pela UFT e bolsista PIBIC/CNPq, castro.s.c.uft@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

disso, é inequívoca a necessidade de se ordenar os diferentes tipos de uso da natureza, para uma melhor conservação do cerrado e de sua sociobiodiversidade. Conforme Bispo (2017), o cerrado tocantinense pode ser considerado um bioma-território, onde primeiramente existem disputas e conflitos que têm sido favoráveis às atividades do agronegócio, em especial para o cultivo de grãos. Dessa forma, o Tocantins vem priorizando uma lógica capitalista de exploração do cerrado, com diferentes tipos de implicações negativas.

Esse cenário demonstra provável e significativo agravamento, quando o Estado, latifundiários e demais agentes vinculados ao agronegócio exploram de maneira ostensiva os bens comuns para fins mercantis, o que gera injustiças e conflitos entre o agronegócio e as comunidades tradicionais e camponesas que habitam o campo e dependem diretamente da natureza para a sua manutenção. Tais conflitos acabam por limitar o acesso à natureza, o que influencia na sobrevivência desses povos tanto material quanto simbolicamente, conforme explicam Souza e Chaveiro (2019).

A expansão do agronegócio sobre o Cerrado deu-se especialmente por volta dos anos 1970 e 1980, direcionando-se para o Centro-Oeste e Norte do país, e gerando gradativamente uma série de problemas ambientais que afetam, entre outros componentes, a água, o clima, a flora e a fauna desse bioma-território. Como mencionado, esses problemas recaem sobre grupos que construíram profunda relação de interdependência com a natureza no que se refere aos seus modos de vida, como é o caso dos quilombolas.

O agronegócio, quando introduzido em um espaço natural, altera significativamente a paisagem, em virtude da supressão da vegetação nativa para a implantação de monoculturas e da pecuária. Consequentemente, estimula alterações no clima dessas áreas, escassez hídrica, processos erosivos e extinção de espécies, entre outros problemas (MAITELLI; OLIVEIRA, 2011). A monocultura desenvolvida nos latifúndios tem impactado o meio social e físico-natural, pois além da degradação ambiental interrompe, por exemplo, os processos de reprodução da cultura popular, já que des(re)territorializa os sujeitos que vivem no campo. Além disso, os agrossistemas do agronegócio demandam o uso crescente de produtos agroquímicos, o que ocasiona grandes impactos à vida. Sendo assim, atividades oriundas do agronegócio exercem grande influência sobre o modo de vida de povos originários do campo, no que diz respeito à qualidade de vida, considerando o conforto térmico, a saúde e também suas questões produtivas e culturais (CAMACHO, 2012).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Essa conjuntura que tem impactado o ambiente e a sociedade, conforme explicado por Souza (2016), gera consequências diretas sobre o clima e também implica no aumento das vulnerabilidades diante de fenômenos climáticos. Conforme Mendonça (2000), o impacto ambiental tem uma forte conotação antropocêntrica, visto que está fundamentado nos efeitos das ações de determinados agentes sobre os ecossistemas e sobre a própria sociedade e sua economia, o que produz alterações na dinâmica natural e cujos efeitos negativos retornam sobre a coletividade, em um processo de causa e efeito.

Um componente ambiental que tem sido suprimido em razão do dito cenário é a vegetação, capaz de interagir e influenciar na temperatura e umidade do ar em diferentes escalas. A cobertura vegetal contribui para a transferência de vapor de água para a atmosfera por meio do processo de evapotranspiração. Conforme Maitelli e Oliveira (2011), a evapotranspiração atua no transporte de calor latente para camadas mais altas da atmosfera. Quando esta cobertura vegetal é suprimida, o solo exposto contribui na retenção de calor e aumento da temperatura, sob a forma de calor sensível. Trata-se de um processo que varia de acordo com o tipo de superfície e seu albedo, sendo que essa variação ocorre em razão das propriedades físicas e da coloração de uma determinada estrutura ou corpo. Conclui-se que uma área com maior cobertura vegetal, considerando outras características da paisagem, tem interferência considerável na qualidade ambiental e na temperatura do ar de um determinado espaço.

Segundo Cleto (2015), a área de estudo desta pesquisa foi reconhecida como comunidade quilombola pela Fundação Cultural Palmares, certificada em 2006. Está localizada no município de Santa Rosa do Tocantins, e é composta por aproximadamente 80 famílias que, juntas, somam cerca de 300 habitantes. Já Souza e Chaveiro (2019) apontam um número menor de habitantes, tendo encontrado um total de 113 moradores durante trabalhos de campo entre o final de 2017 e o início de 2018, o que provavelmente reflete o êxodo de membros mais jovens dessa comunidade, em busca de condições de trabalho e estudo. O acesso ao território quilombola é feito por estrada vicinal, em um trecho de 14 km a partir da cidade de Ipueiras, e de 32 km da cidade de Santa Rosa do Tocantins.

De acordo com Souza e Chaveiro (2019), no decorrer das gerações, o território quilombola foi fragmentado e a maior porção de terras transferidas para fazendeiros externos à comunidade. Houve um processo de instalação de propriedades primeiramente voltadas à



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

pecuária e, posteriormente, ao cultivo de grãos, em especial a soja. Esta questão tem relação com a venda de terra pelos próprios quilombolas, transação a preços irrisórios, troca por bens de menor valor, além de pagamentos não efetuados pelos compradores, cercamentos e documentação de áreas superiores àquelas negociadas.

Assim, o território quilombola de Morro de São João vem sendo ocupado sucessivamente por agentes do agronegócio desde os anos 2000. Apesar do processo de regularização fundiária ter sido instalado em 2006 pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), até o presente momento não houve avanços, acarretando em um conjunto de grandes áreas desmatadas destinadas às lavouras temporárias e remanescentes de posse de algumas famílias quilombolas, estas utilizadas segundo um modelo distinto de produção camponesa. A cobertura e o uso do solo dessa área, no ano de 2017, podem ser visualizados por meio da Figura 1.

Em estudo realizado na Comunidade Quilombola Morro de São João, entre 2017 e 2018, Souza e Chaveiro (2019) apresentam o conjunto das mudanças territoriais, ambientais e no modo de vida dos quilombolas, considerando os períodos anterior e posterior ao avanço do agronegócio na área tradicionalmente ocupada pela comunidade. Os aspectos climáticos são destacados pelos autores como exemplo dessas mudanças, de acordo com o que foi mencionado pelos próprios quilombolas entrevistados. Considerando tal situação, esta pesquisa procura focar especificamente o aspecto microclimático no território quilombola, buscando compreender os aspectos gerais da distribuição das diferenças térmicas na área de estudo, em consonância com diferentes atributos ambientais e em distintos momentos do ano e horários do dia.

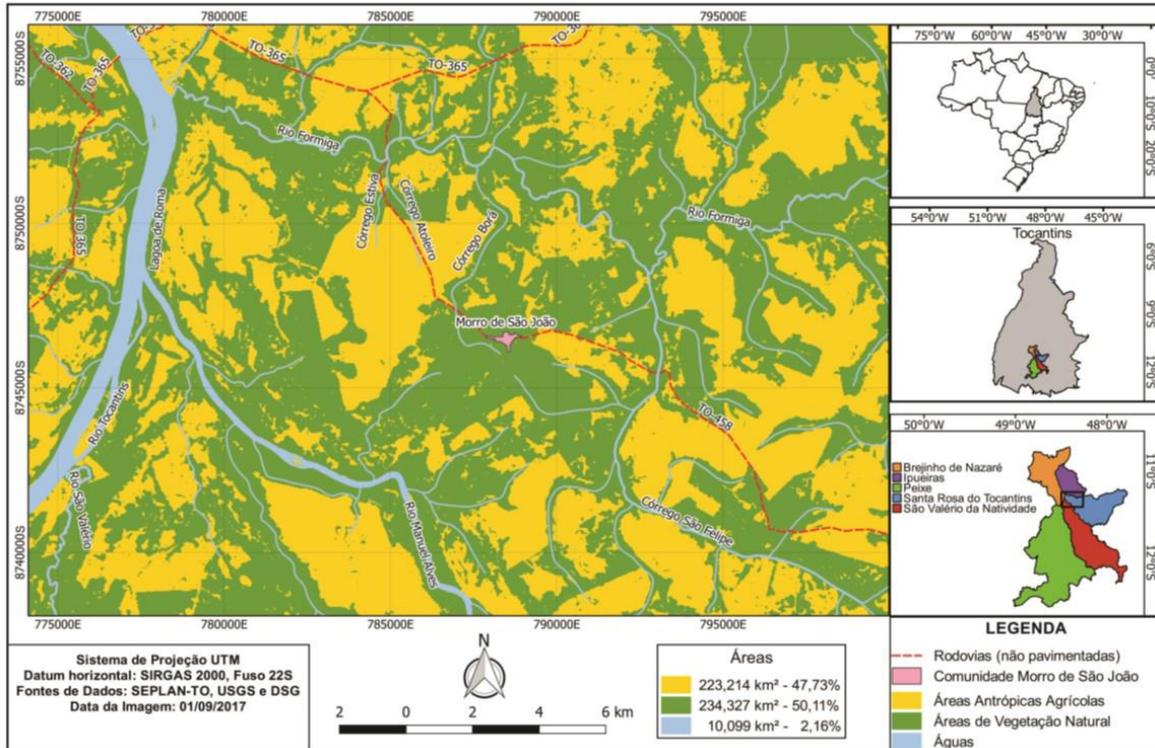


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 - Uso/coertura do solo no território quilombola e arredores (2017).



Fonte: Souza e Chaveiro (2019).

2. Metodologia

Para a análise dos microclimas do território, empregou-se a técnica nomeada de transecto móvel na coleta dos dados climáticos. Trata-se de uma estratégia com função de observar o terreno ou de representar um espaço, ao longo de um enredo linear e de acordo com a dimensão vertical, destinada a destacar uma superposição, uma sucessão espacial ou relações entre fenômenos, conforme Robic (2004, citado por FIALHO, 2019). No transecto, que pode ser fixo ou móvel, a verificação da sucessão espacial dos fenômenos, segundo Fialho (2019), desperta um tipo de raciocínio abduutivo, que não resulta em verdades absolutas, mas busca novas ideias e conhecimentos que possam indicar outras possibilidades investigativas. No caso do transecto móvel, bastante utilizado na Climatologia, a prática determina a quantidade de pontos de parada, levando em conta espaço e tempo, as diferentes características físicas vistas na paisagem dessa trajetória e a coleta dos dados climáticos, segundo recomendações de Ribeiro (1993) em relação às especificidades escalares.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A coleta dos dados climatológicos foi realizada com o auxílio de um termohigrômetro da marca Instrutherm, modelo HT-210, acoplado em um mini-abrigo de PVC e instalado na lateral de um automóvel com um distanciador de 1 metro e a uma altura aproximada de 1,5 metros do solo, como apresentado na Figura 2 (itens a, b, c, d). Ainda ao longo do transecto, foram registrados os diferentes tipos de cobertura em ambas as laterais da estrada, juntamente com as coordenadas e altitude dos pontos por GPS (Figura 2, item e), para posterior confrontação com os dados térmicos. Além disso, foram registradas imagens termográficas dos diferentes tipos de cobertura do solo, ao longo do transecto, para fins de averiguação das temperaturas de superfície, por meio de uma câmera termográfica da marca FLIR, modelo E50 (Figura 2, item f). A temperatura de superfície interfere no resultado da temperatura do ar, sendo que este recurso é utilizado no estudo da radiação infravermelha superficial, que resulta numa imagem térmica, conforme Monteiro e Leder (2011).

Foram determinados os pontos com intervalos espaciais de 500 metros, cobertura de tempo em aproximadamente 42 minutos, e comprimento total de cerca de 12 quilômetros cruzando o território quilombola por estrada não pavimentada, conforme Figura 3. Esse procedimento de coleta dos dados microclimáticos, nesse primeiro estágio da pesquisa, ocorreu no dia 11 de setembro de 2019, período de inverno (seco), e no dia 19 de dezembro, período de primavera (chuvoso). Os horários de coleta seguiram o padrão da observação meteorológica: 9h (12h UTC), 15h (18h UTC) e 21h (00h UTC). Sendo assim, essa pesquisa busca analisar os microclimas em distintos intervalos do ano e horários do dia, a fim de averiguar o comportamento dos dados em função de diferentes situações atmosféricas e condições de cobertura do solo (por exemplo, em períodos de plantio e de pousio nas áreas de lavoura). Também se utilizou como referência imagem de satélite de alta resolução e mapa de classificação de cobertura do solo, para melhor entendimento das condições de campo.

Durante os episódios selecionados para coleta dos dados, a situação atmosférica foi devidamente acompanhada por meio de cartas do tempo com seus detalhes sinóticos de 00h e 12h, conforme horários oficiais da Marinha do Brasil, imagens satélites GOES disponibilizadas pelo CPTEC/INPE e dados registrados pela estação climatológica do INMET localizada em Santa Rosa do Tocantins, nas proximidades do território quilombola. Logo, os sistemas atmosféricos atuantes ao longo de cada episódio foram identificados, e incorporados à análise dos dados térmicos coletados em campo.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2. Equipamentos utilizados na coleta de dados.



Fotografias: Cássia de Souza Castro; Lucas Barbosa e Souza; Google, 2019



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 3. Distribuição dos pontos de coleta do transecto móvel



Org. Cássia de Souza Castro; Lucas Barbosa e Souza, 2019

3. Resultados e discussão

A observação da temperatura e de umidade do ar no território quilombola se deu em escala microclimática, escala influenciada pelas trocas energéticas e gasosas entre feições ou estruturas particularizadas (como objetos e plantas) dispostas na superfície. A rugosidade e a cor das superfícies dispostas sobre o solo, como a vegetação natural, a pastagem, as lavouras e os espaços habitados, por exemplo, é que promovem a diferenciação das trocas mencionadas, que por sua vez irão influenciar no comportamento do ar (RIBEIRO, 1993).

No dia 11 de setembro de 2019, final do inverno no hemisfério Sul, o Tocantins estava sob ação da massa de ar tropical atlântica (MTA), com ventos diurnos vindos do quadrante leste, e com temperaturas variando entre 18,8°C e 38,7°C, de acordo com a estação climatológica de Santa Rosa do Tocantins (mesmo município do território quilombola), configurando uma significativa amplitude térmica, comum para essa estação do ano.

O estudo realizado em escala microclimática compreende pequenas extensões espaciais, de até 10 km, aproximadamente, e escala vertical abaixo de 100 metros, embora tais limites não sejam necessariamente rígidos (RIBEIRO, 1993). Conforme apontado no item



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

anterior, o transecto realizado no território quilombola cobriu uma extensão de aproximadamente 12 km, coincidindo com os limites reivindicados no processo de regularização fundiária, entre as pontes do ribeirão Formiga (a noroeste) e do córrego São Felipe (a sudeste), conforme Figura 3.

No decorrer do trajeto, foram obtidos resultados de temperatura do ar variando entre 30,7°C e 35,2°C e de umidade relativa do ar entre 28% e 37%, no horário das 9h. No horário das 15h, foram registradas variações de temperatura entre 38,5°C e 40,7°C e de umidade do ar entre 15% e 18%. E, por fim, às 21h, com temperaturas variando entre 24,6°C e 28,4°C e umidade do ar entre 43% e 54%. O gráfico 1 apresenta o conjunto dos dados obtidos nesse episódio.

No horário das 9h foi observada elevação gradual da temperatura do ar atingindo temperaturas mais altas ao final do transecto, em virtude do acelerado aquecimento do ar que se inicia com o nascer do sol e decorre da transferência de energia da superfície por processos de emissão de radiação infravermelha e condução de calor sensível. No horário das 15h, quando ocorrem as maiores temperaturas do ar em razão da absorção de radiação de ondas curtas pela superfície, devido à elevação do sol no horizonte, foram registradas temperaturas mais altas e umidades mais baixas nas áreas de culturas temporárias (embora em momento de pousio devido ao período de estiagem) e de pastagens, e temperaturas mais baixas e umidade mais altas onde predominaram Cerrado e capoeiras (áreas com vegetação natural em estágio inicial de regeneração após supressão). Nesse mesmo horário foi observada maior temperatura de superfície nas áreas de utilização agrícola, conforme a Figura 4a. Por outro lado, nota-se que ambientes com maior cobertura pela vegetação natural de Cerrado apresentam maiores valores de umidade e menores valores de temperatura de superfície, contribuindo para configurações distintas, conforme a Figura 4b.

Conforme Lopes (2018), o uso e a ocupação da terra podem alterar a variação dos atributos climáticos, como em áreas que antes eram ocupadas pela vegetação nativa e que perderam espaço para a agricultura. Em determinado período do ano, especialmente no período seco (inverno), essas áreas exercem influência nos dados de temperatura e umidade relativa do ar, devido à presença de solo exposto, em função do pousio.

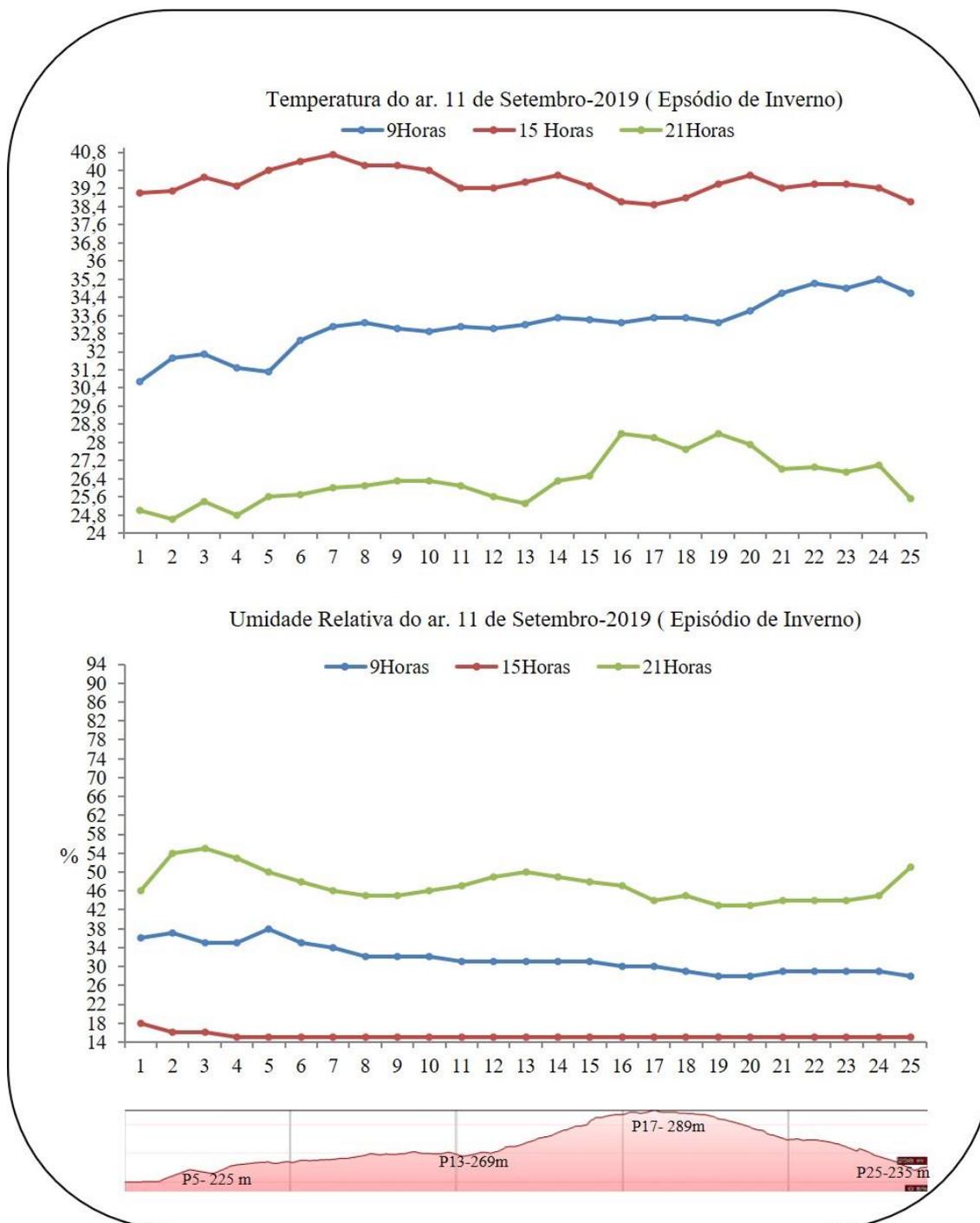


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 1 - Resultados do transecto realizado em 11/09/2019 no território quilombola Morro de São João, Santa Rosa do Tocantins (TO).



Org. Cássia de Souza Castro, 2020.

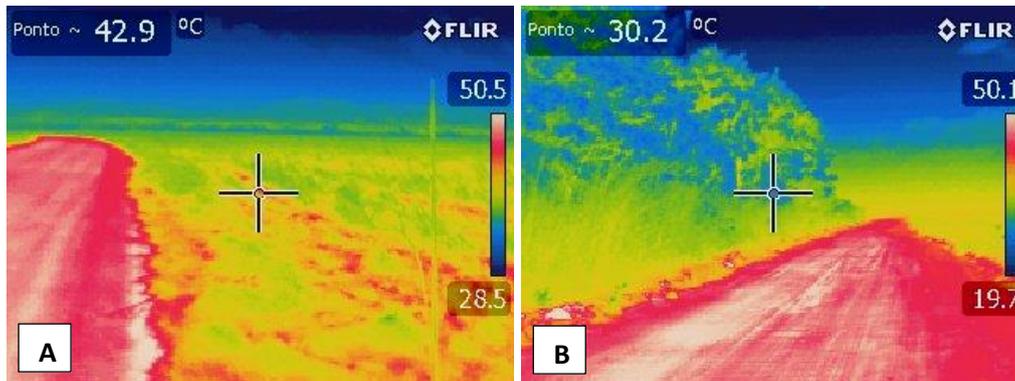


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

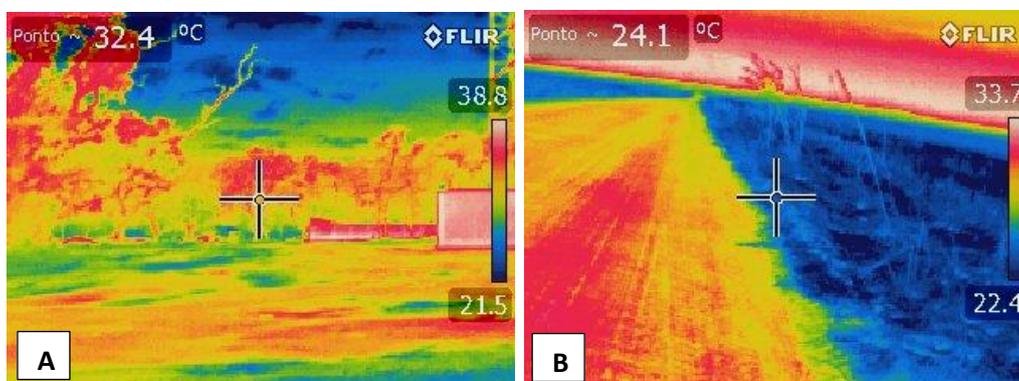
Figura 4. Imagens termográficas em áreas de cultivo (A) e de Cerrado (B) no território quilombola Morro de São João, Santa Rosa do Tocantins (TO), em 11/09/2019, às 15h



Org. Lucas B. Souza, 2020.

Já no horário das 21h ocorre perda de temperatura em razão do pôr do sol, dessa forma alcançado valores mínimos que são iniciados ao anoitecer e se alongam até momentos antes do nascer do sol. Nesse horário também foi registrada imagem de temperatura da superfície, observando-se temperaturas mais elevadas no povoado habitado pelos quilombolas (Figura 5a) se comparadas com as temperaturas nas áreas de uso agrícola (Figura 5b), possivelmente em decorrência da retenção de calor pelo material construtivo e também pelo metabolismo causado pelo agrupamento das famílias nas moradias, além do maior número de obstáculos à ventilação (GARTLAND, 2010).

Figura 5. Imagens termográficas no povoado (A) e em áreas de cultivo (B) no território quilombola Morro de São João, Santa Rosa do Tocantins (TO), em 11/09/2019, às 21h.



Org. Lucas B. Souza, 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

No episódio do dia 19 de dezembro de 2019, referente ao final da primavera, predominou novamente a MTA sobre a região centro-sul do Tocantins, com ventos provenientes de leste, sudeste e, eventualmente, de norte, temperatura máxima de 33,9°C e mínima de 22,4°C, de acordo com a estação climatológica de Santa Rosa do Tocantins. Em decorrência do início do período chuvoso, verificou-se uma menor amplitude térmica, se comparada com o episódio anterior (de setembro). Os dados coletados em campo estão no Gráfico 2.

No decorrer do transecto, às 9h houve uma variação de temperatura do ar de 27,7°C a 29,5°C e de umidade relativa do ar de 58% a 70%. As temperaturas máximas foram registradas, mais uma vez, nos pontos correspondentes a lavouras e pastagens. Ao término dessa coleta havia nebulosidade total (10/10) e ocorrência de chuva fraca, com ventos vindos do quadrante leste, contribuindo com temperaturas mais brandas na parte final do transecto. Já às 15h foram atingidos 32,7°C de temperatura máxima e 30,2°C de temperatura mínima, com umidade variando entre 50% e 69%. Novamente, o valor de temperatura mais elevado compreendeu espaços com paisagens já modificadas pelas lavouras, pastos e capoeiras, novamente indicando que um ambiente com maior concentração de vegetação nativa contribui para temperaturas mais amenas. Na última coleta do episódio, às 21h, observaram-se umidades do ar mais elevadas, variando entre 91% e 94%, e temperaturas variando entre 25,6°C e 26,1°C.

No entanto, as diferenças espaciais de temperatura do ar nesse episódio não tiveram a mesma expressão daquelas verificadas no episódio anterior, sendo os gradientes mais sutis. A própria temperatura de superfície se mostra mais homogênea, mesmo quando comparadas as áreas de cultivo (Figura 6a) com as áreas de Cerrado (Figura 6b), em virtude da presença, nessa época, de soja em desenvolvimento e de vegetação nativa igualmente hidratadas (GARTLAND, 2010).

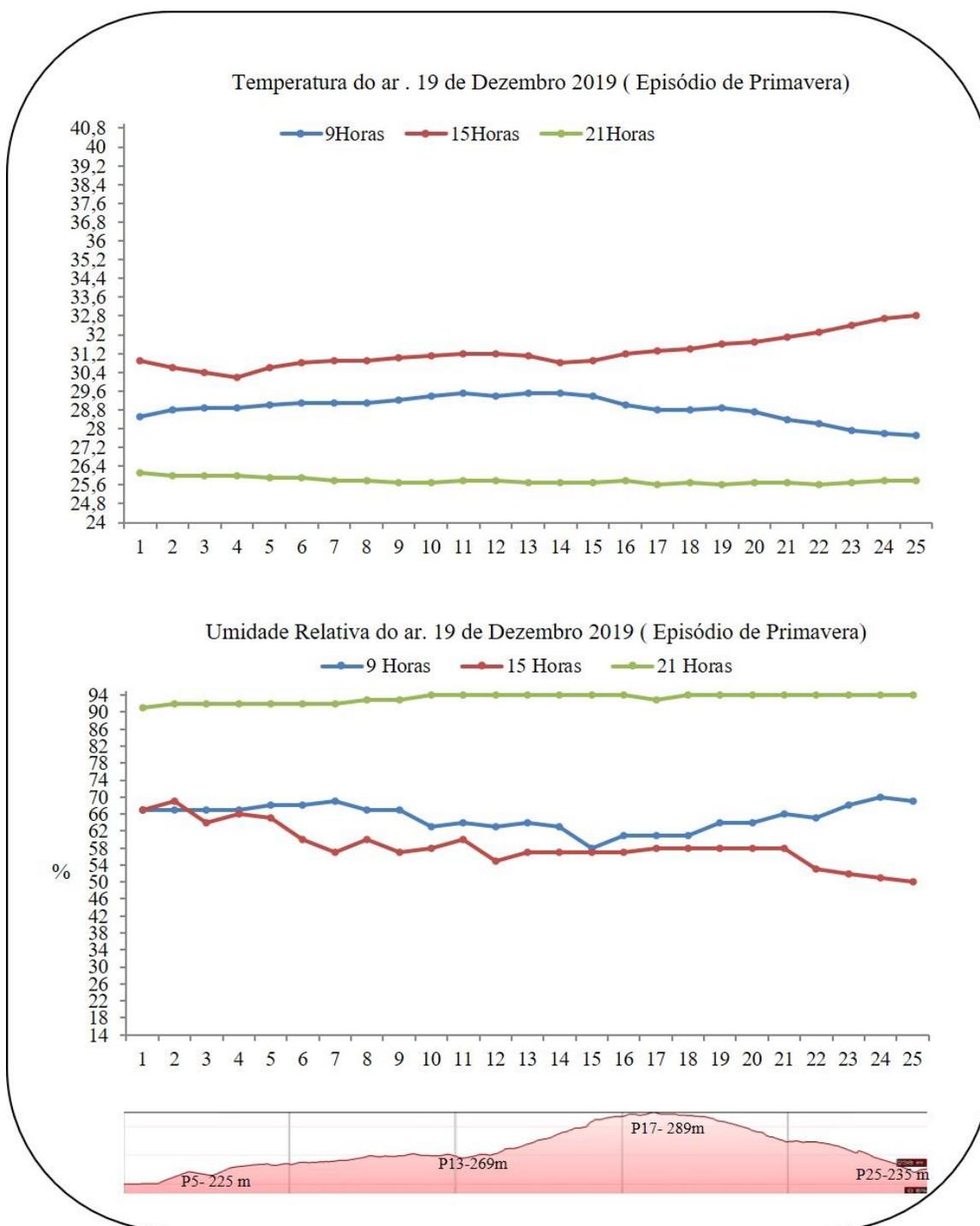


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 2 - Resultados do transecto realizado em 19/12/2019 no território quilombola Morro de São João, Santa Rosa do Tocantins (TO)



Org. Cássia de Souza Castro, 2020.

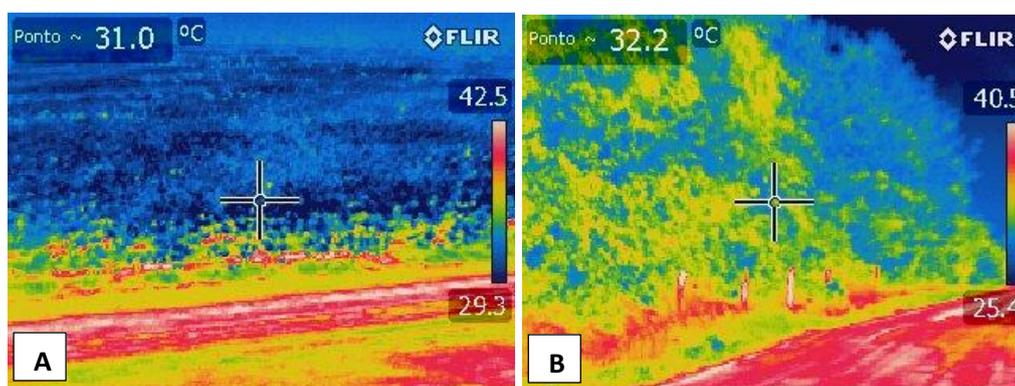


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 6. Imagens termográficas em áreas de cultivo (A) e de Cerrado (B) no território quilombola Morro de São João, Santa Rosa do Tocantins (TO), em 19/12/2019, às 15h



Org. Lucas B. Souza, 2020.

4. Considerações finais

O presente estudo tem se mostrado útil para a observação do território quilombola em seus aspectos microclimáticos, especialmente pelas repetições das coletas de dados em diferentes períodos do ano, tipos de tempo e horários do dia. Conforme procurou-se demonstrar, após a introdução do agronegócio no território quilombola houve significativas alterações ambientais, começando pela retirada da vegetação nativa e suas consequências em termos climáticos. Os resultados obtidos nos dois episódios, de inverno (setembro) e de primavera (dezembro), indicaram que há variação dos componentes climáticos em relação ao uso e cobertura do solo, demonstrando que as áreas utilizadas pelo agronegócio apresentam, de modo geral, temperaturas de superfície e do ar mais elevadas que as áreas ainda conservadas de Cerrado e/ou utilizadas pelos quilombolas. Porém, a magnitude dessas diferenças mostra-se atrelada às condições de umidade do ambiente, sendo que no período seco as diferenças de temperatura (tanto ao ar quanto de superfície) apresentam-se maiores, enquanto no período chuvoso essas diferenças são menos significativas. A coleta de dados prosseguirá em episódios de verão e de outono, para cobrir uma maior variedade de situações sazonais/atmosféricas visando ao aprofundamento da investigação.

5. Referências

BISPO, M. O. O cerrado tocantinense: agronegócio, o Prodoeste e a implantação do MATOPIBA. In: LIRA, E. R.; SANTOS, R. S (org.) **Fronteira, território e cidades no cerrado: discussões e reflexões socioterritoriais**. Goiânia: Kelps, 2017, p.213-255.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CAMACHO, R. S. A barbárie moderna do agronegócio versus a agricultura camponesa: implicações sociais e ambientais. **GeoGraphos**, Alicante-Espanha, n.16, jan. 2012. Disponível em: <https://web.ua.es/revista-geographos-giecryal> Acesso em: 12 mar. 2019.

CLETO, E.A.T. **Resiliência e reconhecimento em neocomunidades**: o caso da comunidade quilombola Morro de São João - TO. 2015. 211f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2015.

FIALHO, E.S. O que é um transect e sua utilização em estudos climáticos. **GeoUERJ**, Rio de Janeiro, n.34, p.1-29, 2019.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LOPES, R. M. **Análise topoclimática da área de influência dos reservatórios Caçu e Barra dos Coqueiros - GO**. 2018. 158f. Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Ciências Humanas da Universidade de Dourados, Dourados, 2018.

MAITELLI, G. T.; OLIVEIRA, H. H. C. de. Desmatamentos e variações climáticas na região norte de Mato Grosso: os exemplos dos municípios de Vera e Sinop. In: MARANDOLA Jr., E.; D'ANTONA, A. de O.; OJIMA, R. (Org.). **População, ambiente e desenvolvimento**: mudanças climáticas e urbanização no Centro-Oeste. Campinas: NEPO/UNICAMP; Brasília: UNFPA, 2011. p.151-167.

MENDONÇA, F. Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana: a relação sociedade-natureza a (in)sustentabilidade ambiental. **RA'EGA**, Curitiba: n.4, p. 85-99, 2000.

MONTEIRO, J. R.V; LEDER, S. M. A aplicação da termografia como ferramenta de investigação térmica no espaço urbano. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS, 6 e 4. 2011. Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2011. p.1 -10.

RIBEIRO, A.G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v.23, p.288-294, 1993.

SOUZA, L. B. Implicações climáticas de um modelo neodesenvolvimentista: impactos, riscos e injustiças no Estado do Tocantins, **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.19, p.129-145, 2016.

SOUZA, L. B., CHAVEIRO, E. F. Território, ambiente e modos de vida: conflitos entre o agronegócio e a Comunidade Quilombola de Morro de São João, Tocantins. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.23, n.1, p.1-26, 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

PERÍODOS ANÔMALOS DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO SUDESTE DO PARANÁ

APARECIDO RIBEIRO DE ANDRADE¹
ADRIANE APARECIDA PEREIRA²

RESUMO

O presente trabalho objetivou identificar a dinâmica pluviométrica na Região Sudoeste do estado do Paraná, centrando o tema no estudo das anomalias da chuva. Essa investigação foi realizada a partir de dados mensais e anuais para o período de 1988 a 2017. Os dados foram obtidos junto ao Instituto de Águas do Paraná e avaliados com auxílio da estatística clássica (somas, médias e desvios) e com o cálculo do Índice de Anomalia da Chuva – IAC. Todos os dados foram organizados na planilha eletrônica Microsoft Excel 2016. A representação espacial foi feita pelo método da interpolação por meio do Software Surfer, versão 13.0. Os resultados alcançados demonstraram que a região de estudo tem uma alta variabilidade pluviométrica, mas de forma geral vai de normal a úmido, alertando para alguns casos extremos de estiagens. Os resultados indicam a existência de uma variabilidade espacial e temporal muito elevada, impossibilitando a associação com eventos conhecidos, apesar de que vários desses períodos puderam ser explicados pela possível influência do El Niño Oscilação Sul - ENOS.

Palavras-chave: IAC; Anomalia Pluviométrica; ENOS.

ABSTRACT

The present work aimed to identify the rainfall dynamics in the Southwest Region of the state of Paraná, focusing the theme on the study of rain anomaly. This investigation was carried out based on monthly and annual data for the period from 1988 to 2017. The data were obtained from the Instituto de Águas do Paraná and evaluated using classical statistics (sums, averages and standard deviations) and with the calculation of the Anomaly Index of Rain - AIR. All data were organized in the Microsoft Excel 2016 electronic spreadsheet. The spatial representation was made using the interpolation method using Software Surfer, version 13.0. The results achieved showed that the study region has a high rainfall variability, but in general it ranges from normaly to humid, alerting to some extreme cases of droughts. The results indicate the existence of a very high spatial and temporal variability, making it impossible to associate with known events, although several of these periods could be explained by the possible influence of the El Niño Southern Oscillation - ENSO.

Keywords: AIR; Pluviometric Anomaly; ENSO.

¹ Professor Doutor em Geografia, Unicentro, Guarapuava-PR, apaandrade@gmail.com

² Graduanda em Geografia, Unicentro, Guarapuava-PR, adriipereira@outlook.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

As anomalias pluviométricas propiciam os chamados eventos extremos, culminando muitas vezes em desastres naturais, definidos como fenômenos naturais que atingem áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhe danos (TOMINAGA et al., 2012). Esses eventos são relativamente comuns em regiões climáticas classificadas como muito secas ou muito úmidas, pois as anomalias podem ser negativas (déficit) e positivas (excesso).

Os desastres naturais que ocorrem no sul do Brasil são, na sua maioria, de origem atmosférica, ou seja, os processos oriundos da relação existente entre o aquecimento e resfriamento do ar e a interação com a superfície adjacente provocam instabilidade resultando em precipitação (chuva, granizo e até mesmo neve). A precipitação, seja em excesso ou em escassez, é o elemento atmosférico que mais contribui para a ocorrência de desastres na região sul do Brasil, podendo causar desde secas severas até alagamentos, inundações, etc.

Nesse sentido, uma das consequências mais drásticas da ocorrência de chuvas intensas sobre uma determinada região são as inundações, que ainda podem ser agravadas por outros fenômenos como ventos fortes e granizo (TEIXEIRA e SATYAMURTY, 2004).

Com efeito contrário, os baixos índices de precipitação podem ocasionar secas que geralmente causam prejuízos para os mais diversos segmentos da economia, impactando as relações sociais mais básicas, como saúde e educação. Dentre esses prejuízos, a deficiência no fornecimento de água para abastecimento urbano, perdas na agricultura, indústria e produção de energia hidroelétrica podem ser citados como os principais (SANTOS, 1998).

Vários aspectos são considerados como causa de processos anômalos, mas na escala regional/continental, eventos de interação superfície/atmosfera são comuns, como é o caso do El Niño e La Niña, envolvendo anomalias das temperaturas da superfície do oceano e da circulação atmosférica e podendo resultar em extremos climáticos em todo o mundo.

Quando ocorre um desequilíbrio dos elementos climáticos, definidos por variações extremas ou anômalas, pode culminar em resultados com consequências devastadoras à sociedade, como o aumento de eventos extremos e conseqüentemente de possíveis desastres com prejuízo aos recursos essenciais a vida.

Contudo, a circulação secundária simplesmente, ou seja, a movimentação das massas de ar que atuam em uma determinada região, normalmente definem uma



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

variabilidade mais voltada a troca de energia entre os diferentes centros de ação meteorológicos existentes no globo.

Para a área de estudo (sudeste paranaense) a ação das massas Polar Atlântica (mPa), Tropical Continental (mTc), Tropical Atlântica (mTa) e, às vezes a Polar Pacífica (mPp), desenvolve papel essencial nesse processo (MENDONÇA et al, 2014; BORSATO, 2016; COSTA e ANDRADE, 2015; CERA e FERRAZ, 2015). Nessa perspectiva, a investigação de processos anômalos no tocante a sua gênese e frequência deve sempre ser norteadas por esses eventos, associados ao dinamismo regional da atmosfera terrestre.

Nesse sentido, o objetivo geral da presente investigação foi analisar o padrão da variabilidade pluviométrica e os eventos anômalos para a mesorregião Sudoeste do estado do Paraná, utilizando técnicas estatísticas consagradas (somatórias, médias, desvio padrão, amplitude e coeficiente de variação) associadas aos resultados do IAC (Índice de Anomalia da Chuva), proposto e testado por Rooy (1965), conforme Marcuzzo e Goularte (2012).

Para que tal objetivo fosse cumprido, buscou-se identificar a distribuição mensal, anual e sazonal da precipitação para a região e os períodos e locais mais ou menos significativos para a ocorrência de anomalias pluviométricas. Por fim, foi necessário selecionar e analisar períodos com anomalias pluviométricas existentes na região.

A área de estudo é sede de grandes usinas hidrelétricas como a Usina Hidrelétrica de Salto Santiago, localizada na cidade de Saudade do Iguaçu e a Usina Hidrelétrica de Salto Osório, localizada em Quedas do Iguaçu, que são muito importantes para a economia local, por outro lado, influenciam a fragilidade ambiental.

A região, apesar de ser marcada por características rurais, também aponta um estágio relativamente avançado de transição demográfica, verificado em áreas mais urbanizadas, o que favoreceu a consolidação de dois centros com maior expressão, Pato Branco e Francisco Beltrão, e outros mais especializados em funções agroindustriais, como São João, sede da Cooperativa Coasul, a qual é de extrema importância para a produção agrícola em geral, armazenamento de grãos, fabricação de rações e abatedouro de aves, possuindo vinte e oito unidades espalhadas na mesorregião Sudoeste e em regiões vizinhas. (IPARDES, 2004)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Em relação ao desempenho social, a região se destaca pelos avanços observados na saúde e é uma das poucas mesorregiões a registrar mudanças positivas na renda *per capita*, porém, cerca de 1/4 das famílias ainda se encontram em condições de pobreza.

A maioria dos municípios ocupa posições intermediárias no ranking estadual do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IPARDES, 2004), ressaltando-se que dos 23 municípios do Paraná com IDH-M acima da média estadual, 6 encontram-se no Sudoeste, com destaque para Pato Branco, que ocupa a terceira posição. O bom desempenho municipal quanto ao IDH-M é reflexo, principalmente, da componente educação. Em grande parte dos municípios, a taxa de escolarização, nos níveis fundamental e pré-escolar, encontra-se acima da média estadual.

2. Metodologia

a) Área de estudo e postos de coleta

Situada no Terceiro Planalto Paranaense (Figura 1), a mesorregião Sudoeste abrange uma área de 17.060 Km², correspondendo a cerca de 8,54% do território estadual. É constituída por 37 municípios, subdivididos entre três microrregiões. 1) Capanema, com os municípios de Ampére, Bela Vista da Caroba, Capanema, Pérola d'Oeste, Planalto, Pranchita, Realeza e Santa Izabel do Oeste. 2) Francisco Beltrão, possuindo os municípios de Barracão, Boa Esperança do Iguaçu, Bom Jesus do Sul, Cruzeiro do Iguaçu, Dois Vizinhos, Enéas Marques, Flor da Serra do Sul, Francisco Beltrão, Manfrinópolis, Marmeleiro, Nova Esperança do Sudoeste, Nova Prata do Iguaçu, Pinhal de São Bento, Renascença, Salgado Filho, Salto do Lontra, Santo Antônio do Sudoeste, São Jorge d'Oeste e Verê, e 3) Pato Branco, com Bom Sucesso Sul, Chopinzinho, Coronel Vivida, Itapejara d'Oeste e Pato Branco (IPARDES, 2004).

Mesmo com as transformações na base produtiva (introdução de novas práticas de cultivo e expansão da soja), a região é importante para a agricultura familiar. Tal fato é explicado pela grande quantidade de terras férteis, mas ao mesmo tempo tem um relevo ondulado em boa parte de seu território, o que dificulta a mecanização para a agricultura.

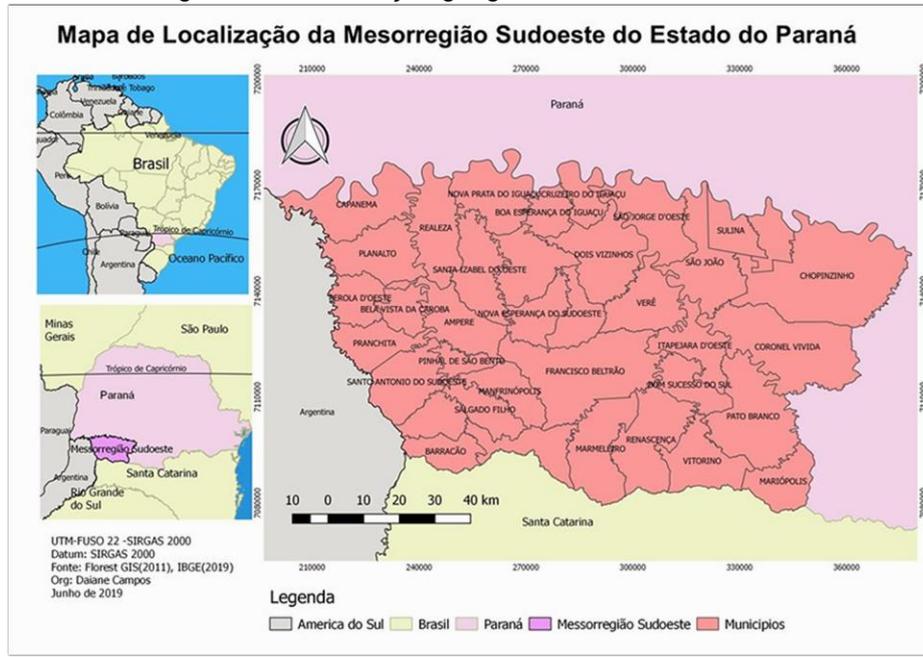


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

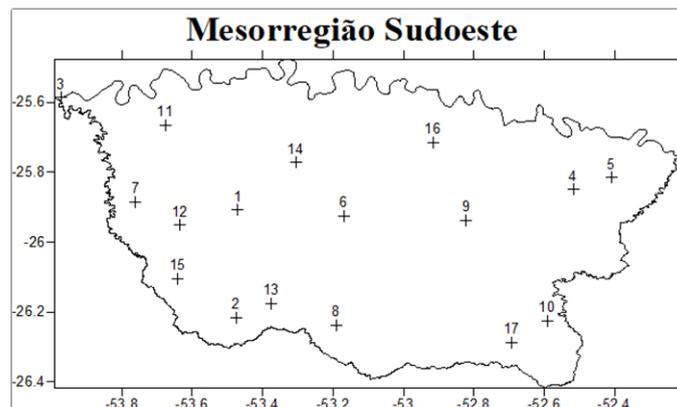
Figura 01 - Localização geográfica da área de estudo



Dentre as 10 mesorregiões do estado do Paraná, a Sudoeste foi a que mais cresceu no período de 2005 a 2009. O Produto Interno Bruto (PIB) subiu de R\$4,265 bilhões para R\$7.226, um aumento de 69%, acima dos 50% da média estadual e dos 55% da segunda colocada, a Noroeste (FOLHA DE LONDRINA, 2012).

A Tabela 1 e a Figura 2 indicam a localização dos 17 postos de coleta utilizados para a análise dos dados mensais, anuais e sazonais, com sua abrangência (especialização) na área de estudo.

Figura 02 - Mapa de localização geográfica dos postos de coleta





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 01 - Nome, localização geográfica e altitude dos postos pluviométricos utilizados.

Ordem	Posto de Coleta	Município	Altitude	Longitude	Latitude
				GEO (O)	GEO (S)
1	Ampere	Ampére	330	-53.470	-25.908
2	Siqueira Belo	Barracão	550	-53.476	-26.216
3	Porto Lupion	Capanema	350	-53.972	-25.587
4	Chopinzinho	Chopinzinho	800	-52.516	-25.85
5	Bugre	Chopinzinho	644	-52.409	-25.816
6	Enéas Marques	Enéas Marques	585	-53.168	-25.926
7	Pinhalzinho	Enéas Marques	560	-53.761	-25.885
8	Rio Verde	Flor da Serra do Sul	758	-53.191	-26.238
9	Itapejara d'Oeste	Itapejara d'Oeste	587	-52.821	-25.937
10	Passo da Linha	Pato Branco	745	-52.591	-26.225
11	Sagrada Família	Planalto	380	-53.676	-25.666
12	Três Irmãos	Pranchita	495	-53.634	-25.952
13	Salgado Filho	Salgado Filho	500	-53.376	-26.176
14	Salto do Lontra	Salto do Lontra	444	-53.306	-25.772
15	Marcianópolis	Santo A. do Sudoeste	538	-53.641	-26.105
16	Iolópolis	São Jorge d'Oeste	550	-52.916	-25.716
17	São Caravaggio	Vitorino	815	-52.692	-26.286

b) Sistematização dos Dados de Precipitação

Os dados de precipitação pluviométrica para a região Sudoeste do Paraná foram obtidos a partir da plataforma Águas Paraná (Instituto das Águas do Paraná) para o período de 1988 a 2017. De posse dos dados de precipitação diária foram elaboradas tabelas com os valores totais mensais e anuais do período e mantidas somente as estações sem falhas de dados consistentes (dados diários com máximo de 5% de falhas). Os postos pluviométricos que não possuíam informações suficientes ou válidas foram automaticamente excluídos.

Em seguida foram calculadas as médias anuais e sazonais da pluviometria que resultaram em tabelas e gráficos, gerados no software Microsoft Excel 2016, para então se obter o Índice de anomalia da Chuva (IAC),

Para espacializar esses dados, eles foram interpolados por meio da utilização do método de Krigagem simples, o qual assume que as médias locais são relativamente constantes e de valor muito semelhante à média da população que é conhecida. Essa média é utilizada para cada estimativa local, em conjunto com os pontos vizinhos estabelecidos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

como necessários. Esse procedimento foi efetuado com a utilização do Software Surfer, Versão 13.0. Para tanto, utilizou-se a média mensal e anual do período (1988 a 2017) para cada posto de coleta.

Técnica semelhante foi adotada para a demonstração da variabilidade temporal da precipitação, ou seja, foi calculada a média dos valores totais anuais de todos os postos de coleta para cada ano (1988 a 2017). Em seguida foi gerado um gráfico na planilha de cálculo Microsoft Excel 2016. Dessa forma, para cada ano analisado foi possível identificar uma média anual geral para a região.

Enfim, os procedimentos estatísticos se ampararam basicamente no cálculo da média para todas as séries de dados obtidos, buscando-se avaliar a evolução média temporal e espacial da precipitação pluviométrica.

c) Cálculo do Índice de Anomalia da Chuva

A partir da sistematização de dados já descrita, foram produzidos valores com a ajuda do IAC (Índice de Anomalia da Chuva), a fim de proporcionar uma melhor análise espacial da frequência e intensidade da anomalia pluviométrica na região de estudo.

A equação do IAC (ROOY, 1965 citado por MARCUZO et al, 2012) é definida por:

$$IAC = 3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right] (a)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right] (b)$$

Sendo **(a)** definido por anomalias positivas e **(b)** por anomalias negativas. Onde N = precipitação anual total; \bar{N} = média anual da série; \bar{M} = média das dez maiores precipitações anuais da série; \bar{X} = média das menores precipitações anuais. Essa mesma relação também é usada para calcular as anomalias mensais, substituindo os valores e médias anuais pelos mensais.

As anomalias denominadas positivas são aquelas determinadas por valores acima da média, e anomalias negativas, abaixo da média. Sanches et al., (2014) adotaram a equação **(a)** para analisar a anomalia da chuva para Alegrete, no estado do Rio Grande do



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Sul e desprezaram a equação **(b)**. Para o presente estudo foi adotada a mesma sistemática, ou seja, somente a equação **(a)** foi utilizada.

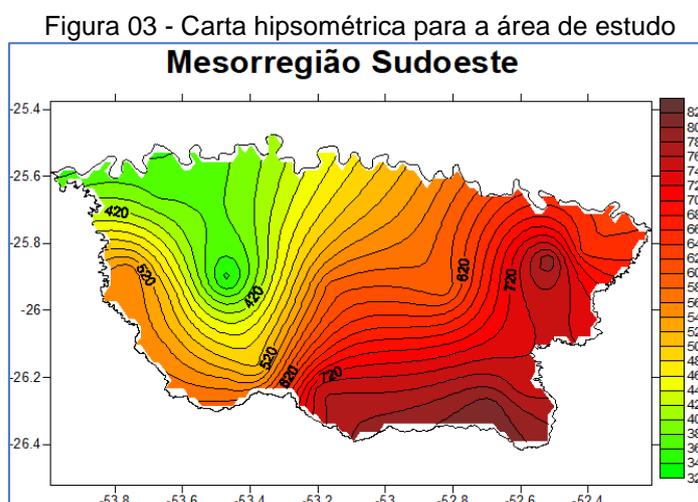
Dessa maneira, os resultados foram representados graficamente, agrupando todas os postos de coleta e todo o período segundo a ocorrência proporcional em cada classe, definindo quais as classes com maior ocorrência em todo o período e para toda a área de estudo, conforme especificação do Quadro 1.

Quadro 1: Legenda de classificação para as categorias do IAC

Classes do IAC	Cores
Umidade extremamente alta (≥ 4.00)	Púrpura
Umidade Alta (3.00 a 3.99)	Azul escuro
Umidade moderada (2.00 a 2.99)	Azul
Umidade baixa (0.50 a 1.99)	Ciano
Normal (0.49 a -0.49)	Verde
Seca suave (-0.50 a -1.99)	Amarelo
Seca moderada (-2.00 a -2.99)	Laranja
Seca alta (-3.00 a -3.99)	Vermelho
Seca extremamente alta (≤ -4.00)	Marrom

3. Resultados e discussão

A figura 3 mostra o relevo da área de estudo, com altitudes que variam de 320m a 820m de altitude.





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

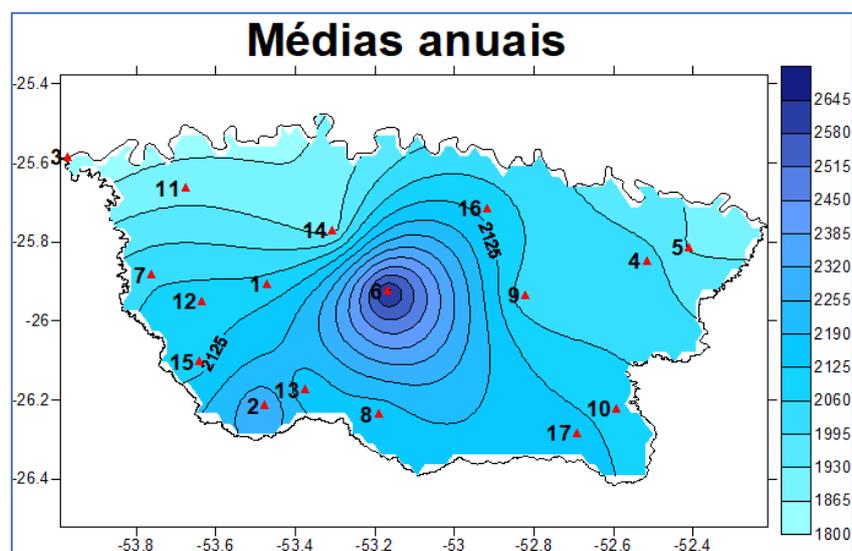
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Pode-se perceber que a região noroeste da área de estudo indica superfícies mais aplainadas, com cotas mais baixas. Já na região sudoeste preponderam superfícies mais elevadas com altitudes acima de 700m. Na região central nota-se a transição entre as altitudes mais baixas e mais altas. Fica claro então que a região oferece um desnível altimétrico bem preciso, variando em ordem crescente de oeste para leste. Entretanto, as demais regiões do estado do Paraná, vizinhas a área de estudo, apresentam cotas e amplitudes altimétricas bem mais relevantes (acima de 1100m de altitude).

A figura 04 ilustra a distribuição espacial da precipitação média anual. O cartograma gerado demonstra que a variabilidade pluviométrica da região é bem acentuada, pois existem locais em que chove cerca de 1800mm/ano e outros com valores próximos de 2645mm/ano, definindo uma amplitude espacial de mais de 800mm/ano.

A região noroeste apresenta médias totais menores baixas (entre 1800 e 1900 mm/ano), o que pode estar associado ao relevo, pois esse padrão ocorre na região com altitudes mais baixas (figura 3). Já na região central da área de estudo estão concentradas médias anuais mais elevadas (acima de 2400 mm/ano), local de transição de setores mais baixos e aplanados para setores mais elevados e declivosos, definindo uma dinâmica bem associado a chuvas convectivas e orográficas mais significativas.

Figura 04 - Distribuição espacial das médias totais anuais com a espacialização dos pontos de coleta (1988 a 2017)





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

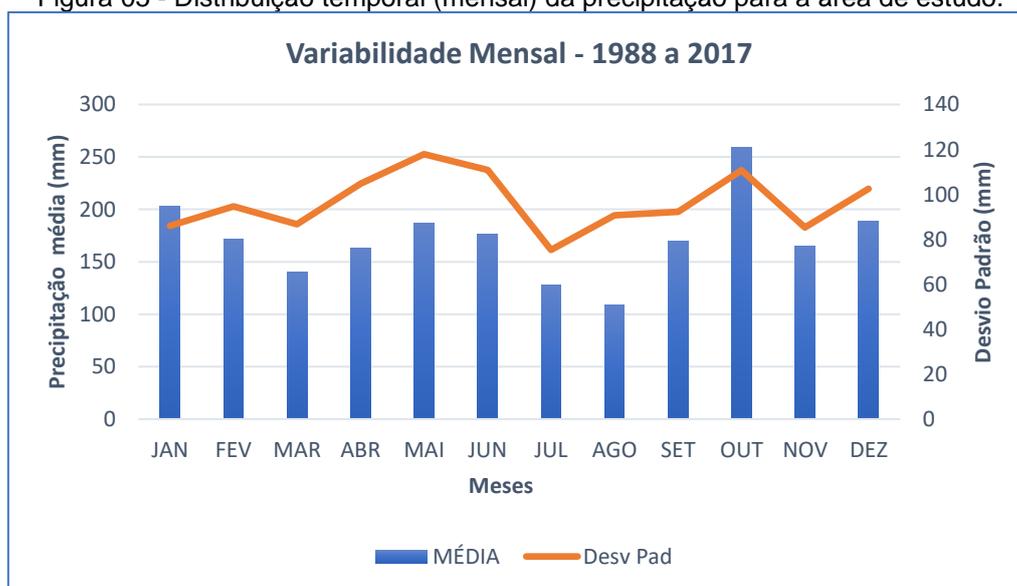
Dessa forma, a análise da Figura 04 indica que a área possui uma alta variabilidade pluviométrica (acima de 30%).

No tocante a variabilidade sazonal da precipitação para a região de estudo, principalmente com relação a definição de uma dinâmica temporal, a análise de dados mensais é extremamente importante, pois são esses dados que definem um certo ritmo possível de ser avaliado no tempo presente. Nesse sentido, a Figura 05 demonstra como a precipitação pluviométrica está distribuída pelos meses e estações do ano.

Primeiramente há que se frisar os extremos, ou seja, o mês mais chuvoso é outubro (início da primavera) e o mês menos chuvoso é agosto (ápice do inverno). Dessa maneira, as estações da primavera e verão são as mais chuvosas, enquanto outono e inverno apresentam menor quantidade de chuva.

Essa dinâmica é comum para a região de estudo e todo o referencial teórico utilizado confirma esse padrão (MAACK, 1968; MONTEIRO, 1968; IPARDES, 2004; COSTA e ANDRADE, 2015). Mesmo assim, algo que não consta na maioria desses estudos é a variabilidade dos dados, ou seja, todos os meses possuem um desvio padrão acima de 80mm, chegando a 120mm no terceiro mês mais chuvoso. Isso demonstra que de ano para ano, existe uma grande dispersão dos dados e os valores médios de chuva raramente são atingidos de mês a mês.

Figura 05 - Distribuição temporal (mensal) da precipitação para a área de estudo.





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ao se selecionar os extremos, temos os anos de 2009 e 2016 que predominam a seca extremamente alta, pode-se inferir que isso está relacionado ao ENOS, pois nos dois casos estão marcadas a ocorrências de La Niña de forma mais intensa e abrangendo um período maior (Quadro 2)

Quadro 2: Frequência de ocorrência do El Niño 3.4 com base em dados da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico Equatorial

EVENTOS EL NIÑO		EVENTOS LA NIÑA	
Ano	Mês	Ano	Mês
1988	jan a fev	1988	mai a dez
1991	mai a dez	1989	jan a mai
1992	jan a jun	1995	ago a dez
1994	set a dez	1996	jan a mar
1995	jan a mar	1998	jul a dez
1997	mai a dez	1999	jan a dez
1998	jan a mai	2000	jan a dez
2002	jun a dez	2001	jan a fev
2003	jan a fev	2005	nov a dez
2004	jul a dez	2006	jan a mar
2005	jan a fev	2007	jul a dez
2006	set a dez	2008	jan a jun
2007	jan	2008	nov a dez
2009	jul a dez	2009	jan a mar
2010	jan a mar	2010	jun a dez
2014	nov a dez	2011	jan a dez
2015	jan a dez	2012	jan a mar
2016	jan a mai	2016	ago a dez
		2017	out a dez

Fonte: Elaborado pelos autores com dados da NOAA (2019)

Na Figura 6 é possível analisar os cartogramas com os valores dos cálculos do IAC para cada ano estudado, no qual nota-se grande heterogeneidade nos resultados.

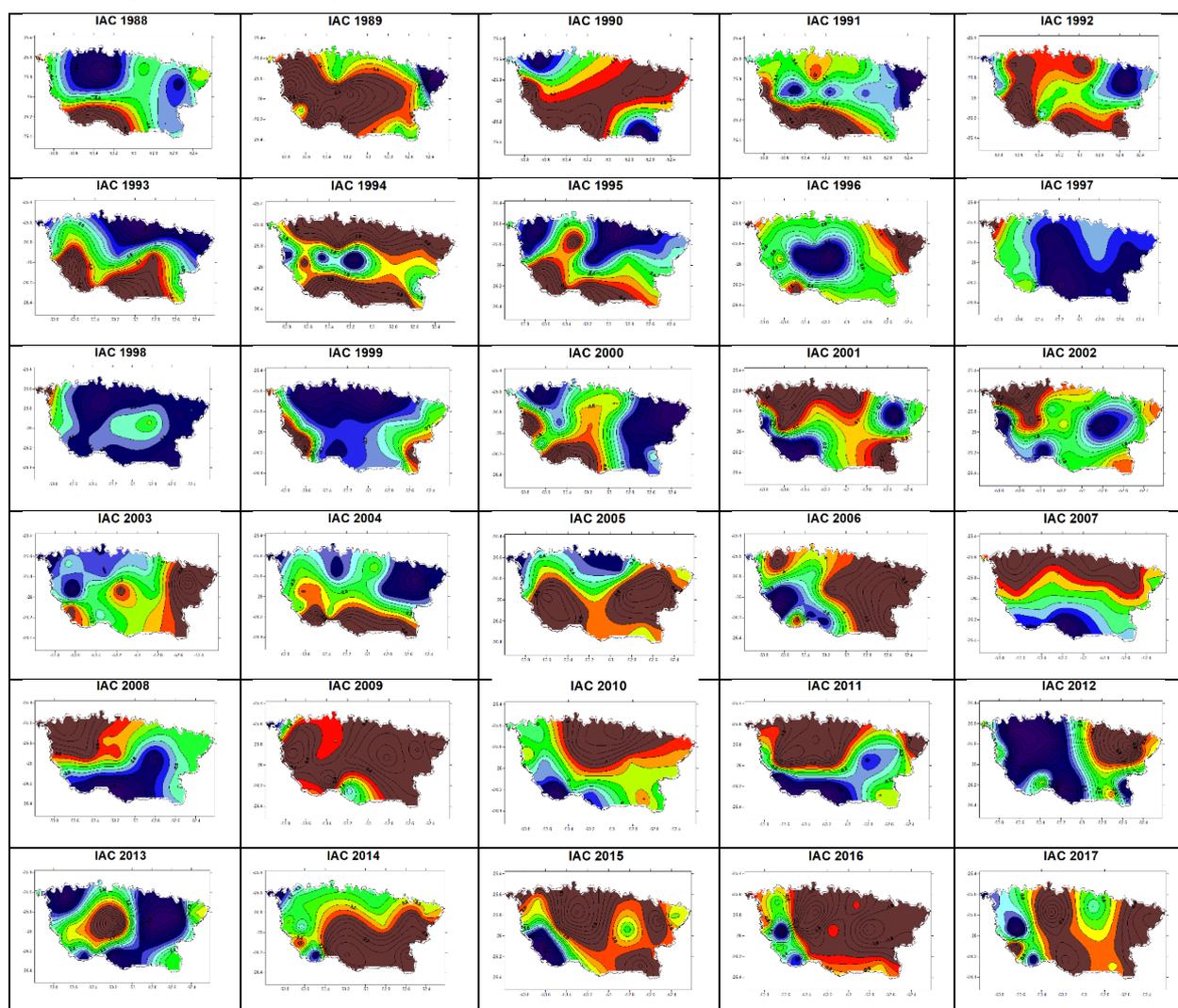


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 06 - Distribuição espacial do cálculo do IAC na área de estudo (1988 a 2017).



Por meio da visualização de todos esses cartogramas, pode-se definir 2 grupos:

Grupo 1: Na região nordeste da área de estudo o IAC vai de normal a úmido, ressaltando casos de umidade alta nos anos de 1989, 1991, 1993, 1997, 1998, 2000 e 2004. Nesse grupo temos os anos de 1991, 1997 e 2004 com presença do evento El Niño, e os anos de 1989, 1998 e 2004 com atuação do La Niña. Portanto, o ENOS não pode ser totalmente associado a essa dinâmica, pois em metade dos anos com anomalias positivas o



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

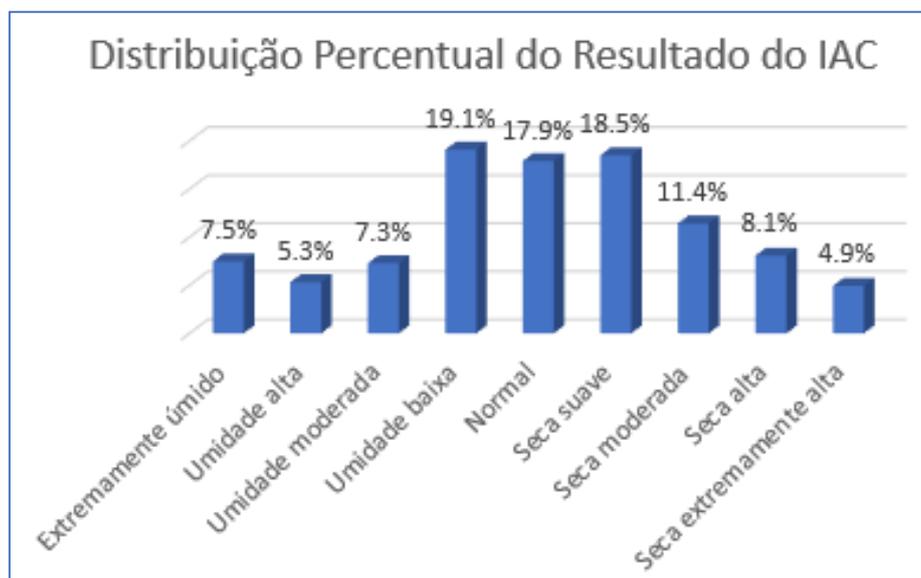
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

que preponderou foi a fase fria do evento, o que normalmente acarreta precipitações abaixo da média em praticamente todo o estado do Paraná.

Grupo 2: Regiões centrais dos mapas que vão de normais a úmidas, nesse grupo existem regiões centrais mais “normais” nos anos de 1988, 1991, 2002 e 2004, os quais todos possuem atuação do La Niña, e regiões centrais mais úmidas nos anos de 1996. 1997. 1998, 1999, 2008 e 2012, desses anos a atuação do La Niña está presente nos anos de 1997, 1998, e o restante marcado pela atuação do El Niño. Nesse caso (períodos mais úmidos) a relação com o ENOS é marcada, ou seja, na expressiva maioria dos anos em que houve chuva acima do esperado, a fase positivo (El Niño) esteve presente, somente em dois anos ocorreu a La Niña, fase negativa que normalmente define períodos mais secos.

Ao se analisar a figura 07 é possível perceber uma concentração de ocorrências de anos com umidade baixa, normal e seca suave. Essas três classes somadas representam cerca de 55,6% dos anos analisados para a área de estudo. Isso demonstra que o perfil pluviométrico para a região Sudoeste do Paraná pode ser considerado normal, pois as outras classes, além de representarem menos da metade dos eventos, individualmente não representam nem 7% dos casos ocorridos. Se considerarmos o período de 30 anos e com 17 postos de coleta, veremos que existe casos pouco frequentes que saem da normalidade de forma significativa.

Figura 07 - Gráfico com a divisão da frequência média do IAC para todo o período de estudo





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A classe extremamente úmida representa 7,5% dos anos e postos analisados, e a classe extremamente seca representa 4,9%. Percebe-se então que situações críticas, com muito excesso ou falta de água, ocorrem poucas vezes e que podem ser explicadas por ocorrências meteorológicas em mesoescala, principalmente fatos associados ao El Niño/La Niña (anos chuvosos), como comprova parte dos trabalhos referenciados na bibliografia (CERA e FERRAZ, 2015).

4. Considerações finais

As características de variabilidade espacial e temporal da área de estudo são bem distintas. Na análise do padrão anual, existe uma clara definição de períodos e áreas com maior ou menor ocorrência de chuvas, preponderando situação de normalidade, mas alertando para casos extremos, como os que ocorreram nos anos de 2009 e 2016 (seca extrema) e que foi relacionado a La Niña.

Com relação ao padrão mensal da chuva, ficou evidente que as estações da primavera e verão são as mais chuvosas, enquanto outono e inverno têm menos quantidade de chuva. Contudo, vale ressaltar que a dispersão dos dados indica uma grande variabilidade de ano para ano, ou seja, a região é fortemente dominada por instabilidades no tempo, que são explicadas por processos frontogenéticos de mesoescala, associados ao relevo local.

De forma geral, os resultados do IAC indicam que prevalece a situação de normalidade a umidade moderada para toda a região de estudo. Contudo, existe uma grande variabilidade pluviométrica espacial para todos os anos analisados. Isso dificulta a identificação de locais mais específicos para ocorrência de anomalias, indicando uma dinâmica mais associada a processos da segunda escala climática (eventos regionais).

5. Agradecimentos

Agradecemos a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FAPPR), pela concessão de bolsa de iniciação científica e pelo auxílio financeiro para a participação no XIV SBCG (transporte e estadia).

6. Referências

BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. Curitiba: CRV, 2016.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CERA, J. C. e FERRAZ, S. E. T. Variações Climáticas na Precipitação no Sul do Brasil no Clima Presente e Futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, 81 - 88, 2015.

COSTA, Claudiane e ANDRADE, Aparecido R. Gênese e evolução das temperaturas mínimas absolutas na região centro-sul do Paraná: a influência da dinâmica atmosférica e do relevo local. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, 452-471, 2015.

FOLHA DE LONDRINA. Sudoeste é a região que mais cresce no PR. Londrina, 26 de janeiro de 2012, **Folha Economia**. Disponível em <https://www.folhadelondrina.com.br/economia/sudoeste-e-a-regiao-que-mais-cresce-no-pr-787913.html>. Acessado em 20/10/2019 as 14h00min.

MARCUZZO, F.F.N., GOULARTE, E.R.P. Índice de anomalia de chuvas do estado do Tocantins. Geo-ambiente. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia**. Jataí-GO, n.19 Jul-Dez. 2012.

MENDONÇA, M.; ROMERO, H.; OPAZZO, D. Análise multiescalar para a compreensão de causas e consequências da variabilidade climática na América do Sul. In: SILVA, C.A.; FIALHO, E.S.; STEINKE, E. **Experimentos em climatologia geográfica**. Dourados, MS: UFGD, 2014.

NOAA/PMEL/TAO Project Office. Disponível em: <http://www.pmel.noaa.gov>. Acesso em 18 de jan de 2019.

SANTOS, M. J. J. Caracterização e monitorização de secas. Instituto da Água. **Direção de Serviços de Recursos Hídricos**. 1998. Disponível em: http://snirh.inag.pt/snirh/estudos_proj/portugues/docs/download/CA98_SECA.pdf. Acesso em: 13 jun. 2008.

TERASSI, P.M.B.; GALVANI, E. O efeito orográfico da serra do mar e o potencial erosivo das chuvas nas bacias hidrográficas do Ribeira e Litorânea – Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21, p.327-345, 2017.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. Episódios de chuvas intensas na região sul do Brasil. Parte II: relação entre parâmetros meteorológicos e a chuva intensa. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 13., Fortaleza. Anais... 2004. CD-ROM, On-line. (INPE-12108-PRE/7454).

TOMINAGA, L.K, SANTOTO, J., AMARAL, R., (Orgs). **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. 2ª ed. Instituto Geológico, São Paulo. 2012.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

APLICAÇÃO DOS ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO PET E UTCI EM ESTUDOS DE ANÁLISE RÍTMICA MICROCLIMÁTICA

LILIANE FLÁVIA GUIMARÃES DA SILVA¹
LUCAS BARBOSA E SOUZA²

RESUMO

Índices de conforto térmico são utilizados para indicar o estado térmico de ambientes para seus ocupantes, e por vezes são utilizados para compreensão do clima. O presente artigo tem como objetivo compreender o ritmo de um microclima na cidade de Palmas (TO), em conjunção com os índices PET e UTCI, a partir de abordagem genética e dinâmica do clima em três episódios-padrão selecionados (Campanhas). A análise rítmica foi utilizada como técnica integradora dos dois enfoques, sendo coletados dados durante uma semana em cada episódio nos anos de 2015 e 2016, em avenida comercial na cidade, ao sol e à sombra. As três Campanhas apresentaram pouca precipitação, a Campanha *Set/Out* apresentou valores extremos e a Campanha *Junho* apresentou características bem definidas de estabilidade atmosférica. A Campanha *Fev/Mar* apresentou algumas diferenças do esperado para o período, pela ocorrência de *El niño*, sendo a mais desconfortável em todos os índices, ao sol e à sombra. Nos três episódios, verificou-se que as faixas de conforto não foram facilmente alcançadas, e que os maiores valores dos índices e das temperaturas máximas ocorreram em dias com ausência de precipitação e/ou de ventilação reduzida. Foi possível perceber que os índices, apesar de precisarem de ajustes e calibrações adaptadas ao clima local, podem ser uma forma eficiente de síntese dos elementos climáticos e dos sistemas atmosféricos atuantes.

Palavras-chave: Dinâmica climática; Conforto térmico; Episódios-padrão.

ABSTRACT

Thermal comfort indices are applied to indicate the thermal state of environments for their occupants, and they are sometimes used to understand the climate. This paper aims to understand the rhythm of a microclimate in the city of Palmas, state of Tocantins, Brazil, in conjunction with the PET and UTCI comfort indices, based on a genetic and dynamic approach to the climate in three selected standard episodes. Rhythmic analysis was used as an integrating technique for the two approaches, with data obtained for one week in each episode in the years 2015 and 2016, on a commercial avenue in the city, in the sun and in the shade. The three episodes had little precipitation, the episode in September/October had extreme values and the episode in June demonstrated well-defined characteristics of atmospheric stability. The episode in February/March showed some differences from what was expected for the period, due to the occurrence of *El niño*, and this episode is the most uncomfortable for all indexes, in the sun and in the shade. In the three episodes, it was found that the comfort

¹ Doutora em Ciências do Ambiente, Docente do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. E-mail: lilianeg@ifto.edu.br

² Doutor em Geografia, Docente do Programa de Pós-graduação em Geografia e do Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins. E-mail: lbsgeo@uft.edu.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ranges were not easily reached, and that the highest values of the indices and maximum temperatures occurred on days with no precipitation and/or reduced ventilation. It was verified that the indices, although they need adjustments and calibrations adapted to the local climate, can be an efficient way of synthesis the climatic elements and the atmospheric systems.

Keywords: Climatic dynamics; Thermal comfort; Standard episodes.

1. Introdução

Índices de conforto térmico são comumente utilizados para indicar o estado térmico de um determinado ambiente para seus ocupantes. São expressos em equações e gráficos, tendo em vista que foram criados a partir de abordagens físico-fisiológicas, tomando parâmetros quantitativos considerados válidos para a maior parte das pessoas (SILVA, 2018). Segundo De Freitas e Grigorieva (2017, p. 488), um índice térmico humano pode ser considerado como “[...] qualquer parâmetro ou indicador descrito na literatura científica que represente o estado ou significado do ambiente térmico para um indivíduo ou grupo de indivíduos” [Tradução Silva (2018, p. 108)]. Givoni (1976) descreve que os índices de conforto térmico têm o objetivo de, a partir de um parâmetro único, avaliar o efeito da combinação de fatores ambientais sobre as respostas fisiológicas e sensoriais do corpo humano.

Sendo um método de avaliação, os índices de conforto térmico podem ser utilizados para compreensão do clima a partir de sua gênese e dinâmica, onde se inserem as variáveis ambientais que determinam tais índices. Contudo, ainda são raras as pesquisas relacionando a análise rítmica e os índices de conforto térmico. Em sua revisão, Silva (2018) apresenta algumas pesquisas que englobam tanto a visão dinâmica do clima, como a visão biometeorológica do conforto, mas raros são os esforços que incluem os índices de conforto térmico nos gráficos de análise rítmica, como Gobo (2013) e o próprio trabalho de Silva (2018). Além disso, poucos estudos são aplicados à cidade de Palmas (TO), cujo clima é caracterizado por extremos de temperatura, superando os 40,0°C de temperatura máxima diária nos meses de agosto, setembro e outubro, os meses mais quentes do ano, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020).

Considerando esta problemática, o presente artigo tem como objetivo compreender o ritmo de um microclima na cidade de Palmas (TO), em conjunção com índices analíticos de conforto térmico, a partir de abordagem genética e dinâmica do clima em episódios-padrão selecionados. Esta análise microclimática é parte dos estudos da tese de doutorado da autora



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

(SILVA, 2018), que se propôs a contribuir com o entendimento dinâmico do clima na referida cidade, em conjunção com índices de conforto térmico.

2. Metodologia

A análise rítmica foi utilizada como técnica integradora dos enfoques genético e dinâmico do clima e o enfoque biometeorológico do conforto térmico, a partir dos índices. A análise rítmica microclimática foi aplicada aos mesmos períodos-padrão definidos por Silva (2018), em conformidade também com Silva (2017; 2019), sendo os dados coletados a cada 5 minutos durante uma semana útil consecutiva (denominada Campanha), das 9h da segunda-feira às 15h do sábado (Tabela 1), durante os anos de 2015 e 2016, em avenida comercial de grande movimento na cidade, a Avenida Juscelino Kubistchek (JK), como mostra a Figura 1.

Tabela 1 – Datas e horários do levantamento de dados, em cada Campanha

Campanha	Início	Término
Set/Out	28 set. 2015 às 9h	03 out. 2015 às 15h
Fev/Mar	29 fev. 2016 às 9h	05 mar. 2016 às 15h
Junho	13 jun. 2016 às 9h	18 jun. 2016 às 15h

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Foram selecionados índices analíticos (com uso da temperatura radiante média), os mesmos índices de conforto térmico que Silva (2018): o *Physiological Equivalent Temperature* (PET) e o *Universal Thermal Climate Index* (UTCI). O primeiro tem ampla aplicação em pesquisas brasileiras, enquanto o segundo tem vasta literatura internacional com experiências de aplicação em climas diversos. Para obtenção dos índices, foi utilizado o *software* gratuito *Rayman Pro* (MATZARAKIS; RUTZ; MAYER, 2007; 2010; MATZARAKIS, 2014), por ser de interface amigável e por calcular tanto o PET como o UTCI. A única diferença foi quanto à velocidade do ar, medida a 1,20m de altura para o PET e calculada a 10,0m de altura para o UTCI. Para o levantamento de dados, foram utilizados dois conjuntos, formados por estação meteorológica, *data logger* e sensores Hobo e globo de cobre de 5cm de diâmetro pintado na cor cinza, conforme exigências da norma ISO 7726 (ISO, 1998).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: Palmas (2017); Google (2017), organizado pela autora (2020).

Como não existe calibração para determinação dos intervalos de conforto para cada um destes índices na cidade de Palmas (TO) e na região Norte do Brasil, foram utilizadas calibrações brasileiras de cidades semelhantes em termos de localização e clima. Optou-se pela calibração do UTCI de Petalas (2015), calibrado para a cidade de Fortaleza (CE), com intervalo entre 27,4 e 31,1°C_{UTCI} para o conforto, e para o PET, a proposta por Souza (2010) para a cidade de Salvador (BA), entre 26 e 29°C_{PET} (acima destes valores, os índices indicam desconforto para calor, e abaixo, desconforto para frio).

3. Resultados e discussão

Nas três campanhas analisadas, dos 15.384 dados registrados em cada Campanha, poucas lacunas foram identificadas, ocorrendo por falha no registro dos equipamentos, mas que não comprometeram a análise geral. No gráfico de análise rítmica representado na Figura 2, é possível verificar as diferenças de temperatura do ar, umidade relativa do ar, índices de conforto, velocidade do vento, a cada 5 min, além de precipitação, nebulosidade, visibilidade, e sistema atmosférico atuante por hora nas três Campanhas realizadas, em cada equipamento instalado, identificados por tipo de exposição, como P1 (sombra) e P2 (sol).

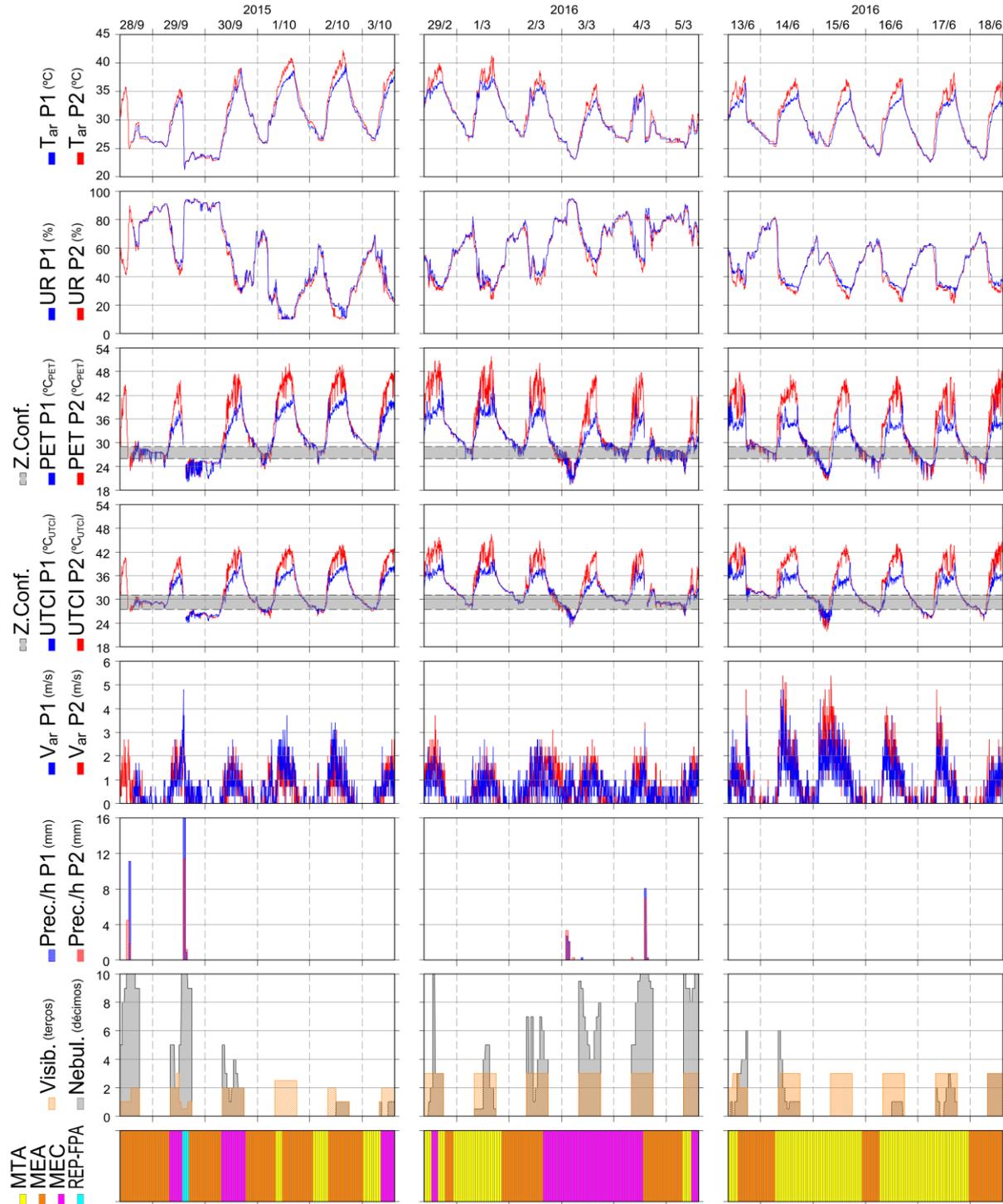


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2 – Gráfico de análise rítmica microclimática nas três Campanhas realizadas em Palmas (TO), nos dois pontos de coleta, à sombra (P1) e ao sol (P2)



Fonte: Pesquisa de campo (2015, 2016), organizado pela autora (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

No gráfico, é possível verificar o comportamento de todos os elementos climáticos em paralelo aos índices PET e UTCI, com os respectivos intervalos de conforto determinados por Souza (2010) para o PET e por Petalas (2015) para o UTCI, representados na cor cinza. Nos três episódios analisados, ocorreram valores nos três intervalos, “conforto”, “desconforto para calor” e “desconforto para frio”. A Tabela 2, a seguir, apresenta os limites dos principais elementos climáticos e índices de conforto representados no gráfico de análise rítmica.

Tabela 2 – Limites de temperatura, umidade relativa, precipitação, velocidade do vento e índices de conforto para cada Campanha, à sombra (P1) e ao sol (P2)

Campanha/ Ponto de coleta	T _{ar} Mín. - Máx. (°C)	UR Mín. - Máx. (%)	UTCI Mín. - Máx. (°C _{UTCI})	PET Mín. - Máx. (°C _{PET})	Vel. vento Máxima (m/s)	Precipitação Acumulada (mm)
Set/Out P1	21,3–39,5	10–95	24,1–41,3	20,1–43,6	4,8	27,9
Set/Out P2	21,3–42,2	10–94	24,8–43,9	21,0–50,0	3,7	18,9
Fev/Mar P1	23,1–37,7	29–95	22,9–41,3	19,3–45,5	3,1	13,5
Fev/Mar P2	23,1–41,3	24–94	23,7–46,6	19,7–51,8	3,7	12,9
Junho P1	22,5–36,5	25–81	21,1–39,0	20,6–42,6	4,8	0
Junho P2	22,7–38,3	21–82	19,7–42,3	19,7–48,7	5,4	0

Fonte: Pesquisa de campo (2015, 2016), organizado pela autora (2020).

Dentre as três Campanhas, *Set/Out* apresentou valores extremos e *Junho* apresentou características bem definidas de estabilidade atmosférica. A Campanha *Fev/Mar* apresentou algumas diferenças das características típicas do período, principalmente pela ocorrência de *El niño* entre 2015 e 2016, o mais severo registrado pelo *Climate Prediction Center* (NOAA/NWS/CPC, 2017).

É possível verificar, tanto na Figura 2 como na Tabela 2, que as variáveis levantadas apresentaram diferenças ao sol e à sombra. Como seria previsível pelo efeito da radiação solar, há um o maior distanciamento entre os valores das temperaturas, ao sol e à sombra, no horário diurno, o que se refletiu nos índices. A temperatura do ar à noite teve variação mínima entre os dois equipamentos, com um alinhamento quase contínuo, mas durante o dia, principalmente entre 7h e 17h, a temperatura do ar registrada no equipamento ao sol ficou até 4,6°C mais elevada que à sombra (em *Junho*). As mínimas apresentaram menores diferenças entre os pontos de coleta, pois geralmente ocorrem na madrugada, sem raios solares.

As amplitudes de temperatura do ar foram maiores na segunda metade da Campanha *Set/Out*, nos dias de menor umidade relativa dentre as três campanhas. Já as



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

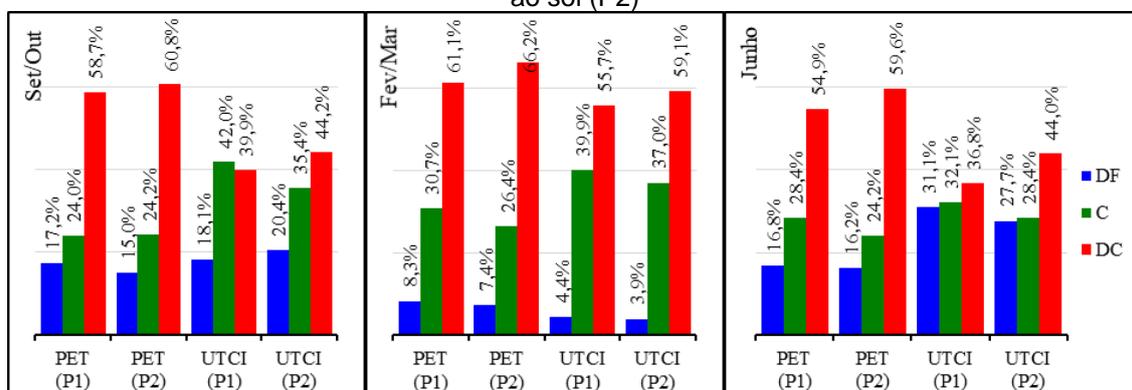
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

amplitudes dos índices apresentaram maior variação, sendo menores no UTCI na Campanha *Set/Out* e no PET na Campanha *Junho*, e maiores na Campanha *Fev/Mar* em ambos os índices. O UTCI apresentou intervalo de valores menores que o PET, ou seja, este último acentuou as diferenças entre as variáveis consideradas para o seu cálculo. Com exceção dos valores mínimos dos índices na Campanha *Junho*, os dados no ponto P2 (sol) apresentaram valores superiores a P1 (sombra).

Na Figura 3, é possível verificar que as frequências no intervalo de conforto térmico foram maiores no índice UTCI que no PET, e este último, conseqüentemente, apresentou maiores percentuais de desconforto para calor e menores de desconforto para frio. Em todas as situações, o intervalo de desconforto para frio foi sempre inferior aos demais, o que era previsível, tendo em vista as características de temperaturas máximas extremas na cidade. Comparando as três campanhas, *Fev/Mar* apresentou os maiores percentuais de conforto do índice PET, porém, ao mesmo tempo, os maiores de desconforto para calor e os menores de desconforto para frio, enquanto no índice UTCI, os maiores percentuais de conforto ocorreram na Campanha *Set/Out*. Ainda, apenas nesta Campanha, o intervalo de conforto superou os intervalos de desconforto para calor no índice UTCI à sombra. Em *Junho*, o UTCI apresentou os maiores percentuais no intervalo de desconforto para o frio. O desconforto para o calor, por sua vez, foi proporcionalmente maior no índice PET que no UTCI em todas as campanhas.

Figura 3 – Frequências nos intervalos de desconforto para frio (DF), conforto (C) e desconforto para calor (DC) dos índices PET e UTCI nas três Campanhas realizadas em Palmas (TO), à sombra (P1) e ao sol (P2)



Fonte: Pesquisa de campo (2015, 2016), organizado pela autora (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os percentuais apresentam pequenas diferenças ao sol e à sombra, porém, ao observar o gráfico de análise rítmica (Figura 2) e o limite dos dados (Tabela 2), percebem-se grandes distâncias entre os valores absolutos quando expostos ao sol e à sombra no horário diurno, sendo maiores na Campanha *Junho* e menores na Campanha *Set/Out*. Durante o dia, na Campanha *Junho*, o índice PET apresentou valores ao sol de até $14,1^{\circ}\text{C}_{\text{PET}}$ maiores que à sombra, e o UTCI de até $9,2^{\circ}\text{C}_{\text{UTCI}}$. Os índices mantiveram as mesmas características das outras Campanhas, com o PET apresentando valores absolutos e variações entre os dois equipamentos maiores que o UTCI, sendo que este último apresentou as maiores diferenças dentre as três Campanhas.

As umidades relativas mínimas e máximas foram maiores na Campanha *Fev/Mar*, mas as mínimas foram ainda menores que o esperado para o período, devido à baixa precipitação, efeito do *El niño*, como citado anteriormente. Na Campanha *Junho*, não ocorreu precipitação nos pontos de coleta, o que explica as baixas umidades relativas, que poucas vezes ultrapassaram 60,0 ou 70,0%, mas as mínimas foram ainda menores na Campanha *Set/Out*, menores que 20,0%. No entanto, nesta última, as máximas foram tão altas quanto na Campanha *Fev/Mar*, ultrapassando 80,0% nos dias de precipitação. Tal variação na umidade relativa, assim como as maiores temperaturas do ar máximas, são características dos meses de setembro e outubro (início do período chuvoso), segundo Silva e Souza (2019).

Também é possível identificar, no caso das umidades relativas, certo distanciamento entre os valores ao sol e à sombra, mas de forma pontual nas Campanhas *Set/Out* e *Fev/Mar*, mais frequente às tardes, com máximo de 10,0 a 15,0% de diferença em *Set/Out*, e 10,0 a 11,0% em *Fev/Mar*. Da mesma forma que na temperatura do ar, a Campanha *Junho* apresentou as maiores diferenças de umidade relativa durante o dia, de 12 a 17%. Em compensação, na maior parte do tempo, principalmente à noite e na madrugada, as diferenças não superaram 5,0% na Campanha *Set/Out*, 4,0% na Campanha *Fev/Mar* e praticamente não tiveram variação em *Junho*.

De uma forma geral, as três Campanhas apresentaram pouca precipitação. O ponto P1 foi registrado apenas para verificar a influência sobre os índices nesta localidade, mas foi considerada para efeito de análise geral a precipitação no Ponto P2 (ao sol). Ocorreram dois eventos de chuva nos dois primeiros dias da Campanha *Set/Out*, 6,3mm entre 12h e 14h do primeiro dia, e 12,3mm entre 14h e 16h no segundo. Nesses meses do ano, é comum



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ocorrerem eventos isolados de chuva, e ainda ocorrerem os extremos mais altos de temperatura do ar, pela transição do período seco para o chuvoso, provocando mudanças mais acentuadas de tempo. Em *Fev/Mar*, também ocorreram dois eventos de chuva, sendo registrado 5,1mm entre 2h e 4h da madrugada da quinta-feira, e 7,2mm das 14h às 15h da sexta, e outros eventos menores. Apesar de ser comum ocorrerem eventos contínuos de chuva neste período do ano, houve grande redução pela ocorrência de *El niño*. Em *Junho*, não ocorreu nenhuma precipitação nos pontos de coleta, por isso a forte estabilidade atmosférica, praticamente uniformizando a semana de levantamento de campo.

Dentre as Campanhas, *Set/Out* apresentou a menor visibilidade, sendo maior em *Fev/Mar* e praticamente total em *Junho*. Já a nebulosidade acompanhou os eventos de precipitação, sendo alta nos dois primeiros dias da Campanha *Set/Out*, com até 10 décimos, mais frequente em *Fev/Mar*, ocorrendo todos os dias da semana, sendo maior nos três últimos (dias de precipitação), de 5 a 10 décimos, e muito baixa na Campanha *Junho*, quando não ocorreram episódios de chuva. Nesta última, na maior parte da semana, a nebulosidade ficou entre 0 e 1 décimos.

A ventilação também apresentou variações diurnas e noturnas, com velocidades maiores durante o dia, e muito baixas ou nulas durante a noite, quando ocorreram a maior parte das calmarias, e entre os equipamentos, principalmente pela influência das edificações e demais mobiliários urbanos. A Campanha *Set/Out* apresentou velocidade média do vento no Ponto P1 de 0,6m/s e no Ponto P2 de 0,5m/s; em *Fev/Mar* foi de 0,6m/s em ambos os pontos; e *Junho* apresentou 0,7m/s e 0,9m/s nos pontos P1 e P2, respectivamente. As maiores velocidades do ar ocorreram em *Junho*, com máxima chegando a 5,4 m/s, e mantendo-se acima de 2,0m/s em 30,0% do período diurno, o que colaborou com a redução da umidade. Apesar disso, à noite, a ventilação do ar nesta Campanha foi baixa, semelhante à *Set/Out*. No gráfico de análise rítmica (Figura 2) é possível perceber que a Campanha *Fev/Mar* apresentou ventilação mais uniforme que as demais campanhas, mantendo-se constante entre o dia e a noite, com menos calmarias.

Entre os sistemas atmosféricos, a Campanha *Set/Out* apresentou maior diversidade, com maior participação da MEA (64,6%), seguido da MEC (18,9%) e da MTA (14,2%), mas incluiu também repercussão dos raros sistemas frontais (2,4%) nessa região. A Campanha *Fev/Mar* apresentou frequências na MTA, MEA e MEC, sendo maior a frequência nesta última



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

(41,7%), oportunizada pelo deslocamento dos centros de ação da MTA para o leste do Atlântico. Nesse episódio, a MTA apresentou menor participação, com 26,0%, e a MEA 32,3%. A Campanha *Junho* apresentou participação apenas da MTA e MEA, mas com frequência maior da MTA, com 67,7%, devido à aproximação do seu centro de ação para o continente sul-americano, apresentando características de estabilidade atmosférica, enquanto a MEA apresentou 32,3%. De uma forma geral, os dados encontrados nas Campanhas foram condizentes com outros estudos em análise rítmica com dados anuais (SILVA, 2018; SILVA; SOUZA, 2019).

Percebeu-se ainda entre os sistemas atmosféricos, que a MEA apresentou maior atuação à noite ou em horários próximos, principalmente na Campanha *Set/Out*, sendo três noites com atuação exclusiva. Os dias de menor nebulosidade apresentaram maior atuação da MTA e MEA e os de maior nebulosidade da MEC, MEA e REP-FPA. A MTA teve participação na maior parte dos horários de menor nebulosidade, abaixo de 2 décimos, ou com o céu limpo de nuvens, enquanto nebulosidades acima de 3 décimos ocorreram com mais frequência sob atuação dos demais sistemas atmosféricos.

4. Considerações finais

Nas três Campanhas, verificou-se que as faixas de conforto não foram facilmente alcançadas e que o intervalo de desconforto para o frio ocorreu, na maioria das vezes, nas madrugadas. Segundo as autoras que realizaram as calibrações, tanto Petalas (2015) para o UTCI, como Souza (2010) para o PET, foi possível determinar com maior precisão o intervalo de desconforto para o calor, diferente do intervalo de desconforto para o frio, que precisa ser melhor investigado. Por esse motivo, para análise do conforto em áreas externas, que são mais utilizadas no período diurno, o critério mais seguro para análise das três Campanhas parece ser o intervalo de desconforto para calor. Sob esse critério, foi possível perceber que a Campanha *Fev/Mar* foi a mais desconfortável (ver Figura 3) em todos os índices, ao sol e à sombra. Esperava-se que a Campanha *Set/Out* fosse a mais desconfortável, conforme estudos anteriores (SILVA; SOUZA, 2017), mas a baixa de precipitação verificada para o período foi determinante no aumento do desconforto térmico para o calor neste episódio. Em estudos posteriores de avaliação microclimática na cidade (SILVA; SOUZA, 2018), foi possível



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

verificar a influência de *El Niño* na determinação do desconforto entre os anos de 2015 e 2016, e em anos posteriores.

Apesar de ter se mostrado determinante sobre os índices de conforto térmico, a precipitação apresentou influência em poucas horas, ou no máximo no dia seguinte da ocorrência, como no caso da Campanha *Set/Out*. Nesta campanha, as chuvas dos dois primeiros dias influenciaram de forma mais clara nas primeiras horas e no dia seguinte, na quarta-feira, que nos dias subsequentes, quinta, sexta e sábado, quando não se percebeu qualquer alteração. Da mesma forma, na Campanha *Fev/Mar*, a chuva da madrugada da quinta-feira influenciou os elementos climáticos e os índices apenas na manhã desse mesmo dia, e a chuva da sexta-feira à tarde ocasionou alterações também por pouco tempo, até a manhã do sábado. A ventilação teve influência nos intervalos de conforto, porém, diferentemente da precipitação, pode ser indesejável em alguns momentos, principalmente com umidade relativa muito baixa, o que ocorreu em alguns horários, principalmente na Campanha *Set/Out*. Mesmo assim, ficou clara a influência dessas duas variáveis, pois os maiores valores dos índices e das temperaturas máximas ocorreram em dias com ausência de precipitação e/ou de ventilação reduzida.

As massas de ar influenciaram nos intervalos de conforto, pois determinam diversas variáveis dos índices. Também foi identificado que os sistemas atmosféricos atuaram de forma diferenciada por horário do dia, interferindo nos índices. As manhãs da Campanha *Set/Out* tiveram maior atuação da MEC, da mesma forma que nas tardes da Campanha *Fev/Mar*. A MTA foi mais frequente pela manhã na Campanha *Fev/Mar*, e durante todo o dia na Campanha *Junho*, com exceção das madrugadas, que apresentaram participação também da MEA. Além disso, a MEA apresentou, nas três Campanhas, maior frequência nas madrugadas e em quase todas as noites, que foram os horários mais confortáveis. As tardes, que apresentaram as temperaturas e os índices mais elevados, ou seja, mais desconfortáveis para o calor, tiveram participação de todos os sistemas atmosféricos identificados, sendo maior a MEA na Campanha *Set/Out*, a MEC na Campanha *Fev/Mar* e a MTA na Campanha *Junho*. Além disso, é importante salientar a participação da REP-FPA ocorreu numa tarde, sendo responsável por parte da precipitação. É provável que a posição de Palmas (TO) em área de interface frequente entre as massas atlânticas (MTA e MEA) e continentais (MEC) acabe por interferir na dinâmica atmosférica dessa localidade, conforme observado.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tendo em vista que tantos os elementos climáticos, individualmente ou em conjunto, como os sistemas atmosféricos atuantes, influenciaram os índices de conforto de uma forma particular, foi possível perceber que os índices podem ser uma eficiente forma de síntese dos elementos climáticos, apesar de carecer ainda de calibrações e ajustes específicos a alguns eventos (como a inadequação do equipamento quando exposto à precipitação), e a características específicas do clima local.

5. Referências

DE FREITAS, Christopher R.; GRIGORIEVA, Elena A. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. **International Journal of Biometeorology**, v. 61, n. 3, p. 487-512, mar. 2017.

GIVONI, Baruch. **Man, Climate and Architecture**. 2. ed. Londres: Applied Science Publishers, 1976.

GOBO, João Paulo Assis. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano**. 2013. 184 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

GOOGLE. **Google Earth**. Version 7.3.0.3832 (64-bits). 2017. Palmas, TO. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 17 jul. 2017.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 10 mar. 2020.

ISO, – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environments – Instruments for measuring physical quantities, Genebra, Suíça, 1998.

MATZARAKIS, Andreas. **RayMan Pro: modelling of mean radiant temperature in urban structures, calculation of thermal indices**. Version 2.2. Friburgo: Meteorological Institute, University of Freiburg, 2014.

MATZARAKIS, Andreas; RUTZ, Frank; MAYER, Helmut. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: application of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, v. 51, n. 4, p. 323-334, mar. 2007.

_____; _____. Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 2, p. 131-139, mar. 2010.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

NOAA/NWS/CPC – NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, National Weather Service. Climate Prediction Center. **Cold & Warm Episodes by Season, 2017.** Disponível em: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 23 ago. 2017.

PALMAS. **Sistema de informações geográficas de Palmas.** Disponível em: <http://geo.palmas.to.gov.br/>. Acesso em: 10 dez. 2017.

PETALAS, Kety Vasconcelos. **Estudo da sensação térmica e definição de limites de conforto para espaços abertos na cidade de Fortaleza, CE.** 2015. 272 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2015.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da. **Percepção climática e conforto térmico:** contribuição ao estudo interdisciplinar dos aspectos objetivos e subjetivos do clima em Palmas, TO. 2018. 550 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2018.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da; SOUZA, Lucas Barbosa e. Seleção de anos-padrão para análise rítmica em estudos de conforto térmico: uma proposta de “confortogramas” a partir de índices. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 20, n. 13, p. 52–70, jul. 2017.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da; SOUZA, Lucas Barbosa e. Análise rítmica microclimática em estudos de conforto térmico: proposta para seleção de períodos-padrão. **Revista de Geografia – PPGEO – UFJF**, Juiz de Fora, MG, v. 8, n. 2, (XIII SBCG 2018) p. 22–34, jul. 2018.

SILVA, Liliane Flávia Guimarães da; SOUZA, Lucas Barbosa e. Ritmo climático e conforto térmico na cidade de Palmas (TO) em anos-padrão selecionados. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 34, p. 1–27, jan./jun. 2019.

SOUZA, Sandra Helena Miranda de. **Avaliação do desempenho térmico nos microclimas das praças: Piedade e Visconde de Cayrú, Salvador/ BA.** 2010. 203 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

INFLUÊNCIA DO EL NIÑO 1997/98 E 2015/16 NA DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

RAFAELA QUINTELLA VEIGA¹
ANDREWS JOSÉ DE LUCENA²

RESUMO

A principal fonte da variabilidade interanual é o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), anomalia relacionada a interação oceano-atmosfera, afetando várias partes do mundo por meio das alterações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na pressão, na convecção tropical. O impacto desse fenômeno abrange o Brasil, incluindo assim, a região sudeste. Esse trabalho busca analisar o padrão da distribuição da chuva quando há ocorrência, especificamente, da fase quente do ENOS, o El Niño, na Cidade do Rio de Janeiro em comparação com os Ciclos Neutros (ausência do fenômeno). Utilizou-se dados trimestrais de chuva (mm) de 12 estações (Campo Grande, Santa Cruz, Grota Funda, Penha, Itanhangá, Barrinha, Jardim Botânico, Tijuca, Copacabana, Rocinha, Recreio dos Bandeirantes e Ilha do Governador), coletados no site do sistema AlertaRio da Prefeitura do Rio de Janeiro. A definição dos ciclos de EN baseou-se no ONI (*Oceanic Niño Index*) e os ciclos trabalhados foram: 1997/98 e 2015/16. Para a realização dos resultados usou-se dois softwares: Planilha de Excel 2010 e o *R Project for Statistical Computing*. Foram feitos gráficos de barra, Boxplots, e tabela referente a Correlação Linear. Os principais resultados foram os maiores acumulados trimestrais de chuva e os maiores picos ocorreram no Ciclo EN do que no Ciclo Neutro; O fator local se torna relevante para análise e não se pode afirmar estatisticamente que o El Niño influencia ou não a distribuição das chuvas.

Palavras-chave: El Niño; Pluviosidade; Rio de Janeiro.

ABSTRACT

The main source of interannual variability is the El Niño-South Oscillation (ENOS) phenomenon, an anomaly related to ocean-atmosphere interaction, affecting various parts of the world through changes in Sea Surface Temperature (TSM), pressure, convection tropical. The impact of this phenomenon covers Brazil, thus including the southeast region. This work seeks to analyze the pattern of rain distribution when there is, specifically, the hot phase of ENOS, El Niño, in the City of Rio de Janeiro in comparison with the Neutral Cycles (absence of the phenomenon). Quarterly rainfall data (mm) from 12 stations (Campo Grande, Santa Cruz, Grota Funda, Penha, Itanhangá, Barrinha, Jardim Botânico, Tijuca, Copacabana, Rocinha, Recreio dos Bandeirantes and Ilha do Governador) were used on the site the Rio de Janeiro City Hall's AlertRio system. The definition of EN cycles was based on the ONI (*Oceanic Niño Index*) and the cycles worked on were: 1997/98 and 2015/16. To achieve the results, two

¹ Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, rafaquinveiga@gmail.com

² Docente em programa de graduação e pós-graduação em Geografia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, lucenageo@yahoo.com.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

softwares were used: Excel 2010 Spreadsheet and R Project for Statistical Computing. Bar graphs, Boxplots, and a table referring to Linear Correlation were made. The main results were the highest accumulated quarterly rainfall and the highest peaks occurred in the EN Cycle than in the Neutral Cycle; The local factor becomes relevant for analysis and it cannot be statistically stated that El Niño influences or not the rainfall distribution.

Keywords: El Niño; Rainfall; Rio de Janeiro.

1. Introdução

A circulação atmosférica apresenta grande variabilidade, analisada em seus padrões de sistemas sinóticos e de circulação em várias escalas temporais (CAVALCANTI; AMBRIZZI, 2009). Assim, o clima varia em escalas de tempo e espaço, possuindo flutuações oriundas de distintas formas de interações entre os variados componentes do sistema climático somado a mudanças dos fatores radioativos forçados (PABON apud BOCANEGRA; CAICEDO, 2000). Tais flutuações podem ser interpretadas como variabilidades climáticas que atuam em diferentes escalas (estacional, intraestacional, interanual e interdecadal).

Destaca-se a variabilidade interanual, associada às variações que aparecem nos fatores climáticos de ano para ano relacionada às alterações do balanço global da radiação, que apresenta o fenômeno ENOS (El Niño-Oscilação Sul) como sua principal fonte. Esse fenômeno representa uma anomalia ligada a interação oceano-atmosférica, isto é, alterações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na pressão, no vento e na convecção tropical na região do Pacífico Equatorial, sobretudo, na costa peruana. Apresenta duas fases: a fria determinada como La Niña (LN) e a quente como El Niño (EN), definido por meio Índices da Oscilação da Pressão Atmosférica e da TSM (GRIMM; FERRAZ; GOMEZ apud FERREIRA et al., 2017).

O El Niño refere-se ao aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial. Essa corrente de águas quentes, normalmente, na direção sul no início de verão, somente ganha o nome de EN quando a anomalia térmica alcança proporções elevadas (1C°) ou muito elevadas (4 a 6C°) acima da média térmica (23C°), modificando a dinâmica normal da Célula de Walker (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Conseqüentemente, provoca alterações na precipitação (GRIM et al., 2000), os eventos extremos de precipitação (GRIMM



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e TEDESCHI, 2009) sobre a América do Sul, como também outros elementos climáticos (temperatura).

No Brasil, em especial na região sudeste, o EN apresenta como características a manutenção das temperaturas mais altas do que a média registrada. Já referente a chuva e a estação chuvosa, o ENOS não mostra um impacto muito claro, mas sabe-se que o EN diminui a ação da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). Ainda sobre a região sudeste brasileira, apresenta a distribuição espacial e temporal da precipitação como um traço climático mais relevante, por causa as configurações entre os controladores de macroescala, salientando o fenômeno ENOS.

Nesse contexto, a cidade do Rio de Janeiro é um importante espaço de complexidade espacial, sazonal e sinótica da climatologia da precipitação na região sudeste. Além disso, a própria cidade apresenta contrastes marcantes na sua climatologia quando comparado os distintos bairros. Desse modo, o trabalho busca analisar a influência do fenômeno EN na distribuição das chuvas na cidade do Rio de Janeiro, visto que a precipitação é um dos elementos climáticos modulados por padrões de teleconexões, em quatro espaços da Cidade do Rio de Janeiro, a Zona Oeste 1: Campo Grande, Santa Cruz e Grota Funda; Zona Oeste 2: Itanhangá/Barrinha e Recreio; Zona Norte: Ilha do Governador, Penha e Tijuca; Zona Sul: Rocinha, Jardim Botânico e Copacabana.

2. Metodologia

Utilizou-se dados mensais de chuva (mm) coletados no site do sistema Alerta Rio (<http://alertario.rio.rj.gov.br/acumulados-mensais>), pertencente a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Para a seleção das estações meteorológicas foram priorizados: i) estações que não possuem dados de chuvas faltosos (sem falhas) na escala temporal trabalhada; ii) estações que representassem a maior parte da região geográfica da cidade do Rio de Janeiro a fim de que consiga compreender a distribuição e padrão da chuva conforme sua paisagem fisiográfica. Vale salientar a exceção ocorrente com a estação Itanhangá que mesmo apresentando dados faltosos, desativada no ano de 2013, foi substituída pela estação Barrinha, ativada naquele mesmo ano. Tal substituição é justificada visto que a região abrangida por essas estações representa um ponto importante para se compreender o comportamento da chuva em relação as outras regiões estudadas neste trabalho, e pelas



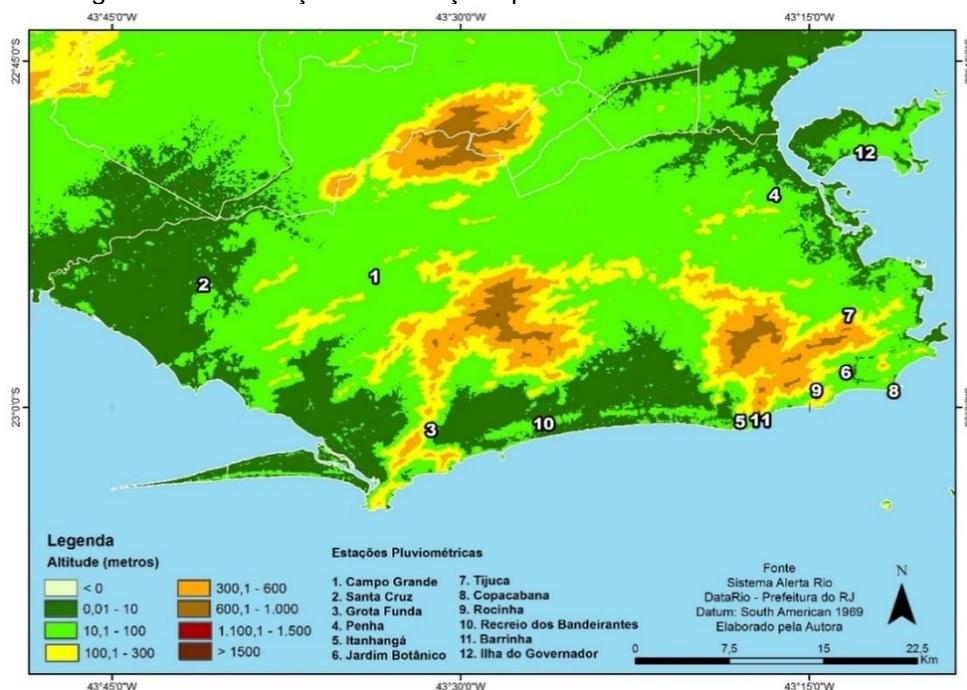
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

estações estarem próximas geograficamente (apenas 1,4 km de distância). Através disso, as estações escolhidas de cada espaço geográfico do RJ (Figura 01): i) Zona Oeste 1: Campo Grande, Santa Cruz e Grotta Funda; ii) Zona Oeste 2: Itanhangá/Barrinha e Recreio; iii) Zona Norte: Ilha do Governador, Penha e Tijuca; iv) Zona Sul: Rocinha, Jardim Botânico e Copacabana.

Figura 01: Localização das estações pluviométricas da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Sistema Alerta Rio e DataRIO

Referente aos ciclos trabalhados denominam-se os ciclos de EN os períodos temporais que sofrem influência do fenômeno ENOS na sua fase positiva, já os ciclos neutros equivalem aos períodos temporais com ausência do fenômeno ENOS. A delimitação dos ciclos de EN baseia-se no *Oceanic Niño Index* (ONI) (<https://ggweather.com/enso/oni.htm>). Neste trabalho os critérios definidos foram: i) os ciclos de EN a partir de 1997, uma vez que os dados fornecidos pela Prefeitura do RJ começam ser disponibilizados a partir desse ano; ii) os ciclos de EN que apresentavam intensidades muito forte; iii) os ciclos Neutros foram escolhidos segundo a proximidade temporal dos ciclos EN a fim de facilitar a comparação.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Vale ressaltar que o ONI se tornou padrão de identificação dos eventos ENOS no Pacífico Tropical pela Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA). A anomalia é baseada na média de três meses da TSM para a região de Niño 3.4 (5°N-5°S, 120°W-170°W), região que possui maior correlação entre o Índice Oscilação Sul e a TSM, assim, os eventos são determinados com cinco períodos de três meses sobrepostos consecutivos (no caso de EN refere-se a anomalias de + 0,5°). Por meio disso, os ciclos de EN selecionados foram: 1997/98 e 2015/16; e ciclos Neutros: 2001/02 e 2013/14.

Seguindo o padrão ONI, os dados mensais foram agrupados em trimestres e separados por ciclos de EN e Neutros de cada estação pluviométrica escolhida. Para analisar a quantidade de chuvas trimestrais e comparar os ciclos, optou-se por gráficos de barra por estação pluviométrica. Os gráficos foram elaborados pelo programa Microsoft Planilha Excel 2010.

Para a análise estatística foram empregados os Boxplot e o Coeficiente de Correlação Linear (*Pearson*). Todos esses produtos foram feitos no *The R Project for Statisticam Computing*, R, um software livre para computação estatística e gráfica.

A escolha de elaboração dos boxplots se sustenta por ser um recurso gráfico para sintetizar/sumarizar e analisar dados quantitativos, evidenciando medidas centrais não-paramétricas (medianas), de dispersão (quartis), forma de distribuição ou simetria da amostra (valores pontuais mínimos e máximos), valores atípicos/extremos (outliers).

O coeficiente de correlação de Pearson empregado é “uma medida de associação bivariada (força) do grau de relacionamento entre duas variáveis” (GARSON apud FILHO & JUNIO, 2009, p.118) que “mensura a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas” (MOORE apud FILHO & JUNIO, 2009, p.118), ou seja, é uma medida estatística de associação linear entre variáveis. Apresenta a seguinte equação:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{xi - \bar{X}}{Sx} \right) \left(\frac{yi - \bar{Y}}{Sy} \right)$$

Essa equação pressupõe que o aumento ou decréscimo de uma unidade na variável X provoca o mesmo efeito em Y, em teor gráfico a mesma forma de ilustrar essa relação é por meio de uma linha reta (r = coeficiente de correlação).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Esse método traz dois conceitos chaves: “associação” e “linearidade”. Esse coeficiente varia de -1 a 1, os sinais indicam direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor traduz a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou +1) corresponde que um escore de uma variável pode ser definido precisamente ao se saber o escore da outra. Já uma correlação nula (valor 0) equivale que não há uma relação linear entre as variáveis.

Independente do sinal, quanto mais próximo de 1 representa maior grau de dependência estatística linear entre as variáveis, de modo contrário, quanto mais perto de zero, menor é a força dessa relação (FILHO & JUNIO, 2009). As correlações foram feitas entre as estações pluviométricas dos Ciclos EN e estações pluviométricas dos Ciclos Neutros, com intuito de analisar a presença de alguma correlação entre o padrão da chuva quando há ocorrência e ausência do evento EN, privilegiou-se a proximidade temporal (2 segmentos: 1. 1997/98 (Ciclo EN) com 2001/02 (Ciclo Neutro); 2. 2015/16 (Ciclo de EN) com 2013/14 (Ciclo Neutro)).

3. Resultados e discussão

3.1 Totais de chuva trimestrais em gráficos de barra

Segundo a Figura 02, ao longo do ciclo EN, em todas as estações estudadas, apresenta os maiores totais trimestrais do que o Ciclo Neutro. Vale destacar os trimestres NDJ/ DJF /JFM / FMA do Ciclo EN como os trimestres que tiveram os maiores aportes de chuva, evidenciando o período de verão. Pode-se associar esse grande acúmulo com o aumento da temperatura acima da média, efeito da influência do EN na região sudeste brasileira.

Referente ao Ciclo EN, a estação Tijuca representa a estação que mais obteve acumulado de chuva trimestral, alcançando máximo de 1161,4 mm (JFM). Isso se explica pela sua localização nas proximidades da encosta do maciço litorâneo da Tijuca, somado ao fator vegetação (Floresta da Tijuca) e a altitude da própria estação (cota de 340 m). A estação da Grotta Funda também se destacou, com quase 1000 mm de chuva no trimestre JFM, também nas proximidades de uma encosta, à barlavento, desta vez do Maciço da Pedra Branca. A estação com o mais baixo volume pluviométrico é a Penha, situada na baixada da Guanabara, uma das áreas mais urbanizadas da cidade do RJ, com um total de 341,2 mm (JFM).



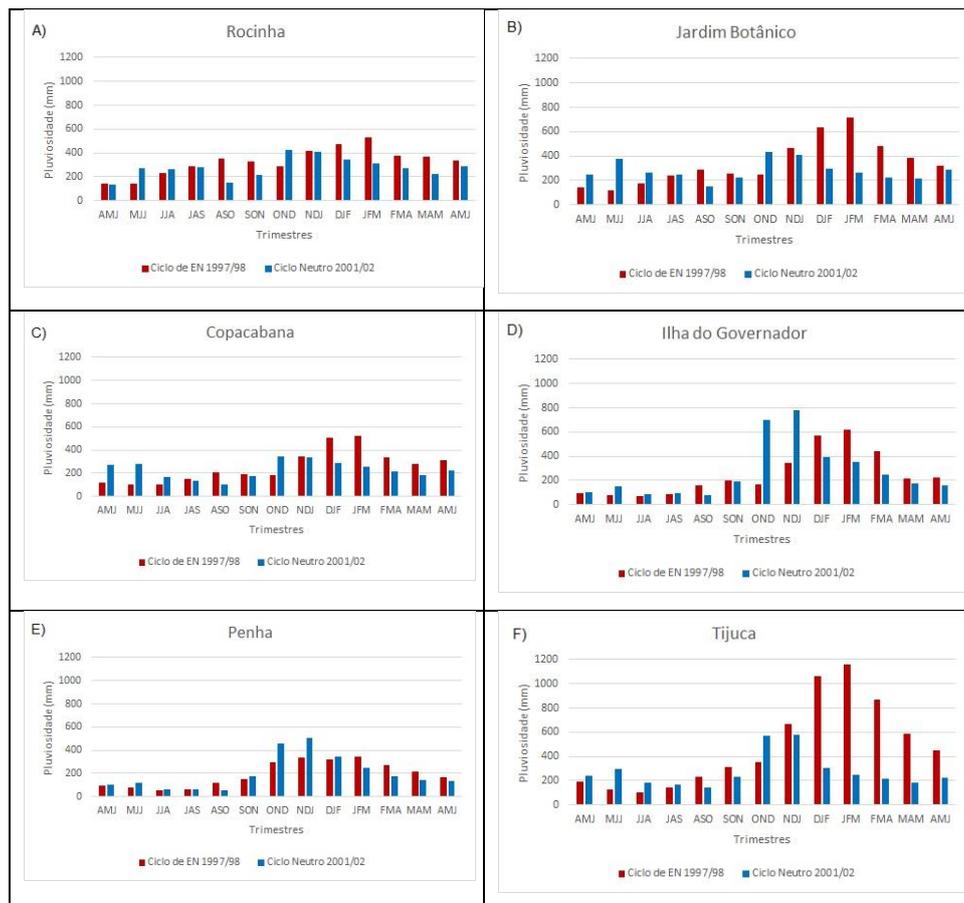
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Referente ao ciclo Neutro, por mais que os acumulados trimestrais ao sejam baixo, destacam-se dois picos trimestrais de chuva: Ilha do Governador com 779,2 mm e Tijuca com 577 mm, ambos no trimestre NDJ. As estações pluviométricas que apresentaram os maiores totais foram Itanhangá (4484,6 mm), Ilha do Governador (4086,8 mm), Jardim Botânico (4068,6 mm) e Tijuca (4050 mm). Tais estações apresentam características físicas favoráveis à concentração das chuvas, como a proximidade da encosta, no caso de Itanhangá somado à proximidade do mar; a Ilha do Governador as margens da Baía da Guanabara; Jardim Botânico e Tijuca que são influenciadas pela densa vegetação e a proximidade do Maciço da Tijuca.

Figura 02: Distribuição de acumulados trimestrais de chuva 1997/98 – 2001/02

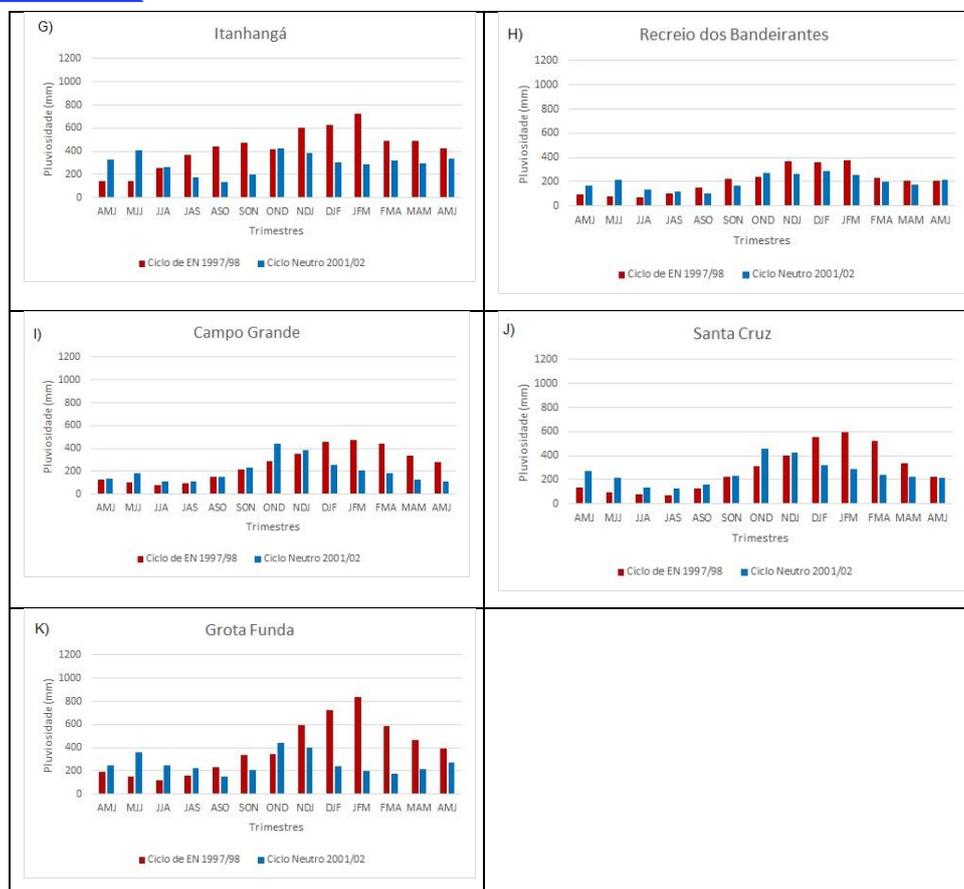




XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: Alerta Rio

De acordo com a Figura 03, diferente do ocorrente na Figura 02, apresenta um maior equilíbrio entre os acumulados trimestrais do ciclo EN e Ciclo Neutro, ao longo de todo período comparado e ao longo de todas as estações expostas. Em ambos os ciclos, os maiores totais acumulados trimestrais pluviométricos situam-se nos trimestres NDJ/DJF/JFM/FMA, ressaltando o final da primavera e o início do verão. No final da linha temporal, destaca-se o Ciclo EN, em todas as estações, os maiores acumulados trimestrais (ASO/SON), enfatizando o início do período chuvoso mais intenso.

Referente ao ciclo EN, é observado que houve concentração de chuvas em três bairros: Rocinha, Grota Funda e Barrinha. A concentração se deve a localização a barlavento dos maciços e, no caso, da Rocinha e Barrinha a influência da umidade do litoral. Referente ao Ciclo Neutro, a estação Rocinha mesmo em período seco (outono/inverno), obteve picos acima de 500 mm (MJJ com 558,6 mm; JJA com 511,8 mm). As estações mais secas foram



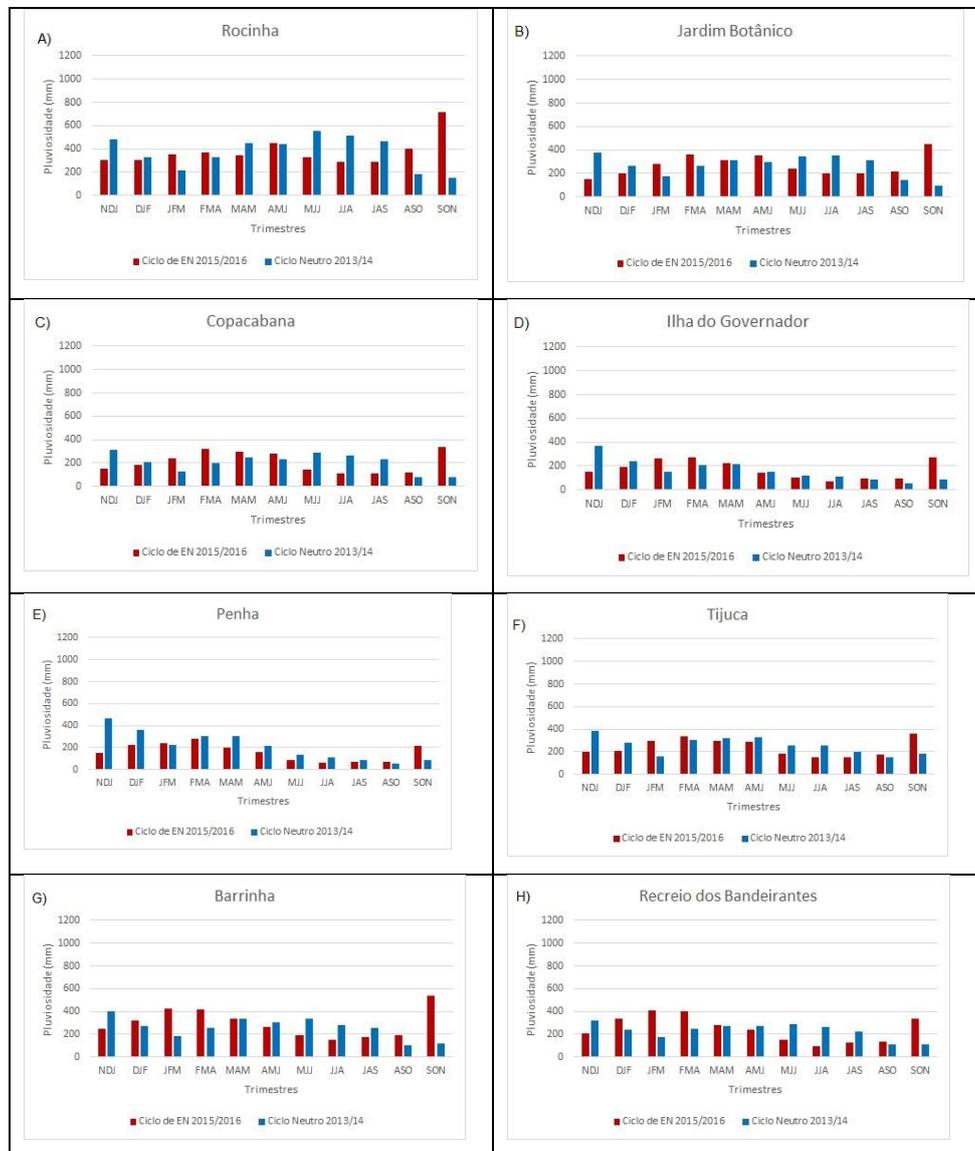
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Campo Grande e Penha. Vale fazer uma ressalve que ao longo do Ciclo Neutro, que o mesmo foi considerado atípico devido ao estabelecimento de um sistema anômalo de alta pressão sobre o oceano Atlântico aquecido adjacente à região sudeste, bloqueando a atuação dos sistemas frontais, desfavorecendo a formação de ZCAS (COELHO et al., 2016). Isso gerou um período de seca na região.

Figura 03: Distribuição de acumulados trimestrais de chuva 2015/16 -2013/14

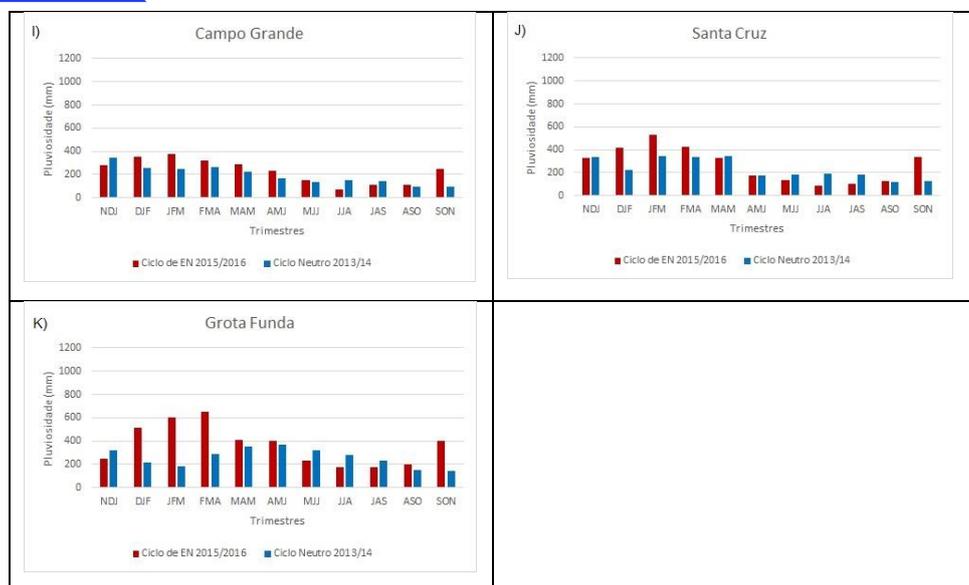




XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: Alerta Rio

3.2. Distribuição das Chuvas por boxplot

Segundo a Figura 04, nota-se maior dispersão dos dados no Ciclo EN (A) do que o Ciclo Neutro (B), apresentando maiores máximos acumulados trimestrais. Durante o Ciclo Neutro se percebe que todas as estações se encontram melhor distribuídas, em relação aos acumulados trimestrais, ao comparar o Ciclo EN, em que a diferença da dispersão dos acumulados trimestrais entre os bairros fica mais expressiva. Referente ao Ciclo EN (A), a estação da Rocinha é mais simétrica, com valores de média (328,6 mm) e mediana (335,5 mm) muito próximos, também possui menor dispersão dos acumulados de chuva. Vale ressaltar a presença de outliers 530,6 mm (JFM) e 144,1 (AMJ), e mesmo com a pequena dispersão dos dados trimestrais é perceptível que seus acumulados de chuva são altos (posição da caixa do boxplot). Isso se deve a sua localização geográfica que se situa à barlavento do Maciço, apresenta cota de 160 m e a proximidade do mar.

Em contraste, a estação Penha (área mais urbanizada) que apesar de possuir maior dispersão dos dados trimestrais pluviométricos, apresenta acumulados de chuva inferiores. A mesma possui uma assimetria positiva dos dados, a média (193,5 mm) é maior que a mediana (163,7 mm), considerando que a média é influenciada pelos valores extremos, a mediana demonstra de forma mais robusta sua distribuição dos dados.

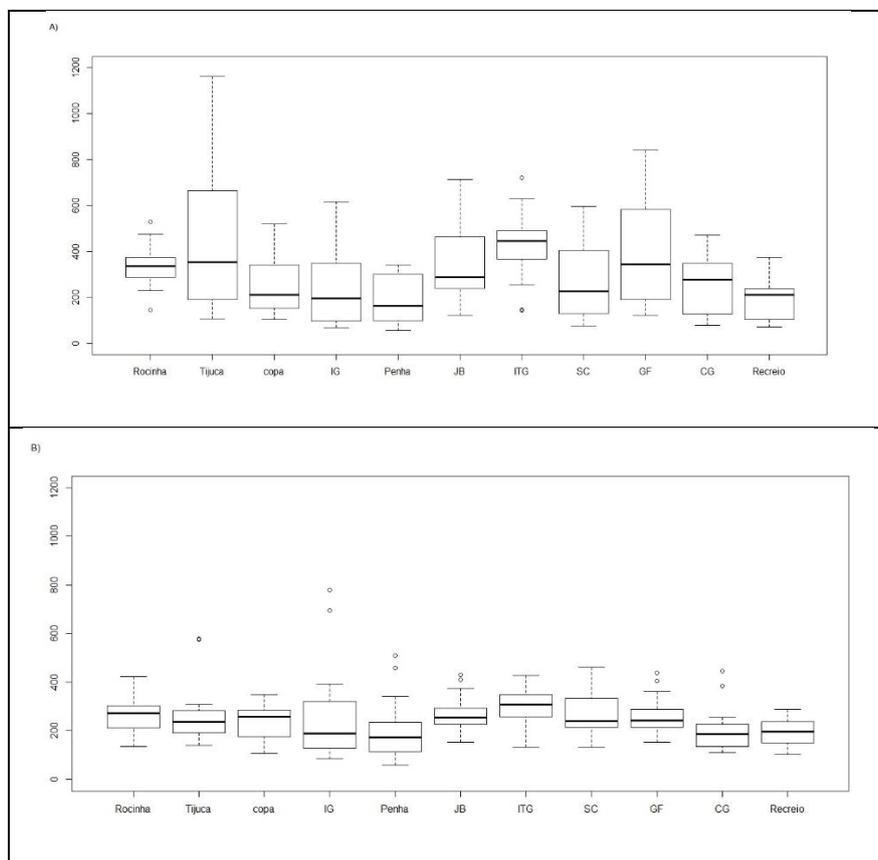


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04: Distribuição trimestral de chuva por meio de boxplot 97/98 (A) – 01/02 (B)



Fonte: Alerta Rio

Legenda: copa=Copacabana/ IG=Ilha do Governador/ JB=Jardim Botânico / ITG=Itanhangá / SC=Santa Cruz / GF=Grota Funda / CG=Campo Grande

Junto com a Estação Penha, as estações Recreio e Ilha do Governador possuem baixos acumulados. As estações Tijuca e Grota Funda como as estações com maior dispersão dos acumulados trimestrais de chuva, entre 106,2 mm – 1161,4 mm e 121 mm – 839,6 mm, respectivamente. E a estação de Itanhangá (influência da maritimidade) apresenta dois outliers 141,9 mm (MJJ) e 721,7 mm (JFM).

Referente ao Ciclo Neutro apresenta mais outliers (valores extremos), como a Tijuca – 577 mm (NDJ), IG – 779,2 mm (NDJ) e 696 mm (OND), Penha – 509,2 mm (NDJ) e 459,2 mm (OND), JB – 431,4 mm (OND) e 410,6 mm (NDJ), GF – 438,4 mm (OND) e 404,2 mm (NDJ) e CG – 445 mm (OND) e 385 mm (NDJ). Dentre essas, Tijuca e Penha mostram melhor simetria dos dados, com valores de média (270 mm/201,8 mm) próximos da mediana (236



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

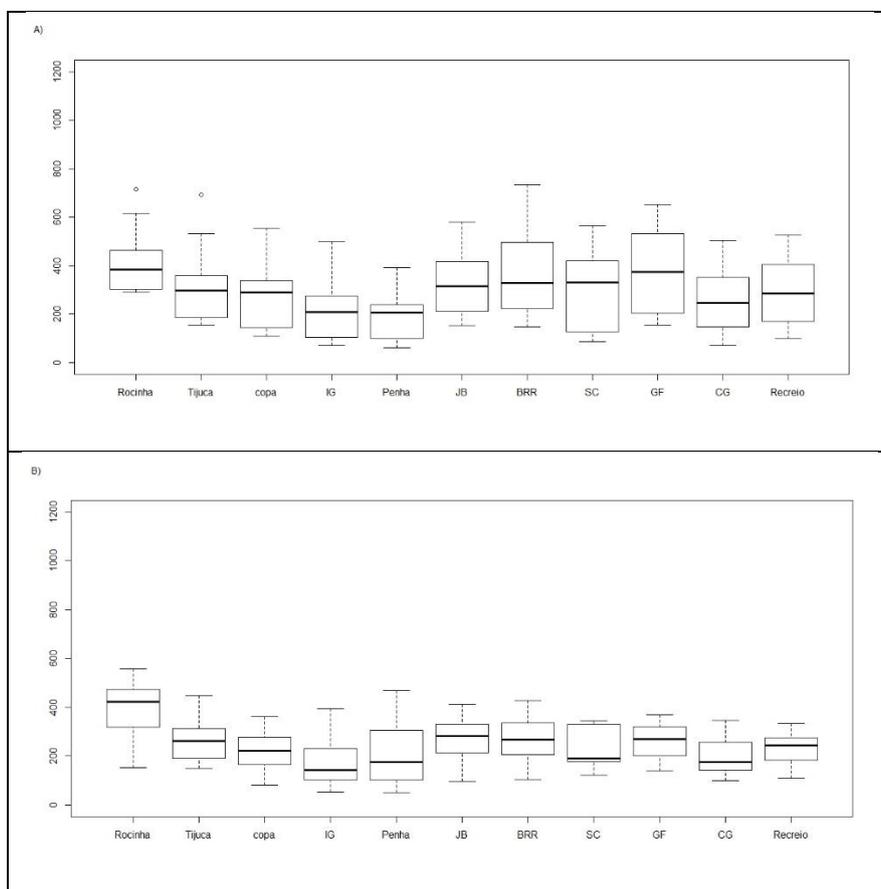
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mm/173,2 mm), mas a média está sendo induzida pelos outliers. Em especial, as estações Penha e Campo Grande abrangem os valores mais baixos trimestrais de chuva.

Segundo a Figura 05, durante o Ciclo EN **(A)** se mostra com mais dispersão dos acumulados trimestrais do que no Ciclo Neutro **(B)**. Além de expressar dois picos de chuvas (pode estar relacionado com alguma pancada de chuva), ultrapassando a marca de 600 mm de chuva, na qual o Ciclo Neutro ficou retido em todo período.

Figura 05: Distribuição trimestral de chuva por meio de boxplot 15/16 (A) -13/14 (B)



Fonte: Alerta Rio

Legenda: copa=Copacabana/ IG=ilha do Governador/ JB=Jardim Botânico / BRR=Barrinha / SC=Santa Cruz / GF=Grota Funda / CG=Campo Grande

Referente ao ciclo de EN, há o destaque para as estações Rocinha e Tijuca que além de apresentarem outliers (716,4 mm – SON; 692,6 mm – JFM), representam as estações com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

os maiores acumulados de chuva (influência de sua localização geográfica: relevo, altitude, maritimidade e vegetação). A estação Penha situa-se na posição mais baixa da caixa de boxplot, sendo assim, a estação com menor acumulado. Seguindo-a, estão as estações Ilha do Governador e Campo Grande. As estações que apresentam assimetria positiva dos dados trimestrais de chuva são: CG, Rocinha, JB, Rocinha, com valores de média, 263,9 mm; 414,7 mm; 328,8 mm; 291,9 mm, e das medianas, 246,7 mm; 385,2 mm; 315,2 mm; 284 mm, evidenciando que as médias estão sofrendo influências dos valores mais elevados, em especial, Rocinha pelo seu outlier.

No Ciclo Neutro, as estações ficam em grande parte com seus aportes de chuvas entre 200 mm e 400 mm. A estação Penha apresenta a maior dispersão e a estação Rocinha apresenta maiores valores trimestrais de chuva. As estações Penha, IG e CG representam os valores mais baixos trimestrais. CG e SC apresentam assimetria positiva, isto é, os valores da média (203,6 mm; 230,3 mm) maiores que a mediana (174 mm; 191,2 mm), ressaltando que a média sofre influência dos valores mais altos trimestrais de chuva. Consequentemente, a mediana revela com maior confiabilidade a tendência para os mais baixos acumulados trimestrais de chuva ao longo do ciclo. Ao oposto, Barrinha e Copacabana apresentam seus dados quase simétricos, com valores de média 267 mm e 215,6 mm e mediana 266 mm e 220,4 mm. A estação Recreio apresenta uma das menores amplitudes, logo a menor dispersão dos dados e uma assimetria negativa, obtendo a mediana (243,8 mm) maior que a média (230,5 mm).

3.4 Correlação Linear entre os Ciclos EN e Ciclos Neutros

De maneira geral, as correlações foram baixas (Tabela 01), próximas a zero. Assim, aparenta expressar a não existência de uma relação linear entre os ciclos comparados, ou seja, os ciclos de EN e Normais se comportaram estatisticamente independentes, sobretudo em 2013/14 – 2015/16. Por mais que no Ciclo EN, observado nos dados brutos dos gráficos de barra e bloxplot, apresentou maiores acumulados trimestrais de chuva e os maiores picos comparado ao Ciclo Neutro, estatisticamente não foi significativo. Vale destacar a estação Penha, já que foi a que possui as mais fortes correlações entres esses dois segmentos, representa a estação de menor acumulado de chuvas, independente da influência do EN ou Neutro.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 01 - Correlação entre Ciclos EN e Ciclos Neutros

Ciclos	Rc	Jb	copa	Ig	Ph	Tj	Itg/brr	Re	Cg	Sc	Gf
97/98-01/02	0,4	0,0	0,3	0,4	0,8	0,2	-0,1	0,8	0,4	0,5	-0,1
13/14-15/16	0,1	0,2	0,0	0,5	0,6	-0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	-0,2

Fonte: Alerta Rio

Legenda: Rc=Rocinha; Jb=Jardim Botânico; copa=Copacabana; Ig=Ilha do Governador; Ph=Penha; Tj=Tijuca; Itg/brr=Itanhná=Barrinha; Re=Recreio; Cg=Campo Grande; Sc=Santa Cruz; Gf=Grota Funda

4. Considerações finais

Os principais resultados demonstram que nos Ciclos EN há maiores picos de chuvas, acima de 1000 mm, e os acumulados trimestrais são mais elevados em comparação aos Ciclos Neutros. Os fatores locais, como a altitude, maritimidade, relevo e vegetação ganham destaque na distribuição das chuvas, já que as estações que apresentaram os maiores acumulados trimestrais (Rocinha, Tijuca, Grota Funda, Itanhangá/Barrinha, Copacabana e Jardim Botânico) acompanham essas características. As estações Recreio e Ilha do Governador, ainda que se situem próximos aos corpos hídricos, não apresentam altos acumulados trimestrais.

Quanto à estatística adotada entre os Ciclos de EN e Ciclos Neutro, aparentemente, em grande parte, não apresentam correlações efetivas, ou seja, as chuvas se organizam estatisticamente independentes. Dessa forma, do ponto de vista estatístico, ainda não se pode afirmar que no El Niño há maior ou menor influência na distribuição das chuvas na Cidade do Rio de Janeiro. Todavia é válido realçar as estações Ilha do Governador, Recreio e, especialmente, Penha como as que apresentaram as maiores correlações, em que o padrão de distribuição das chuvas segue as mesmas proporções, diminuindo e aumentando juntas. Esse padrão segue a norma de mais chuvas no verão e menos chuvas no inverno.

Em trabalhos futuros sugere-se, nas aplicações das correlações, a retirada dos outliers para verificar se o resultado seria mantido ou sofreria alguma alteração, já que os outliers influenciam os resultados finais. Uma segunda sugestão é realizar mais correlações entre os ciclos, sem se limitar a proximidade temporal. Sugere-se também incluir na análise dados de temperatura, uma categoria também muito importante nos estudos sobre ENOS. Finalmente, uma última sugestão é incluir a análise dos períodos de La Niña para observar outros padrões ou não da chuva e da temperatura entre as estações.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

BOCANEGRA, J. E. M.; CAICEDO, J. D. P. La Varabilidad Climatica Interanual Asociada al Ciclo El Niño - La Niña – Oscilacion del Sur y su Efecto em el patron Pluviometrico de Colombia. **Meteorología Colombiana**, n. 2, p. 7 – 21, outubro 2000. ISSN 0124-6984. Acesso em 29 jan. 2020.

CAVALCANTI, I. F. A.; AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A. et al. (org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009. cap. 20, p. 317 – 332. Acesso em 27 jan. 2020.

COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F. A seca de 2013 a 2015 na região sudeste do Brasil. *Revista Climanalise*, Edição Comemorativa de 30 anos do Climanalise, p. 55 – 61, 2016.

FERREIRA, L. G. B. et al. O fenômeno El Niño de 2015/2016 e seus impactos nas chuvas do Paraná. 2017. **Boletim Técnico**. Acesso em 15 de jan. de 2020.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. da S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, vol. 18, n. 1, 2009. Acesso em 20 de maio 2019.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. Services. El Niño and La Niña years and Intensities – **Based on Oceanic Niño Index (ONI)**. Disponível em: <https://ggweather.com/enso/oni.htm?fbclid=IwAR0dvxYhcKKy4x1B7T8N9Zd5-RULCzt4XmIUz_myg4U4v1w74d_ACIVIMmc>. Acesso em: 16 de jan. 2019.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. **The Journal of Climate**, v. 13, n. 1, p. 35 – 58, January 2000. ISSN 0894-8755. Acesso em 10 de jan. de 2020.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. ENSO and extreme rainfall events in South America. **Journal of Climate**, v. 22, p. 1589-1609, 2009. DOI: 10.1175/2008JCLI2429.1

JUNIOR, L. N. Aspectos observacionais das Teleconexões Climáticas no Contexto da Variabilidade. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 6, n. 16, 2014. Acesso em: 14 de fev. de 2020.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. El Niño e La Niña. In: MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. (org.). *Climatologia Noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2007. cap. 7.2, p. 189 – 193. ISBN 978-85-86238-54-3. Acesso em: 2 de fev. de 2020.

SISTEMA ALERTA RIO, **Prefeitura do Rio de Janeiro**. Disponível em:<<http://alertario.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: 18 de maio de 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

INVERSÃO TÉRMICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO BOI RS/SC NO PERÍODO DE INVERNO

JAKELINE BARATTO¹

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo analisar a ocorrência de inversão térmica no perfil topoclimático da bacia hidrográfica do Rio do Boi para o período de inverno entre as cotas de 55 metros a 1006 metros de altitude. A área de estudo se localiza no setor nordeste do estado do Rio Grande do Sul, nos limites com o estado Santa Catarina. Nesta pesquisa foram utilizados dados da temperatura do ar de quatro pontos localizados em diferentes altitudes. O critério utilizado para identificar a inversão térmica foi quando a temperatura do ar na cota acima (P2, P3 e P4) for superior àquela registrada na cota inferior (P5). Os dados horários foram mensurados do período de 12 a 22 de julho de 2017, que após a coleta, foram trabalhos no programa Excel 2016 para a análise estatística e geração de gráficos. Como resultado obteve que os maiores números de registros de inversão térmica ocorreram no período da manhã e noturno, períodos de resfriamento do ar. Notou-se também que entre as cotas de 55 e 772 metros foram registrados as maiores frequências de ocorrência de inversão térmica. Os registros de inversão térmica são predominantes no período de resfriamento do ar, causados pelo acúmulo de ar frio, nas camadas inferiores e identificou-se a influência das orientações de vertentes no escoamento do ar, sendo que as vertentes voltadas para o Sul, no período de inverno, recebem a menor incidência de insolação.

Palavras-chave: Altitude, Orientação das vertentes, Gradiente atmosférico.

ABSTRACT

This paper concerns in to analyze the occurrence of thermal inversion in the topoclimatic profile in Rio do Boi watershed, in the winter period from 55 meters up to 1006 meters in altitude. The study region is based in at border between Rio Grande do Sul and Santa Catarina. Were used air temperature data registered in four points localized in differed altitude. The criterion used to identify the thermal inversion is whenever the air temperature in the above elevation (P2, P3 and P4) is higher than that recorded in the lower elevation (P5). Hourly data were collected between 12/07/2017 and 21/07/2017. All data were organized in Excel 2016 spreadsheets, statistically treated and charts generations. Results showed that the registered highest thermal inversion occurred in the morning and evening, periods of air cooling. The elevations between 55 and 772 meters were registered the highest frequency of thermal inversion. The thermal inversion values are predominant in the period of cooling, caused through the accumulation of cold air in the lower layers. However, identified the influence of slope orientation on air flow. During winter the southern slopes are exposed to the highest radiation incidence.

Keywords: Altimetry, Slope orientation, Atmospheric gradient.

¹ Doutoranda, Universidade Federal de Santa Maria, jekeline.jake@hotmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

Dentre os atributos climáticos, a temperatura do ar é uma das variáveis mais influenciada pela altitude (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Desse modo, a temperatura do ar de um local tem o seu gradiente térmico influenciado pela variação altimétrica (FRITZONS; MANTOVANI; AGUIAR, 2008). No entanto, para Galvani e Lima (2006) e Galvani, et al. (2008) particularidades como a cobertura da terra, são responsáveis pela variação do perfil vertical da temperatura do ar, sendo eles: cobertura vegetal, cor, declividade e orientação das vertentes, os quais, podem influenciar significativamente no perfil vertical de temperatura do ar.

Sob condições normais, a temperatura do ar tende a diminuir com o efeito da altitude nos limites da troposfera, porém, pode ocorrer o processo de inversão térmica na variação na variação altimétrica da temperatura do ar. Para Vide (1999) a inversão térmica ocorre quando há o acréscimo da temperatura com a altitude. Dessa forma, alguns fatores podem favorecer o processo de inversão térmica como a configuração do relevo, em especial um fundo de vale (GALVANI; LIMA, 2006; LIMA; GALVANI; FALCÃO, 2010). A nebulosidade, entrada de frentes frias ao longo do dia e outros controles da atmosfera conforme apontam Santos, Morais e Galvani (2015) são fatores que podem influenciar a ocorrência de inversão térmica

A sazonalidade também influencia no processo de inversão térmica, nessa perspectiva, Rolland (2002) aponta que, no inverno, o acúmulo de ar frio nos vales, durante a noite, é responsável pelas inversões térmicas, o que corrobora para a diminuição do gradiente térmico do ar durante a noite. Kattel et al., (2013) ressaltam que além da topografia, ter um papel fundamental no reforço do efeito de inversão térmica, especialmente no inverno durante a noite, os nevoeiros também podem aumentar a inversão da temperatura nesse período.

Nesse contexto, os estudos sobre o processo de inversão térmica são abordados em trabalhos que visam entender a variabilidade da temperatura do ar em regiões montanhosas, como no estudo de Wang et al., (2017) que analisaram as variações diurnas e sazonais do gradiente de elevação de temperatura do ar, na vertente norte da serra ocidental de Qinling Mountain, durante o período agosto de 2014 até agosto 2015, em 9 altitudes diferentes (1710 e 2500 m) com o auxílio de dataloggers. Os resultados apresentados pelos autores, em relação às inversões térmicas, mostraram que elas são mais frequentes no inverno para as



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

médias altitudes, entretanto, para as baixas e altas altitudes as inversões são equivalentes em todas as estações do ano.

O trabalho de Ambrozová e Laska (2017) analisou o perfil vertical da temperatura na zona costeira de Petuniabukta. Os autores coletaram dados de temperatura do ar em quatro diferentes altitudes para o período de agosto de 2013 a julho de 2015. Os resultados mostraram que as inversões térmicas ocorrem em até 80% do período de estudo na camada de ar abaixo de 136 m de altitude. No período de dois anos, o estudo registrou 139 horas com inversões térmicas.

Observando que a temperatura do ar varia de forma diferenciada conforme o aumento da altitude, principalmente durante o inverno, o objetivo deste trabalho foi analisar a ocorrência de inversão térmica no perfil topoclimático da bacia hidrográfica do Rio do Boi (RS/SC) para o período de inverno entre as cotas de 55 metros a 1006 metros de altitude.

1.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio do Boi está inserida no limite entre dois estados brasileiros. A sua metade norte pertence ao estado do Rio Grande do Sul e a metade sul pertence à Santa Catarina e tem uma área de aproximadamente 73,1 km². No entanto, para esta pesquisa, utilizou-se a porção da bacia hidrográfica que abrange o cânion Itaimbezinho, inserido no Parque Nacional de Aparados da Serra (PNAS), área que foi monitorada pelos equipamentos. Essa porção da bacia hidrográfica tem área de 57,3 km² (Figura 01).

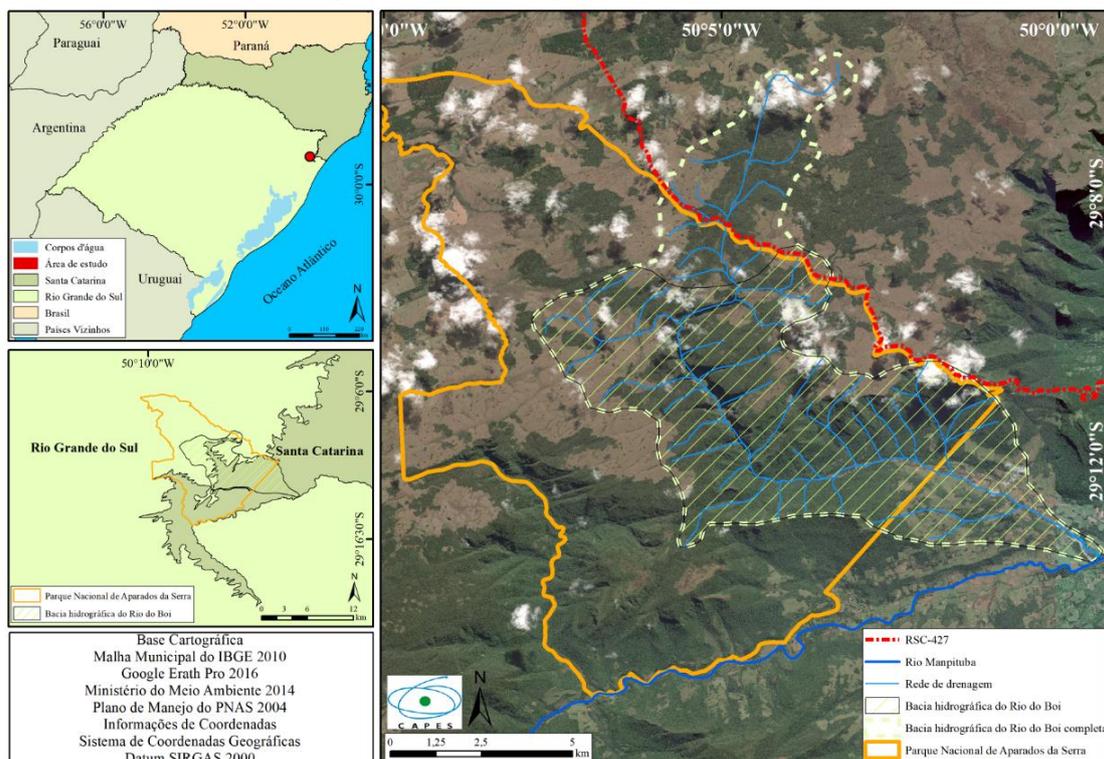


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 – Localização da área de estudo



Fonte: Autora

A altimetria da área de estudo varia de 40 metros até 1030 metros. A amplitude altimétrica é de 990 metros. As maiores altitudes estão localizadas na metade norte, variando de 890 metros até 1030 metros, cerca de 43% da área de estudo está entre essas classes, o que corresponde a uma área de 24,8 km². No setor central da área de estudo, ocorrem as maiores variações altimétrica e tais variações acompanham o cânion Itaimbezinho, que são maiores nas bordas do cânion e as menores no leito do rio do Boi (Figura 2).

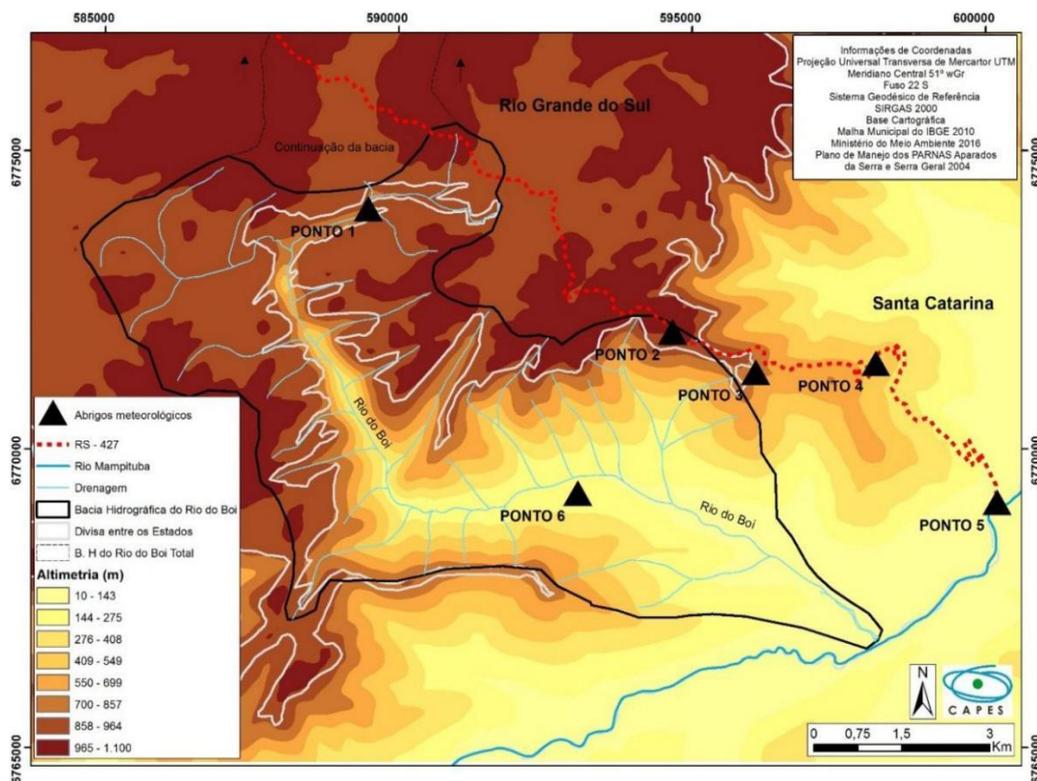


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 – Altimetria da bacia hidrográfica do rio do Boi RS/SC



Fonte: Autora

2. Metodologia

Para este trabalho foram utilizados dados de temperatura do ar dos mini-abrigos meteorológicos de baixo custo modelo ABC (ARMANI, GALVANI, 2005; HOPPE et al., 2015; BARATTO, WOLLMANN e GALVANI, 2020) instalados ao longo da Serra de Faxinal (RS-427), a qual faz divisa entre os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os lugares, onde se instalaram os equipamentos, possuíam características semelhantes, variando apenas sua altitude.

Verifica-se na Tabela 01, as coordenadas de cada ponto, bem como sua altitude e na Figura 3, a distribuição espacial dos pontos na área de estudo. Entretanto, para essa análise utilizou-se somente os pontos 2, 3, 4 e 5 para a identificação da ocorrência de inversão térmica, devido as cotas altimétricas, descartando os pontos P1 e P6.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

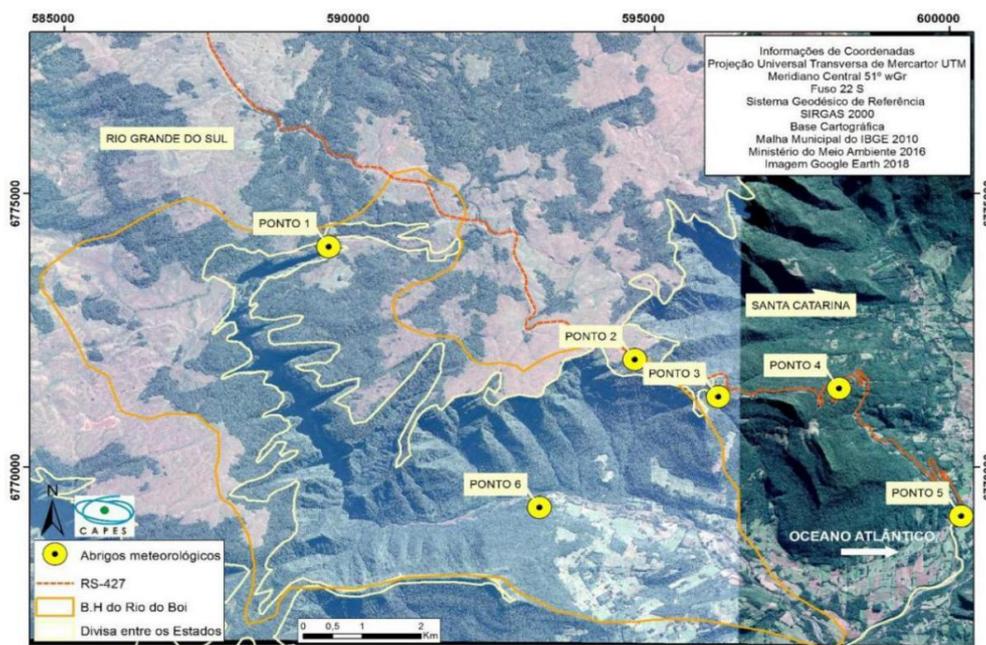
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 01 – Coordenadas de localização e altitude dos pontos de coleta de dados

Pontos	Coordenada UTM x	Coordenada UTM y	Altitude (m)
Ponto 1	589568,8	6774006,5	923,0
Ponto 2	594674,9	6771992,8	1006,0
Ponto 3	596081,0	6771285,0	772,0
Ponto 4	598129,0	6771436,0	495,0
Ponto 5	600198,0	6769105,0	55,0
Ponto 6	593049,0	6769262,0	196,0

Fonte: Trabalho de Campo (2017)

Figura 03 – Localização dos pontos de coleta dos dados de temperatura do ar na bacia hidrográfica do Rio do Boi.



Fonte: Autora

O período utilizado foi de 12/07/17 a 22/07/17, em que os dataloggers foram programados para a leitura horária dos dados de temperatura do ar. Após o período de coleta os dados foram descarregados em computador e organizados em tabelas para a análise estatística. Os dados de temperatura foram trabalhados no programa estatístico *Excel* (2016) para a geração de tabelas, gráficos e para o tratamento estatístico como a frequência. Para identificar a ocorrência de inversão térmica utilizou-se os seguintes critérios:



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

- Se temperatura do ar em P2 (1006m) for maior que P5 (55m) = inversão térmica;
- Se temperatura do ar em P3 (772m) for maior que P5 (55m) = inversão térmica;
- Se temperatura do ar em P4 (495m) for maior que P5 (55m) = inversão térmica.

Em síntese, sempre que a temperatura do ar na cota acima (P2, P3 e P4) for superior àquela registrada na cota inferior (P5) considera-se condição potencial de inversão térmica, pois indica que a temperatura do ar está aumentando com a altitude, fato que, nos limites da troposfera, ocorre de maneira inversa.

3. Resultados e discussão

Durante o período de coleta, teve-se um total de 960 observações horárias de dados de temperatura do ar, nos quatro pontos selecionados (P2, P3, P4 e P5). Destas 109 observações estavam em situações de inversões térmicas, o que corresponde a aproximadamente 11% dos dados. Como os registros das temperaturas do ar foram horários, cada evento de inversão térmica corresponde a uma hora, assim, para cada amplitude altimétrica tem 240 observações o que corresponde a 240 horas.

As maiores ocorrências de inversões térmicas foram entre os pontos P5 e P3, cotas de 55 metros e 772 metros, respectivamente, totalizando 70 observações, o que corresponde a 11,5% das observações nesses pontos. Seguido do intervalo entre os pontos P5 e P4, com um total de 32 ocorrências de IT, correspondendo à 5,2%. No intervalo entre os pontos P5 e P2, a ocorrência de inversão térmica foi menor, com 8 observações, o que corresponde a 1,3% das observações. Esses dois pontos são os de menor e maior cotas altimétrica, sendo de 55 metros e 1006 metros, respectivamente. Na tabela 02, verifica-se o número total de ocorrência de inversão térmica entre as cotas altimétrica selecionadas.

Tabela 02- Total de ocorrência de inversão térmica (horas) entre os pontos selecionados para o período entre 12 de julho a 22 de junho de 2017

Pontos	P5-P2	P5-P3	P5-P4
Situação normal	232	170	208
Inversão térmica (horas)	8	70	32
Porcentagem com inversão térmica (%)	1,3	11,5	5,2
Total de observação	240	240	240

Fonte: Autora



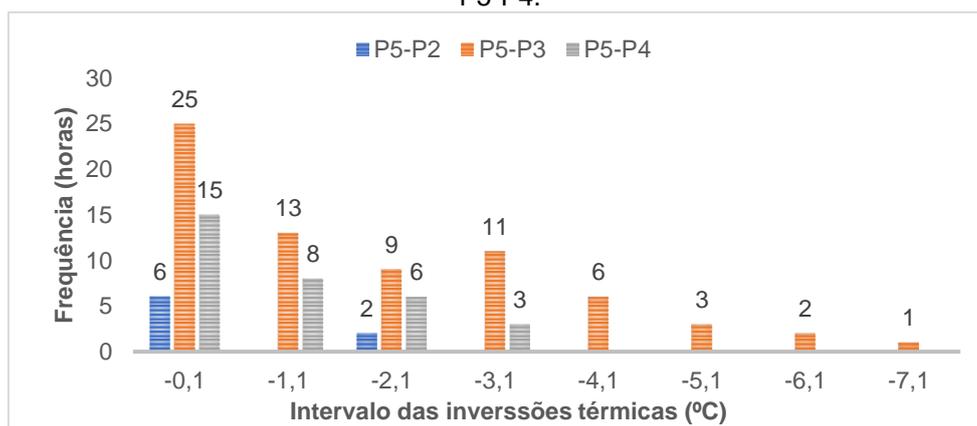
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Na amplitude da inversão térmica, observou-se que entre $-0,1^{\circ}\text{C}$ até $-1,0^{\circ}\text{C}$, tiveram os maiores números de frequência em todas as cotas analisadas para as três amplitudes altimétricas analisadas. Entre os pontos P5-P3 que tiveram um total de 25 ocorrências. Entretanto, entre os pontos P5-P4 e P5-P2 registraram 15 e 6 ocorrências de inversões térmicas, respectivamente. Diante disso, observa-se que conforme o aumento das cotas altimétricas o número de ocorrências de inversões tende a diminuir, essa diminuição ocorre em todos os intervalos de ocorrência. Verifica-se a distribuição da frequência na Figura 04.

Figura 04 – Frequência (horas) da amplitude das inversões térmicas entre os pontos P5-P2, P5-P3 e P5-P4.



Fonte: Autora

Entre as cotas altimétrica dos pontos P5-P3, tiveram os maiores números de registros de ocorrências de inversões térmicas e as maiores amplitudes, chegando até $-7,1^{\circ}\text{C}$. Na amplitude térmica de $-3,1^{\circ}\text{C}$ foram registrados 9 episódios de inversões térmicas. Para os mesmos pontos cotados (P5-P3) a partir da amplitude térmica de $-4,1^{\circ}\text{C}$ a ocorrência continuou a diminuir, com um total de 6 ocorrências. As amplitudes de $-5,1^{\circ}\text{C}$ e $6,1^{\circ}\text{C}$ tiveram 3 e 2 duas ocorrências de inversão térmicas, respectivamente.

A ocorrência de inversões térmicas para as cotas P5-P4 foram até $-3,1^{\circ}\text{C}$ de magnitude, com 3 registros. Entretanto, nas amplitudes de $-1,1^{\circ}\text{C}$ e $-2,1^{\circ}\text{C}$ ocorreram 8 e 6 registros de inversões térmicas. Assim, nessas cotas altimétricas, sendo elas as de menores altitudes tiveram menos registros do que em relação as cotas P5-P3. A amplitude das



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

inversões térmicas entre as cotas dos pontos P5-P2 foi de até $-2,1^{\circ}\text{C}$ de inversão, com 2 registros.

Galvani e Lima (2006) analisaram a ocorrência de inversão térmica no Pico das Agulhas Negras (RJ) entre as cotas de 2440m e 2760m com observações em 4 cotas altimétricas diferentes. Os resultados apresentados pelos autores mostraram que a maior ocorrência de inversão térmica é registrada entre P4 e P1, com um total de 66% das observações. Entre os pontos P4 e P3, tiveram os menores registros de inversão térmica. As inversões térmicas mais elevadas foram registradas entre os pontos P4 e P1 e P4 e P3, com uma diferença de $-8,3^{\circ}\text{C}$ em cada.

Observa-se aqui, que o trabalho de Galvani e Lima (2006) analisa as cotas altimétricas mais elevadas, o que sim, vai influenciar de forma diferente a relação entre a altitude e a temperatura do que a apresentada por essa pesquisa. Assim, para eles os maiores números de registros de inversão térmicas estão entre a cota mais baixa e a mais elevada, entretanto, nessa pesquisa os maiores registros estão entre as cotas mais baixas do perfil. Dessa forma, os resultados desta pesquisa corroboram com o estudo de Ambrozová e Laska (2017), em 80% dos casos de inversões térmicas, para a zona costeira de Petuniabukta (Ártico), foram na altitude de até 132m, sendo está de menor altitude.

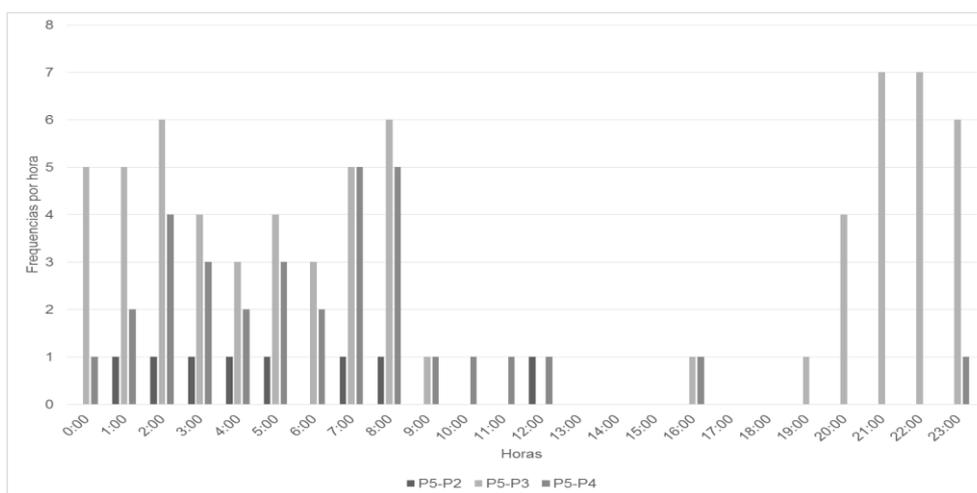
Em relação ao horário de ocorrência, observou-se que os maiores números de registros ocorreram entre às 00h00min até às 08h00min. Nesse período, entre às 02h00min e às 08h00min tiveram um total de 6 registros de inversões térmicas. Rolland (2002) afirma que inversões térmicas ocorrem, durante à noite, devido o acumulador do ar frio em vales. Corroborando com esta pesquisa, Wang et al., (2017) identificaram que as inversões térmicas, na vertente norte da serra ocidental de Qinling Mounta, também são mais frequentes no período da manhã (05h00min- 07h00min).

Outro período de maiores registros de inversão térmica foi entre às 21h00min e 22h00min, com um total de sete registros em cada hora, entre as cotas P5 e P3. A inversão térmica no período de resfriamento também foi identificada por Galvani, Lima e Falcão (2010) no perfil topoclimático do Pico da Bandeira no Parque Nacional do Alto Caparaó. Os autores identificaram que a altitude é um importante controlador na ocorrência de inversão térmica corroborando com os resultados apresentados por essa pesquisa. No entanto, observou-se também que o processo de resfriamento basal tem influência na inversão térmica. Na figura



05, observa-se a frequência horária da ocorrência de inversão térmica entre as cotas altimétrica selecionadas.

Figura 05 - Ocorrência de inversão térmica horária entre as cotas altimétricas analisadas



Fonte: Autora

Entre os pontos de maior e menor cota altimétrica tiveram apenas uma ocorrência horária. Essas ocorrências foram registradas entre a 01h00min até as 08h00min, totalizando 7 registros. Observou-se ainda a ocorrência de inversão térmica nesses dois pontos ao 12h00min. Esse último processo de inversão térmica, teve uma amplitude térmica de $-0,3^{\circ}\text{C}$. O P5 está localizado em um vale fechado e a cobertura da terra do local tem a presença de vegetação mais densa, assim, Galvani e Lima (2006) e Galvani et al., (2008) ressaltam que esses fatores podem ser responsáveis pela variação do perfil vertical da temperatura do ar.

Observou-se que a variação horária das inversões térmicas, entre o período de 13/07/17 até o dia 21/07/17, geralmente ocorre no período resfriamento do ar. Porém, verifica-se também inversões nas primeiras horas da manhã, que normalmente são de menores amplitudes e variam entre $-1,0^{\circ}\text{C}$ a $-1,5^{\circ}\text{C}$. Diante disso, observa-se que essas inversões térmicas podem estar associadas ao erro instrumental do sensor ou até mesmo a cobertura e uso da terra.

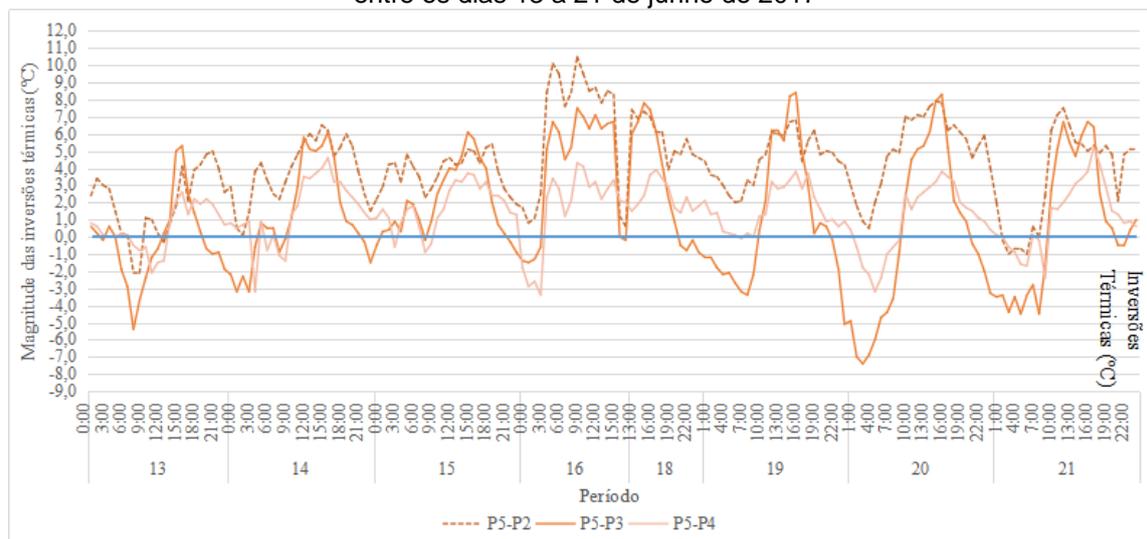


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 6 – Variação da amplitude das inversões térmicas entre os pontos P5 e P2, P5 e P3 e P5 e P4 entre os dias 13 a 21 de junho de 2017



Fonte: Autora

Verificou-se, que a maior parte das ocorrências de inversões térmicas, entre esses pontos P5-P4, também ocorrem entre os pontos P5 e P3. Entretanto, entre as cotas P5-P3, dos 70 casos de inversão térmica, 39 ocorreram somente nesses pontos. Uma possível influência do predomínio da ocorrência de inversões térmicas entre esses dois pontos, é devido a orientação das vertentes, sendo que o P3, está localizado na vertente sul e o P4 (menor cota altimétrica em relação ao P3) está voltado para a vertente nordeste. Assim, conforme Galvani e Lima (2006) a declividade e a orientação de vertente podem influenciar consideravelmente na variação vertical da temperatura do ar.

Nesse sentido, Fritzens, Wrege e Montovani (2015) afirmam que durante o inverno, devido a posição latitudinal do RS, os raios solares têm maior ângulo de incidência sobre a superfície terrestre. As vertentes expostas para o norte recebem maior insolação, à medida que nas voltadas para o sul a insolação é menor, logo, estão mais expostas aos ventos frios vindos do quadrante sul. Diante disso, o período de análise corresponde ao inverno, conforme o apontado pelos autores.

As inversões térmicas entre os pontos P5-P2 foram as menores, em relação ao número de ocorrência, amplitude e tempo de duração. Nessa perspectiva, conforme o estudo de Ambrozová e Laska (2017) o aumento da altitude pode influenciar na duração da inversão



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

térmica, sendo que conforme o aumento da altitude, a duração da IT é menor. Os resultados dessa pesquisa mostram que a ocorrência horária, para as cotas de maior e menor altitude, é inferior em relação a outras cotas analisadas.

A partir do 18/7 até 21/07 observou-se que as inversões térmicas predominaram no período de resfriamento do ar e foram de magnitude mais intensa e com maiores horas de ocorrências. Nesse período observa-se que as variações das inversões térmicas, entre as 3 cotas altimétricas, de ocorrem de forma similar, porém com magnitudes diferentes entre as cotas. Nesse sentido, Fritzons, Wrege e Montovani (2015) enfatizam que durante o período de outono-inverno, em decorrência das inversões térmicas, a temperatura do ar nos vales permanecem fria por um tempo.

Diante disso, observou-se que em condições de aquecimento do ar, a altitude exerce o controle na variação da temperatura do ar, como visto na figura 06. No período de resfriamento a altitude corrobora para a ocorrência de inversão térmica, mas também observou-se que a orientação da vertente (Figura 03) influencia no escoamento do ar frio em direção ao P5 do P3. Entre as cotas altimétricas do P5 e P3 ocorreu o maior número de registros de inversões térmicas. No entanto, na maioria dos registros são de baixa intensidade.

4. Considerações finais

Ao analisar a inversão térmica no perfil topoclimático na bacia hidrográfica do rio do Boi em condições de inverno, observou-se que entre os pontos P5 e P3 ocorreu a maior frequência, totalizando 70 observações com inversões térmicas. Entretanto, o menor número de registro de inversão térmica ocorreu entre os pontos P5 e P2, sendo os pontos de maior e menor cota altimétrica.

A maioria dos registros de inversões térmicas ocorrem no período de resfriamento do ar. Assim, as maiores amplitudes também ocorreram no período de resfriamento, entre as 21h00min e 22h00min, totalizando 7 ocorrências cada. Entre a amplitude de $-0,1^{\circ}\text{C}$ até $-1,0^{\circ}\text{C}$ teve-se os maiores registros de inversões térmicas. Entretanto, cabe ressaltar que o erro instrumental do sensor de temperatura é de $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$, assim, os valores das temperaturas registradas pelos dataloggers podem variar um pouco mais ou menos do valor medido, interferindo na análise dos dados. Porém, como sendo uma pesquisa inédita, optou-se por



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

desconsiderar o erro instrumental do sensor, no entanto, não se descarta que outras pesquisas possam ser realizadas para validar as inversões térmicas apresentadas pela pesquisa.

No entendimento da relação da variação altimétrica com a temperatura do ar na escala topoclimática na bacia hidrográfica do Rio do Boi, observou-se que a temperatura pode ser influenciada não só pela altimetria. Entretanto, precisa-se de mais estudos mais detalhados e sob outras condições atmosféricas como na primavera e verão, para a melhor compreensão entre a relação da altitude, declividade, orientação e também da cobertura e uso da terra com a variação da temperatura do ar, principalmente nos processos de IT. A direção do vento, é outro fator que pode auxiliar no entendimento da ocorrência de inversão térmica, que em noites com pouca circulação pode potencializar a ocorrência de IT.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Nº Processo: 88881.068465/2014/01 nº 071/2013 CAPES/PROCAD. A primeira autora agradece ao apoio do programa de bolsa de Demanda Social (DS-CAPES). O terceiro autor agradece o apoio do CNPq por meio da concessão da bolsa de pesquisa e produtividade (PQ1D)

6. Referências

AMBROŽOVÁ, Klára; LÁSKA, Kamil. Air temperature variability in the vertical profile over the coastal area of Petuniabukta, central Spitsbergen. **Polish Polar Research**, v. 38, n. 1, p.41-60, 2017.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, 2005.

BARATTO, J.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C. A. Calibração e desempenho do abrigo meteorológico de baixo custo em condições de campo. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 16 – Vol. 26, p.441-456, JAN/JUN, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.69834>.

BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. Curitiba: CRV, 2016.
FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; AGUIAR, A. V. de. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no Estado do Paraná. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 49-64, 2008.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 12 – Vol. 18 – JAN/JUN, 2016. p. 80-92.

FRITZSONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Altitude e temperatura: estudo do gradiente térmico no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, 2015.

GALVANI, E; ARMANI, G; LIMA, N.G.B de; JÚNIOR SERAFINI, S; ALVES, R.R. Metodologia para espacialização de temperatura do ar baseado em levantamento de perfil topoclimático e imagens SRTM: estudo de caso do Parque Estadual Intervales (PEI), SP. In: GALVANI, E; LIMA, N. G. B. de (ORG.). **Climatologia Aplicada: Resgate aos estudos de casos**. 1. Ed., vol.1. Curitiba: Editora CRV, 2012.

GALVANI, E; LIMA, N. G. B; SERAFINI JUNIOR, S.; ALVES, R.R. Avaliação da temperatura do ar no perfil topoclimático do Parque Estadual Intervales – SP, entre as altitudes de 150 a 950 metros. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2008. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA e UFRS.

GALVANI, E.; LIMA, N. G.B. a ocorrência de inversão térmica no perfil topoclimático do Pico das Agulhas Negras – RJ. In: VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, **Anais...** Rondonópolis, 2006. p.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. de; FALCÃO, R. M. Ocorrência de Inversão Térmica no Perfil Topoclimático do Pico da Bandeira, Parque Nacional do Alto Caparaó, Brasil. IN: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física. **Anais...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010.

GALVANI, E., LIMA, N.G.B., SERAFINI Jr, S., Alves, R.R. **Relação entre umidade relativa do ar, cobertura vegetal e uso do solo no Parque Estadual de Intervales (PEI) e seu entorno, São Paulo, Brasil**. In: XII Encontro de Geógrafos da América Latina -EGAL, 2009, Montevideo. Caminhando por uma América Latina em transformação. Montevideo: Easy Planers, 2009. Disponível em: <http://egal2009.easyplanners.info/area04/4052_Galvani_Emerson.doc>. Acesso em 30/03/2020.

GOMES, C. S.; KRUSCHE, N.; ROCHA, R. P. Simulação de nevoeiros no litoral sul do Brasil. **Ciência e Natura**. Santa Maria, p.235-237, 2011.

HOPPE I.L, et al. Comparação Entre Um Abrigo Meteorológico De Baixo Custo e a Estação Meteorológica Oficial Do Inmet em Santa Maria (RS). **Anais... V Simpósio Internacional De Climatologia**. 2014.

LOPES, R.M.; MARIANO, Z. de F.; CABRAL, J.B.P.; ROCHA, J.R.R. ANÁLISE MICROCLIMÁTICA DA RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL POUSADA DAS ARARAS SERRANÓPOLIS-GO. *Revista Geográfica de América Central*. Número Especial EGAL, 2011- Costa Rica II Semestre 2011 pp. 1-16.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

LOPES, L.C.S.; JARDIM, C.H. variações de temperatura e umidade relativa do ar em área urbana e rural durante o segmento temporal de inverno de 2011 em Contagem e Betim (MG). **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. pp.205-221.

MENDONÇA, M.; ROMERO, H.; OPAZZO, D. Análise multiescalar para a compreensão de causas e consequências da variabilidade climática na América do Sul. In: SILVA, C.A.; FIALHO, E.S.; STEINKE, E. **Experimentos em climatologia geográfica**. Dourados, MS: UFGD, 2014.

PAULO, M. L.S.; ALVES, R. de S. Variação termo-higrométrica nos meses de verão ao longo do percurso Ponte Nova-Ubá, na zona da Mata mineira. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 381-396, jul./dez. 2015.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PHAN, Thanh; KAPPAS, Martin; TRAN, Trong. Land Surface Temperature Variation Due to Changes in Elevation in Northwest Vietnam. **Climate**, v. 6, n. 2, p.28-47, 2018.

ROLLAND, C. Spatial and Seasonal Variations of Air Temperature Lapse Rates in Alpine Regions. **American Meteorological Society**, v.15 p.130-144. 2002

SANTOS, D.D dos; MORAES, S. L de; GALVANI, E. Variação da temperatura do ar média, mínima e máxima no perfil topoclimático da Trilha Caminhos do Mar (SP). **Revista Equador**: Teresina, PI. Vol. 5, Nº 5, 2015. p.01 – 19.

TERASSI, P.M.B.; GALVANI, E. O efeito orográfico da serra do mar e o potencial erosivo das chuvas nas bacias hidrográficas do Ribeira e Litorânea – Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21, p.327-345, 2017.

Wang GY, Zhao MF, Kang MEU, et al. (2017) diurna e sazonal variação do gradiente de elevação de temperatura do ar no flanco norte da gama ocidental Qinling montanha, China. **Journal of Mountain Science** 14 (1) p.94-105,2017.

WMO, World Meteorological Organization. **Global Climate Observing System**. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/programmes/global-climate-observing-system>. Acesso em: 10 abr. 2019



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE – MG/ES DE 1991 A 2019

DANIELA MARTINS CUNHA¹

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce localiza-se na região Sudeste do Brasil. É uma bacia de domínio federal, compreendendo estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, e está inserida na região hidrográfica do Atlântico Leste. A recarga de seus cursos d'água, tal como a manutenção econômica e social da população rural e urbana residentes em seu domínio estão a cada ano mais dependentes da precipitação (chuva) que nela ocorrem. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade temporal e espacial das precipitações na Bacia Hidrográfica do Rio Doce – MG/ES no período de 1991 a 2019 e identificar as regiões pluviometricamente homogêneas da bacia por meio da análise de agrupamentos. Foram utilizados dados mensais e anuais de precipitação de dez estações meteorológicas, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet. Na primeira etapa os dados foram tabulados e as falhas foram preenchidas com o uso das técnicas de correlação e regressão linear, e validados por meio do Teste de Dupla Massa. Na etapa seguinte os dados anuais das estações meteorológicas e, por conseguinte, da bacia, foram analisados por meio da estatística descritiva - média e desvio padrão, a qual possibilitou a identificação da variabilidade das chuvas no período, especialmente os desvios positivos e negativos. Na última etapa, em função da precipitação anual, realizou-se a identificação de estações meteorológicas e regiões da bacia pluviometricamente homogêneas a partir da análise de agrupamentos – método k-médias. Nessa análise foi possível localizar duas regiões homogêneas da bacia com maiores e menores índices de precipitação.

Palavras-chave: Bacia do Rio Doce; Variabilidade da precipitação; Análise de agrupamentos.

ABSTRACT

The Doce River Basin is located in the Southeast region of Brazil. It is a federally dominionned basin, comprising the states of Minas Gerais and Espírito Santo, and is inserted in the hydrographic region of the East Atlantic. The recharge of its water courses, as well as the economic and social maintenance of the rural and urban population residing in its domain, are each year more dependent on the precipitation (rain) that occurs in it. Thus, this work aims to analyze the temporal and spatial variability of the rainfall in the Rio Doce Hydrographic Basin - MG / ES in the period from 1991 to 2019 and to identify the pluviometrically homogeneous regions of the basin through cluster analysis. Monthly and annual precipitation data from ten meteorological stations obtained from the Instituto Nacional de Meteorologia - Inmet were used. In the first stage, the data were tabulated and the gaps were filled using correlation and linear regression techniques, and validated using the Double Mass Test. In the next stage, the annual data from the meteorological stations and, therefore, the basin were analyzed using

¹ Doutora em Geografia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais- IFMG, campus Governador Valadares, daniela.cunha@ifmg.edu.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

descriptive statistics - mean and standard deviation, which made it possible to identify the variability of rainfall in the period, especially the positive and negative deviations. In the last stage, due to the annual precipitation, the meteorological stations and regions of the pluviometrically homogeneous basin were identified from the cluster analysis - k-means method. In this analysis it was possible to locate two homogeneous regions of the basin with higher and lower precipitation rates.

Keywords: Rio Doce Basin; Precipitation variability; Cluster analysis

1. Introdução

A variabilidade é um componente conhecido da dinâmica climática, é a variação dos dados climáticos em torno da média climatológica. A variabilidade é medida por desvios acentuados do padrão observado de algum elemento climatológico, sendo, esses desvios em relação à média, denominados de anomalias. As anomalias referem-se, assim, à alteração extrema de um dado em uma série climatológica, neste trabalho, a alteração de um dado em uma série pluviométrica (AYOADE, 2003; RAMOS; VIANA; ESPÍRITO SANTO, 2008).

A precipitação, no Brasil entendida sobretudo como chuva, é um dos elementos climatológicos mais importantes do ciclo hidrológico, de extrema relevância para o processo de recarga de aquíferos e, conseqüentemente, para a manutenção dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais. A precipitação e o planejamento ambiental e econômico dos recursos hídricos exercem influência direta sobre diversas atividades humanas, dentre outras, as rurais, como a agricultura, a pesca e a pecuária, e as urbanas, como o abastecimento de água para o consumo residencial e industrial.

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce é uma importante bacia brasileira conhecida por apresentar grande variação sazonal da precipitação, na qual predominam seis meses chuvosos – de outubro a março, e seis meses secos – de abril a setembro. O território físico e populacional da bacia sente, além dos impactos da variabilidade sazonal, também os impactos da variabilidade anual, seja na ocorrência e/ou sucessão de anos muito chuvosos, seja na ocorrência e/ou sucessão de anos muito secos.

Anos de chuvas excessivas (enchentes) ou anos de chuvas escassas (seca) se relacionam a diferentes desastres sociais e impactos econômicos nas áreas urbanas e rurais da bacia. Sendo assim, o conhecimento da variabilidade temporal e espacial da precipitação no território da bacia do rio Doce poderá oferecer contribuições para o planejamento e



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

gerenciamento de seus recursos hídricos e, conseqüentemente, contribuir para um uso mais sustentável desse recurso pela população nela inserida.

A partir das considerações realizadas, o trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade temporal e espacial das precipitações na Bacia Hidrográfica do Rio Doce – MG/ES no período de 1991 a 2019 e identificar as regiões pluviometricamente homogêneas da bacia por meio da análise de agrupamentos.

2. Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Doce situa-se na região Sudeste, entre os paralelos 17°45' e 21°15' S, e os meridianos 39°30' e 43°45' W, com uma área de drenagem de aproximadamente 86.715 km². É uma bacia de domínio federal e está inserida na região hidrográfica do Atlântico Leste. De sua área total, 86,1 %, ou 71.863 km², localizam-se no estado de Minas Gerais, que compreende 202 municípios, e o restante, 13,9 %, ou 11.602 km², no estado do Espírito Santo, com 28 municípios (Figura 1). As nascentes do canal principal – rio Doce, situam-se em altitudes superiores a 1.200 m nas serras da Mantiqueira (município de Ressaquinha) e Espinhaço, sendo formado do encontro das águas do rio Piranga com o rio do Carmo, no município de Rio Doce, em Minas Gerais, e deságua no povoado de Regência, no Espírito Santo (Figura 1) (COELHO, 2007; CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME, 2010; NASCIMENTO, 2013; CUNHA, 2020). Os principais afluentes pela margem esquerda em Minas Gerais são os rios Piracicaba, Suaçuí Grande, Suaçuí Pequeno e Santo Antônio, e São José, no Espírito Santo; e pela margem direita, os rios Caratinga e Manhuaçu, em Minas Gerais, e Guandu, no Espírito Santo (Figura 1).

Na bacia as altitudes variam de 0 a 2.000 m influenciando na distribuição dos cursos d'água, na taxonomia do relevo e no clima regional. Saadi e Campos (2015) distinguem cinco compartimentos geomorfo-estruturais de oeste para leste na bacia do rio Doce: 1º – cristas e fragmentos de planaltos pertencentes à Serra do Espinhaço/Quadrilátero Ferrífero, com altitudes de até 2.000 m, com orientação NE-SW no oeste; 2º – planáltico com topos entre 500 e 900 m e com relevo de característica do “mar de morros”, localizado a leste do primeiro; 3º – mais a leste do anterior, uma depressão interplanáltica que se estende entre altitudes de 170 m a 350 m; 4º – também a leste do compartimento anterior, localiza-se novamente o domínio dos “mares de morros”, com morros e colinas com altitudes que variam entre 300 a



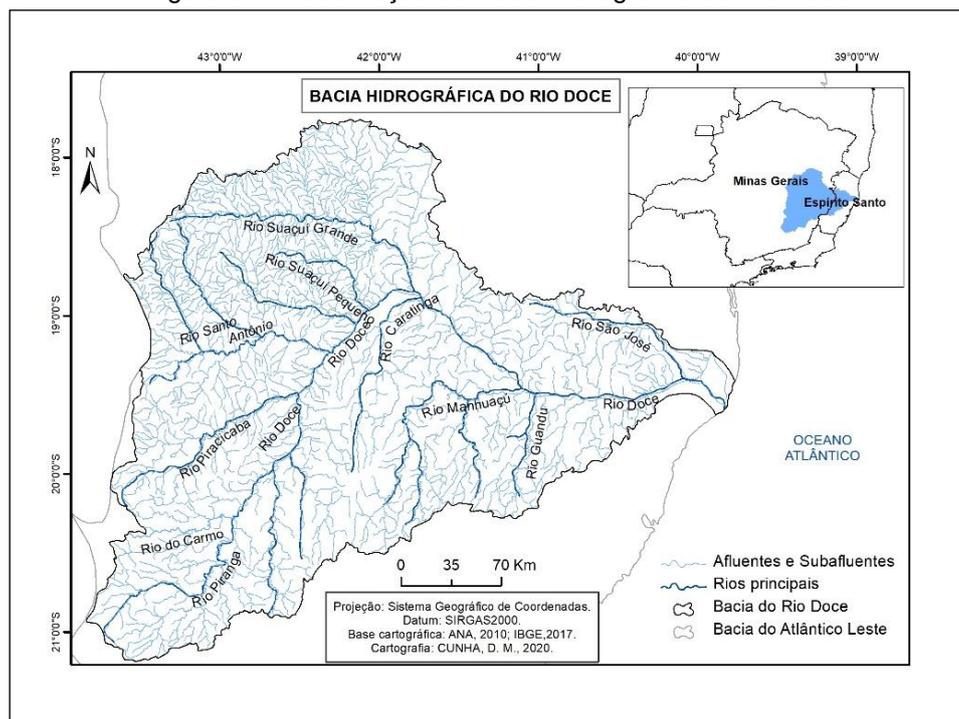
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1.200 m; e o 5^o – tabuleiros litorâneos seguidos por planícies flúvio-marinhas com altitudes abaixo de 200 m, no qual se localiza a foz do rio Doce.

Figura 01 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Doce



Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA (2010) e IBGE (2017).

O clima da bacia resulta da associação de fatores estáticos com fatores dinâmicos – os sistemas de circulação atmosférica. Segundo Nimer (1989) a diversidade climática regional é marcada por três fatores estáticos principais: a posição latitudinal, a proximidade com a borda do Atlântico e a topografia acidentada. A atuação dos sistemas atmosféricos determina a sazonalidade climática regional: seis meses de verão chuvoso – outubro a março e seis meses de inverno seco – abril a setembro. No período chuvoso destaca-se a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, da Zona de Convergência de Umidade – ZCOU, das Instabilidades Tropicais – IT e das Frentes Frias – FF, e no período seco a atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul – ASAS (CUNHA, 2020).

3. Metodologia

3.1 Obtenção e tratamento dos dados



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para a análise da variabilidade das precipitações na bacia do rio Doce e a determinação de regiões pluviometricamente homogêneas foram utilizados 29 anos de dados de dez estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet. Das estações meteorológicas utilizadas, sete, convencionais ou automáticas, localizam-se no território da bacia; seis no estado de Minas Gerais (Aimorés, Caratinga, CMD, Governador Valadares, Timóteo e Viçosa) e uma no estado do Espírito Santo (Linhares), além de três estações localizadas em seu entorno e em Minas Gerais (Barbacena, Caparaó e Diamantina), também utilizadas devido à proximidade com os cursos d'água que constituem a bacia. Os dados diários de primeiro de janeiro de 1991 a trinta e um de dezembro de 2019 foram fornecidos via e-mail pelo Inmet ou obtidos via site do referido instituto. Os dados de Timóteo resultam da junção do banco de dados da estação convencional da Usiminas localizada em Ipatinga, que operou de 1/2/1979 a 1/5/2005, com os dados da estação automática de Timóteo, que entrou em operação em 22/2/2006, realizada devido à proximidade e similaridade geográfica desses municípios.

O critério de seleção temporal dos dados resultou de um estudo prévio sobre a continuidade dos dados pluviométricos das estações meteorológicas, ou seja, delimitou-se o período de estudo pela menor ausência de falhas dos dados. As falhas foram identificadas por meio de planilhas de dados organizadas no Excel as quais posteriormente foram transformadas em planilhas cromáticas que visavam facilitar a visualização e utilização das informações (ZAVATTINI; BOIN, 2013; CHIERICE, 2013; CUNHA, 2020). Contudo, após a tabulação e definição temporal dos dados da pesquisa, em pequena quantidade, algumas falhas diárias e mensais ainda foram observadas.

Os dados de estações pluviométricas mantidas pela Agência Nacional das Águas – ANA e operadas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM obtidos no sítio eletrônico do Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb foram utilizados no preenchimento dos dados falhados. As estações pluviométricas foram definidas a partir de parâmetros principais: a proximidade latitudinal e longitudinal e a semelhança de altitude em relação a estação meteorológica a consistir (VICENTE, 2005; CASTELLANO, 2016; CUNHA, 2020), e ausência de falhas de dados nas estações pluviométricas nos períodos com falhas na estação meteorológica (Quadro 1).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Quadro 01 – Estação meteorológica e respectivo posto pluviométrico utilizado no preenchimento das falhas de dados

Estação Meteorológica	VARIÁVEL DEPENDENTE			VARIÁVEL INDEPENDENTE			Alt.
	Lat.	Long.	Alt.	Posto Pluviométrico	Lat.	Long.	
Aimorés	-19,53	-41,09	288	São Sebastião da Encruzilhada	-19,49	-41,16	115
Caratinga	-19,74	-42,14	609	Bom Jesus do Galho	-19,83	-42,32	505
CMD	-19,02	-43,43	652	CMD	-19,01	-43,44	675
Gov. Valadares	-18,83	-41,98	198	Gov. Valadares	-18,88	-41,95	150
Linhares	-19,36	-40,07	38	Povoação	-19,57	-39,79	3
Timóteo/Usiminas	-19,57	-42,62	493	Mário de Carvalho	-19,52	-42,64	232
Viçosa	-20,76	-42,86	698	São Miguel do Anta	-20,68	-42,80	583
Barbacena	-21,25	-43,76	1.126	Desterro do Melo	-21,14	-43,52	780
Caparaó	-20,51	-41,90	843	Fazenda Vargem Alegre	-20,17	-41,96	-
Diamantina	-18,23	-43,64	1.296	Gouveia	-18,46	-43,74	1.200

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA (2018) e Inmet (2018).

Para o preenchimento das falhas de dados de precipitação foram utilizados os métodos da correlação e regressão linear. A correlação indica a relação entre duas variáveis em uma amostra de dados; seu coeficiente, ou seja, o coeficiente de correlação linear r , servirá para medir a força da correlação linear entre valores quantitativos emparelhados de x e y (GERARDI; SILVA, 1981). Desta forma, mediu-se, inicialmente a força da correlação linear entre um grupo de dados de um período comum e sem falhas das variáveis dependente/estação meteorológica e independente/estação pluviométrica.

Os valores de correlação positivos e próximos a 1 obtidos permitiram a análise da regressão linear, a qual descreve por meio de um modelo matemático a relação entre duas variáveis; a regressão linear responde se por uma variável é possível prever a outra, ou seja, determina uma em termos de uma função linear da outra (GERARDI; SILVA, 1981; ROGERSON, 2012). A análise da regressão admite que existe um relacionamento linear entre a variável dependente/estação meteorológica com falha (y) e a variável independente/estação pluviométrica sem falha (x) (ROGERSON, 2012; SILVESTRE, 2016). Assim, a equação da regressão linear obtida com os dados da correlação possibilitou prever os valores falhados e, conseqüentemente, o uso de toda a série pluviométrica de 1991 a 2019.

Utilizou-se o Teste de Dupla Massa desenvolvido pelo *U.S. Geological Survey* (USGS) para analisar a consistência da série pluviométrica obtida após o preenchimento das falhas, em outras palavras, para a validação dos dados obtidos por intermédio da aplicação



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

da correlação e da regressão no preenchimento das falhas (BERTONI; TUCCI, 2009; ANA, 2012; CHIERICE, 2013). A análise dos gráficos dos testes de Dupla Massa demonstrou uma homogeneidade dos dados utilizados, com alto coeficiente de determinação, superior a 99%, ou seja, modelos quase perfeitos, justificado pela proximidade entre as estações meteorológicas e postos pluviométricos utilizados (CUNHA, 2020).

3.2 Processamento dos dados

A variabilidade dos dados totais anuais das chuvas das estações meteorológicas e da bacia foram analisados com a aplicação das técnicas da estatística descritiva, destacando-se o uso da média como medida de tendência central e o uso do desvio-padrão como medida de variabilidade ou dispersão (GERARDI; SILVA, 1981; ROGERSON, 2012; ZAVATTINI; BOIN, 2013).

O uso da média permite descrever condições climáticas, ela contribuiu para identificar a tendência central dos dados de chuva anuais na série pluviométrica utilizada (GERARDI; SILVA, 1981; ROGERSON, 2012). O desvio padrão corresponde à raiz quadrada da variância da amostra, ou seja, “é a raiz da média dos quadrados dos desvios em relação à média do conjunto e é uma medida do desvio dos valores individuais em relação ao valor central do conjunto de dados” (GERARDI; SILVA, 1981, p. 53). A variância e o desvio padrão indicam a dispersão de um dado em torno da média. No entanto, o desvio padrão, ao contrário da variância, indica a medida da variabilidade na mesma unidade de medida dos dados originais, aproxima a escala (GERARDI; SILVA, 1981; ROGERSON, 2012; ZAVATTINI; BOIN, 2013). A dispersão acentuada da precipitação em relação à média indicou anos de acentuada variabilidade, ou seja, de desvio positivo ou de desvio negativo.

A análise de agrupamentos também foi utilizada para agrupar as estações meteorológicas e, conseqüentemente as regiões da bacia em conjuntos pluviometricamente homogêneos. De acordo com Alencar (2009), a análise de agrupamentos é uma técnica analítica que visa criar grupos significativos de indivíduos ou objetos. Ela classifica uma amostra de objetos em um número de grupos mutuamente excludentes com base nas similaridades entre seus atributos. Conforme Rogerson (2012), esta análise tem sido muito utilizada como método de regionalização, no qual o objetivo pode ser dividir a região em um número menor de sub-regiões contíguas. O autor apresenta as duas categorias gerais de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

análise de agrupamento: os métodos aglomerativos ou hierárquicos e os métodos não aglomerativos ou não hierárquicos.

Neste trabalho foi utilizado o método não hierárquico ou método de partição, *K-means* ou *K-médias*, no qual há a decisão de formar grupos/conjuntos. Por ele se produz agrupamento a partir da partição de um conjunto geral de elementos da análise, o pesquisador pode escolher o número de grupos que deseja formar a partir do conjunto geral, sendo então, em parte, responsável pela classificação final (ALENCAR, 2009; ROGERSON, 2012). Considerou-se também o fato de que esse método deve ser direcionado para se criar poucos agrupamentos (ALENCAR, 2009). Assim, devido às considerações anteriores e ao pequeno número de estações meteorológicas fez-se a opção de realizar a divisão em apenas dois grupos.

Utilizou-se o software *NinnaCluster* (versão 1.3.0.0), desenvolvido por Alencar (2009) para realizar a análise de agrupamento. O resultado da análise foi disponibilizado em um quadro contendo a composição de cada agrupamento. Para a representação espacial do agrupamento utilizou-se o *ArcGIS 10.0™*. Os dados foram interpolados com o método IDW, o qual é determinístico e cria superfícies com valores mais próximos do real (CASTRO FILHO; STEINKE; STEINKE, 2012; OLIVEIRA *et al.* 2014).

4. Resultados e discussão

Para cada estação meteorológica da bacia foi calculado a média de chuvas ocorrida no período da pesquisa – 1991 a 2019 (Figura 2). Na região oeste/noroeste da bacia – bordas da Serra do Espinhaço, as estações de Conceição do Mato Dentro e Diamantina registraram em média cerca de 1.381 mm e 1.347 mm de chuva; na região sul/sudoeste – bordas da Serra do Caparaó e da Serra da Mantiqueira, as estações meteorológicas também registraram valores de precipitação média mais elevados, em ordem decrescente, Barbacena (1.423 mm), Caparaó (1.311 mm) e Viçosa (1.273 mm); as estações de Timóteo e Caratinga, localizadas na porção centro-oeste da bacia/nos domínios dos “marres de morros” também se destacam com médias de chuva acima de 1.000 mm, 1.422 mm e 1.160 mm respectivamente; nas bordas do rio Doce – depressão interplanáltica, na porção centro-norte da bacia localiza-se a estação de Governador Valadares e na porção centro-leste a estação de Aimorés, as quais registraram as menores médias de chuva, respectivamente, 968 mm e 905 mm; e na planície



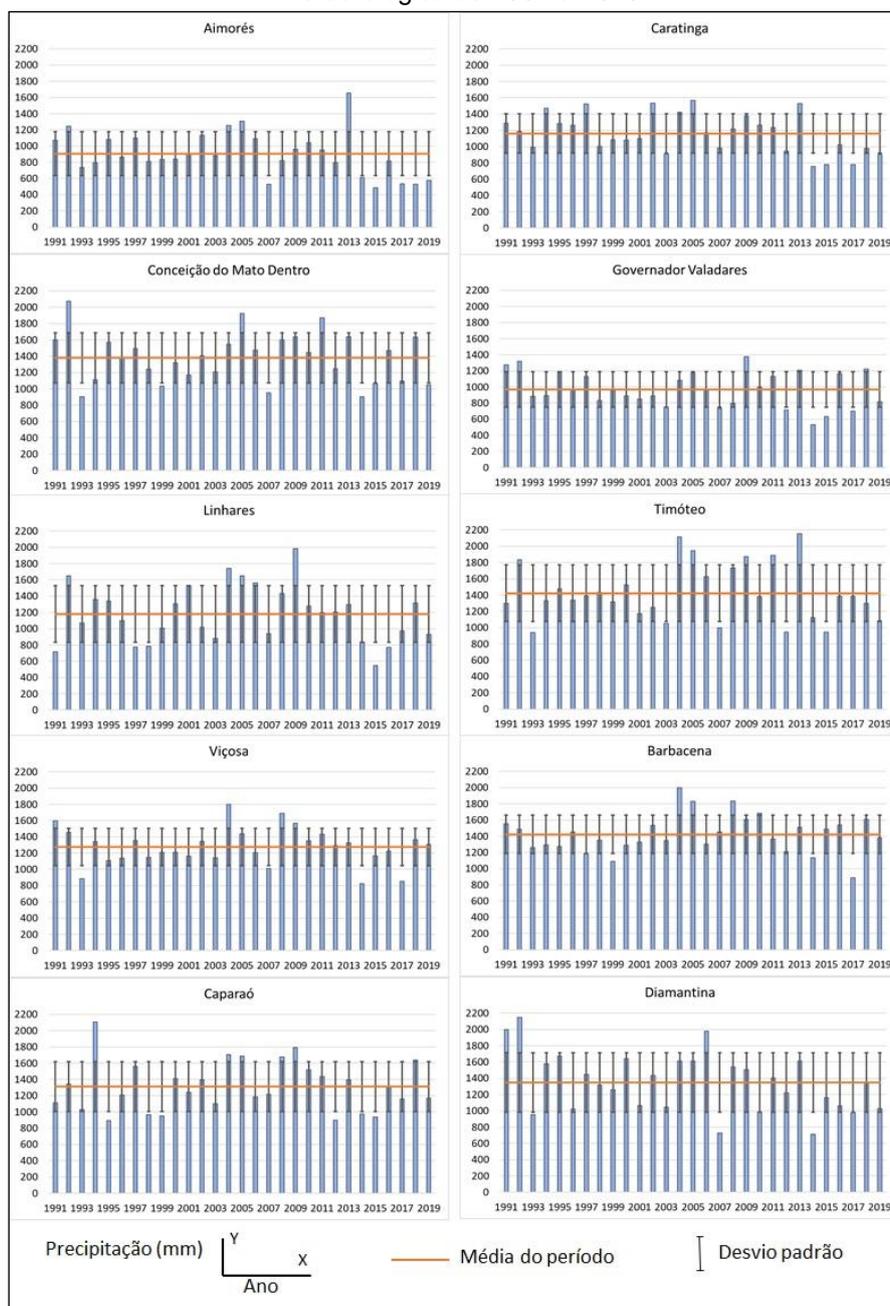
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

litorânea – desembocadura do rio Doce, região de menor altitude da bacia, situa-se a estação de Linhares que registrou, em média, 1.180 mm de chuva (Figura 2).

Figura 02 – Gráficos de precipitação anual, precipitação média e desvio padrão por estação meteorológica de 1991 a 2019



Fonte: Resultado da pesquisa.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Observou-se, a partir deste dado, que as maiores médias de precipitação se encontram nas regiões de maior altitude da bacia e, conseqüentemente, as menores médias nas estações localizadas na depressão interplanáltica do rio Doce. As altas altitudes das bordas oeste e sul da bacia realizam um forçamento e maior atuação nessa região dos sistemas atmosféricos vindos das baixas latitudes como, por exemplo, a ZCAS/umidade amazônica e das médias/altas latitudes como os sistemas frontais. Esses sistemas tendem, assim, a chegar mais enfraquecidos no interior da bacia. E, no caso da estação de Linhares, localizada em menor altitude, o que se observa é a influência das massas de ar úmidas vindas do oceano influenciando em seu valor médio de precipitação.

A variabilidade das precipitações durante o período também foi apurada por estação meteorológica a partir do cálculo do desvio padrão. A análise dos dados permitiu identificar poucos anos com totais de chuva muito acima ou muito abaixo do desvio padrão. Em oito estações meteorológicas os anos de 1992 (Conceição do Mato Dentro e Diamantina), 2004 (Barbacena e Viçosa), 2009 (Governador Valadares e Linhares) e 2013 (Aimorés e Timóteo) se destacaram como sendo os de maior desvio positivo em relação a média. Já os anos de maior desvio negativo em relação a média não apresentaram uma distribuição equitativa, posto que, 2014 se destacou em quatro estações (Caratinga, Diamantina, Governador Valadares e Viçosa) e 2015 em duas estações (Aimorés e Linhares) (Figura 2).

Já em relação à distribuição de frequência observou-se que o ano de 2005 se destacou como sendo o de maior número de ocorrência de desvio positivo por estação, sete em dez, seguido pelos anos 1992 e 2004, ambos com registro em seis estações e os anos de 2009 e 2013 que registram desvios positivos em quatro estações cada. Por outro lado, os anos de 2015 e 2014 se destacaram como os anos em que ocorreu o maior número de ocorrência de desvio negativo, os quais foram registrados em seis estações para cada ano (Figura 2).

As ocorrências citadas por estação meteorológica tal como os maiores valores de desvio positivo e desvio negativo se relacionam aos dados síntese da bacia do rio Doce observados no gráfico 1. A chuva anual da bacia é o resultado da média das precipitações ocorridas anualmente nas dez estações meteorológicas, tendo sido por essas calculado também a média de precipitação do período na bacia – cerca de 1.237 mm. Os anos de 2004 e 2005 se destacaram como os mais chuvosos em toda a bacia – maiores valores de



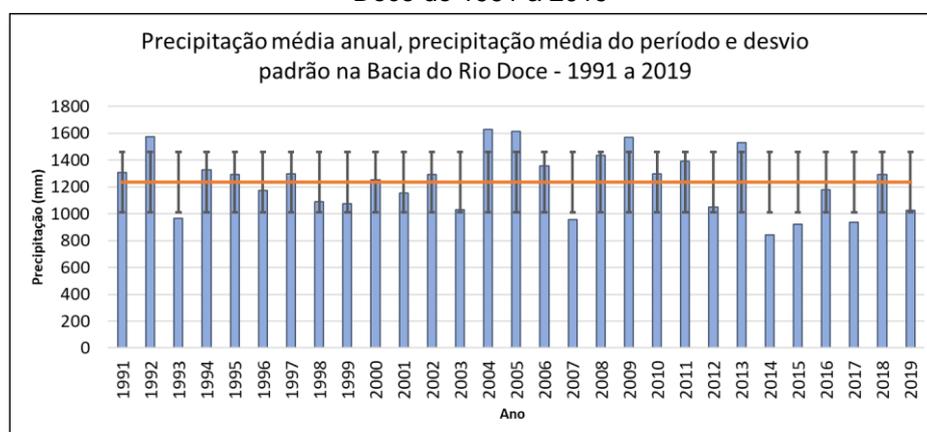
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

precipitação média, cerca de 1.628 mm e 1.613 mm, respectivamente, o que, por conseguinte ocasionou os maiores desvios positivos. E os anos de 2014 e 2015 se destacaram como os menos chuvosos em toda a bacia – menores valores de precipitação média, cerca de 841 mm e 921 mm, ou seja, os maiores desvios negativos (Gráfico 1).

Gráfico 01 – Precipitação anual, precipitação média e desvio padrão na Bacia Hidrográfica do Rio Doce de 1991 a 2019



Fonte: Resultado da pesquisa.

A partir da média obtida com os 29 anos de dados das dez estações meteorológicas e o respectivo desvio padrão, observou-se, na bacia, que cinco anos apresentaram desvios positivos – 1992, 2004, 2005, 2009 e 2013, e também cinco anos que apresentaram desvios negativos – 1993, 2007, 2014, 2015 e 2017. Os demais 19 anos apresentaram dispersão em relação à média dentro do desvio padrão, o que permite afirmar que a variabilidade ocorreu dentro dos valores esperados (Gráfico 1). De 1991 a 2019 o número de anos de desvios positivos e desvios negativos na bacia foram semelhantes, por outro lado, em relação às estações meteorológicas, observou-se que em Aimorés e Conceição do Mato Dentro predominaram os desvios negativos e em Caratinga e Timóteo, os desvios positivos, enquanto nas demais estações ambos ocorreram em igual número.

4.1 Análise de agrupamentos

Os totais anuais da precipitação das dez estações meteorológicas foram utilizadas como variáveis classificatórias para se obter grupos homogêneos a partir da análise de



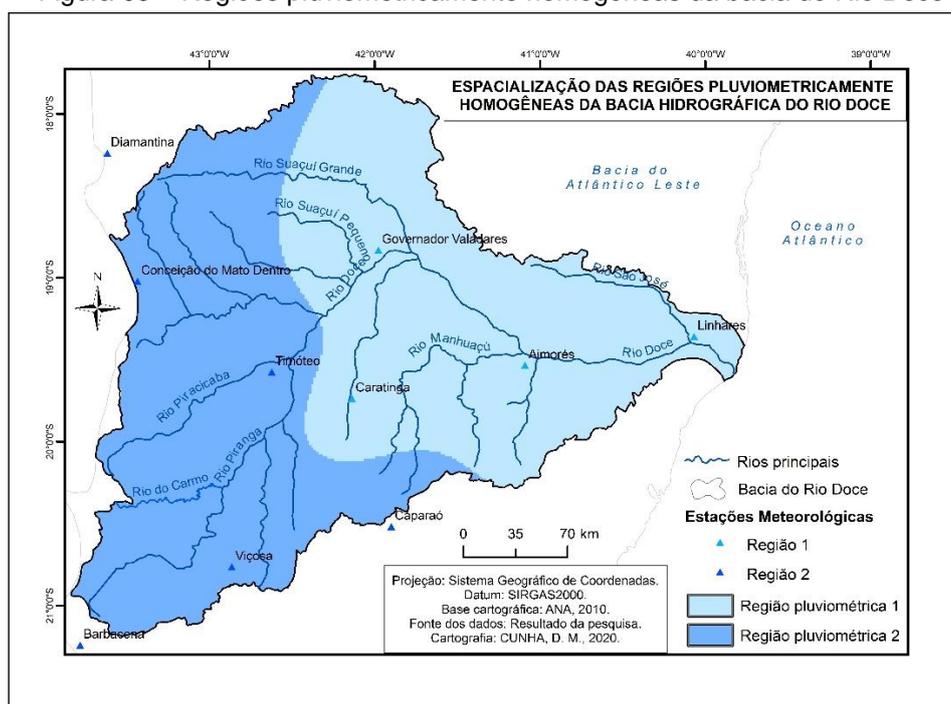
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

agrupamentos. Utilizou-se o método de partição K-médias, no qual o pesquisador decide o número de conjuntos que deseja formar e o software *NinnaCluster* (versão 1.3.0.0) para realizar a análise. Devido ao baixo número de estações meteorológicas existente na bacia e as observações realizadas no item anterior em relação à proximidade/similaridade dos valores médios das precipitações entre as estações fez-se a opção de dividir a bacia em dois conjuntos, sendo que o resultado foi disponibilizado em um quadro contendo a composição de cada agrupamento. Os dados da análise foram posteriormente espacializados conforme pode-se observar na figura 3. O mapa apresenta a delimitação das duas regiões da bacia que apresentam similaridade em relação ao padrão pluviométrico obtido durante o período de estudo e permite a realização de análises sobre a tipologia pluvial da bacia.

Figura 03 – Regiões pluviometricamente homogêneas da bacia do Rio Doce



Fonte: Resultado da pesquisa.

A região pluviométrica 1 abrange as porções centro, nordeste, sudeste e leste da bacia com altitudes que variam em torno de 500 a 900 m – região no entorno da estação meteorológica de Caratinga, e especialmente nas áreas de cabeceira dos rios Caratinga e Suaçuí Pequeno, a abaixo de 200 m – região litorânea onde se localiza a estação de Linhares.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

As demais estações que fazem parte desse grupo são a de Aimorés e Governador Valadares as quais estão em regiões cuja altimetria varia entre 170 e 350 m em média. A precipitação média desse grupo varia de 905 mm a 1.180 mm. A região pluviométrica 2 também abrange parte da porção central da bacia e suas porções noroeste, oeste e sudoeste. Essa região destaca-se por apresentar as maiores altitudes da bacia, em geral de 500 a 900 m podendo chegar a até 2.000 m. A precipitação média desse grupo varia de 1.273 mm a 1.423 mm.

Considerando a variação da precipitação média, a região 2 destaca-se por apresentar maiores índices de precipitação em relação à região 1, compreendendo, por conseguinte uma região com maior disponibilidade hídrica. Além disso, a amplitude da precipitação entre a estação com menor e maior média de chuva no período de estudo é menor na região 2 – 150 mm e maior na região 1 – 275 mm, o que permite afirmar que na região 2 pode-se observar maior similaridade na distribuição anual média das chuvas entre as estações meteorológicas que a compõem.

5. Considerações finais

Conforme os resultados obtidos, tanto no estudo da variabilidade anual das chuvas como no agrupamento pluviométrico, é possível afirmar que a bacia do Rio Doce apresenta um padrão de precipitação distribuído entre duas regiões – uma à montante, onde predomina as maiores altitudes, com maiores índices de chuva; e uma à jusante, com menores altitudes e menores índices de chuva. A variabilidade espacial das precipitações na bacia tal como a análise de agrupamentos demonstra a importância dos fatores estáticos – altitude e relevo, na gênese e distribuição das precipitações em toda a bacia.

Com relação a variabilidade anual da precipitação observou-se que o uso do desvio padrão foi eficiente para estimar as anomalias de precipitação nas estações meteorológicas e na bacia do Rio Doce, uma vez que, os resultados se assemelham aos encontrados em estudo realizado por Cunha (2020), a qual utilizou a técnica do Índice de Anomalia de Chuvas – IAC. Por fim, destaca-se que não há uma região da bacia com tendência a apenas desvios positivos ou negativos de precipitação anual. Esses desvios ocorrem sem um padrão tanto nas áreas de maior como nas de menor índice de chuva. Há de se destacar, contudo, que os desvios negativos na região à montante da bacia tendem a ser mais impactantes, pois impactam a região mais chuvosa da bacia e, conseqüentemente, afetam essa região e toda



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

a região à jusante da bacia. Assim, a realização de mais estudos sobre a variabilidade da precipitação na bacia nas mais diversas escalas – mensal, anual e por estação chuvosa, tal como o monitoramento integrado de seu território se faz necessário e é de suma importância no processo de gerenciamento e gestão dos recursos hídricos.

6. Referências

ALENCAR, Bernardo Jeunon de. **A Análise Multivariada no Tratamento da Informação Espacial: uma abordagem matemático-computacional em análise de agrupamentos e Análise de componentes principais**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, PUC-Minas, Belo Horizonte.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Orientações para consistência de dados pluviométricos**. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília: ANA, SGH, 2012.

BERTONI, Juan Carlos; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Precipitação. *In*: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2009. p. 177-241.

CASTELLANO, Marina Sória. **Extremos de chuva na região metropolitana de Campinas (SP): impactos, análise socioeconômica e políticas públicas**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

CASTRO FILHO, Hugo Crisóstomo de; STEINKE, Ercília Torres; STEINKE, Valdir Adilson. Análise espacial da precipitação pluviométrica na bacia do Lago Paranoá: comparação de métodos de interpolação. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.336-345, 2012.

CHIERICE, Roseli Aparecida Fernandes. **Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu**. 2013. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2013.

COELHO, André Luiz Nascentes. **Alterações hidrogeomorfológicas no Médio/Baixo Rio Doce/ES**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

CONSÓCIO ECOPLAN-LUME. **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento**



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. Contrato Nº 043/2008 – IGAM. Vol. 1. Relatório Final. Junho de 2010.

CUNHA, Daniela Martins. **Bacia hidrográfica do Rio Doce – MG/ES:** Variabilidade das chuvas. Curitiba: CRV, 2020.

GERARDI, Lúcia Helena de Oliveira; SILVA, Barbara-Christine Nentwig. **Quantificação em Geografia.** São Paulo: DIFEL, 1981.

NASCIMENTO, Rosilene Aparecida do. **Análise das inundações de 1979, 1997, 2008 e 2012 na bacia do rio Piranga-MG.** 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Tratamento da Informação Espacial, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

OLIVEIRA, Daiane Evangelista de; ASSIS, Débora Couto de; PIMENTEL, Franciele de Oliveira; FERREIRA, Cássia de Castro Martins. Considerações sobre a precipitação na Bacia Hidrográfica do rio Paraibuna, MG/RJ, um resgate da série meteorológica compreendida entre 1980 e 2010. *In:* Congresso Brasileiro de Geógrafos, 7., 2014, Vitória. **Anais [...].** Vitória: AGB, 2014.

RAMOS, M. A. B.; VIANA, S. ESPIRITO SANTO, E. B. do. Mudanças climáticas. *In:* SILVA, Cássio Roberto da (ed.). **Geodiversidade do Brasil.** Conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 163-174.

ROGERSON, P. A. **Métodos estatísticos para geografia:** um guia para o estudante. Tradução de Paulo Fernando Braga Carvalho e José Irineu Rangel Rigotti. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

SAADI, Allaoua; CAMPOS, Jackson Cleiton Ferreira. Geomorfologia do caminho da lama: contexto e consequências da ruptura da Barragem do Fundão (novembro 2015, Mariana–MG). **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico – UFMG,** Belo Horizonte. v. 24, n.1, p. 63-103, 2015.

SILVESTRE, M. R. **Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica:** diagnóstico e propostas. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2016.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas.** 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

ZAVATTINI, J. A; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica:** teoria e prática de pesquisa. Campinas-SP: Alínea, 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

REGIME HÍDRICO DA MICRORREGIÃO DO RECIFE

GABRIEL VICTOR SILVA DO NASCIMENTO¹
ISMAEL HENRIQUE DA SILVA²
TIAGO CARDOSO CAVALEIRO³

RESUMO

Compreender os períodos secos e chuvosos é essencial para o planejamento urbano estratégico. Dessa forma, o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) é um método que determina o regime hídrico para uma região, como também serve para classificar os tipos climáticos. Assim, objetivou-se analisar o regime hídrico anual e mensal pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para a microrregião do Recife. Para isso, foram utilizados valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1967 a 2017 de 8 estações pluviométricas localizadas na microrregião de Recife, regidas pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). Os dados médios de temperatura do ar, para o mesmo período, foram obtidos por meio do *software* Estima_T. Para a realização do BHC foi adotado a capacidade de água no solo (CAD) de 100 mm, uma vez que a área detém precipitações elevadas. Os resultados apresentaram uma diminuição gradual do excedente hídrico (EXC) no sentido de leste-oeste e, concomitantemente, aumento da deficiência hídrica (DEF) no mesmo sentido. Foi possível verificar que a microrregião possui um regime hídrico com dois períodos bem definido, um de déficit e outro de excedente hídrico.

Palavras-chave: Balanço Hídrico Climatológico; Excedente Hídrico; Deficiência Hídrica.

ABSTRACT

Understanding dry and rainy periods is essential for strategic urban planning. The Climatic Water Balance (CWB) is a method that determines the water regime for a given region and classifies climatic types. Thus, the aim of this study was to analyze the annual and monthly water regime using the Thornthwaite and Mather method (1955) for the micro-region of Recife. For this purpose, monthly average precipitation values from the 1967-2017 historical series of 8 pluviometric stations located in the micro-region of Recife, governed by the Water and Climate Agency (APAC) of Pernambuco, were used. The average air temperature data for the same period were obtained using the Estima_T software. For carrying out the CWB, the water capacity in the 100-mm soil (CAD) was adopted, since the area has high rainfall rates. The results showed a gradual decrease in water excess (EXC) in the east-west direction and, concomitantly, an increase in water deficiency (DEF) in the same direction. It was possible to

¹ Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, gabriel_victor1409@hotmail.com

² Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, ismaelhprofessional@gmail.com

³ Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, tiago.cardoso.filho@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

verify that the micro-region has water regime with two well-defined periods, one of water deficiency and the other of water excess.

Keywords: Climatic Water Balance; Water Excess; Water Deficiency.

1. Introdução

O monitoramento de períodos chuvosos e secos e da variabilidade espaço-temporal da precipitação é essencial para a gestão de recursos hídricos. Pereira; Angelocci; Sentelhas (2007) compreendem que o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) é um indicador da disponibilidade hídrica da região. Torna-se assim, possível gerar dados que possam caracterizar a relação entre atmosfera e o sistema solo-planta. Permite desta forma, destacar os períodos anuais e mensais que sofrem com déficit hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC). Isso é possível por meio dos elementos climáticos mensais de temperatura do ar e precipitação. Assim, caracteriza o clima de uma região, de maneira eficaz, devido a metodologia sensível aos totais de precipitação, temperatura e somada as informações geradas do BHC, sendo importante para uma primeira avaliação de uma região (PASSOS, ZAMBRZYCKI, PEREIRA, 2017; SOUZA, 2014).

A DEF é a insuficiência de água no solo, tornando um período seco. Considera-se ainda, que a DEF é o resultado (negativo) no qual o total de água que entra no sistema por meio da precipitação é menor que a quantidade total perdida pela evapotranspiração (ETP). O EXC é a quantidade de água que ultrapassa o limite de absorção do sistema, sujeita à infiltração, percolação e/ou escoamento superficial na estação chuvosa, representando o resultado (positivo), pois a quantidade de água que entra no sistema por meio da precipitação é maior que a quantidade perdida pela ETP. Quando não há a ocorrência de ambas é possível que haja retirada hídrica que é a máxima capacidade de perda da quantidade total de água no sistema solo-planta e atinge cotas acima da DEF; ou ocorre a reposição que representa as chuvas que começam a repor a água retirada na estação seca do solo. Para que não ocorra nem EXC nem DEF, a pluviosidade deve ser igual a ETP. (GALVANI, 2008; SOUZA et al., 2014).

As condições climáticas influenciam nas atividades humanas direta e indiretamente, seja na produção agrícola, econômica, ou no bem-estar social. Dessa forma, é essencial monitorar as variações climáticas. Portanto, o Balanço Hídrico Climatológico se torna uma



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ferramenta importante capaz de servir como base de planejamento territorial, como também para o zoneamento econômico-ecológico de determinada região (JESUS, 2015).

Dessa forma, a compreensão do clima local e de seu regime hídrico torna-se essencial, uma vez que possibilita conhecer o comportamento climático. A região metropolitana de Recife chama atenção por sua concentração populacional, econômica e seus equipamentos urbanos, isso acaba por refletir em sua microrregião (CAVALCANTI, 2015). Assim, objetivou-se neste trabalho analisar o regime hídrico anual e mensal pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para a microrregião do Recife.

2. Metodologia

A área pesquisada é a microrregião de Recife, localizada no centro da Mesorregião da Mata de Pernambuco, na qual compõe os municípios de Abreu e Lima, Paulista, Olinda, Camaragibe, São Lourenço da Mata, Recife, Moreno e Jaboatão dos Guararapes (Figura 1).

Os elementos de precipitação pluviométrica e temperatura do ar constituiu a base climatológica para a elaboração dos parâmetros pesquisados. Dessa forma foram utilizados nesta pesquisa os valores médios anuais da precipitação da série histórica de 1967 a 2017, medidos de 8 estações pluviométricas distribuídas na microrregião. Os dados foram obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac). Já para a obtenção dos dados médios anuais de temperatura do ar das 8 estações pluviométricas, empregou-se o *software* Estima_T, o qual estima temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil por meio de regressões múltiplas em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006).

Para o preenchimento de dados em falta nas séries aplicou-se o Método da Ponderação Regional de Bertoni e Tucci (2001), expressa na Equação 1:

$$Y = 1/3 \cdot (x_1/x_{m1} + x_2/x_{m2} + x_3/x_{m3}) \cdot y_m \quad (1)$$

em que: Y é a precipitação do posto a ser estimado; x₁, x₂ e x₃ são as precipitações correspondentes ao mês ou ano que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas; x_{m1}, x_{m2} e x_{m3} são precipitações médias nas três estações vizinhas; e y_m como a precipitação média do ponto a ser estimado.

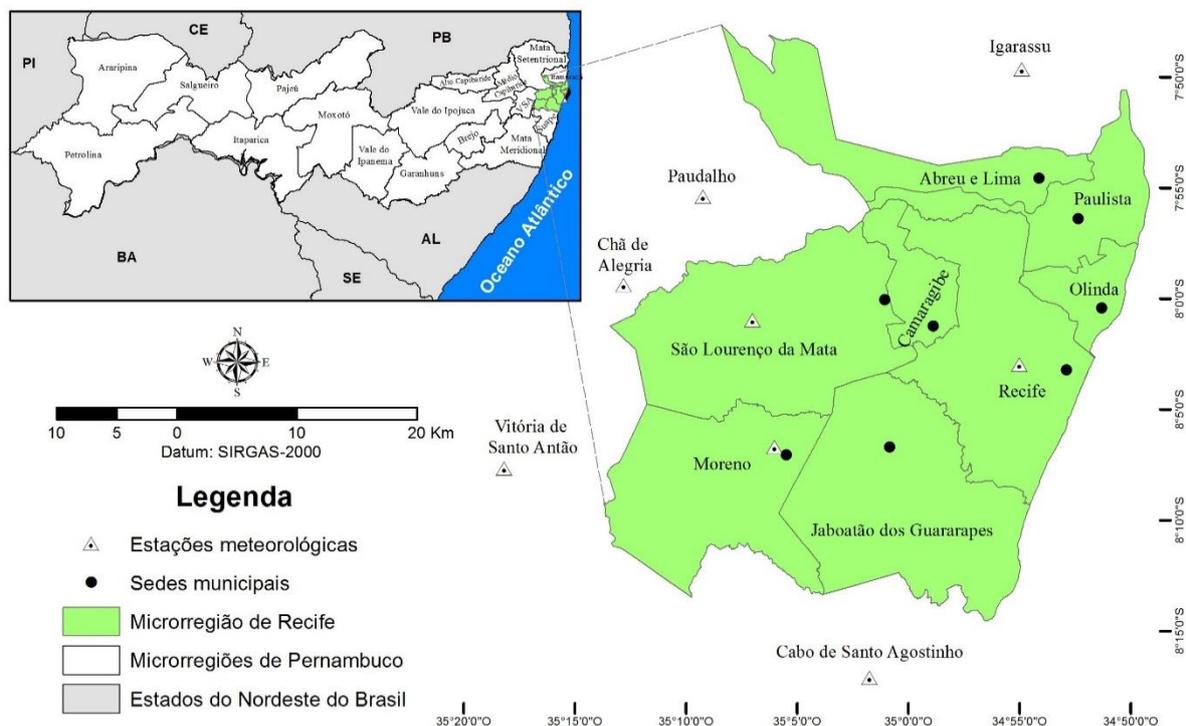


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 – Localização da microrregião de Recife



Já o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi realizado pelo método de Thornthwaite-Mather (1955), no qual se adotou a capacidade de água disponível no solo (CAD) estimado em 100 mm para todos os meses do ano. O BHC utilizou como dados de entrada as médias mensais da temperatura do ar, da precipitação e da evapotranspiração potencial. A estimativa da evapotranspiração potencial corrigida consiste no cálculo da Equação 2 pelo método de Thornthwaite (1948):

$$ETP = f.16((10 \cdot t) / I)^a \quad (2).$$

Em que: ETP é a evapotranspiração potencial corrigida; f é o fator de correção em função da latitude e mês do ano; t é a temperatura média mensal (°C); I é o índice de calor anual; e "a" uma constante que varia de local para local. O índice de calor anual foi obtido pela Equação 3:

$$I = \sum_{1}^{12} [(t/5)^{1.514}] \quad (3)$$



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

sendo “a” uma função de I; também é um índice térmico regional calculado pelo Equação 4:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7292 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (4).$$

Para obtenção da evapotranspiração potencial corrigida, realizou-se as etapas seguintes do BHC pelo método proposto por Thornthwaite-Mather (1955). Primeiramente, foi calculada a estimativa do armazenamento de água no solo (ARM) através dos critérios das Equações 5 e 6 para as estações secas e para as estações chuvosas pela Equação 7, neste último caso o ARM constituiu primeiro cálculo:

$$\text{Se } \text{NegAc} = 0 \quad \text{ARM} = \text{CAD} \quad (5)$$

$$\text{Se } \text{NegAc} < 0 \quad \text{ARM} = \text{CAD} e^{[\text{NegAc}/\text{CAD}]} \quad (6)$$

$$\text{ARM}_m = \text{ARM}_{m-1} + (P - \text{ETP})_m \quad (7)$$

sendo: “m” referente ao mês analisado; $P - \text{ETP}$ é a diferença entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETP); NegAc é o parâmetro negativo acumulado, o qual foi avaliado pelas Equações 8 e 9 para estações secas e pela Equação 10 para as estações chuvosas:

$$\text{Se } P - \text{ETP} \geq 0 \quad \text{NegAc} = 0 \quad (8)$$

$$\text{Se } P - \text{ETP} < 0 \quad \text{NegAc} = \text{NegAc}_{m-1} + (P - \text{ETP}) \quad (9)$$

$$\text{NegAc} = \text{CAD} \ln (\text{ARM}/\text{CAD}) \quad (10).$$

Em seguida avaliou-se a evapotranspiração real (ETR) pelas Equações 11 e 12:

$$\text{Se } (P - \text{ETP}) \geq 0 \quad \text{ETR} = \text{ETP} \quad (11)$$

$$\text{Se } (P - \text{ETP}) < 0 \quad \text{ETR} = P - \text{ALT} \quad (12).$$



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A alteração da umidade do solo (ALT) foi estimada pela equação: $ALT = ARMM - ARMM-1$. A partir desses dados pode-se avaliar a deficiência hídrica (DEF) pela diferença entre evapotranspiração potencial (ETP) menos a evapotranspiração real (ETR). Enquanto que para o excedente hídrico (EXC) empregou-se o cômputo $EXC = (P - ETP) - ALT$ apenas para os valores positivos, em que $(P - ETP) > 0$ e $ARM = CAD$. Já quando o valor apresentar-se negativo aplicou-se a importância zero. Por fim, avaliou-se a estimativa de reposição (R) por meio das Equações 13 e 14:

$$\text{Se } ALT \leq 0 \quad R = ETR \quad (13)$$

$$\text{Se } ALT > 0 \quad R = ETR + ALT \quad (14).$$

Concluído as etapas anteriores foi realizada a representação espacial dos parâmetros analisados por meio da aplicação da krigagem. Desta maneira, a produção das cartas temáticas foi executada através do software ArcGis 10.3, licenciado para o Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (DCG/UFPE), projetadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000).

3. Resultados e discussão

A Figura 2 demonstra a variação espacial do excedente hídrico (EXC). Assim como a precipitação, o EXC diminui gradativamente conforme se afasta do litoral para o interior. Dessa forma, é verificado que o EXC nos municípios mais próximos da porção leste varia entre 601 a 960 mm/ano. Enquanto que na porção mais a oeste na microrregião a variação fica entre 241 a 600 mm. Medeiros; Holanda; Ferreira (2016) analisou o BHC para o município de Recife entre 1962 e 2015, encontrou o excedente anual de 727,6 mm no período de abril a agosto, acompanhando a variação da quadra chuvosa de 243,6 a 318,1 mm. Pelo fato do município está no litoral e sofrer com elevados índices pluviométricos, principalmente na quadra chuvosa com média 336,7 mm, é esperado que o EXC anual não seja menor que 700 mm.

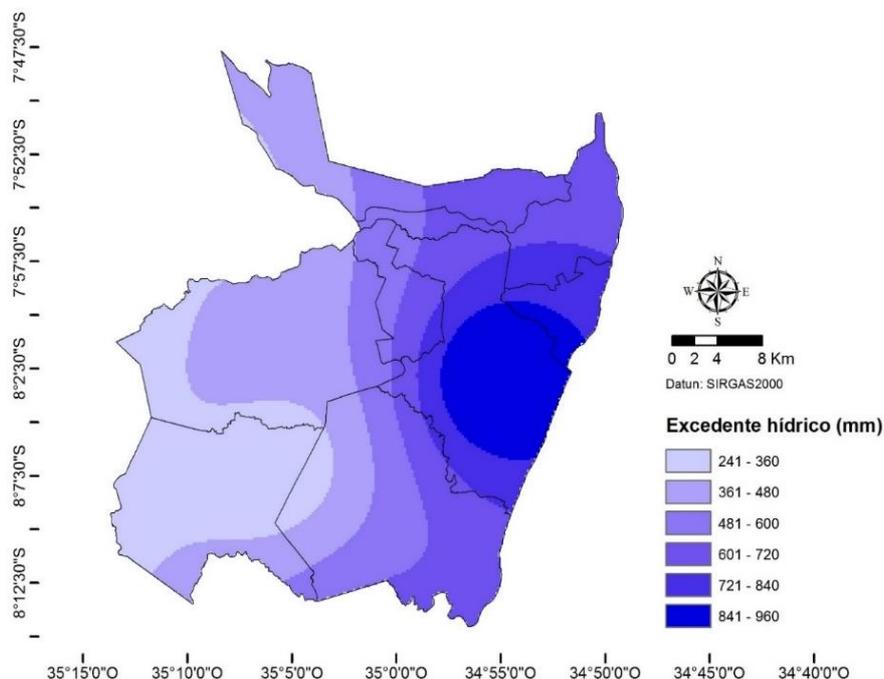


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2 – Mapa do excedente hídrico da microrregião de Recife



O EXC mensal espacializado na Figura 3 tem seus maiores índices entre maio a julho, alcançando a classe de 271 a 300 mm na faixa leste da microrregião no mês de junho, com início do período chuvoso em abril e finalizando em agosto. Enquanto no período de setembro a março EXC oscila entre 0-30 mm.

Santos; Chang; Kiang (2012) realizaram o BHC na área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado de São Paulo para a estação meteorológica de Botucatu entre 1982 e 1995. Com isso, averiguaram que o EXC para a região ocorre em 10 meses do ano, entre janeiro e março foram registrados os maiores índices com valores entre 128,5 a 116,4 mm, neste período a precipitação varia entre 235,6 a 211,8 mm. Com a diminuição da precipitação o EXC diminui nos meses de abril, maio e junho, oscilando entre 10,7 e 44,5 mm. Nos meses seguintes (julho e agosto) ocorre o período de menor precipitação, provocando DEF na região. De setembro a novembro o EXC volta a crescer com valores de 7,7 a 44,4 mm. Dezembro por corresponder ao início da quadra chuvosa possui EXC de 74,7 mm. A melhor distribuição do EXC na região, diferentemente da microrregião do Recife, ocorre devido a melhor distribuição mensal da precipitação. Dessa maneira, a região passa por um período seco curto.

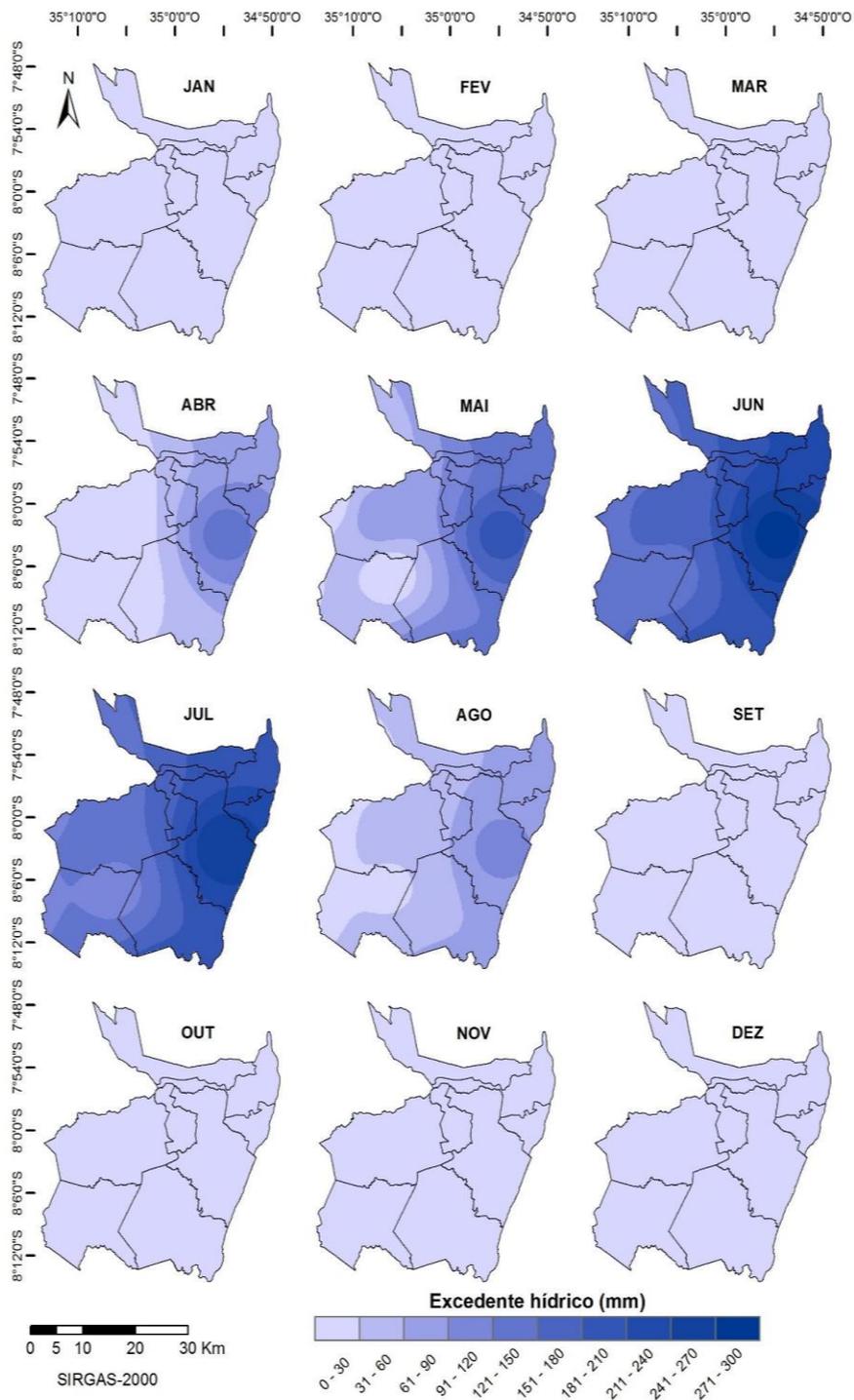


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 3 – Mapas do excedente hídrico mensal da microrregião de Recife





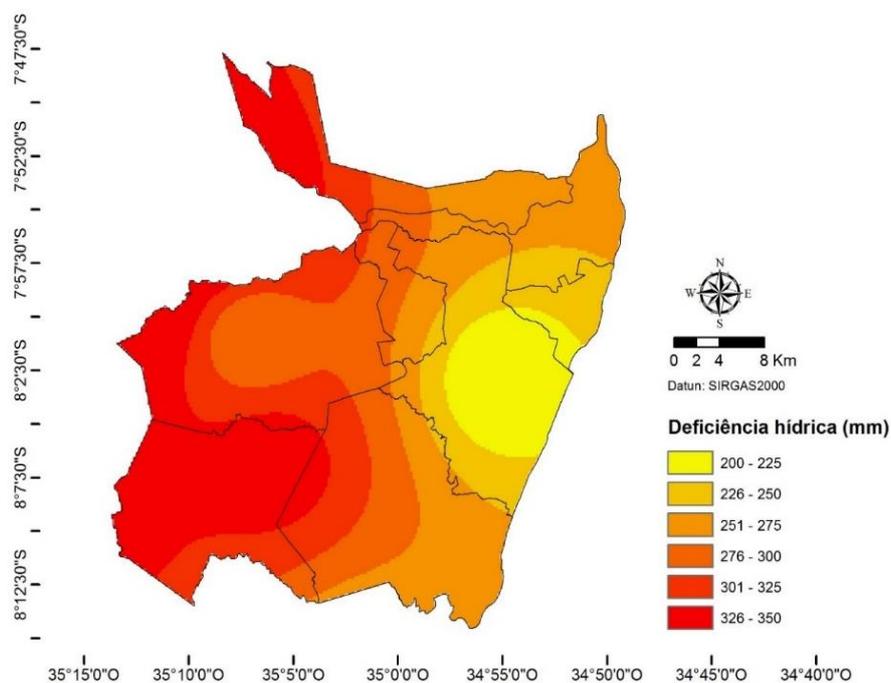
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Na Figura 4 é verificado a espacialização da deficiência hídrica (DEF), em que a faixa centro-leste do litoral tem a menor DEF com as classes variando entre 200 a 250 mm/ano, elevando-se gradativamente na direção norte e sul com a classe que varia entre 251 a 275 e para oeste aumenta da faixa de 276 a 300 mm até 326 a 350. Duarte; Medeiros; Menezes (2019) encontram para Recife a DEF de 287,4 mm/ano, enquanto Medeiros et. al. (2009) verificam para Igarassu e São Lourenço da Mata índices de 203,5 mm; 375,5 mm, respectivamente. Isso evidencia que a microrregião sofre com DEF anual entre 150 e 450 mm, provocada pela variação da precipitação e das elevadas temperaturas do ar.

Figura 4 – Mapa da deficiência hídrica da microrregião de Recife



Na Figura 5 é possível analisar a DEF mensal, na qual revela que de novembro a fevereiro a deficiência hídrica é mais acentuada, principalmente nos meses de novembro, dezembro e janeiro, variando entre 41 a 100 mm, enquanto que no mês de fevereiro ocorre uma diminuição gradativa de DEF no sentido leste com valores entre 0-60 mm. Já março apresenta apenas um DEF de 0 a 20 mm, pois se aproxima o período chuvoso. É possível identificar também que entre abril a setembro a DEF é mínima ou não ocorre. Em outubro a porção oeste volta a apresentar DEF com taxa de 11 a 40 mm.

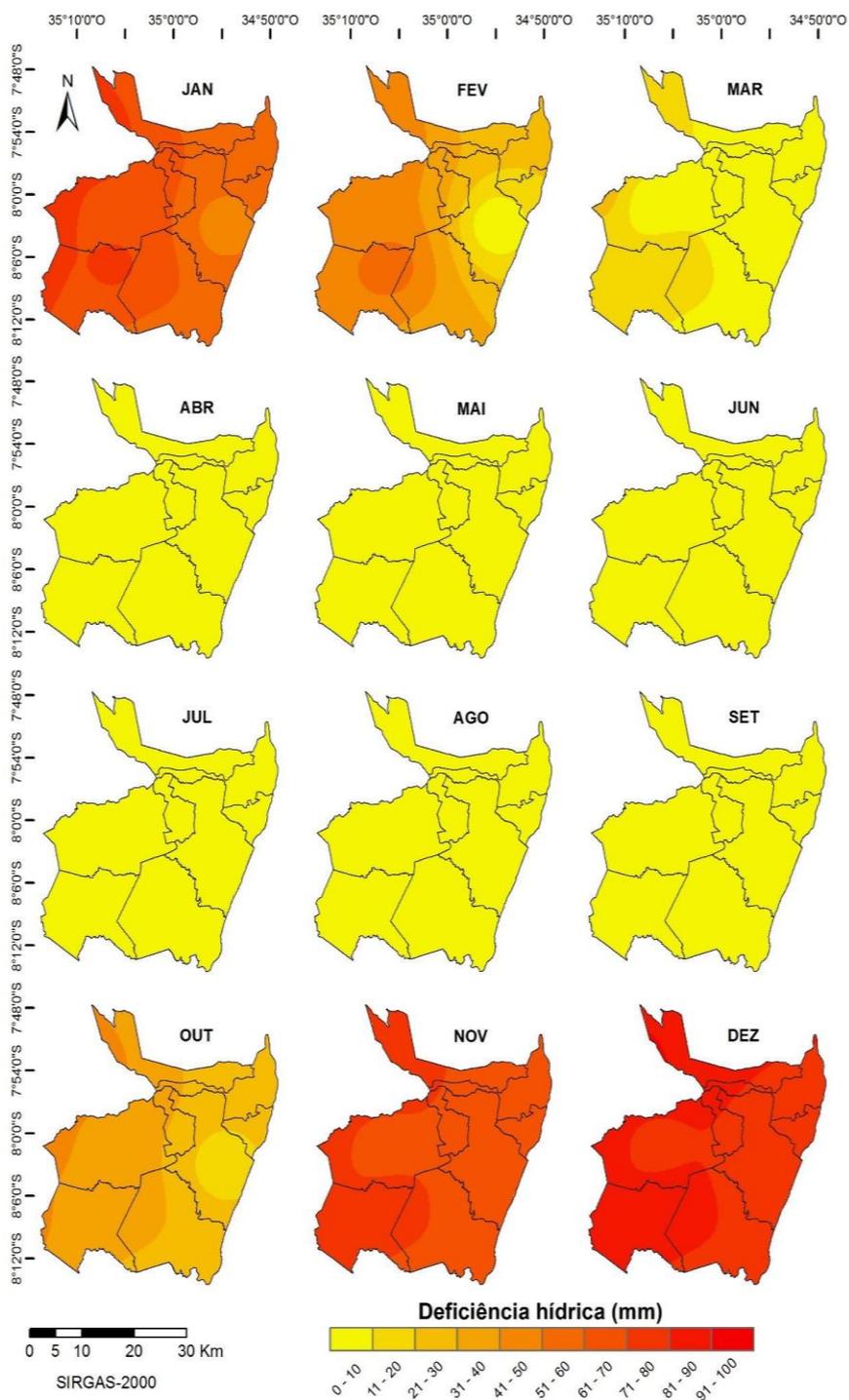


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 5 – Mapas da deficiência hídrica mensal da microrregião de Recife





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Na pesquisa desenvolvida por Coutinho; Morais (2012) para o município de São José de Mipibu no estado do Rio Grande do Norte, constataram que devido a diminuição da precipitação entre setembro e fevereiro ocorre a DEF neste período, com o menor valor em setembro (15mm). Entre outubro e janeiro a precipitação voltando a subir, entre 63 a 93 mm, e a DEF decresce, ficando em fevereiro com 34 mm. Assim como aponta a espacialização da Figura 5, em que a DEF ultrapassa o valor 21 mm mensal. Segundo Duarte (2009) o que caracteriza esse período de deficiência hídrica são as taxas de evaporação e evapotranspiração superiores a precipitação.

4. Considerações finais

A partir do BHC para a microrregião de Recife foi possível obter os índices médios de EXC e DEF para o período anual e mensal. Com isso, esses resultados serviram para compreensão espacial e temporal do regime hídrico da área analisada. Assim, foi possível verificar que o EXC ocorreu entre maio e agosto; com gradativa redução de leste-oeste, como também é perceptível uma variação mensal maior nos meses de maio a junho. Já a DEF ficou restrita entre os meses de setembro a fevereiro, com gradual elevação de leste-oeste, sendo os maiores DEF nos meses de novembro, dezembro e janeiro.

Os períodos bem definidos de DEF e EXC hídrico é caracterizado pela má distribuição pluviométrica e suas diferenças entre as áreas mais próximas e afastadas do litoral. Isso acaba por afetar a população que vive nesta microrregião, tanto com o período de déficit nas áreas mais a oeste e com excedentes, principalmente, a leste. Portanto, é imprescindível a compreensão desse regime pela microrregião e os municípios que a compõem, para um planejamento urbano estratégico que possibilite o bem-estar dessas pessoas e ao mesmo tempo possam conviver com essa dinâmica climática e, conseqüentemente, construindo estratégias nas construções urbanas e rurais que causem menores impactos possível.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Recife, para o qual apresentamos nossos agradecimentos pela colaboração.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

6. Referências

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

CAVALCANTI, M. A. **Os sistemas logísticos de transporte e a estruturação do território pernambucano: gênese e produção**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.

COUTINHO, M. D. L.; MORAIS, M. D. C. Balanço hídrico da climatologia média e de cenários climáticos em São José de Mipibu – RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2012.

GALVANI, E. Estudo comparativo dos elementos do Balanço Hídrico Climatológico para cidades de São Paulo e para Paris, **Confins** [Online], 4 2008, posto online no dia 05 outubro 2019, consultado o 27 fevereiro 2020. URL:<http://journals.openedition.org/confins/4733>;DOI : <https://doi.org/10.4000/confins.4733>

JESUS, J. B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju-SE. **Scientia plena**, v. 11, n. 05, 2015.

MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; FERREIRA, G. L. Palma forrageira e caju, suas aptidões e zoneamento agroclimático para o município de Recife. **Anais... I congresso internacional das ciências agrárias COINTER - PDVAgro**, 2016.

MEDEIROS. S. R. R.; et al. Potencial agroclimático para *Alpinia purpurata* no Estado de Pernambuco. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 13, n.2, p. 165-169, 2009.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Revista Scientia Agraria**, n. 18, n. 1, 2017.

PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L, R.; SENTELHAS, P. C. Balanço hídrico climatológico. PEREIRA, A. R; ANGELOCCI, L, R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. Piracicaba, São Paulo: Revista e Ampliada, 2007, p. 92-105.

SANTOS, M. M.; CHANG, M. R. C.; KIANG, C. H. Análise do balanço hídrico climatológico do sistema aquífero Guarani, em sua área de afloramentos no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 10, n. 8, 2012.

SOUZA, S. O.; et al. Balanço hídrico da bacia hidrográfica do Rio Caravelas (BA) como subsídio ao planejamento agrícola. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n.01, 2014.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ESTUDO DO EPISÓDIO DE INVERNO NO MUNICÍPIO DE JATAÍ-GO 2019

EZEQUIEL PEREIRA DA SILVA¹
REGINA MARIA LOPES²

RESUMO

Observa-se que cada vez mais se registra alterações no clima pelo mundo, seu estudo ganha a cada dia mais importância para a sociedade humana, compreender os tipos de tempo se torna importante, como por exemplo, os eventos extremos que ocorrem na atmosfera. Neste sentido, o presente artigo teve como objetivo analisar o episódio ocorrido durante o inverno de 2019 no município de Jataí-GO, utilizaram-se de métodos e procedimentos técnicos, que contemplaram as informações, que permitiu a análise do episódio por meio dos dados climáticos, disponibilizados pela estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INME) localizada no Campus Jatobá da Universidade Federal de Jataí, com auxílio das cartas sinóticas e imagens de satélites disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Verificou nos resultados do episódio de inverno a influência da massa Polar Atlântica (mPa), responsável pelos baixos valores de temperatura do ar, chegando a 1,9°C no dia 08 de julho, com intensidade dos ventos entre 0,50 e 2,10 m/s sendo predominantemente os ventos de direção Sul-Sudoeste (SSE), e umidade relativa do ar mínima de 18% e máxima 98%. Espera-se que o produto desse estudo, possa contribuir trabalhos desenvolvidos sobre episódios climáticos, possibilitando um melhor planejamento para sociedade em eventuais episódios futuros.

Palavras-chave: Dinâmica atmosférica, Atributos climáticos, Eventos Extremos

ABSTRACT

It is observed that there are more and more changes in the climate around the world, its study is gaining more and more importance for human society, understanding the types of weather becomes important, such as, for example, the extreme events that occur in the atmosphere. In this sense, this research aimed to analyze the episode that occurred during the winter of 2019 in the municipality of Jataí-GO, using technical methods and procedures, which included the information, which allowed the analysis of the episode through climatic data, made available by the automatic station of the National Institute of Meteorology (INME) located on the Jatobá Campus of the Federal University of Jataí, with the help of synoptic charts and satellite images from the National Institute for Space Research (INPE). We can see in the results of the winter episode the influence of the Atlantic Polar mass (Pa), responsible for the low values of air temperature, reaching 1.9 ° C on July 8, with wind intensity between 0.50 and 2.10 m / s with predominantly south-southwest winds (SSE), and minimum air humidity of 18% and maximum 98%. It is hoped that the product of this research, can potentially contribute to

¹ Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Jataí. E-mail: Ezequiel.trabalho@gmail.com

² Professora Doutora do Curso de Geografia da Universidade Federal de Jataí. E-mail: lopesregina@ufg.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

support in works developed on climatic episodes, enabling better planning for society in eventual future episodes.

Keywords: Atmospheric dynamics, Climatic attributes, Winter episode

1. Introdução

A Geografia enquanto ciência se preocupa em compreender a produção, organização e reorganização do espaço geográfico, dentre as áreas as quais se dedica a estudar que tem grande importância para a humanidade está o clima, atualmente o clima é um dos temas mais debatidos mundialmente, sua alteração provoca por todas as nações discussões que mobilizam conferências mundiais, a fim de estabelecer metas para a redução de suas mudanças.

De acordo com Jesus (2009) o estudo do clima sob o olhar geográfico tem como foco a relação sociedade-natureza, deste modo, compreender o clima hoje representa compreender o meio em que se vive permitindo a continuidade da sociedade e de suas atividades, e estudar episódios que provocou baixas temperaturas durante o inverno de 2019 no município de Jataí-GO sobre o prisma da climatologia geográfica que contribui com a compreensão das dinâmicas atmosféricas.

Monteiro (1971) ressalta que é necessário compreender essa dinâmica atmosférica para que se possam compreender fenômenos pela atmosfera. Borsato (2016 p. 17) define que “mesmo o vento, não sento um elemento dos mais evidentes, ele é fundamental na organização e distribuição da umidade sobre a superfície da terra”, se movimentando na horizontal entre as camadas da atmosfera a fim de restabelecer o equilíbrio, e na vertical provocando fenômenos meteorológicos locais.

Deste modo, as massas de ar se movimentam de acordo com o gradiente de pressão seguindo das áreas com maior pressão para a mais baixa, em um movimento que considerando a forma do nosso planeta se dá dos polos em direção ao equador, assim sendo de áreas mais fria para as mais quentes.

No entanto esse movimento não ocorre de forma direta, sendo influenciada pela força Coriolis que provoca a movimentação lateral do corpo, sendo uma das principais responsáveis pela movimentação do ar produzindo anticiclones no hemisfério sul, sua força, portanto faz com que a movimentação das massas de ar não seja somente das áreas de alta pressão para



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

baixa pressão, mas também no sentido leste e oeste que provoca curvas no movimento, essa força aliada as forças centrípeta e centrífuga será responsável pela formação de ciclones e anticiclones.

Será essa dinâmica aliada a fatores físicos geográficos que vai provocando episódios que podem influenciar o clima em todas as escalas, considerando as alterações do clima ocorridas mundialmente, o estudo desses episódios é fundamental para compreender as mudanças que o planeta passa, possibilitando a tomada de atitudes que auxiliaram no planejamento climático e ambiental.

Deste modo, Justifica-se analisar o episódios climáticos na atuação do sistema atmosférico que possibilite o melhor planejamento das atividades da sociedade, fazendo essas considerações esse trabalho tem por objetivo analisar massa de ar polar atlântica (mPa) que atingiu o município de Jataí-GO, provocando baixas temperaturas no inverno de 2019, buscando entender a relação existente entre os fenômenos atmosféricos e a variação dos elementos climáticos, precipitação, umidade relativa do ar, temperatura, direção e intensidade dos ventos.

2. Metodologia

2.1 Localização da área de estudo

O município de Jataí está localizado no estado de Goiás nas coordenadas geográficas (S) 17° 52' 33"; e (W) 51° 43' 17" (Figura 01), fazendo parte Centro Oeste do Brasil na Microrregião do Sudoeste Goiano, pertencente à Mesorregião Sudoeste Goiano., com uma área de 7.174,228 km² conta com cerca de 100 mil habitante é tem como principal atividade econômica o agronegócio.

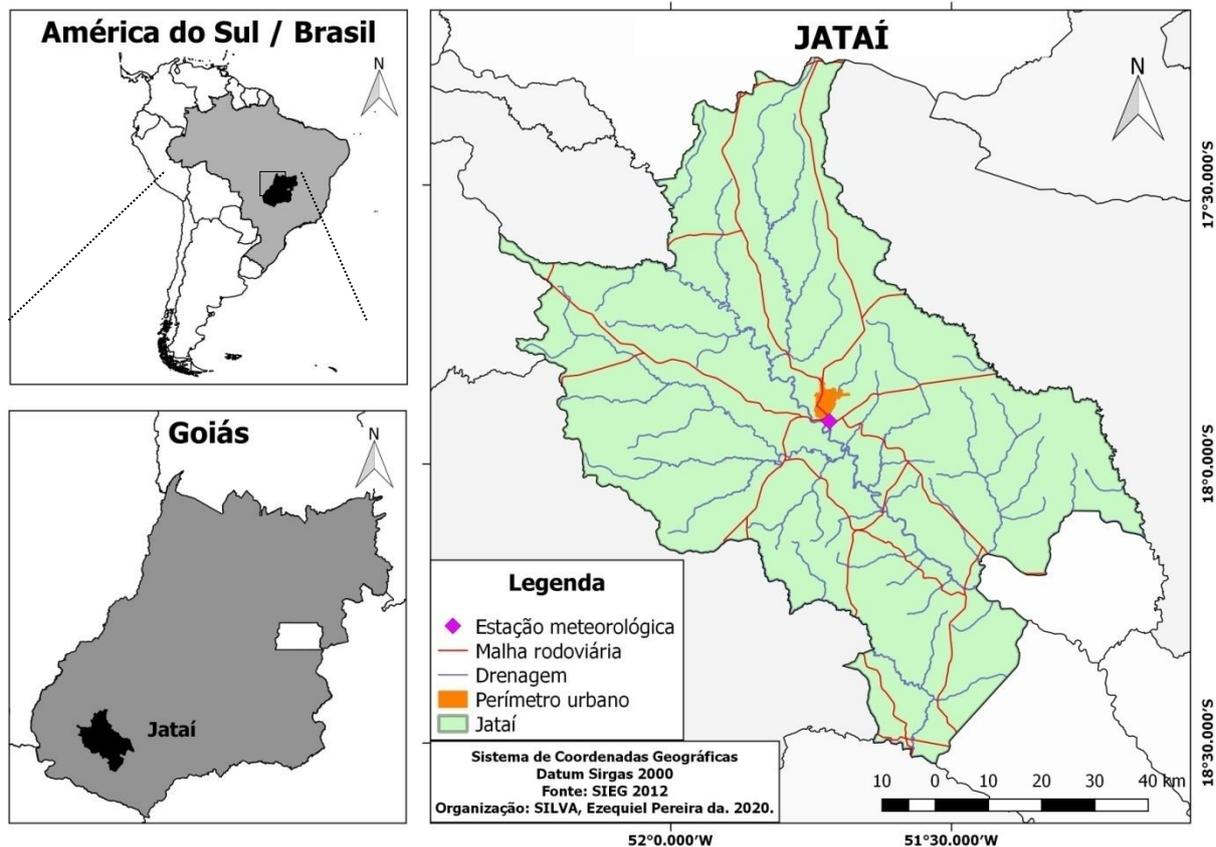


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01- Mapa de localização da área.



Fonte: Silva, E. P. (2019).

De acordo com Nimer (1989) a região Centro-Oeste a qual o município faz parte, apresenta uma temperatura média do mês mais quente de 24 °C; a temperatura média do mês mais frio dificilmente chegando a baixo 18 °C, e apresenta uma média anual de precipitação de 1750 mm.

Segundo Lima (2013) a região Centro-Oeste apresenta formações savânicas do tipo Cerrado sentido restrito, caracterizado por árvores baixas, de caules, tortuosos e ramificações retorcidas, com algumas formações campestres, que vem sendo reduzidas devido aos impactos ambientais resultantes da prática agricultura e pecuária, autora também define o Latossolo Vermelho Distrófico o principal tipo de solo da bacia abrangendo 61% de sua área.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2.2 Coleta de dados

Para a análise do inverno de 2019 foram usadas técnicas de pesquisa acadêmica de levantamento textual de leitura, fichamento e sistematização de produções bibliográficas sobre a temática analisada, os dados citados nessa pesquisa são disponibilizados gratuitamente pelos órgãos citados em seus sites oficiais.

A identificação da formação, distribuição e movimentação da massa mPa atuante durante o episódio de inverno foi realizada usando Cartas Sinóticas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), Sendo, analisadas de acordo com a cartilha do INPE e com os modelos propostos por Borsato (2016), com maior foco nas isóbaras, gradiente de pressão, deslocamento e linhas de frete.

Os dados de temperatura do ar (°C), Umidade do ar (%), Precipitação (mm), direção e intensidade dos vetos (m/s), usados na pesquisa foram extraídos pela Estação Meteorológica automática de monitoramento do município, estação Jataí-A016 código OMM: 86752 disponibilizada pelo INMET, para esses dados foram adotado um recorte temporal indo do dia 21 de junho de 2019, ao dia 23 setembro de 2019 (período de inverno), sendo trados no programa Excel para produção dos gráficos de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, já para os gráficos de direção e intensidade dos ventos foi usado o programa WRPLOT versão 8.0.2, disponível gratuitamente em sua pagina da web.

3. Resultados e discussão

3.1 Análise dos atributos climáticos: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) precipitação pluvial (mm)

Analisando relação entre temperatura do ar, precipitação e umidade relativa do ar foi produzido os Gráfico 01 e 02. A partir do Gráfico 01 é observado que a partir do dia 05 julho todos os valores de temperatura começam a decair, podendo ser ocasionada pela baixa precipitação ocorrida no dia (Gráfico 02), no entanto, quando analisando o Gráfico 02 verifica-se que os episódios de baixa precipitação ocorridos nos dias 05 de julho, e 06 agostos não provocam prolongadas alterações na umidade relativa do ar decaindo no dia seguinte, indicando que os episódios de precipitação apresentaram não alterações significativas para inverno de 2019.

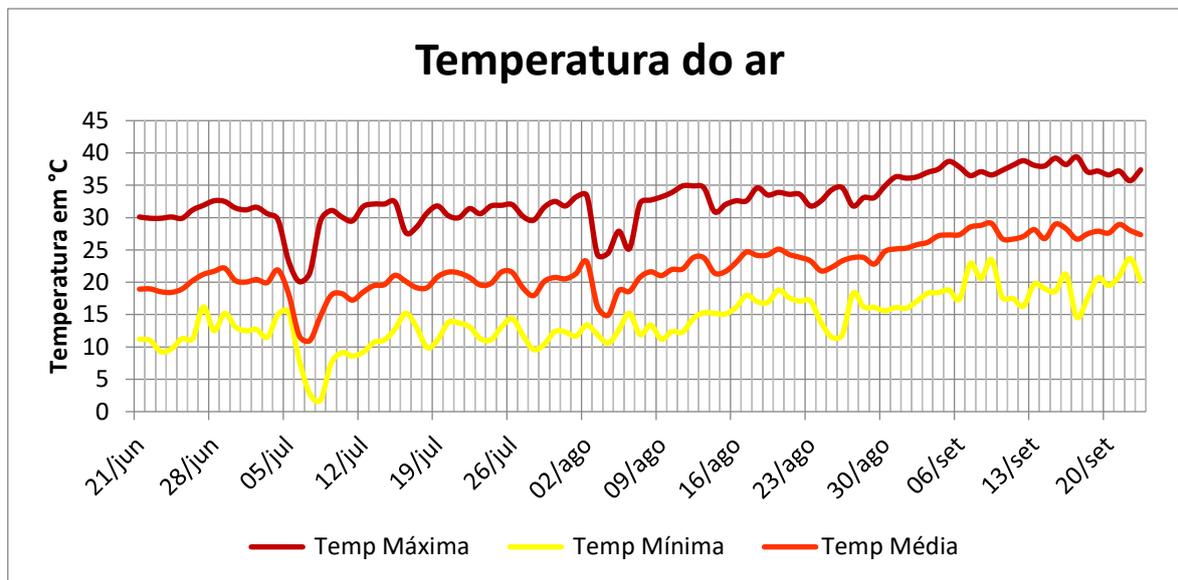


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

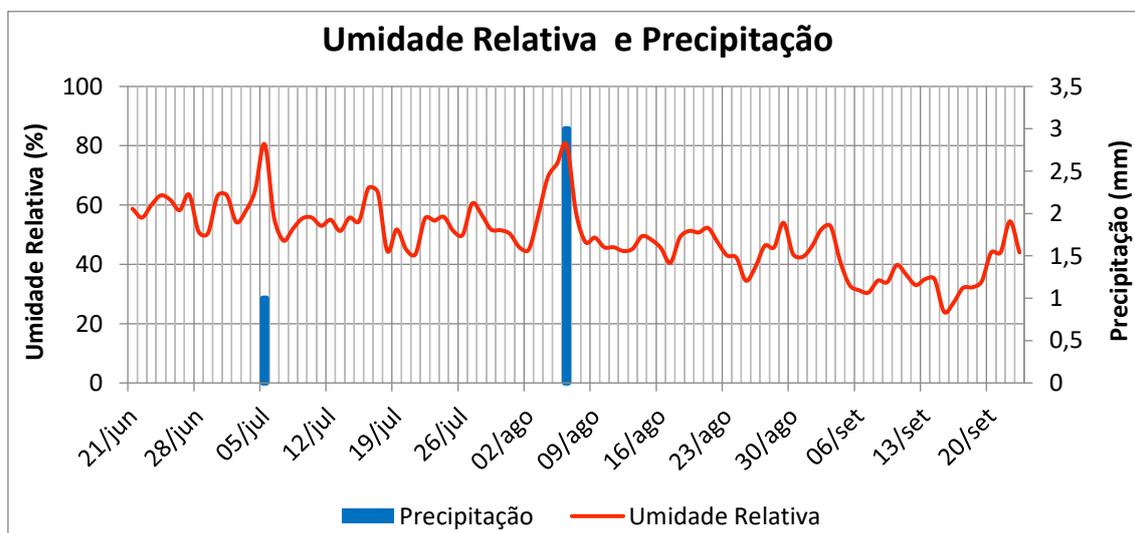
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 01 - Distribuição dos valores de temperatura do ar ao longo do inverno de 2019.



Fonte: INMET (2019), Org: Silva, E. P. (2019).

Gráfico 02 - Distribuição dos valores de Umidade relativa do ar e Precipitação do inverno de 2019.



Fonte: INMET (2019), Org: Silva, E. P. (2019).

Nimer (1989, p. 11) define que:

Enquanto a primavera se constitui em estação muito quente, no inverno, pela continentalidade da região e consequente secura do ar durante os tempos estáveis,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

registram-se frequentemente temperaturas muito baixas nos meses de junho-julho. Porém, nestes meses correm também temperaturas elevadas e, por esse motivo, as temperaturas médias do inverno (mormente tratandose de normais) são, neste particular, pouco representativas. Apenas algumas áreas do sul de Mato Grosso e Goiás apresentam, nos meses de inverno, temperaturas médias inferiores 18°C. A maior parte do território da região não possui sequer um mês cuja temperatura média seja inferior a 20°C, e no norte de Goiás chega a ser superior a 24°C.

Portanto, considerando o autor a temperatura media do dia 05 de 19,3°C e característica da região durante o inverno será a partir do dia 06 com a temperatura média indo 13,5°C a baixo dos 18°C característicos da região e seguindo assim até o dia 08, dia mais frio com temperatura mínima de 1,9°C e vai caracterizando o episódio aqui estudado, sendo fora da normal apontada por Nimer (1989), que tem seu fim ao final no dia 09 com a temperatura média retornando a estar acima de 18°C, fazendo com que o episódio dure três dias, conforme os dados do INMET a último registro de um evento semelhante no município de Jataí foi em julho de 2012 no período de inverno.

3.2 Intensidade e direção dos ventos

No Gráfico 01 (A e B) verifica-se que no período de inverno mesmo com a maior influência do sistema de correntes perturbadas de Sul, ainda há uma presença de ventos vindos da direção Noroeste sendo esses de maior intensidade que os oriundos da direção Sul-Sudeste e Sudeste, contudo mesmo com rajadas de menor intensidade os ventos de Sul-Sudeste e Sudeste ainda representam a maior parte dos ventos do período.

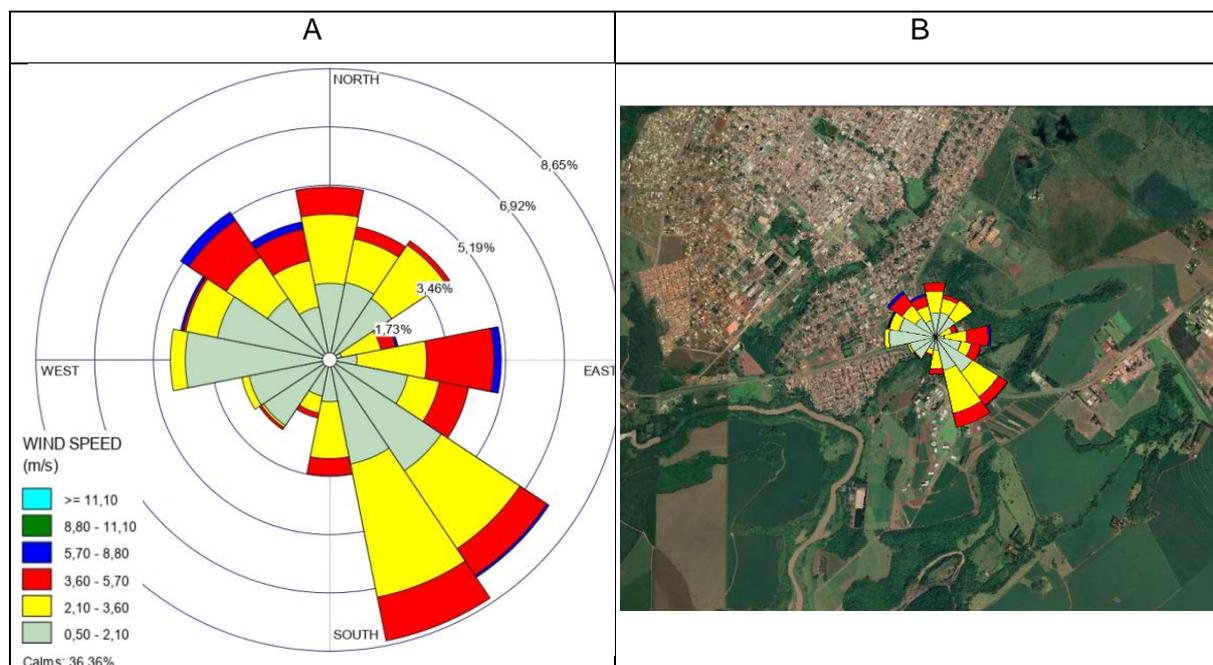


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 03 – Direção e intensidade dos ventos durante o inverno 2019 (A), localização e distribuição dos ventos no ponto de coleta (B).



Fonte: INMET (2019), Org: Silva, E.P. (2019).

No dia 08 de julho dia do evento de baixas temperaturas ocorreu uma prevalência dos ventos oriundos da direção Sul-Sudeste, Sudeste e Sul, com maior parte das rajadas vindas das três direções estando ente a velocidade de 2,10 a 3,60 m/s demonstra pela área amarela do gráfico, sendo os ventos de Sul- Sudeste responsáveis aproximadamente 23% das rajadas, direção que vem a expansão da área de alta pressão a com ventos mais amenos conforme a análise das Cartas Sinótica do dia.

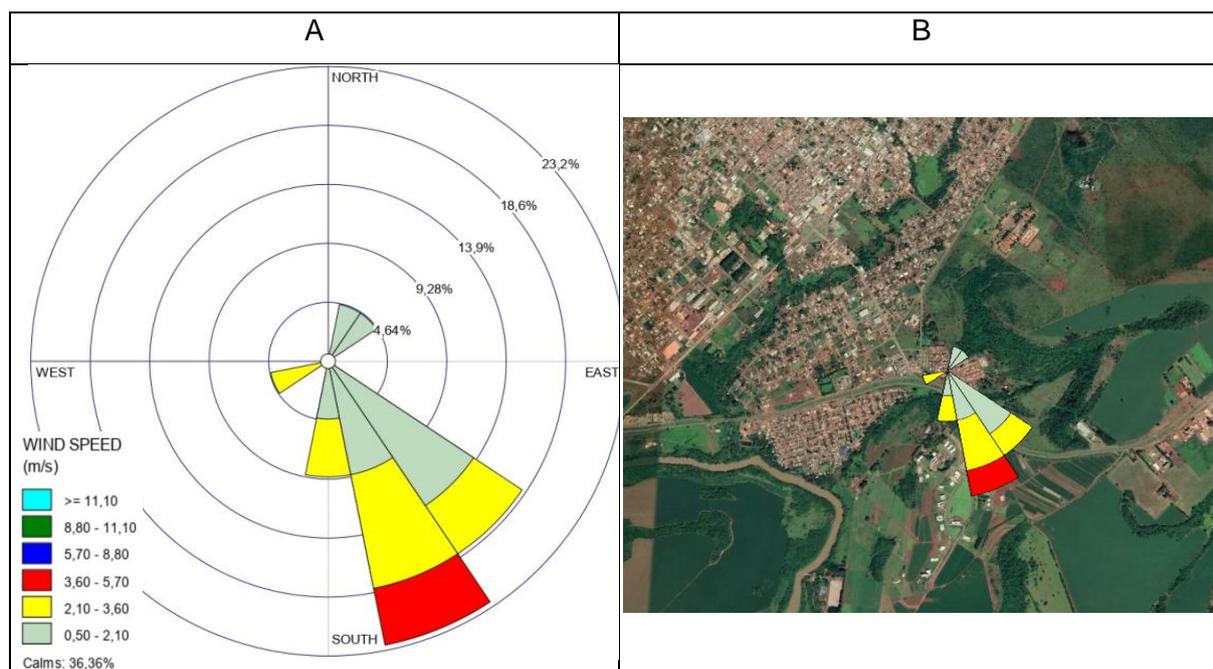


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 04 – Direção e intensidade dos ventos no dia 08 de julho de 2019 (A), localização e distribuição dos ventos no ponto de coleta (B).



Fonte: INMET (2019), Org: Silva, E.P. (2019).

Buscando uma melhor compreensão da dinâmica atmosférica que pode ter provocado os ventos oriundos dessas direções foi verificada a Carta sinótica e imagem do Metosat do dia mais frio do episódio (Figura 2A e 2B). Analisando a carta e observado que na direção dos ventos de Sul- Sudeste da área de pesquisa há uma grande área de alta pressão, apresentando isóbaras distanciadas umas das outras, o que de acordo com Borsato (2016) indica uma menor intensidade a dos ventos naquela direção, o que vai de acordo com o analisado nos gráficos 03 e 04.

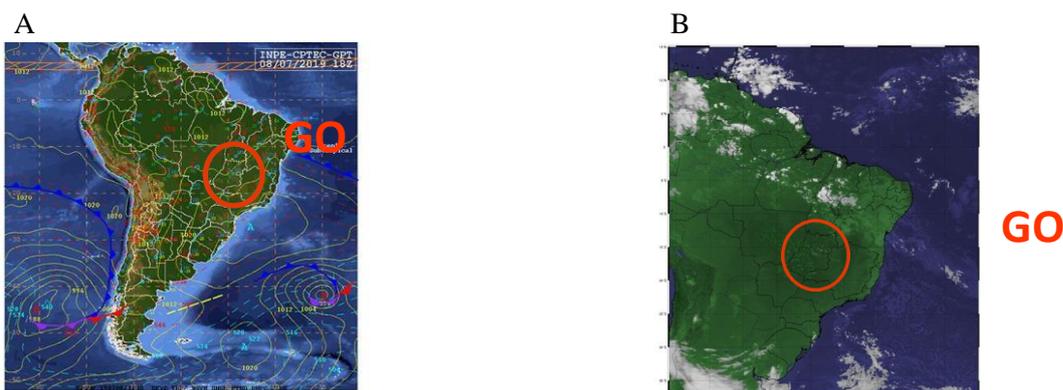


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 – Carta Sinótica (A) e imagem Meteosat (B) do dia 08 de julho de 2019.



Fonte: CPTEC/INPE (2019), Org: Silva, E. P. (2019).

De acordo com Nimer (1989) a região Centro-Oeste do Brasil sofre influência dos sistemas de Correntes Perturbadas de Sul (S) responsável pela atuação da massa de ar polar atlântica (Pa) no Centro-Oeste, atuando no inverno o anticiclone polar ganha força sendo capaz de supera a Cordilheira dos Andes, adentrando o Centro-Oeste pelo estado do Mato Grosso do Sul no sentido sudoeste em direção a nordeste-leste, sua passagem pela região provoca geralmente céu limpo com pouca presenças de nuvens, pouca umidade e redução da temperatura do ar por 2 a 3 dias.

4. Considerações finais

Com base nos resultados encontrados constatamos ou verificamos que:

a) O episódio tem seu início no dia 06 julho de 2019, data em que os valores de temperatura declinam baixo do padrão para Centro Oeste, e se encerra no dia 09 de julho com a temperatura do ar acima de 18°C, com dia mais frio entre esses dias o dia 08 de julho de 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

b) Mesmo com o centro da área de alta pressão não estando sobre a área de pesquisa, ela ainda produz efeito sobre ela provocando a redução e prevalência dos ventos calmos SSE, direção do centro da área de alta pressão.

c) Durante o evento a menor temperatura registrada e de 1,9 °C ocorrida as 11 UTC-3 do dia 08. Durante evento ocorreram diversos relatos e registros fotográficos da mídia e de habitantes do município de termômetros de rua apresentando valores abaixo de 0° no dia 08 julho, no entanto devido a falta de confiabilidade dessas informações não sendo possível testar sua falseabilidade, esses registros não são abordados nessa pesquisa.

Neste sentido, os resultados encontrados confirmam que às alterações provocadas pelo episódio na dinâmica atmosférica característica da área de estudos por dois dias, reduzindo a temperaturas do ar a valores próximos de zero, alterando a direção e intensidade dos ventos enquanto exerce influência sobre município de Jataí-GO, esse trabalho faz não somente uma análise do episódio ocorrido, mas também representando um prelúdio para gerações futuras sobre eventos semelhantes, sendo de relativa importância para a sociedade e ao melhor planejamento e conhecimento sobre episódios de eventos climáticos extremos.

5. Referências

ARMOND, Núbia Beray; NETO, João Lima Sant'Anna. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidade para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, 2017

BARBOSA, A. S., RIBEIRO, M. B; SCHIMITZ, I. Cultura e ambiente em áreas do Sudoeste de Goiás. In: NOVAES PINTO, M. (Org.) Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. 2. ed. Brasília: UNB, 1993.

BARROS, J. R.; BALERO, J. C. S. A Influência do Clima e do Tempo do Centro-Oeste do Brasil nas Condições de Voo na Região. **Élisée, Rev. Geo.** UEG - Goiânia, v.1, n.2, p.25-49, jul./dez. 2012.

JESUS, E. F. R. (2009). Algumas reflexões teórico conceituais na climatologia geográfica em mesoescala: uma proposta de investigação. **GeoTextos**, v. 4, 2009.

LIMA, A. M. **Relação Clima e Vegetação na Área das Bacias das Usinas Hidrelétricas de Barra dos Coqueiros e Caçu - GO**. 2013. P. 90. Dissertação (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Jataí-GO, 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

LIMA, N. G. B. Análise microclimática dos manguezais da Barra do Ribeira Iguape/SP. 2009. 185f. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-graduação em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 2009.

LOPES, R. M. Análise topo e microclimática da RPPN-Pousada das Araras Serranópolis-GO. 2011. Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Campus Jataí, da Universidade Federal de Goiás.

LOPES, Regina Maria et al. Análise da variação da temperatura na reserva particular do patrimônio natural, pousada das araras, em Serranópolis-GO: uma abordagem topoclimática. Revista do Departamento de Geografia, v. 28, p. 82-100, 2014.

MARIANO, Z. F. ; SANTOS, M. J. Z. ; SCOPEL, I. Variabilidade e tendência climática da região do Sudoeste de Goiás e sua relação com a cultura da soja. In: SEMINÁRIO DE PÓSGRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNESP, 3, 2003, Rio Claro, Anais... Rio Claro UNESP, 2003, v. 1, p. 596-616.

MENDONÇA, F; OLIVEIRA, I. M. D. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, C. A de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. Revista Geosul, Florianópolis, v.5, n.9, p. 61-79, 1990.

MONTEIRO, C. A. F. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil. São Paulo: Instituto de Geociências da USP, 1969. (Teses e Monografias, n. 1).

NIMER, E. et al. Climatologia da região centro-oeste. **Climatologia do Brasil**, v. 2, p. 391-419, 1989.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. Boletim Geografia Teorética, Rio Claro, v. 23, p. 45- 49, 1993.

SANT'ANNA NETO, João Lima. História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima. **Presidente Prudente: UNESP/Faculdade de Ciências e Tecnologia**, 2001.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em: 21 ago. 2019.

Instituto Nacional de Meteorologia, Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index>. Acesso em: 21 ago. 2019.

Wind Rose Plots for Meteorological Data, Disponível em: <https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html> Acesso em: 28 ago. 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANOMALIAS DE CHUVA EM GOVERNADOR VALADARES – MG DE 1989 A 2019

CARLOS JUNIO DE SOUZA¹
DANIELA MARTINS CUNHA²

RESUMO

O Município de Governador Valadares localiza-se no leste do estado de Minas Gerais, e quase que totalmente à margem esquerda do Rio Doce – rio principal da Bacia Hidrográfica do Rio Doce. O abastecimento de água e as atividades econômicas da população urbana e rural do município estão cada vez mais dependentes das precipitações, as quais se concentram especialmente nos seis meses da estação chuvosa – outubro a março. Além da variabilidade sazonal, o conhecimento de outras escalas de variabilidade temporal das precipitações pode ajudar no melhor planejamento e gestão dos recursos hídricos locais. Assim, este trabalho tem como objetivo geral analisar as anomalias de chuva mensais e anuais do município de Governador Valadares – MG no período de 1989 a 2019 por meio do Índice de Anomalias de Chuva – IAC. Após realizar a análise das anomalias anuais do período de estudo observou-se a existência de dois anos extremamente úmidos e dois anos extremamente secos. A análise das anomalias mensais destes anos permitiu identificar e reafirmar a importância das chuvas da estação chuvosa no processo de abastecimento hídrico municipal.

Palavras-chave: Precipitação mensal e anual; Índice de anomalias de chuva; Anos extremos.

ABSTRACT

The Municipality of Governador Valadares is located in the east of the state of Minas Gerais, and almost entirely on the left bank of the Rio Doce - main river of the Rio Doce Hydrographic Basin. The water supply and economic activities of the urban and rural population of the municipality are increasingly dependent on rainfall, which is concentrated especially in the six months of the rainy season - October to March. In addition to seasonal variability, knowledge of other scales of temporal variability in rainfall can help in better planning and management of local water resources. Thus, this work aims to analyze the monthly and annual rainfall anomalies in the municipality of Governador Valadares - MG from 1989 to 2019 through the Rain Anomaly Index - IAC. After carrying out the analysis of the annual anomalies during the study period, two extremely wet years and two extremely dry years were observed. The analysis of the monthly anomalies of these years allowed to identify and to reaffirm the importance of the rains of the rainy season in the municipal water supply process.

Keywords: Monthly and annual rainfall; Rain anomaly index; Extreme years.

¹ Graduando no curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais- IFMG, campus Governador Valadares, junio-gv@hotmail.com

² Doutora em Geografia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais- IFMG, campus Governador Valadares, daniela.cunha@ifmg.edu.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

Segundo Angelocci e Sentelhas (2007) anomalia climática é a flutuação extrema de um elemento em uma série climatológica. As anomalias de chuva – excesso ou déficit de chuva em uma série pluviométrica, por exemplo, podem ocasionar diversas consequências à vida da sociedade, como: queda da produção agrícola resultante de períodos de seca ou fortes chuvas; perdas materiais e imateriais, por meio da ocorrência de enchentes e deslizamentos de terras; racionamento de água e de energia elétrica, e diminuição da produção em pequenas e grandes indústrias, especialmente nos períodos de estiagem prolongados (CUNHA, 2020).

A demanda por água da população é suprida, principalmente, pela ocorrência de precipitações as quais irão alimentar os mananciais de captação. Precipitação é qualquer deposição em forma líquida ou sólida (AYOADE, 1996) sendo o elo de ligação entre a água da atmosfera e a água do solo, é o ator mais importante do ciclo hidrológico (SANTOS, 2002).

Brito *et al* (2007) citam como um dos motivos de escassez de água a irregularidade das chuvas, gerando uma redução na disponibilidade hídrica. Para Santos (2002) a importância da chuva reside na recarga dos mananciais hídricos superficiais e subsuperficiais de onde dependem as quantidades demandadas da água para consumo humano, doméstico, industrial, animal e rural.

Para Muñoz (2014) faz-se necessário uma abordagem holística reunindo disciplinas e fatores científicos, culturais e educacionais integrando as dimensões econômicas, institucionais, religiosas, éticas, sociais, políticas e legais para desenvolver práticas de cooperação para o compartilhamento da água entre todas as nações, promovendo, além do intercâmbio entre povos e comunidade, a construção da paz e do desenvolvimento sustentável.

Diante do exposto – a importância da água e das precipitações, tal como das anomalias de chuvas para a população, observa-se a necessidade de melhor conhecer e interpretar as escalas temporais da variabilidade das precipitações. Assim, este trabalho tem como objetivo geral analisar as anomalias de chuvas mensais e anuais do município de Governador Valadares – MG no período de 1989 a 2019 por meio do Índice de Anomalias de Chuva – IAC.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

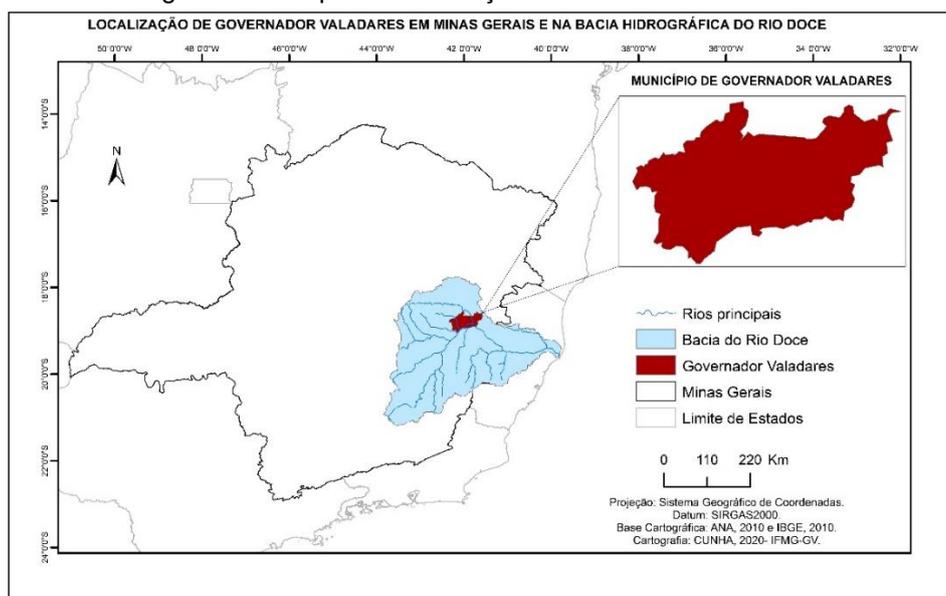
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2. Área de estudo

O Município de Governador Valadares localiza-se no leste do estado de Minas Gerais e a nordeste da capital do estado, Belo Horizonte. Possui uma área de 2.342,325 km² e, segundo o censo de 2010, uma população de 263.689 habitantes e uma densidade demográfica de 112,58 hab./km², sendo que, para 2019 a população estimada era de 279.885 habitantes (IBGE, 2020). O município localiza-se, ainda, quase que totalmente à margem esquerda do Rio Doce, rio principal da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, constituindo-se, assim, em um importante município dessa bacia (Figura 1).

Figura 01 – Mapa de localização de Governador Valadares



Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos da ANA (2010) e IBGE (2017).

A região do município encontra-se inserida na área do Domínio dos Mares de Morros Florestados, apresentando dois compartimentos geomorfológicos fundamentais: o bloco tectonicamente alçado (Planalto Soerguido/Maciço Montanhoso do divisor Suaçuí Pequeno/Corrente Grande), e o Bloco deprimido (Planalto Deprimido do médio Rio Doce) (GOVERNADOR VALADARES *et al* 2002 apud GOVERNADOR VALADARES, 2015). Em geral as altitudes irão variar entre 500 a 900 m na região planáltica e entre 170 a 350 m na região da depressão interplanáltica do Rio Doce (SAADI; CAMPOS, 2015; CUNHA, 2020),



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

estando localizado nessa última a área urbana municipal, especialmente no entorno da planície pluvial do Rio Doce.

As altitudes e feições geomorfológicas – fatores estáticos, junto aos fatores dinâmicos como os sistemas atmosféricos, dentre eles, a Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, a Zona de Convergência de Umidade – ZCOU e as Frentes Frias – FF, são os responsáveis pela distribuição e ocorrência de precipitação no município, especialmente durante a estação chuvosa (CUNHA, 2020). O Clima do município está classificado, segundo KÖPPEN, como do tipo AW – “clima tropical com inverno seco, sendo bem definidas a estação chuvosa, no verão, e a estação seca no inverno” (MOTA *et al*, 2019, p. 06). Verifica-se, assim, no município, uma variabilidade sazonal da precipitação, a qual permite identificar duas estações principais: a estação chuvosa de outubro a março e a estação seca de abril a setembro.

2. Metodologia

Foram utilizados dados de duas estações meteorológicas instaladas no município, uma convencional, a qual esteve em operação de 1/1/1970 a 27/8/2007, e uma automática, que entrou em operação em 29/5/2007, ambos os históricos de dados fornecidos por e-mail pelo 5º Disme/Inmet em extensão .pdf, os quais foram posteriormente convertidos para o Excel. Em tabela do Excel fez-se a junção e pode-se tabular os dados diários. Posteriormente, a tabela numérica foi transformada em uma tabela cromática a qual permitiu verificar as falhas de dados existentes. Fez-se a escolha, assim pelo período 1989 a 2019 devido a maior homogeneidade dos dados (ZAVATTINI; BOIN, 2013; ZANDONADI, 2013; CUNHA, 2020).

Algumas falhas de dados do período de 1989 a 2019 foram preenchidas por meio das análises de correlação e regressão linear. Para isso utilizou-se os dados não falhados de um Posto Pluviométrico da ANA (CUNHA, 2020). Após a homogeneização de toda a planilha de dados calculou-se as anomalias mensais e anuais. Para o cálculo das anomalias de chuvas foi utilizado o IAC - Índice de anomalias de chuva do inglês *Rainfall Anomaly Index* (RAI), desenvolvido por Rooy (1965) (FREITAS, 1998; FERNANDES *et al*, 2009; CUNHA, 2020).

$IAC = 3[(N - M)/(M - M)]$; para chuvas acima da média

$IAC = - 3[(N - M)/(X - M)]$; para chuvas abaixo da média



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Onde:

N = precipitação observada (mm);

\bar{N} = precipitação média (mm);

M = média dos dez valores mais altos;

X = média dos dez valores mais baixos. (FREITAS, 1998; FERNANDES *et al*, 2009; CUNHA, 2020)

Os valores encontrados são classificados de acordo com a metodologia do IAC apresentada na Tabela 1.

Tabela 01 – Classificação da anomalia de precipitação conforme o Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

IAC	Classificação
$\geq 4,00$	Extremamente úmido
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,5 a 1,99	Umidade baixa
- 0,49 a 0,49	Normal
- 1,99 a - 0,5	Seca suave
- 2,99 a - 2,00	Seca moderada
- 3,99 a - 3,00	Seca alta
$\leq - 4,00$	Extremamente seca

Fonte: Fernandes *et al.* (2009); Cunha (2020).

3. Resultados e discussão

A média aritmética das precipitações em Governador Valadares no período de 1989 a 2019 foi de 952 mm. Os anos de estudo puderam ser divididos em dois grupos: 15 anos com precipitação acima da média, e 16 anos com precipitação abaixo da média. Em ordem crescente de valores para o primeiro grupo temos os seguintes anos: 1999, 2006, 1996, 2010, 1989, 2004, 2011, 1997, 2016, 2005, 1995, 2013, 1992, 1991 e 2009. Nos três anos com maiores volumes de precipitação registrou-se em 2009 – 1.376 mm, e nos dois anos consecutivos – 1991 e 1992, 1.278 mm e 1.319 mm, respectivamente. Os 16 anos que, por conseguinte, ficaram abaixo da média foram, em ordem decrescente: 2018, 1994, 2002, 2000, 1993, 2001, 1998, 2019, 2008, 2003, 2007, 2012, 2017, 1990, 2015 e 2014. O ano de 1990 registrou 666 mm de chuva, e os anos consecutivos 2014 e 2015, os menores registros de toda a série pluviométrica - 530 mm e 634 mm, respectivamente (Gráfico 1).



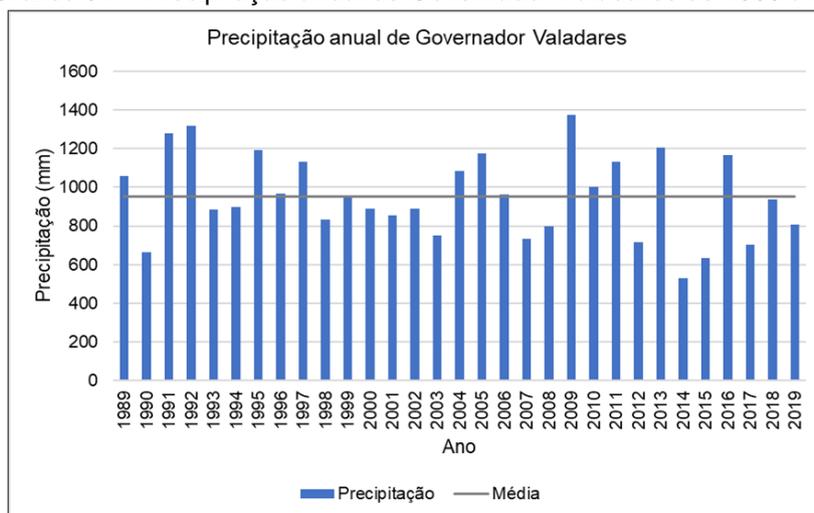
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ainda sobre a distribuição dos anos com precipitação abaixo da média é possível observar a ocorrência desse dado em anos consecutivos, especialmente em dois períodos mais longos, um quadriênio de 2000 a 2003, e um triênio de 2017 a 2019. Já em relação às chuvas acima da média observou-se três triênios: 1995 a 1997; 2004 a 2006 e 2009 a 2011. Nota-se que, em geral, o volume de precipitação registrado oscilou muito na sequência da série, não ocorrendo um padrão de distribuição ao longo dos anos, apenas o sexênio de 1998 a 2003 destaca-se como um período de menor oscilação anual dos dados, onde cinco desses anos registraram volumes de chuva abaixo da média e apenas 1999 com registro pouco superior a média (Gráfico 1).

Gráfico 01 – Precipitação anual de Governador Valadares de 1989 a 2019



Fonte: Resultado da pesquisa.

Observou-se ainda a relação entre a precipitação anual e as anomalias de chuva anuais calculadas com o uso do IAC. As anomalias positivas correspondem às precipitações acima da média e as anomalias negativas correspondem às precipitações abaixo da média (gráficos 1 e 2).

Dos 31 anos de dados, 15 anos registraram anomalias positivas e 16 anos registram anomalias negativas, sendo que, desses, quatro anos tiveram índices de IAC dentro da faixa normal (-0,49 a 0,49) – 1996, 1999, 2006 e 2018. Doze anos registraram anomalias que variaram de umidade baixa a extremamente úmido, tendo sido: três anos com umidade baixa – 1989, 2004 e 2010; cinco anos se destacaram com o registro de umidade moderada – 1995,



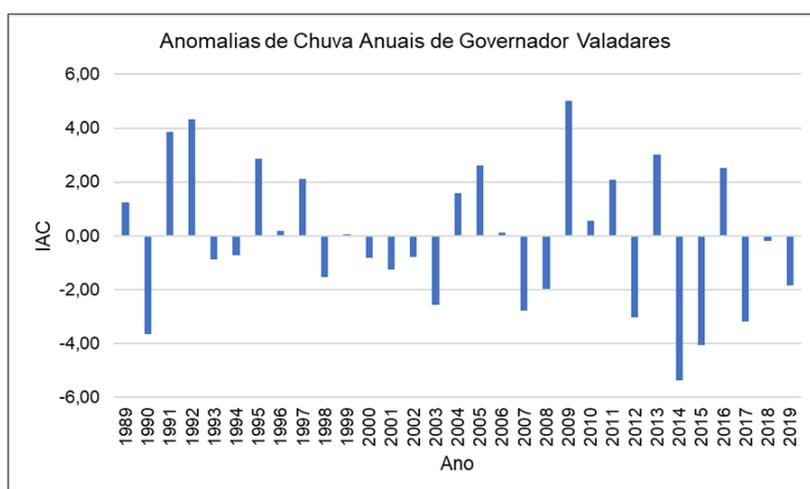
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1997, 2005, 2011 e 2016; dois anos de umidade alta – 1991 e 2013; e dois com registro de extremamente úmido – 1992 e 2009. O ano de 2009 destacou-se com IAC de 5,01 – extremamente úmido, seguido do biênio 1991/1992 com IAC de 3,85 – umidade alta e de 4,33 – extremamente úmido, respectivamente. Nota-se assim, a ocorrência de apenas dois anos, não consecutivos, extremamente úmidos durante o período da pesquisa (Gráfico 2).

Gráfico 02 – Anomalias de chuva anuais de Governador Valadares de 1989 a 2019



Fonte: Resultado da pesquisa.

Quinze anos registraram anomalias que variaram de seca suave a extremamente seca, com destaque para a anomalia de seca suave que predominou em 8 anos – 1993, 1994, 1998, 2000, 2001, 2002, 2008 e 2019. Os demais sete anos ficaram assim distribuídos: dois anos de seca moderada – 2003 e 2007; três anos de seca alta – 1990, 2012 e 2017, e dois anos de IAC extremamente seca – 2014 e 2015. Assim como o ocorrido nas anomalias positivas, apenas dois anos registraram a anomalia seca extrema – 2014 com IAC de -5,38 e 2015 com IAC de -4,06 e, nesse caso, anos consecutivos. Observou-se um predomínio de anomalias secas e mais acentuadas nos últimos dez anos de dados – 2010 a 2019 (Gráfico 2).

Em relação a distribuição mensal média da precipitação no período de 1989 a 2019 observou-se que os meses de dezembro e novembro registraram os maiores volumes médios de precipitação e os meses de julho e agosto os menores volumes médios de precipitação. Reafirmou-se ainda o predomínio de duas estações bem definidas em Governador Valadares:



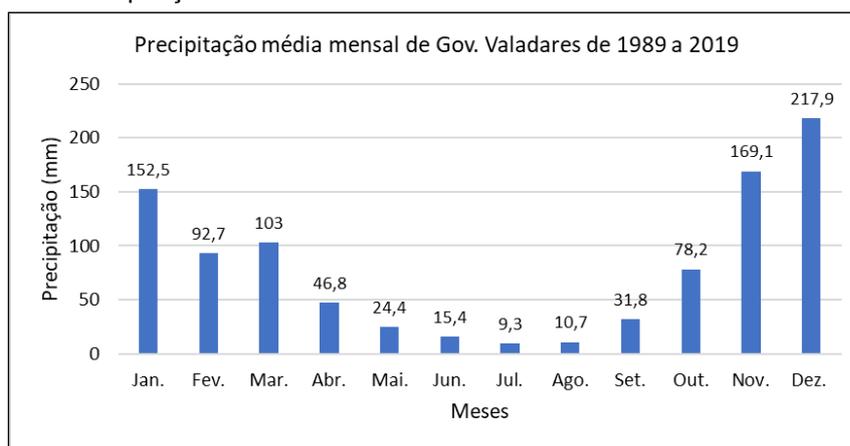
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

uma estação chuvosa – de outubro a março e uma estação seca – de abril a setembro (Gráfico 3).

Gráfico 03 – Precipitação média mensal de Governador Valadares de 1989 a 2019



Fonte: Resultado da pesquisa.

Para a realização da análise mensal do IAC em Governador Valadares de 1989 a 2019 criou-se também classes de cores para representar cada classificação do IAC conforme pode ser observado na tabela 2.

Tabela 02 – Intervalos de classes das anomalias de chuva conforme o IAC

Classes	Classificação	IAC
	Extremamente úmido	$\geq 4,00$
	Umidade alta	3,00 a 3,99
	Umidade moderada	2,00 a 2,99
	Umidade baixa	0,5 a 1,99
	Normal	- 0,49 a 0,49
	Seca suave	- 1,99 a - 0,5
	Seca moderada	- 2,99 a - 2,00
	Seca alta	- 3,99 a - 3,00
	Extremamente seca	$\leq - 4,00$

Fonte: CUNHA, 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A substituição da tabela do IAC mensal numérica por uma tabela do IAC mensal cromática foi realizada e adotada neste trabalho com o objetivo de facilitar a leitura dos dados, seu comportamento mensal e anual simultaneamente (Tabela 3).

Tabela 03 – IAC mensal e IAC anual de Governador Valadares de 1989 a 2019.

Ano	IAC MENSAL												IAC ANUAL
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
1989	Green	Light Blue	Light Blue	Red	Orange	Dark Blue	Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Yellow	Green	Light Blue
1990	Red	Yellow	Red	Orange	Light Blue	Green	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Green	Red	Red
1991	Light Blue	Dark Blue	Light Blue	Red	Light Blue	Light Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Yellow	Orange	Light Blue	Blue
1992	Dark Blue	Light Blue	Red	Light Blue	Yellow	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Dark Blue	Dark Blue	Yellow	Green	Dark Blue
1993	Yellow	Orange	Red	Light Blue	Dark Blue	Light Blue	Red	Light Blue	Light Blue	Orange	Red	Dark Blue	Yellow
1994	Green	Red	Blue	Light Blue	Light Blue	Yellow	Red	Red	Red	Light Blue	Yellow	Light Blue	Light Blue
1995	Orange	Orange	Light Blue	Dark Blue	Green	Light Blue	Yellow	Red	Dark Blue	Light Blue	Blue	Blue	Light Blue
1996	Orange	Orange	Yellow	Light Blue	Green	Green	Red	Orange	Light Blue	Green	Light Blue	Light Blue	Green
1997	Light Blue	Yellow	Blue	Yellow	Light Blue	Orange	Orange	Green	Dark Blue	Orange	Green	Light Blue	Light Blue
1998	Green	Dark Blue	Orange	Red	Light Blue	Light Blue	Red	Red	Red	Light Blue	Green	Orange	Yellow
1999	Yellow	Orange	Light Blue	Light Blue	Orange	Red	Yellow	Red	Orange	Yellow	Blue	Green	Green
2000	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Yellow	Red	Green	Green	Red	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Yellow
2001	Red	Orange	Green	Orange	Green	Red	Red	Orange	Blue	Yellow	Blue	Green	Yellow
2002	Green	Light Blue	Orange	Red	Light Blue	Red	Orange	Light Blue	Dark Blue	Red	Orange	Light Blue	Yellow
2003	Light Blue	Yellow	Orange	Blue	Red	Yellow	Orange	Orange	Light Blue	Dark Red	Light Blue	Orange	Orange
2004	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Dark Blue	Orange	Light Blue	Blue	Light Blue	Red	Green	Yellow	Light Blue	Light Blue
2005	Light Blue	Dark Blue	Green	Yellow	Light Blue	Orange	Light Blue	Light Blue					
2006	Green	Orange	Light Blue	Light Blue	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Light Blue	Light Blue	Green
2007	Light Blue	Green	Red	Light Blue	Red	Red	Green	Green	Red	Orange	Light Blue	Orange	Orange
2008	Light Blue	Light Blue	Yellow	Light Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Green	Light Blue	Yellow
2009	Dark Blue	Yellow	Light Blue	Light Blue	Orange	Dark Blue	Orange	Light Blue	Orange	Dark Blue	Red	Orange	Dark Blue
2010	Dark Red	Light Blue	Blue	Yellow	Blue	Orange	Green	Light Blue	Yellow	Yellow	Dark Blue	Light Blue	Light Blue
2011	Yellow	Orange	Dark Blue	Light Blue	Red	Light Blue	Green	Red	Red	Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
2012	Green	Red	Orange	Red	Red	Red	Orange	Blue	Light Blue	Dark Blue	Dark Red	Dark Red	Red
2013	Light Blue	Yellow	Orange	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Yellow	Light Blue	Light Blue	Red	Dark Blue	Dark Blue	Blue
2014	Orange	Red	Light Blue	Light Blue	Orange	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Yellow	Dark Red	Dark Red	Dark Red
2015	Dark Red	Green	Orange	Dark Blue	Dark Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Red	Red	Green	Red	Dark Red
2016	Dark Blue	Red	Yellow	Light Blue	Light Blue	Green	Orange	Green	Light Blue	Dark Blue	Yellow	Light Blue	Light Blue
2017	Orange	Yellow	Orange	Red	Green	Light Blue	Red	Orange	Orange	Light Blue	Green	Red	Red
2018	Yellow	Dark Blue	Light Blue	Green	Green	Orange	Red	Yellow	Light Blue	Yellow	Red	Green	Green
2019	Dark Red	Light Blue	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Red	Orange	Blue	Light Blue	Green	Yellow	Yellow

Fonte: Resultado da pesquisa.

A observação linear da tabela permite a identificação do IAC de cada mês de um referido ano e, conseqüentemente, como a distribuição da classificação durante esses meses



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

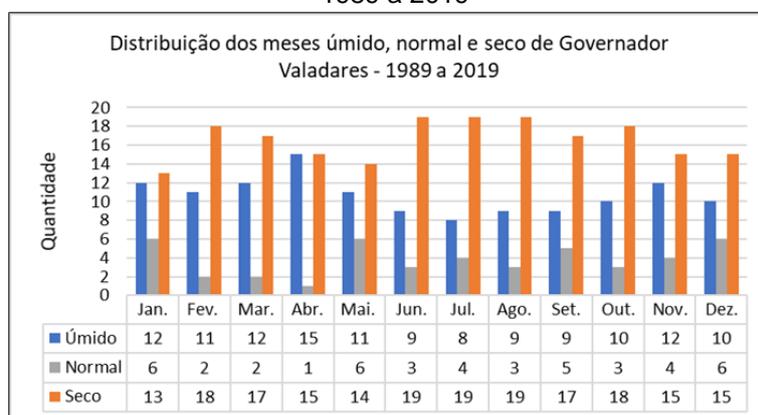
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

influenciaram no IAC anual. Já a observação por coluna possibilita a verificação do IAC de um determinado mês ao longo dos anos (Tabela 3). A tabela 3 permite, assim, a análise da distribuição do IAC em Governador Valadares no período de 1989 a 2019 por duas escalas temporais – a anual e a mensal.

Uma síntese dos dados da tabela 3 é apresentada no gráfico 4. Pelo gráfico é possível observar a quantidade de meses que foram classificados durante o período da pesquisa em úmido, normal e seco. Em geral, excetuando-se o mês de abril, nos demais meses predominou a quantidade de meses secos em relação aos demais - meses úmidos e meses com pluviosidade normal. O maior número de meses secos ocorreu durante a estação seca, principalmente junho, julho e agosto, nos quais as médias de chuvas mensais são as mais baixas. A quantidade de meses que apresentaram IAC dentro da faixa de classificação normal, ou seja, chuva bem próxima a média esperada foram poucos, tendo ocorrido em maior número nos meses de janeiro, maio e dezembro (Gráfico 4).

Gráfico 04 – Distribuição da quantidade de meses úmido, normal e seco de Governador Valadares de 1989 a 2019



Fonte: Resultado da pesquisa.

Os gráficos 5 e 6 apresentam, respectivamente, a distribuição quantitativa das anomalias negativas e das anomalias positivas por mês. Nos meses de anomalias seca predominaram, em quantidade de meses, a seca suave e a seca moderada. Os meses de seca alta foram, predominantemente, os da estação seca – abril a setembro, o que, isoladamente, não ocasiona muito impacto, uma vez que nesses meses o volume de chuva médio já é baixo. O contrário afirma-se em relação aos três meses que registraram seca



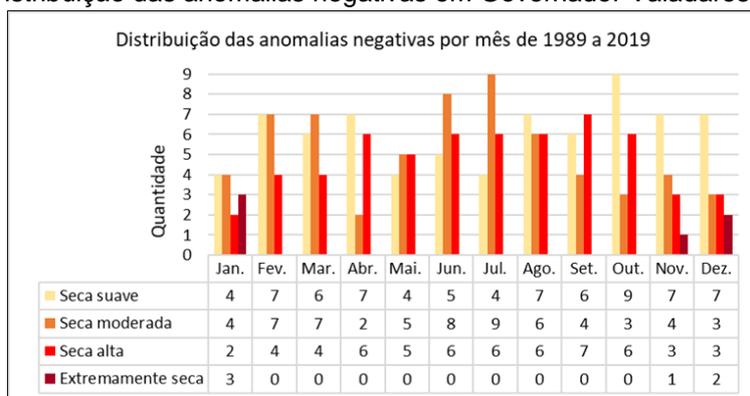
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

extrema, todos pertencentes a estação chuvosa, posto que nesses meses ocorrem os altos volumes de chuva (Gráfico 5).

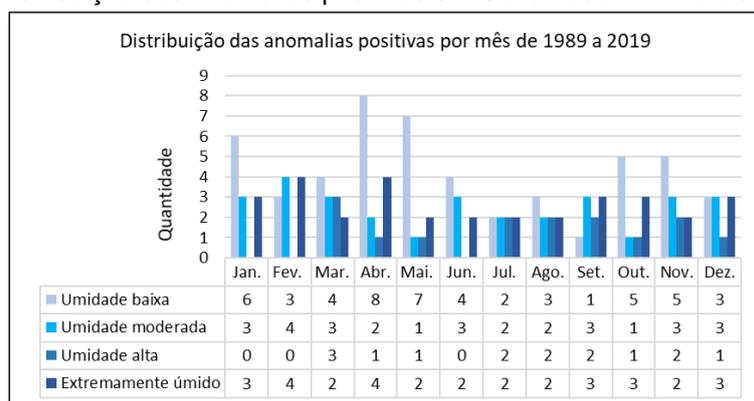
Gráfico 05 – Distribuição das anomalias negativas em Governador Valadares de 1989 a 2019



Fonte: Resultado da pesquisa.

Em relação a quantidade de meses úmidos, observa-se em geral, o predomínio de meses que registraram umidade baixa e umidade moderada. O registro da umidade alta ocorreu de forma bem equânime entre os meses das estações chuvosa e seca, sendo seus impactos, em termos de volume de chuva, nos meses da primeira estação (Gráfico 6).

Gráfico 06 – Distribuição das anomalias positivas em Governador Valadares de 1989 a 2019



Fonte: Resultado da pesquisa.

Já a quantidade de meses extremamente úmidos se destaca, principalmente quando se compara com os que registraram seca extrema (gráficos 5 e 6). Ocorreram 17 meses



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

extremamente úmidos durante a estação chuvosa e 15 meses extremamente úmidos durante a estação seca (Gráfico 6). Este dado ajuda a entender o porquê de, mesmo tendo predominado no período de estudo, a quantidade de meses secos, houve, de certa forma, um equilíbrio entre o número de anos com anomalias positivas e negativas.

Os dados de média de chuva mensal junto a distribuição das chuvas por estação chuvosa e estação seca, relacionados ao IAC mensal, contribuíram para a realização da análise conjunta do IAC mensal e anual dos anos extremamente úmidos e extremamente secos.

Conforme já visto anteriormente, os maiores índices de anomalias do período, classificados como extremamente úmidos, ocorreram nos anos de 1992 e 2009. No ano de 1992, observou-se que os meses de janeiro, setembro e outubro também foram classificados como extremamente úmidos com IAC de 6,44, 4,48 e 4,67. Cinco meses foram classificados com umidade baixa: fevereiro (1,70), julho (1,66), abril (1,37), agosto (1,26) e junho (0,60). O mês de dezembro foi classificado como normal com IAC de 0,17 e os demais meses foram de seca moderada - novembro (-1,98) e maio (1,56), e o mês de março (-3,38) foi extremamente seco.

Observou-se que, mesmo tendo ocorrido seca moderada e extrema nos meses de novembro e março, meses tendencialmente úmidos pertencentes à estação chuvosa, o ano ainda foi extremamente úmido devido às chuvas ocorridas: 1 – nos meses de janeiro e outubro, que também foram classificados nesse ano como extremamente úmido, sendo que, janeiro registra em média o terceiro maior volume de chuvas mensal da estação chuvosa; 2 – no mês de dezembro, o mais chuvoso em média da estação chuvosa, que em 1992 registrou IAC normal – choveu dentro do previsto; e o mês de fevereiro, quinto mais chuvoso da estação chuvosa e que registrou umidade baixa. Contribuíram ainda a umidade registrada em alguns meses da estação seca, especialmente setembro e abril, nos quais, em média chove-se um pouco mais quando comparado aos outros quatro meses dessa estação.

No ano extremamente úmido de 2009, mais úmido do período, observou-se a ocorrência de quatro meses classificados como extremamente úmidos: janeiro (4,77), março (4,26), junho (13,04) e outubro (9,57). Agosto (2,48) foi um mês de umidade moderada e abril (1,17) de umidade baixa. Dentro da faixa dos meses secos ocorreu: fevereiro (-1,10) – seca suave; na classificação seca moderada os meses de: maio (-2,81), julho (-2,58) e com o



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mesmo IAC (-2,33) os meses de setembro e dezembro; e por último o mês de novembro (-3,10) de seca alta.

Nota-se, assim como em 1992, a importância das chuvas ocorridas durante os meses da estação chuvosa do ano 2009 para que esse fosse classificado como extremamente úmido. Posto que, nesse ano, três meses da estação chuvosa ficaram classificados como secos, registrando secas suave, moderada e alta, mas, os outros três meses – janeiro, março e outubro registraram precipitação que os permitiram ser classificados como extremamente úmidos, assim, o excedente da precipitação desses últimos influíram mais na classificação anual. Sendo que, pode-se considerar também a umidade moderada ocorrida no mês de abril, o de maior volume médio de chuvas da estação seca, como uma influência no dado anual.

O ano de 2014 com o IAC de -5,38, o mais baixo no geral, registrou nove meses secos: dezembro (-4,64) classificado como extremamente seco; fevereiro (-3,05) foi um mês de seca alta; janeiro (-2,10) e junho (-2,08) com seca moderada; e os meses de março (-1,70), setembro (-1,53), outubro (-1,30), novembro (-1,22) e maio (-0,87) foram de seca suave. Os três meses úmidos foram abril (1,36) e agosto (1,49) que registraram umidade baixa e julho (2,00) considerado de umidade moderada.

Já no ano de 2015 com o segundo IAC mais baixo do período (-4,06), os oito meses secos foram: extremamente seco – janeiro (-4,18); seca alta – outubro (-3,80), dezembro (-3,28) e setembro (-3,16); seca moderada – março (-2,89); e seca suave – agosto (-1,95), junho (-1,42) e julho (-1,24). Anos úmidos foram apenas dois: extremamente úmidos – maio (10,33) e abril (5,21). E na classificação de IAC normal os meses de fevereiro (0,01) e novembro (0,02).

A importância das chuvas da estação chuvosa e os impactos de sua ausência são mais perceptíveis quando se analisa os dados de IAC dos meses dos anos de seca extrema de 2014 e 2015. Observa-se em ambos que, a maior ocorrência de anomalia seca nos meses da estação chuvosa foram determinantes para a seca extrema em todo o ano. Em 2014, os seis meses da estação chuvosa registraram seca, da suave a extrema, tendo ocorrido no mês de dezembro, normalmente o mais chuvoso, a seca extrema. E em 2015, dos seis meses da estação chuvosa, quatro registraram seca, da moderada a extrema, sendo que, os dois outros meses registraram IAC normal, ou seja, choveu próximo a média esperada.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

O resultado desta pesquisa apontou que os anos de chuva ou os anos de sua escassez em Governador Valadares praticamente se alternaram, ficaram bem distribuídos de 1989 a 2019, impedindo assim, longos períodos de excesso de umidade ou de seca. Através do Índice de Anomalias de Chuva - IAC, os anos 1992 e 2009 foram classificados como extremamente úmidos, principalmente pelas chuvas ocorridas nos meses da estação chuvosa. Na situação inversa, os anos 2014 e 2015 foram extremamente secos, devido a ausência de chuvas em meses da estação chuvosa, o que demonstra a importância das chuvas da estação chuvosa – outubro a março, para o município.

Acompanhar os dados de pluviosidade e aplicar conhecimento, seja por meio do IAC ou outras técnicas, é fundamental para o entendimento da variabilidade das chuvas no município e, conseqüentemente, na bacia hidrográfica/região em que ele está inserido. Por fim, sugere-se a realização de mais estudos sobre a variabilidade das chuvas, em outras escalas temporais e espaciais, a fim de que os dados resultantes de pesquisas possam se tornar fontes importantes para o melhor conhecimento e gestão dos recursos hídricos em Governador Valadares, especialmente nos períodos de excesso ou escassez de chuvas.

5. Referências

ANGELOCCI, Luiz Roberto; SENTELHAS, Paulo César. Variabilidade, anomalia e mudança climática. **Material didático da disciplina Meteorologia Agrícola - ESAL/USP**, São Paulo, 2017. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/Variabilidade_e_mudanca_climatica.pdf. Acesso em 10 mar. 2020.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BRITO, L.T.L; MOURA, M.S.B; GAMA, G.F.B. **Potencialidade da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142156/1/Brito.-Livro-agua-chuva.pdf>. Acesso em 20 jan. 2020.

CUNHA, Daniela Martins. **Variabilidade das chuvas na Bacia Hidrográfica do Rio Doce – MG/ES no período de 1991 A 2017**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CUNHA, Daniela Martins. **Bacia hidrográfica do Rio Doce – MG/ES: Variabilidade das chuvas.** Curitiba: CRV, 2020.

FERNANDES, Diego Simões *et al.* **Índices para a quantificação da seca.** Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, ed. 21, Dez. 2009.

FREITAS, Marcos Airton de Sousa. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia Fortaleza**, Fortaleza. v. 19, p. 19-30, dez. 1998. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/1175/4324>. Acesso em 09 mai. 2020.

GOVERNADOR VALADARES. Prefeitura Municipal de Governador Valadares. **Plano municipal de saneamento básico - PMSB.** Maio, 2015. Disponível em https://www.valadares.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Diagnostico_caracterizacao_geral_do_municipio?cdLocal=2&arquivo=%7B64DC8181-E112-B640-6A1B-ACE07ED43A42%7D.pdf. Acesso em 21 fev. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades.** IBGE, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/governador-valadares/panorama>. Acesso em 02 mar. 2020.

MOTA, Érika Peixoto da et al. Precipitações em Governador Valadares-MG e sua relação com o fenômeno ENOS nos períodos chuvosos de 2008 a 2017. **ForScience: revista científica do IFMG**, Formiga. v. 7, n. 1, p. 1-14, jan./jun. 2019.

MUÑOZ, Lucien. A cooperação pela água como caminho para a paz. In: FONTELES, Bené; RIBEIRO, Sérgio Augusto; CATALÃO, Vera. (Org.) ou (Coord). **Água e cooperação: reflexões, experiências e alianças em favor da vida.** Tradução de Roller Ibañez. 1. ed. Brasília: Ararazul, Organização para a Paz Mundial, 2014.

SAADI, Allaoua; CAMPOS, Jackson Cleiton Ferreira. Geomorfologia do caminho da lama: contexto e consequências da ruptura da Barragem do Fundão (novembro 2015, Mariana–MG). **Arquivos do Museu de História Natural e Jardim Botânico – UFMG**, Belo Horizonte. v. 24, n.1, p. 63-103, 2015.

SANTOS, Alexandre Rosa. **Apostila de Climatologia - CCHN/UFES**, Vitória, 2002. Disponível em <http://www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo4-PrecipitacaoAtmosferica.pdf>. Acesso em 02 mar. 2020.

ZANDONADI, L. **As Chuvas na Bacia hidrográfica do Rio Paraná, Brasil: um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica.** 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2013.

ZAVATTINI, J. A; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa.** Campinas-SP: Alínea, 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO ATLÂNTICO TROPICAL E AS TELECONEXÕES COM A PRECIPITAÇÃO DO LESTE PERNAMBUCANO

AMANDA STEFFANY QUIRINO DE ALCÂNTARA MACIEL¹
GABRIEL VICTOR SILVA DO NASCIMENTO²
TIAGO CARDOSO CAVALEIRO³
EBERSON PESSOA RIBEIRO⁴

RESUMO

O presente trabalho buscou analisar as teleconexões entre as Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) no Atlântico Tropical com os eventos extremos de precipitação na microrregião de Vitória de Santo Antão. Foram utilizados valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1960 a 2015. Empregou-se o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para verificar períodos severos de chuvas e secas e compará-los com as ATSM do oceano Atlântico norte (NATL) e sul (SATL) para o período de 1982 a 2015, além do Gradiente do Atlântico (GRADT). Na série com 56 anos foi possível observar um total de 27 anos com anomalias negativas e 29 anos com anomalias positivas. A partir dos resultados obtidos foi possível observar que o IAC é adequado para monitorar os períodos secos e chuvosos de uma região, bem como avaliar a variabilidade da precipitação e fornecer informações sobre a ocorrência, intensidade e impacto dos períodos chuvosos e secos. Observou uma relação significativa entre as ATSM do oceano Atlântico com o IAC. O GRADT apresentou um expressivo aumento na TSM no NATL e de maneira mais modesta no SATL. Verificou-se as teleconexões do GRADT com o IAC. Todavia, deve-se considerar, além das ATSM do Atlântico, o ENOS e outros sistemas atmosféricos atuantes para avaliar a quantidade e intensidade dos índices pluviométricos da microrregião de Vitória de Santo Antão, bem como do NEB.

Palavras-chave: Dipolo do Atlântico; ATSM; Eventos extremos.

ABSTRACT

The present work sought to analyze the teleconnections between the Sea Surface Temperature Anomalies (SSTA) in the Tropical Atlantic with the extreme precipitation events in the Vitória de Santo Antão microregion. Average monthly rainfall values from the historical series from 1960 to 2015 were used. The Rainfall Anomaly Index (RAI) was used to verify severe periods of rain and drought to compare them with the SSTA of the North Atlantic Ocean (NATL) and South (SATL) for the period from 1982 to 2015, in addition to the Gradient Atlantic (GRADT). In the 56 years old series, it was possible to observe a total of 27 years with negative anomalies and 29 years with positive anomalies. From the results obtained, we can observe

¹ Graduanda, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, amandadealcantaramaciel@gmail.com

² Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, gabriel_victor1409@hotmail.com

³ Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, tiago.cardoso.filho@gmail.com

⁴ Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, ebersonpessoa@recife.ifpe.edu.com.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

that the RAI is adequate for monitoring the dry and rainy periods of a region, as well as assessing the variability of precipitation and providing information on the occurrence, intensity and impact of the rainy and dry periods. It also observed a significant relationship between the SSTA of the Atlantic Ocean and the RAI. The GRADT showed a significant increase in SST in NATL and more modestly in SATL. GRADT teleconnections with RAI were verified. However, in addition to the Atlantic's SSTA, ENOS and other atmospheric systems should be considered to evaluate the quantity and intensity of the pluviometric indexes in the microregion of Vitória de Santo Antão, as well as the NEB.

Keywords: Atlantic Dipole; SSTA; Extreme events.

1. Introdução

O estudo do comportamento da precipitação pluviométrica é fundamental, uma vez que possibilita detectar tendências ou alterações climáticas em variadas escalas, além de compará-las (MARCUIZZO; GOULARTE, 2012). Esses estudos são realizados com alguns índices a exemplo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) que foi desenvolvido por Rooy (1965) com a finalidade de caracterizar e monitorar a variabilidade espaço-temporal da precipitação de uma região, como também classificar as magnitudes de anomalias de precipitações positivas e negativas, permitindo a comparação entre as condições atuais e as séries históricas em consonância à intensidade dos eventos.

Dentro desse contexto a análise das variações de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no oceano Atlântico Tropical, bem como sua influência sob as anomalias de chuva são de grande importância para estudos de comportamento pluviométrico (OLIVEIRA; MARCUZZO; BARROS, 2015). Barreiro; Chang; Saravanan (2002) afirmam que a TSM tem papel significativo na variabilidade da precipitação, demonstrando, em muitos casos, mais influência que as condições da atmosfera, pois estão diretamente ligadas ao acúmulo de energia e fonte de umidade para retroalimentação de sistemas convectivos. Assim, verifica-se que as mudanças climáticas podem ocorrer impulsionadas pelas circunstâncias da TSM do Pacífico e Atlântico (SILVA et al., 2017).

Vários estudos (MOURA et al., 2000; NÓBREGA; SANTIAGO, 2014; FIGLIUOLO, 2017) vêm correlacionando as teleconexões entre a (TSM) no oceano Atlântico Tropical e a precipitação no litoral/zona da mata do Nordeste do Brasil (NEB). Hounsou (2015) em seus estudos confirmam que as variabilidades sazonal e interanual de anomalias de precipitação no NEB estão correlacionadas com as anomalias da temperatura da superfície do mar no



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Atlântico tropical, verificadas em ambos os lados do equador. Constatou também que as chuvas intensas nessa área ocorrem geralmente durante as fases negativas do “Modo Meridional do Atlântico” (AMM).

Ribeiro; Lunardi (1997) destacam a importância de caracterizar a precipitação pluviométrica de um local para o planejamento de diversas atividades essenciais a sociedade. Contudo, a previsão de períodos chuvosos e secos fica comprometida devido à anormalidade de eventos atmosféricos ocasionados pela mudança da temperatura da superfície do mar. Portanto, o presente estudo buscou analisar as teleconexões entre as Anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) no Atlântico Tropical com os eventos extremos de precipitação na microrregião de Vitória de Santo Antão.

2. Metodologia

A microrregião de Vitória de Santo Antão é a área examinada, localizada no centro da Mesorregião da Mata de Pernambuco, na qual compõe os municípios de Chã de Alegria, Glória do Goitá, Vitória de Santo Antão, Pombos e Chã Grande (Figura 1). Foram utilizados nesta pesquisa os valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1960 a 2015, medidos de 5 estações distribuídas na microrregião a ser examinada. Os dados foram obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac).

Para o preenchimento de dados em falta nas séries empregou-se o Método da Ponderação Regional de Bertoni e Tucci (2001), expressa na Equação 01:

$$Y = 1/3. (x_1/x_{m1} + x_2/x_{m2} + x_3/x_{m3}). y_m \quad (01)$$

em que: Y é a precipitação do posto a ser estimado; x_1 , x_2 e x_3 são as precipitações correspondentes ao mês ou ano que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas; x_{m1} , x_{m2} e x_{m3} são precipitações médias nas três estações vizinhas; e y_m como a precipitação média do ponto a ser estimado.

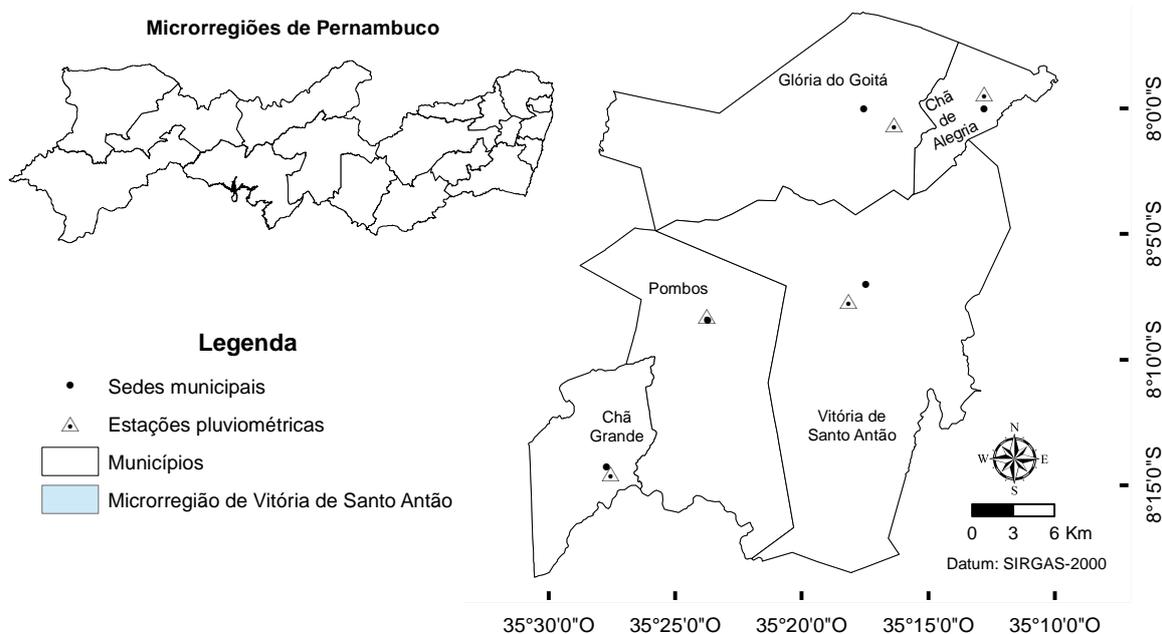


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 – Localização da microrregião de Vitória de Santo Antão



De acordo com Rooy (1965), a base de cálculo do *Rainfall Anomaly Index* (RAI) ou Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é técnica eficaz na avaliação da variabilidade sazonal e interanuais da precipitação pluviométrica, sendo possível comparar desvios em relação à condição normal por meio das Equações 02 e 03:

$$IAC = 3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right], \text{ para anomalias positivas} \quad (02)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right], \text{ para anomalias negativas} \quad (03)$$

em que: N = precipitação anual atual (mm); \bar{N} = precipitação média anual da série histórica (mm); \bar{M} = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); e \bar{X} = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Ressalta-se que o cálculo desse índice depende da média de precipitação da área e que as anomalias positivas e negativas são valores acima ou abaixo da média, respectivamente. Assim, assume-se que essa distribuição obedece a uma curva normal, em sino, e que os



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

desvios para seco ou úmido são relativos, em função do comportamento climático dos postos pluviométricos estudados, e não, de fato, de uma separação entre o que se considera úmido ou seco de uma forma global para o conjunto de tipos climáticos do globo. Os valores do IAC foram ordenados conforme a classificação de anos secos e úmidos proposto por Rooy (1965) com adaptação baseado em Freitas (2004; 2005) para o NEB (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
	De 4 acima	Extremamente Úmido
2 a 4	Muito Úmido	
0 a 2	Úmido	
0 a -2	Seco	
-2 a -4	Muito Seco	
De -4 abaixo	Extremamente Seco	

Fonte: Araújo; Moraes Neto; Souza (2009, p.96).

Com os resultados obtidos com o IAC, eventos extremos de chuvas e secas severas, serão analisados e comparados os dados de Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) do oceano do Atlântico para o período de 1982 a 2015, derivados do *Climate Prediction Center (CPC) do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*, o qual é disponibilizado no link <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/sstoi.atl.indices>>. Para a ATSM do Atlântico foi calculado o Gradiente do Atlântico (GRADT) através da Equação 04:

$$\text{GRADT} = \text{ATN} - \text{ATS} \quad (04)$$

sendo: ATN a Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar do oceano Atlântico Norte (5°N-20°N, 30°E-60°W); e ATS a Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar do oceano Atlântico Sul (0°-20°S, 30°W-10°E). Salienta-se que os quocientes encontrados com o GRADT foram correlacionados ao IAC, desconsiderados os índices do GRADT entre -0,3 e 0,3, por serem considerados anos neutros.

3. Resultados e discussão

O Índice de Anomalia de Chuva da microrregião de Vitória de Santo Antão está representado na Figura 2, na qual foi possível averiguar que o comportamento das chuvas e correlacioná-lo aos eventos atmosféricos que influenciaram os índices de chuva da região



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

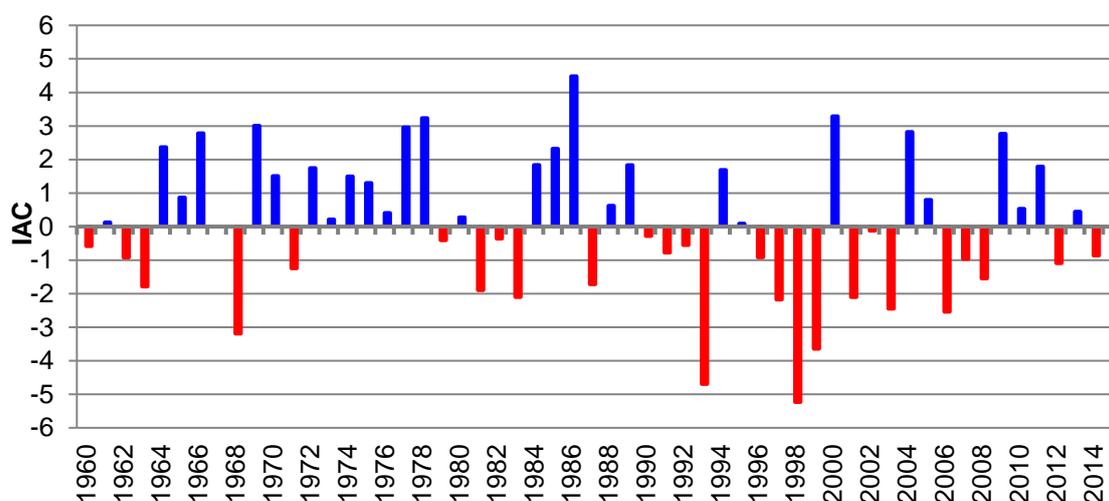
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

como o Dipolo do Atlântico. Na série de 56 anos foi possível observar um total de 27 anos com anomalias negativas, variando entre anos secos (0 a -2), muito secos (-2 a -4) e extremamente secos (acima de -4); e 29 anos com anomalias positivas classificadas em úmidos (0 a 2), muito úmidos (2 a 4) e extremamente úmido (acima de 4).

Padrões de períodos secos e chuvosos podem ser observados ao longo da série. Até a década de 1980, mais precisamente até 1989, foi um período predominantemente úmido, pois foram constatados 10 anos de IAC negativos e 19 positivos, além de um ano de precipitação habitual (1967). A partir de 1990 foram observados 17 anos secos e apenas 9 anos chuvosos, tornando a microrregião pesquisada mais seca que o período anterior. Detectou-se dessa maneira uma quebra no padrão da precipitação, possibilitando uma tendência de diminuição das da precipitação.

Figura 2 – Índice de anomalia de chuva da microrregião de Vitória de Santo Antão (1960–2015)



Para os períodos chuvosos podem ser observados em 1964-1978 (no qual deteve um ano na média histórica e dois anos com inflexões negativas, 1968 e 1971), 1984-1989 (o ano de 1987 foi um ponto de inflexão negativo num período chuvoso) e 2009-2011. Todos os anos apresentaram IAC variando de úmido para muito úmido. O ano de 1986 (4,47 IAC) foi o único como extremamente úmido com uma precipitação de 1.595mm.

Nos anos 90 foi possível observar grande intensidade de anomalias negativas na série com pontos de inflexão acentuados para os anos 1998 com IAC de -5,2 (445,2 mm), 1993 com



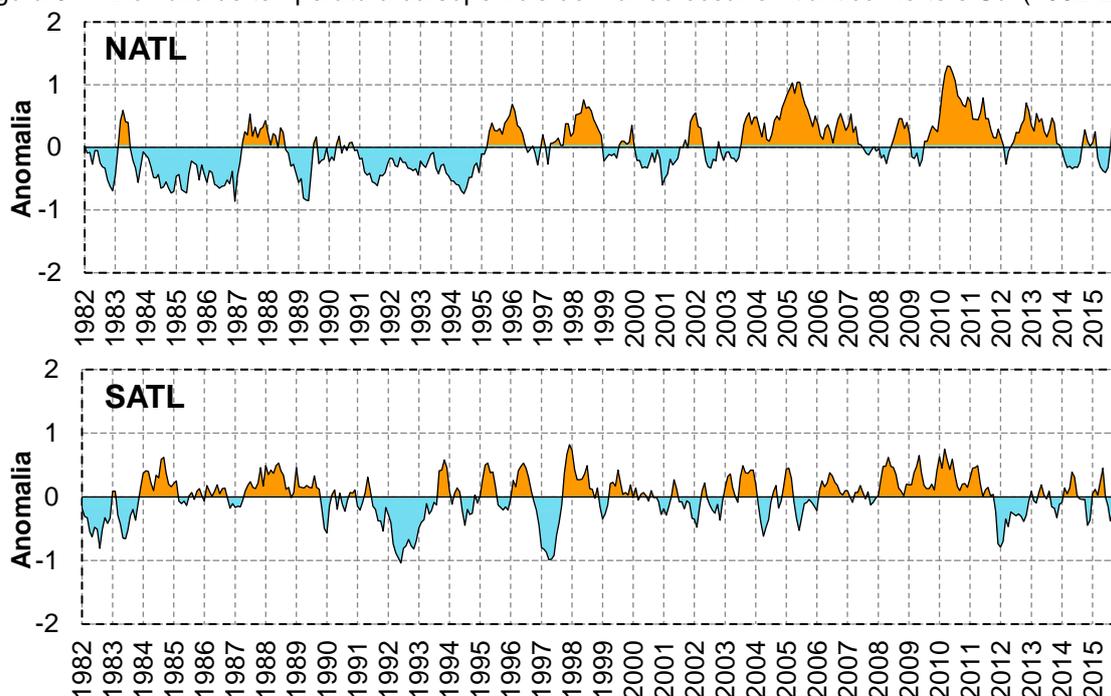
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

IAC -4,69 (510,2 mm), classificados como extremamente secos, e 1999 como muito seco, IAC -3,6, sendo a precipitação 637 mm/ano. Os anos de 1983, 1997, 2001, 2003 e 2006 foram muito secos, com IAC entre -2,1 e -2,54. O Dipolo do Atlântico, diferença entre as ATSMs no oceano Atlântico Norte e no oceano Atlântico Sul, é um fenômeno que influencia as chuvas no Nordeste. De tal modo, a Figura 3 apresenta a anomalia de temperatura da superfície do mar do oceano Atlântico Norte (NATL) e Sul (SATL) para a série analisada.

Figura 3 – Anomalia de temperatura da superfície do mar do oceano Atlântico Norte e Sul (1982-2015)



No gráfico da NATL percebe-se dois grandes períodos distintos: o primeiro de 1982 a 1994 com predominância de anomalias a abaixo da média, exceto os meses de março a junho de 1983 e de março de 1987 até julho de 1988 expressivamente acima da média; o segundo de 1995 a 2015 com anomalias predominantemente a acima da média, com exceção de alguns meses dos anos de 1999 a 2003, 2014 e 2015 significativamente abaixo da média. Já o SATL mostrou-se mais irregular, predominando anomalias mensais superiores à média. Contudo, os períodos de anomalias abaixo da média se mostraram significativos, principalmente, até 1997.

Na Figura 4 é possível observar um expressivo aumento na TSM do oceano Atlântico Norte (NATL) e de maneira mais modesta no Atlântico Sul (SATL). No NATL a variabilidade

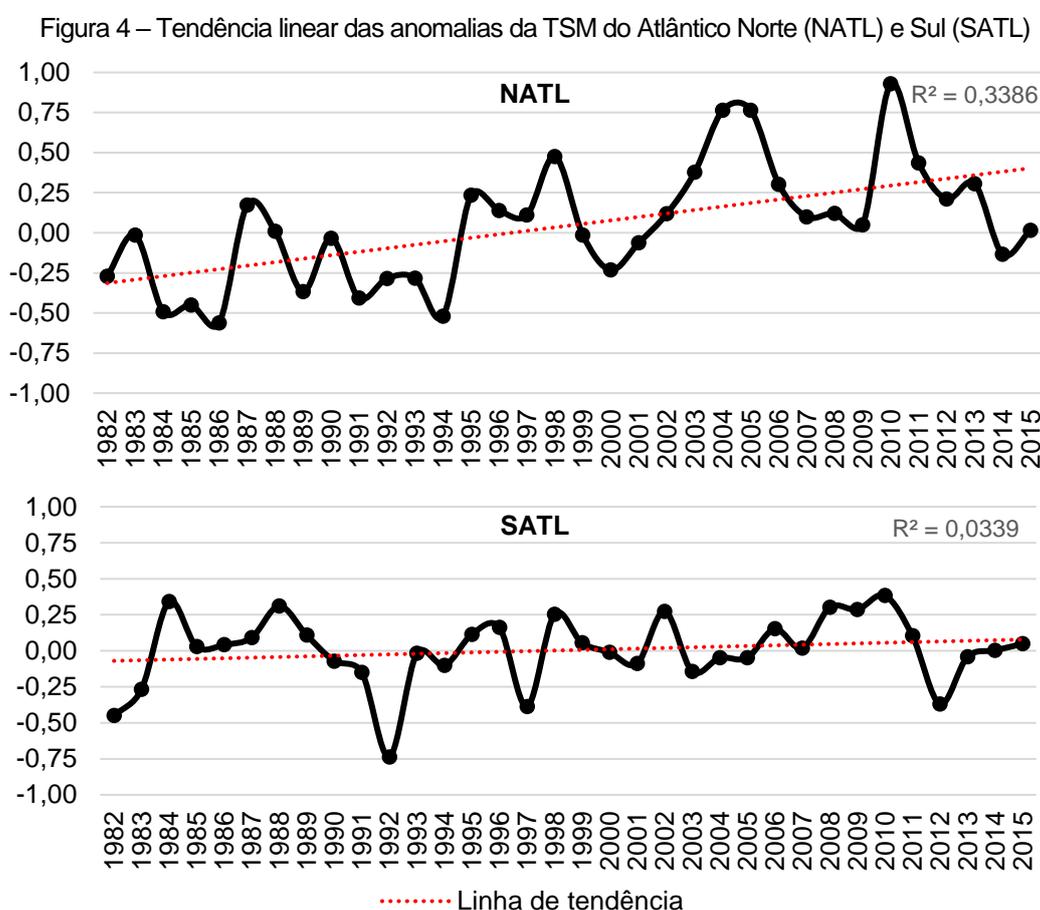


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

interanual é superior ao SATL, um dos fatores para essa diferença está na quantidade de terras emersas, as quais são superiores no hemisfério norte. Percebeu-se que os pontos de inflexão mais elevados (1983, 1987, 1995, 1998, 2004, 2005, 2010) e os mais baixos (1984, 1986, 1989, 1994, 2000, 2009, 2014) no NATL contribuem para uma diminuição e um aumento das precipitações na microrregião, respectivamente.



O SATL também revelou forte influência no quantitativo pluviométrico da área pesquisada. Nos anos de pontos de inflexão negativos (1982, 1992, 1997 e 2012) ocorreram precipitações a baixo da média; e nas anomalias mais elevadas (1984, 1988 e 2010). No ano de 1992 deteve a maior anomalia negativa com -0,75 (temperatura média de 26,5°C), intensificada nos últimos 3 meses do ano, o que influenciou em um IAC de -4,69 no ano de 1993.



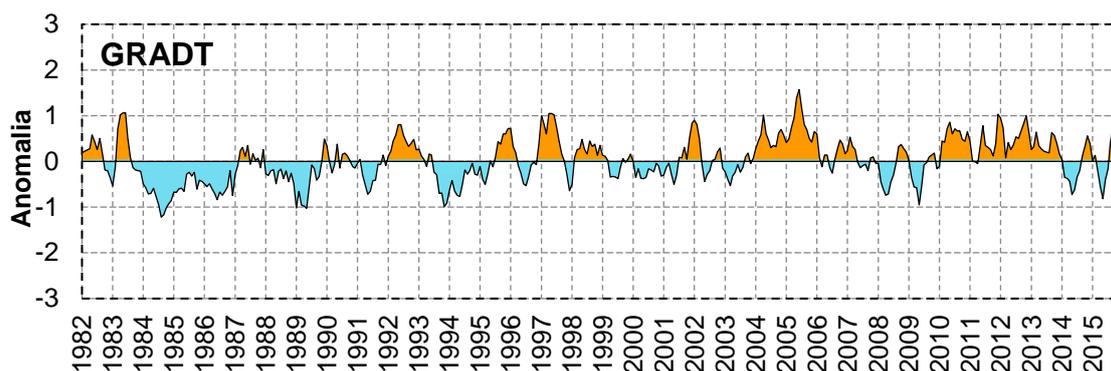
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O gradiente Norte-Sul de TSM do Atlântico para o período analisado está representado na Figura 5, na qual predominou anomalias negativas até meados de 1995 e positivas a partir do mês julho de 1995. Constatou-se nesta pesquisa as teleconexões do GRADT com o IAC, pois quando o GRADT se apresenta positivo ocorre IAC negativo e quando o GRADT é negativo o IAC se mostrou positivo, na maioria das vezes. No entanto, deve-se considerar o EL Niño-Oscilação Sul (ENOS) e outros sistemas atmosféricos atuantes na área pesquisada, como Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Sistemas Ondulatórios de Leste (DOLs) e frentes polares, por exemplo.

Figura 5 – Gradiente Norte-Sul de TSM do Atlântico (1982-2015)



Por fim, buscou-se analisar as condições de ATSMs para os anos mais chuvosos e os mais secos a partir de 1982, uma vez que os dados disponibilizados pelo NOAA são desse ano. Na Tabela 2 estão os anos mais chuvosos, nos quais os anos de 2000 e 2009 são neutros. Nos anos de 1985 e 1986 o índice GRADT é negativo, indicando baixas ATSMs do Atlântico tropical norte foram decisivas para as elevadas precipitações da série analisada, 1.345,2 e 1.595,1 mm/ano, respectivamente. Nesses anos as anomalias negativas do NATL foram cruciais para as elevadas precipitações. Em 2004 o GRADT positivo, indicando ATSM superior no Atlântico tropical norte, ocasionou uma condição favorável à ocorrência de chuvas (1.403 mm/ano), considerado como um ano muito chuvoso. O NATL positivo de 2004 foi decisivo para a elevada precipitação.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 2 – ATSM para os anos mais chuvosos na microrregião de Vitória de Santo Antão

Ano	Precipitação (mm)	IAC	NATL	SATL	GRADT
1985	1.345,2	2,32	-0,45	0,03	-0,48
1986	1.595,1	4,48	-0,56	0,04	-0,60
2000	1.457,1	3,29	-0,23	-0,01	-0,22
2004	1.403	2,82	0,77	-0,05	0,52
2009	1.396,7	2,76	0,05	0,29	-0,24

Na Tabela 3 representa a correlação entre as ATSM para os anos mais secos na área pesquisada. Nos anos de 1983, 1993, 1998, 1999, 2001, 2003 e 2006 o GRADT é considerado neutro. No ano de 1997 o GRADT é positivo (0,50) com anomalia negativa de -0,39 no SATL, fazendo com que as precipitações sucedessem a baixo da média da série examinada. Contudo, no ano de 1998 a anomalia no NATL foi de 0,48, contribuindo para um ano de seca severa para a microrregião Vitória de Santo Antão, o que acarretou efeitos negativos nos ecossistemas aquáticos e perdas significativas na agricultura e pecuária, além de temperaturas altas e uma maior dificuldade na vida do campo (ALENCAR; BARBOSA; SOUSA, 2007).

Tabela 3 – ATSM para os anos mais secos na microrregião de Vitória de Santo Antão

Ano	Precipitação (mm)	IAC	NATL	SATL	GRADT
1983	823,5	-2,10	-0,02	-0,27	0,25
1993	510,2	-4,69	-0,28	-0,02	-0,27
1997	814,4	-2,17	0,11	-0,39	0,50
1998	445,2	-5,23	0,48	0,25	0,22
1999	637,0	-3,64	-0,01	0,06	-0,09
2001	823,2	-2,10	-0,06	-0,09	0,03
2003	781,5	-2,45	0,38	-0,14	-0,16
2006	770,5	-2,54	0,30	0,15	0,15

Trabalhos como Ribeiro e Maciel (2018); Ribeiro (2016); Alves et al. (2015); revelaram correlações entre eventos de El Niño com períodos secos no Nordeste Brasileiro e o La Niña para períodos de chuva. Contudo, Nóbrega e Santiago (2014) afirmam que El Niño sozinho não é capaz de trazer períodos de seca severas na região, porém quando associado ao Dipolo do Atlântico podem intensificar tais períodos no NEB. Os autores observaram que em 1993 e 1998 tiveram períodos de seca extrema na região, os anos tiveram eventos de El Niño forte em conjunto com o Dipolo do Atlântico em sua fase positiva.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Nobrega e Santiago (2016) observaram que quando foram analisados isoladamente a ocorrência de anomalias positivas sobre o Pacífico Leste e anomalias negativas sobre o Atlântico Sul, dipolo positivo, as secas são severas. Afirma também que quando agem em conjunto essa influência é mais acentuada, ambas análises foram baseados nos dados do IAC. Rodrigues et al (2017) analisaram a influência dos eventos El Niño e La Niña sobre o regime de chuvas no Agreste. Para eles, os eventos de El Niño com intensidades variadas não explicam sozinhos os anos secos, assim como os eventos de La Niña não estão associados, necessariamente, a anos chuvosos, mas sim a interação desses fenômenos com os sistemas meteorológicos e o Dipolo do Atlântico é que são determinantes no regime de chuvas.

Salgueiro et al. (2016) analisaram a relação existente entre os eventos extremos no Nordeste do Brasil, com as anomalias das TSM e os sistemas atmosféricos atuantes na região os resultados apontaram que os eventos extremos de secas e chuvas estão relacionados principalmente com a influência do Dipolo do Atlântico do que com o ENOS.

As teleconexões das ATSMs Atlântico com as anomalias de chuvas na microrregião de Vitória de Santo Antão são evidentes, contudo salienta que os sistemas atmosféricos atuantes na área exercem forte influência no quantitativo de chuva, sendo necessário ampliar o estudo para os sistemas como EL Niño-Oscilação Sul (ENOS), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e Frente Atlântica.

4. Considerações finais

Com os resultados alcançados verificou-se que o IAC é adequado para monitorar os períodos secos e chuvosos de uma região, bem como avaliar a variabilidade de precipitação pluviométrica, além de fornecer informações sobre a ocorrência, intensidade e impacto dos períodos chuvosos e secos o que auxilia no planejamento estratégico de uma localidade. Pode-se observar nesta pesquisa uma diminuição da pluviosidade na microrregião de Vitória de Santo Antão.

Foi possível observar uma relação expressiva entre as ATSMs do oceano Atlântico, com o IAC, tendo em vista que foram constatadas coincidências significativas entre os períodos e pontos de inflexões extremos de precipitação. O GRADT apresentou expressivo aumento na TSM no NATL e de maneira mais modesta no SATL. Verificou-se também



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

teleconexões do GRADT com o IAC, pois quando o GRADT se apresenta positivo ocorre IAC negativo, exceto em alguns anos, e quando o GRADT é negativo o IAC se mostrou positivo.

Assim, na quantidade e intensidade dos índices pluviométricos da microrregião de Vitória de Santo Antão, bem como do NEB, deve-se considerar, além das ATSMs do oceano Atlântico, outros sistemas atmosféricos atuantes na área, por exemplo: ENOS, VCANs, DOLs e Frentes Atlântica, essenciais para um planejamento urbano e rural estratégicos.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Vitória de Santo Antão, para o qual apresentamos nossos agradecimentos pela colaboração.

6. Referências

ALENCAR, M. L. S. de; BARBOSA, M. P.; SOUSA, R. F. de. Efeitos do El Niño de 1997/1998 na produção agropecuária na bacia do Rio Sucuru - Cariri Paraibano, **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 24, 2007.

ALVES, M. F. A. et al. Análise do regime hídrico de Patos-PB por meio do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC). **Revista Verde**, Pombal - PB, v. 10, n. 4, p. 42 - 46, 2015.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise climática da bacia hidrográfica do rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal: v. 6, n. 3, p. 508–523, 2009.

BARREIRO, M.; CHANG, P.; SARAVANAN, R. Variability of the South Atlantic Convergence Zone simulated by an atmospheric general circulation model. **Journal of Climate**, v. 15, p. 745-763, 2002.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

FIGLIUOLO, G. C. **Variabilidade de TSM no Atlântico tropical em resposta às teleconexões de diferentes ENOS e seus impactos na precipitação na América do Sul**. Dissertação (Mestrado). INPA. Manaus, 2017.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de secas e a gestão hidroenergética: o caso da Bacia hidrográfica do Rio Paraíba no nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional Sobre Represas y Operación de Embalses, Puerto Iguazú. **Anais...** v. 1. p. 1–1. Puerto Iguazú: CACIER, 2004.

_____. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**. Fortaleza, v. suplement., p. 84–95, 2005.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

HOUNSOU, G. A. **Dinâmica do Atlântico tropical e seus impactos sobre o clima ao longo da costa do Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. Recife: 2015.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Índice de Anomalia de Chuvas do Estado do Tocantins. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia**. Jataí–GO, n. 19, p. 55–71, 2012.

MOURA, G. B. A. et al. Relação entre a precipitação no setor leste do Nordeste do Brasil e a Temperatura da Superfície nos oceanos Atlântico e Pacífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p. 247-251, Campina Grande, PB, 2000.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de Temperatura na Superfície do Mar Nos Oceanos Atlântico e Pacífico E Variabilidade de Precipitação em Pernambuco. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 107-118, jan./abr. 2014.

NOBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, 63: 9-26, 2016.

OLIVEIRA, N. L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 37 n. 4, p. 284-29, 2015.

RIBEIRO, A. M.; LUNARDI, D. M. C. A precipitação mensal provável para Londrina - PR, através da função gama. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, v.12, n.4, p.37 -44, 1997.

RIBEIRO, E. P. **Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

RIBEIRO, E. P.; MACIEL, A. S. Q. A.; Análise do Índice de Anomalia de Chuva na microrregião de Vitória de Santo Antão – Pernambuco. **Revista GeoNordeste**, n. 2, p. 89-106, 2018.

RODRIGUES, L. O. et al. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.6, 2017.

ROOY, M. P. V. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**. Notes, v.14, 1965.

SALGUEIRO, J.H.P.B. et al. Influence of oceanic-atmospheric interactions on extreme events of daily rainfall in the Sub-basin 39 located in Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 21, 685-693, 2016.

SILVA, M. T.; et al. Influência da Temperatura da Superfície do Mar na Ocorrência de Linhas de Instabilidade na Costa Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 261-268, 2017.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE DO ÍNDICE PADRONIZADO DE PRECIPITAÇÃO PARA A MICRORREGIÃO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO, PERNAMBUCO

ISMAEL HENRIQUE DA SILVA¹
EBERSON PESSOA RIBEIRO²
AMANDA STEFFANY QUIRINO DE ALCÂNTARA MACIEL³
GABRIEL VICTOR SILVA DO NASCIMENTO⁴

RESUMO

O Índice de Precipitação Padronizada (SPI) é um método de quantificação que se mostrou consistente no estudo dos eventos de extremos climatológicos, em escalas espaço-temporais diversas. Portanto, o objetivo foi avaliar a variabilidade da precipitação na microrregião de Vitória de Santo Antão, aplicando o SPI. Para tal, utilizou-se dados médios mensais de precipitação da série histórica de 1986 a 2015 de 5 estações pluviométricas, obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima e para o preenchimento das falhas empregou-se o Método da Ponderação Regional de Bertoni e Tucci (2001). Constatou-se com o SPI-4 a ocorrência de 18 anos com chuvas habituais, um ano muito seco, 5 moderadamente secos e 6 moderadamente chuvosos, além de identificar a forte correlação do ENOS com os SPIs excepcionais na microrregião de Vitória de Santo Antão. Verificou-se uma pequena tendência de diminuição das chuvas, já a variabilidade espacial revelou as localidades susceptíveis aos eventos extremos.

Palavras-chave: SPI; Variabilidade espaço-temporal; Eventos extremos.

ABSTRACT

The Standardized Precipitation Index (SPI) is a quantification method that has been shown to be consistent in the study of extreme weather events in different space-time scales. Therefore, the aim of this study was to evaluate the precipitation variability in the micro-region of Vitória de Santo Antão, applying the SPI. For this, we used average monthly precipitation data of the historical series from 1986 to 2015 from 5 pluviometric stations, obtained through the Pernambuco Water and Climate Agency and to fill in the gaps, the Regional Weighting Method of Bertoni and Tucci (2001) was used. It was found with SPI-4, the occurrence of 18 years with usual rains, 1 very dry year, 5 moderately dry and 6 moderately rainy years, in addition to identifying the strong correlation between ENOS and exceptional SPIs in the micro-region of

¹ Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, ismaelhprofissional@gmail.com

² Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, ebersonpessoa@recife.ifpe.edu.com.br

³ Graduanda, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, amandadealcantaramaciel@gmail.com

⁴ Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, gabriel_victor1409@hotmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Vitória de Santo Antão. There was a small tendency to decrease rainfall, and spatial variability revealed locations susceptible to extreme events.

Keywords: SPI; Spatio-temporal variability; Extreme events.

1. Introdução

Secas prolongadas ou chuvas torrenciais são sinais que apontam para um cenário de extremo climatológico, o qual pode ser facilmente observado no Nordeste do Brasil (NEB). Estudos realizados nesta região (FERREIRA; et al., 2005; FREIRE, 2011; COSTA, 2012) apontam que existe uma susceptibilidade para ocorrência de eventos extremos de precipitação devido aos diversos sistemas atmosféricos atuantes, a exemplos dos Ventos Alísios, do El Niño Oscilação Sul (ENOS), da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), estes podem atuar na severidade das secas ou na intensidade das chuvas. De tal maneira, uma análise do Índice de Precipitação Padronizada (SPI) para a região se faz necessária, pois o conhecimento sobre cenários climático-hidrológicos passados se configura a chave do presente, como também auxilia na realização de projeções, contribuindo para definição de políticas sociais, econômicas e ambientais (HUTTON, 1985; SANTOS, 2017).

Cada um dos índices para quantificação da pluviosidade possui uma forma de aplicação e, por consequência, uma condição sob a qual melhor se aplica. Alguns dos índices possuem uma simplicidade maior, como é o caso do Índice de Porcentagem Normal (IPN), em contrapartida é um cômputo de quantificação limitada, visto que sua análise só é eficaz quando submetida uma única região ou estação. Já o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é empregado na classificação das magnitudes de anomalias de precipitações positivas e negativas. Segundo Rooy (1965), o IAC visa tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação. Tem-se, ainda, o Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI) que tem por principal objetivo fornecer medidas normalizadas das condições de umidade, de modo que comparações possam ser feitas entre localidades e entre meses (FERNANDES; et al., 2009).

O Índice de Precipitação Padronizada (SPI), desenvolvido por McKee; Doesken; Kleist (1993), diferente dos abordados anteriormente, quantifica o *déficit* de precipitação para múltiplas escalas de tempo, as quais refletem, por exemplo, o impacto da seca na disponibilidade de fontes de água. Seu cálculo é baseado no registro de precipitação em longo prazo e ajustado a uma



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

distribuição de probabilidade, sendo possível, desta forma, medir a severidade do período, seja de secas prolongadas ou de chuvas intensas. Este método de quantificação, portanto, demonstra mais vantagens que os demais, visto que além de ser calculado para diferentes escalas de tempo, auxilia na previsão das secas, na avaliação de sua severidade e é menos complexo que outros índices, como o PDSI (FERNANDES; et al., 2009).

Entre as diversas metodologias propostas para a classificação das precipitações foi escolhido o Índice de Precipitação Padronizada (SPI), por ser calculado para diferentes escalas de tempo, possibilitando avaliar a severidade do período chuvoso ou das secas. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a variabilidade da precipitação na microrregião de Vitória de Santo Antão, aplicando o SPI.

2. Metodologia

A área examinada é a microrregião de Vitória de Santo Antão que está localizada no centro da Mesorregião da Mata de Pernambuco, na qual compõe os municípios de Chã de Alegria, Glória do Goitá, Vitória de Santo Antão, Pombos e Chã Grande. Nesta pesquisa foram empregados os valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1986 a 2015, medidos de 5 estações pluviométricas distribuídas na microrregião a ser examinada (Figura 1), obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac).

Para o preenchimento de dados em falta nas séries empregou-se o Método da Ponderação Regional de Bertoni e Tucci (2001), expressa na Equação 01:

$$Y = 1/3. (x_1/x_{m1} + x_2/x_{m2} + x_3/x_{m3}). y_m \quad (01)$$

em que: Y é a precipitação do posto a ser estimado; x₁, x₂ e x₃ são as precipitações correspondentes ao mês ou ano que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas; x_{m1}, x_{m2} e x_{m3} são precipitações médias nas três estações vizinhas; e y_m como a precipitação média do ponto a ser estimado.

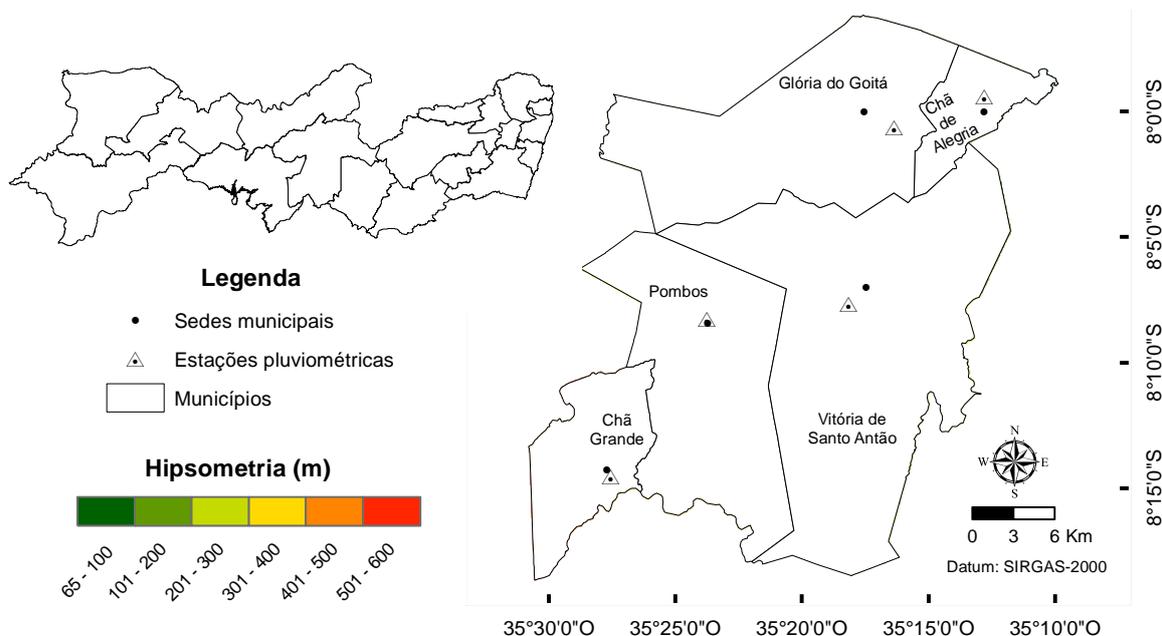


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 – Localização da microrregião de Vitória de Santo Antão



O cálculo do Índice padronizado de precipitação (SPI) parte da determinação da probabilidade de distribuição de frequência de precipitação, a qual é calculada por meio da distribuição gama incompleta. Para tal, a série histórica é ajustada e posteriormente transformada em uma distribuição normal, que por definição, apresenta sua média com valor zero e variância unitária (FERNANDES et al., 2009). A distribuição gama é definida pela função de densidade de probabilidade dada pela Equação 02:

$$g(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (02)$$

sendo: $\alpha > 0$ é o parâmetro de forma (adimensional), $\beta > 0$ é o parâmetro de escala (mm), $x > 0$ é a quantidade total de precipitação (mm) e $\Gamma(x)$ é a função gama. A função gama é obtida por meio da Equação 03:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (03)$$

Os parâmetros α e β da função densidade de probabilidade gama são estimados para cada estação e escala de tempo de interesse. Para se estimar esses parâmetros deve-se usar as soluções de máxima verossimilhança, como visto nas Equações 04, 05 e 06:



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (04)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (05)$$

$$A = \ln(\bar{X}) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln(x) \quad (06)$$

em que \bar{X} é a média aritmética da precipitação pluvial (mm), \ln é o logaritmo neperiano e N é o número de observações de precipitação. Com os resultados desses parâmetros é possível calcular a probabilidade acumulada de ocorrência de cada valor de precipitação por meio da Equação 07:

$$G(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (07)$$

Assim, substituindo $t = \frac{x}{\beta}$, a Equação 06 é então transformada na função gama incompleta (Equação 08):

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (08)$$

Desde que a função gama é indeterminada para $x=0$ e uma distribuição de precipitação podem ter elementos iguais a zero, a probabilidade cumulativa é dada pela Equação 09:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (09)$$

sendo: $H(x)$ a distribuição de probabilidade cumulativa, q a probabilidade de ocorrência de valores de precipitação iguais a zero e $G(x)$ a distribuição cumulativa teórica. Assim, o tamanho da amostra é dado pela Equação 10:

$$q = (m/n) \quad (10)$$

em que: m = número de ordem dos valores de zero em uma série climatológica e n = tamanho da amostra.

O valor $H(x)$ foi transformado em uma variável aleatória normalizada (Z) com média zero e desvio padrão 1, onde a variável (Z) resulta no valor de SPI. Essa mudança equiprobabilística é essencial para transformar uma variável de distribuição gama para uma variável com uma distribuição normal. Assim, a distribuição cumulativa é então transformada em distribuição probabilidade normal a variável (Z) de tal maneira, o valor de Z ou SPI é obtido pelas Equações 11 e 12:

$$SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \quad \text{para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (11)$$



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

$$SPI = + \left(t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{ para } 0,5 < H(x) \leq 1 \quad (12)$$

Os coeficientes utilizados nessas equações são: $C_0=2,515517$; $C_1=0,802853$; $C_2=0,010328$; $d_1=1,432788$; $d_2 =0,189269$; e $d_3 = 0,001308$. O parâmetro t obtido pelas Equações 13 e 14:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]} \text{ para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (13)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{1-(H(x))^2} \right]} \text{ para } 0,5 < H(x) \leq 1 \quad (14)$$

O SPI representa o número de desvios padrão acima e abaixo do qual um evento se encontra em relação à média. Portanto, a classificação do SPI, indicando o grau de intensidade, é feita com base nos limites indicados na Tabela 1, permitindo caracterizar não somente a existência de secas, mas também os períodos mais úmidos.

Tabela 1 – Classificação do Índice de Precipitação Padronizada

Classificação	SPI
Extremamente Chuvoso	≥ 2
Muito Chuvoso	1,00 a 1,99
Moderadamente Chuvoso	0,50 a 0,99
Habitual	0,49 a -0,49
Moderadamente Seco	-0,50 a -0,99
Muito Seco	-1,00 a -1,99
Extremamente Seco	≤ -2

Fonte: Adaptado de Mckee; Doesken; Kleist (1993, p.180).

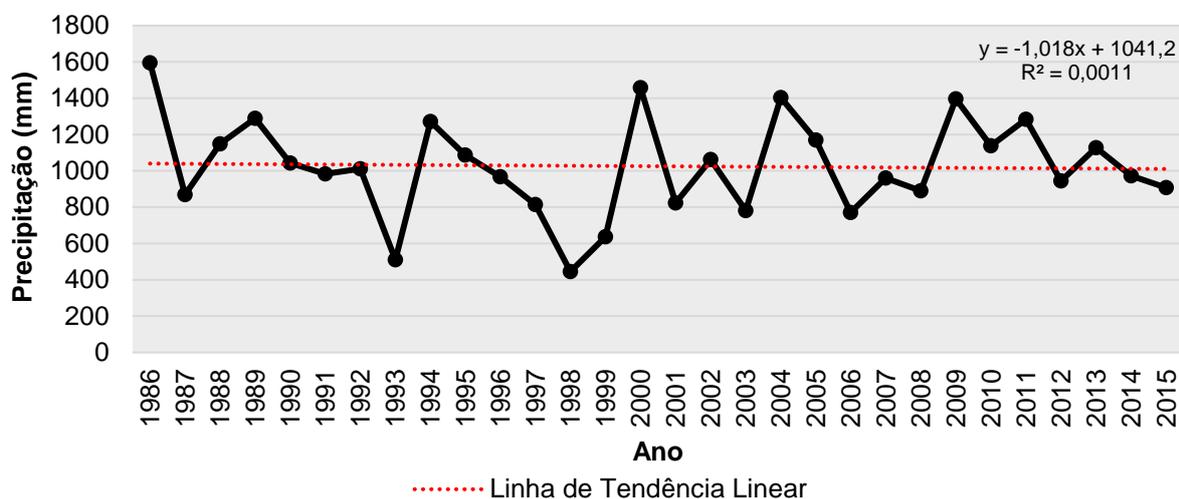
Os resultados obtidos com o SPI foram analisados e comparados entre os municípios que compõe a microrregião de Vitória de Santo Antão. Concluídas as etapas anteriores foi realizada a representação espacial dos parâmetros analisados por meio da técnica estatística espacial Interpolação através do Inverso Ponderado da Distância (*Inverse Distance Weighting* – IDW), que estima valores para pontos desconhecidos a partir da soma ponderada dos valores de “n” pontos conhecidos, tendo sido selecionado por não estimar dados maiores ou menores que os dados originais (LANDIM, 2000). Assim, a produção das cartas temáticas foi executada por meio do *software ArcGis 10.3*, licenciado para o Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (DCG/UFPE), projetadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000).



3. Resultados e discussão

Os dados recolhidos das estações pluviométricas da microrregião de Vitória de Santo Antão possibilitaram avaliar a variabilidade da precipitação na série histórica de 1986 a 2015, como está demonstrado na Figura 2. A média da precipitação anual da série de 30 anos é de 1.025,4 mm, dos quais 14 anos se caracterizam como chuvosos e 16 anos como secos.

Figura 2 – Precipitação anual da microrregião de Vitória de Santo Antão de 1986–2015



..... Linha de Tendência Linear

Destaca-se os anos de 1986, 2000, 2004 e 2009 por serem extremamente chuvosos com precipitação anual de 1.595 mm, 1.457 mm, 1.403 mm e 1.396 mm, respectivamente; e os anos de 1993, 1998, 1999 e 2006 por serem extraordinariamente secos com pluviosidade de 510 mm, 445 mm, 637 mm e 770 mm, respectivamente. Observa-se também, com a linha de tendência linear, que há uma inexpressível diminuição no quantitativo de chuva para a microrregião para a série analisada. A variabilidade pluviométrica da área demonstra a dinamicidade atmosférica e como esta estabelece uma grande influência nas precipitações da microrregião de Vitória de Santo Antão, como os fenômenos ENOS, VCAN, ZCIT, entre outros (LACERDA, 2010).

A Figura 3 representa a espacialização média da precipitação na microrregião de Vitória de Santo Antão na série de 1986 a 2015. É possível observar que as áreas com maiores precipitações estão nos setores nordeste e sudoeste da microrregião, sendo o



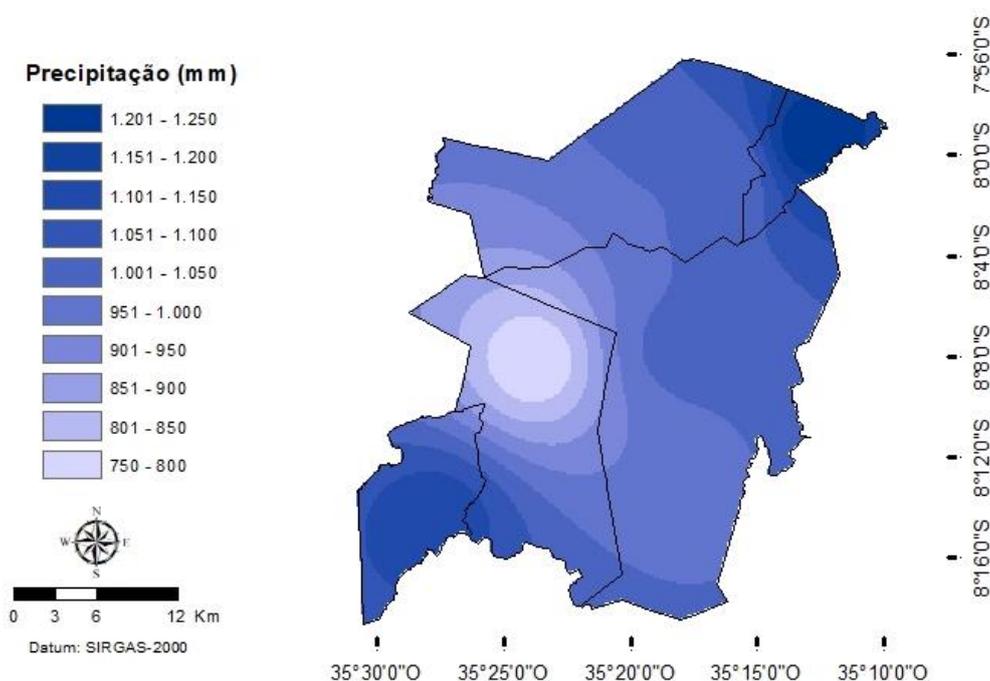
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

município de Chã de Alegria o que apresentou os maiores índices (entre 1.001 e 1.250 mm); enquanto a menor taxa de precipitação fica na porção centro-oeste, onde o município de Pombos deteve a menor taxa (entre 750 e 1.001 mm).

Figura 3 – Espacialização da precipitação média anual da microrregião de Vitória de Santo Antão de 1986–2015



A alta taxa de precipitação no setor sudoeste da microrregião de Vitória de Santo Antão é consequência da altitude local (entre 301 e 600 metros), primeiros contrafortes do Planalto da Borborema. A menor taxa de precipitação está basicamente concentrada no município de Pombos, por estar na base da escarpa tende a apresentar uma menor umidade, uma vez que as brisas marítimas e as ondas de leste diminuem as precipitações. Por esses fenômenos ocorrerem com mais intensidade os setores leste e nordeste possuem índices pluviométricos mais elevados, ressalta-se também a influência da ZCIT (RIBEIRO; SOUZA, 2018; MONTEIRO, 2015).

A quadra chuvosa é o período de quatro meses de maior precipitação do ano. Na microrregião analisada esse período vai de abril a julho e possui uma média de 108 mm. De tal maneira, foi realizada a quantificação do SPI da quadra chuvosa (SPI-4) da área pesquisada, a



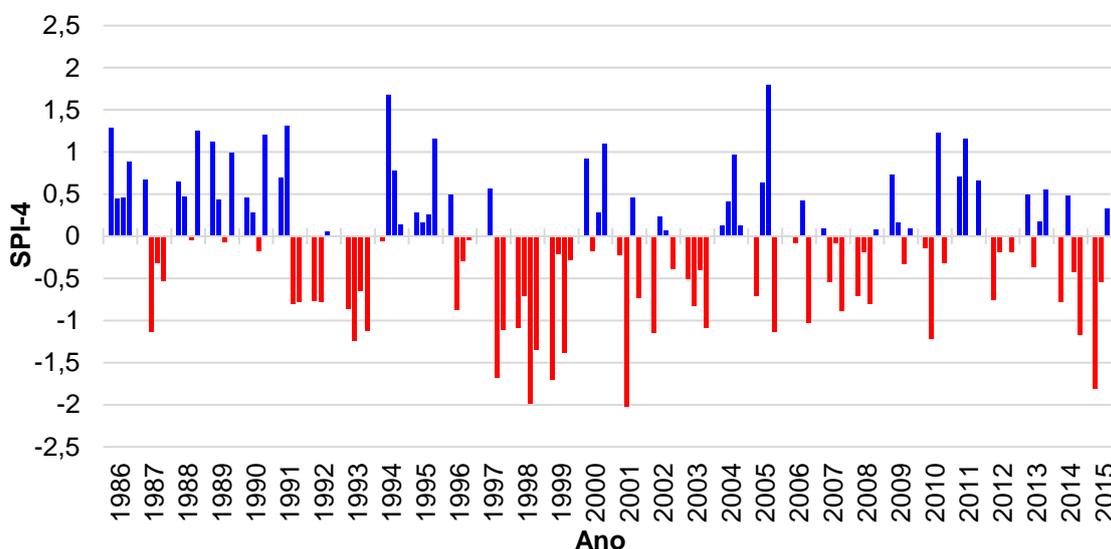
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

qual está representada na Figura 4. A quantidade de anos com o SPI-4 negativos é maior do que os positivos, apresentando um total de 17 quadras chuvosas em que a seca se fez presente e 13 com chuvas acima da média. Contudo, pela Classificação do SPI (Tabela 1) obteve-se 18 anos com quadra chuvosa habituais, 6 negativos, sendo um ano muito seco (-1,00 a -1,99) e 5 anos moderadamente secos (SPI -0,50 a -0,99); e 6 positivos, todos moderadamente chuvosos (SPI 0,50 a 0,99). Pode-se observar que há a presença de anos com o SPI-4 apresentando fortes secas (1998, 1993, 1999 e 2003, em ordem crescente do SPI-4), assim como há a presença de anos bastante úmidos: 1986, 1994, 2011 e 1989, em ordem decrescente do SPI-4. Observa-se, ainda, que as chuvas não são bem distribuídas entre os meses, como exemplo tem-se o ano de 2005, em que os meses de abril e julho são negativos, enquanto maio e junho são positivos, revelando a grande variabilidade das chuvas.

Figura 4 – Índice Padronizado de Precipitação da quadra chuvosa (SPI-4) da microrregião de Vitória de Santo Antão da série temporal de 1986–2015



Os anos 1998 e 1993 apresentaram fortes secas no SPI-4, -1,28 e -0,97, respectivamente, ambos com ocorrência do El Niño forte. Em 2003 o mesmo fenômeno ocorreu de forma moderada e o SPI-4 foi -0,70. Já em 1999 (SPI-4 de -0,89) foi um ano de ocorrência da La Niña de forma moderada, o que evidencia a atuação de sistemas atmosféricos como o VCAN e o enfraquecimento das frentes frias. Nos anos de 1986 e 1994



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

teve a presença moderada do El Niño (SPI-4 de 0,76 e 0,64, respectivamente), entretanto outros agentes atmosféricos foram responsáveis por altas taxas de pluviosidade na região. Em 2011 e 1989 o SPI-4 foi de 0,63 e 0,62, com atuação fraca e forte da La Niña, respectivamente. Comumente o El Niño é associado com os fenômenos de seca no Nordeste e a La Niña com as elevadas pluviosidades, entretanto fica evidente que a atuação de outros fenômenos contribui para a intensificação ou para o enfraquecimento dos efeitos de ambos (INPE/CPTEC, 2014ab; REBOITA; SANTOS, 2014; REBOITA et al., 2017).

A Figura 5 representa a espacialização do SPI de extremos climatológicos com os anos de secos: 1993, 1998, 1999 e 2006; e anos chuvosos: 1986, 2000, 2004 e 2009. Nos anos de 1998 e 2006 a microrregião de Vitória de Santo Antão deteve para toda a área um SPI de -0,50 a -0,99, classificando-o como moderadamente seco. Em 1993 a oeste da microrregião a precipitação foi habitual (SPI entre -0,49 e 0,49), enquanto no restante da área o SPI ficou entre -0,5 e -0,99, moderadamente seco. No ano de 1999 nos setores a nordeste e centro-leste da microrregião o SPI ficou entre 0,49 e -0,49, habitual; e moderadamente seco (SPI entre -0,5 e -0,99) para o restante do território.

Nos anos de 1998 e 2006 o principal fenômeno responsável pela seca local foi o El Niño, forte e fraco, respectivamente. Em 1993 também era um ano de El Niño forte, entretanto a atuação de outros sistemas atmosféricos, possivelmente associados a outros fenômenos de escala local, tais como sistema de convecção e brisas, fez com que a porção oeste da microrregião detivesse um índice pluviométrico habitual, enquanto o restante da microrregião deteve um índice moderadamente seco. No ano de 1999, entretanto, a La Niña atuou moderadamente e, por este motivo, a região nordeste e centro-leste da microrregião ficou com um SPI habitual, tendo em vista que a ocorrência dos ENOS favorecem o aumento das chuvas com a La Niña ou o aumento das secas com o El Niño. Todavia, o restante do território recebeu influência de agentes atmosféricos que foram responsáveis pela seca (INPE/CPTEC, 2014ab; COSTA et al., 2015).

No ano de 1986 o SPI da área pesquisada foi entre 0,5 e 0,99, classificando-o como moderadamente úmido. O SPI do ano 2000 foi habitual (-0,49 e 0,49) para a região centro nordeste da microrregião de Vitória de Santo Antão e moderadamente úmido para a região centro sudoeste (0,5 e 0,99). Em 2004 o SPI ficou entre -0,49 e 0,49, qualificando-o como



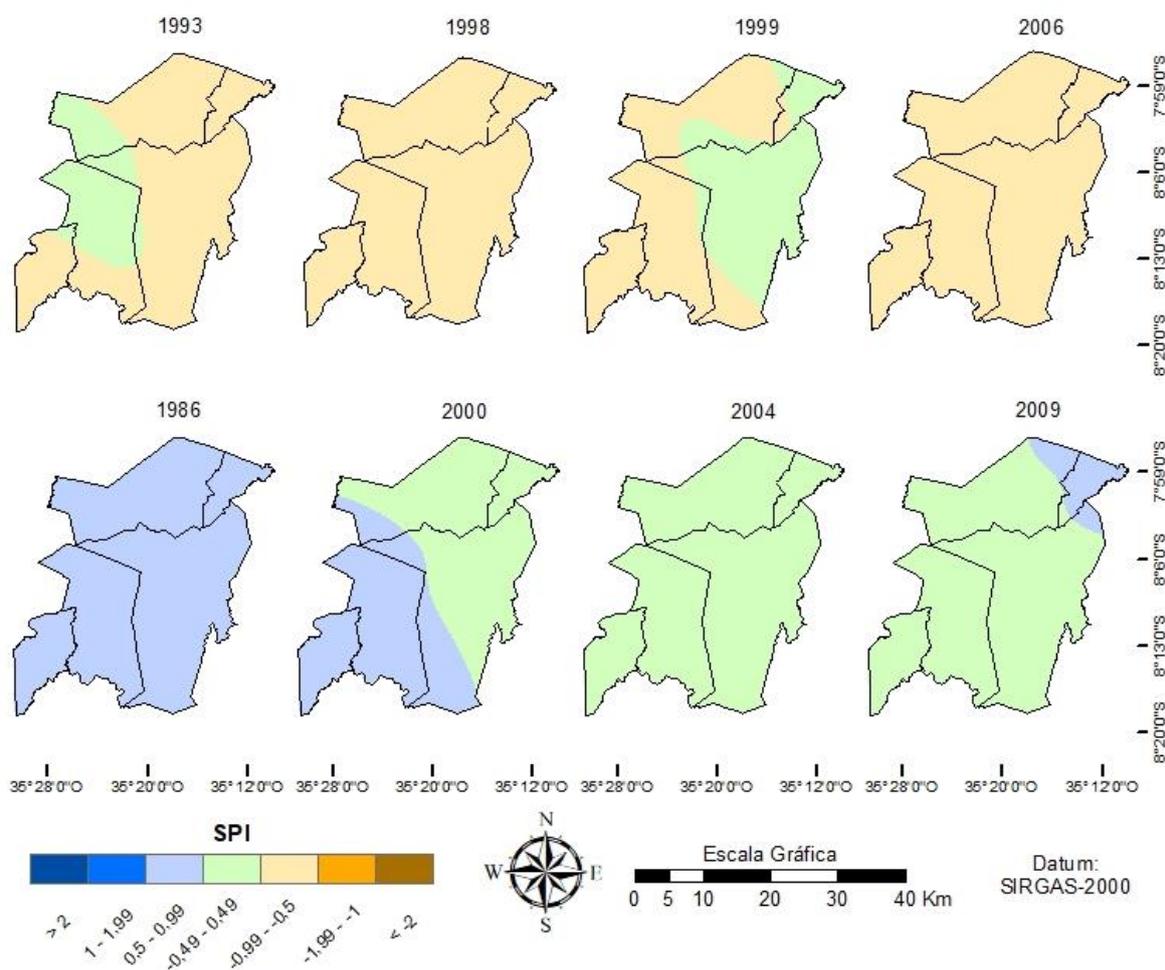
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

habitual. Já para o ano de 2009 o índice padronizado de precipitação foi moderadamente úmido para o nordeste da microrregião e habitual para as demais áreas.

Figura 5 – Espacialização do SPI de anos secos (1993, 1998, 1999 e 2006) e chuvosos (1986, 2000, 2004 e 2009) da microrregião de Vitória de Santo Antão



No ano de 1986 a alta taxa de precipitação tem correlação com a atuação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) em conjunto com outros sistemas atmosféricos que foram responsáveis por aumentar a taxa de precipitação neste ano (COUTINHO, 2008). No ano 2000 ocorreu La Niña em intensidade moderada que, associada a outros fenômenos, possivelmente o deslocamento sazonal da ZCIT e sistemas de convecção, foram responsáveis pelas chuvas habituais na porção centro nordeste da microrregião. Em 2004 e 2009 a ocorrência do El Niño é



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de fraca intensidade, a qual contribui para as chuvas habituais. É possível que o índice moderadamente úmido de 2009 tenha relação mais estreita com o fortalecimento das ondas de Leste (INPE/CPTEC, 2014ab; SILVA; PEREIRA; ALMEIDA, 2012).

4. Considerações finais

A aplicação do Índice de Precipitação Padronizada (SPI), para a série de 1986 a 2015, revelou-se eficaz e importante para caracterização e monitoramento das intensidades de chuvas e secas para a microrregião de Vitória de Santo Antão, bem como analisar a variabilidade espaço-temporal. Verificou-se com os dados de precipitação a variabilidade temporal da série histórica analisada, na qual se obteve 14 anos chuvosos e 16 anos como secos bem como uma pequena tendência de diminuição das chuvas ($R^2 = 0,0011$). A espacialização da precipitação revelou as áreas mais chuvosas (nordeste e sudoeste) e secas (centro-oeste) na microrregião.

O SPI-4 possibilitou quantificar os anos com quadra chuvosa (abril a julho) habituais (18 anos), 6 anos secos e 6 anos chuvosos, variando de muito seco a moderadamente chuvoso, além de revelar a irregularidade das chuvas entre esses meses. Constatou-se forte correlação do ENOS com as categorias do SPI-4 negativos e positivos extremos, porém alguns sistemas atmosféricos, ZCIT, VCAN, Frentes Frias, dentre outros, influenciam no quantitativo pluviométrico.

A distribuição espacial do SPI de anos extremos apresentou as categorias de moderadamente seco, habitual e moderadamente chuvoso pelas áreas na microrregião. Essa espacialização possibilitou identificar as localidades mais susceptíveis aos eventos extremos de secas e chuvas intensas, importante no direcionamento de ações de mitigação, além de auxiliar a gestão dos recursos hídricos. Recomenda-se o monitoramento do SPI para a microrregião do Pajeú, da influência do ENOS e dos sistemas atmosféricos já mencionados, como também do Gradiente do Atlântico.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Recife, para o qual apresentamos nossos agradecimentos pela colaboração.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

6. Referências

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Bacias hidrográficas**. Recife-PE, 2019. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=18>. Acesso em: 30 de out. 2019.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

BRASIL. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação: nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1997.

COSTA, A. C.; SOARES, A. Local spatiotemporal dynamics of a simple aridity index a region susceptible to desertification. **Journal of Arid Environments**, v. 87, p. 8 – 18, 2012.

COSTA, J. A. O Fenômeno El Niño E As Secas No Nordeste Do Brasil. **Revista Científica do IFAL**, v. 1, n. 4, p. 71-82, 2012.

COSTA, M. S. et al. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 05, p. 1321-1334, 2015.

COUTINHO, M.D.L. **Método objetivo de identificação dos vórtices ciclônicos de altos níveis na região tropical sul: validação e climatologia**. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil, 2008.

FERNANDES, D. S. et al. **Índices para a quantificação da seca**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009.

FERREIRA, A. G; et al. Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre A Região Nordeste Do Brasil E A Influência Dos Oceanos Pacífico E Atlântico No Clima Da Região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n.01, p. 15-28, 2005.

FREIRE, J. L. M. Análise de Aspectos Meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em Anos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 03, p. 429-444, 2011.

HUTTON, J. **Theory of the Earth**. Edimburgo: Royal Society, 1985.

INPE/CPTEC. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **El Niño – Últimas Ocorrências**. Tabela. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml>. Acesso em: 30 de abr. de 2014a.

_____. **La Niña – Últimas Ocorrências**. Tabela. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/tab_lanina.shtml>. Acesso em: 30 de abr. de 2014b.

LACERDA, F. F.; et al. Extremos e variabilidade climática no Nordeste brasileiro e em Pernambuco. In: GALVÍNCIO, J. D. **Mudanças climáticas e impactos ambientais**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: UNESP, 2000.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., Anaheim. **Proceedings...** Anaheim: American Meteorological Society, p. 179 – 184, 1993.

MONTEIRO, K. A. **Análise geomorfológica da escarpa oriental da Borborema a partir da aplicação de métodos morfométricos e análises estruturais**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Recife, 2015.

NÓBREGA, R. S. Mudanças climáticas e a seca 2011/2012 sobre o nordeste brasileiro. In: RIBEIRO, E. P.; MACIEL, L. N. Q.; SILVA, A. L. (Orgs.). **Percepções de uma agropecuária sustentável e contemporânea**. Recife: Editora Bagaço, 2012.

REBOITA, M. S. et al. Análise sinótica e numérica de um VCAN no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 01, p. 41-59, 2017.

REBOITA, M. S.; SANTOS, I. A. Influência de alguns padrões de teleconexão na precipitação no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, p. 28-48, 2014.

RIBEIRO, E. P. **Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. Tese (doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Recife, 2016.

RIBEIRO, E. P.; SOUZA, C. S. Caracterização e classificação climática da microrregião de Vitória de Santo Antão. **Revista Continentes (UFRRJ)**, v. 7, n. 12, p. 235-259, 2018.

ROOY, M. P. van. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos**, Pretoria, v. 14, p. 43-48, 1965.

SANTOS, S. R. Q.; et al. Determinação de Regiões Homogêneas do Índice de Precipitação Normalizada (SPI) na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n.01, p. 111-122, 2017.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, n. 02, p. 163-172, 2012.

SIQUEIRA, B.; NERY, J. T. Análise do Índice Padronizado de Precipitação para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.06, p. 1775-1783, 2017.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA MICRORREGIÃO DO PAJEÚ, PERNAMBUCO

TIAGO CARDOSO CAVALEIRO¹
EBERSON PESSOA RIBEIRO²
ISMAEL HENRIQUE DA SILVA³
AMANDA STEFFANY QUIRINO DE ALCÂNTARA MACIEL⁴

RESUMO

O sertão do Nordeste do Brasil possui uma intensa variabilidade pluviométrica com ocorrência de eventos extremos de precipitação. Assim, objetivou-se avaliar a variabilidade espaço-temporal da precipitação da microrregião do Pajeú empregando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Nesta pesquisa, empregou-se o IAC, desenvolvido por Rooy (1965), na qual foram utilizados os valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1913 a 2012, medidos de 27 estações pluviométricas, obtidos da Agência Nacional das Águas e da Agência Pernambucana de Águas e Clima. O preenchimento das faltas empregou-se o Método da Ponderação Regional de Bertoni e Tucci (2001). Os resultados relevam que a variabilidade pluviométrica ocorre devido aos eventos atmosféricos atuantes na região, como também a forte correlação dos eventos extremos de precipitação com os fenômenos de El Niño e La Niña. Constatou-se que, apesar da variabilidade espaço-temporal, há uma estabilidade no quantitativo pluviométrico, sem tendências significativas de aumento ou diminuição.

Palavras-chave: IAC; ENOS; Variabilidade pluviométrica.

ABSTRACT

The backlands of Northeastern Brazil have intense rainfall variability with the occurrence of extreme precipitation events. Thus, the aim of this study was to evaluate the space-time precipitation variability in the micro-region of Pajeú using the Rainfall Anomaly Index (RAI). In this research, RAI developed by Rooy (1965) was used, in which the monthly average precipitation values from the historical series from 1913 to 2012 were used, measured from 27 pluviometric stations, obtained from the National Water Agency and the Water and Climate Agency of Pernambuco. The filling of absences was performed using the Regional Weighting Method of Bertoni and Tucci (2001). Results show that the rainfall variability occurs due to atmospheric events acting in the region, as well to the strong correlation of extreme precipitation events related to El Niño and La Niña phenomena. It was found that, despite the space-time variability, there is stability in quantitative rainfall, without significant increase or decrease trends.

¹ Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, tiago.cardoso.filho@gmail.com

² Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, ebersonpessoa@recife.ifpe.edu.com.br

³ Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, ismaelhprofessional@gmail.com

⁴ Graduanda, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, amandadealcantaramaciel@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: RAI; ENOS; pluviometric variability.

1. Introdução

Estudo em torno da variabilidade espaço-temporal da precipitação no sertão nordestino tornou-se muito importante para a compreensão do funcionamento espacial. Estudar o espaço a partir dos parâmetros de precipitação se faz necessário, pois tais fenômenos são responsáveis por mudar a conjuntura da localidade (SENA, LUCENA E RIBEIRO, 2014). Além dessa variabilidade, necessita-se compreender também os eventos extremos de precipitação, uma vez que tais eventos se constituem em períodos de chuvas intensas e secas severas.

Os eventos extremos de precipitação fazem parte do ritmo natural da atmosfera, consequência da ação de sistemas atmosféricos, os quais são determinantes na distribuição pluviométrica no Nordeste (GONÇALVES, 2013; ALVES, 2016; PALHARINI; VILA, 2017). Entende-se que o enfraquecimento ou o agravamento de tais sistemas podem originar e/ou intensificar os eventos extremos, como por exemplo a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos do Altos Níveis (VCANs), Ondas de Leste e as Frentes Frias, além das anomalias da temperatura do Pacífico com o El Niño e a La Niña, uma vez que influencia nos índices pluviométricos de Pernambuco (RODRIGUES et al., 2017).

Portanto, para que o estudo em torno dos eventos extremos de precipitação fosse efetuado na microrregião do Pajeú, empregou-se o método do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) desenvolvido por Rooy (1965). De acordo com Sena, Lucena e Ribeiro (2017), esse método é caracterizado como simples e bastante efetivo nos estudos de variabilidade espaço-temporal da precipitação e de seus extremos. O IAC traz a facilidade de realizar comparações do regime pluviométrico de determinado local ou região, baseado em dados históricos que sistematizam as precipitações, além de designar características da variabilidade e tendências pluviométricas (ARAÚJO *et al.*, 2007; MARCUZZO; MELO; ROCHA, 2011; SANCHES; VERDUM; FISCH, 2014).

O estudo desenvolvido por Alves *et al.* (2016) consistiu no uso do método do IAC, o qual se mostrou muito eficiente, apresentando boas constatações a respeito das condições de precipitação observadas em diferentes mesorregiões de Pernambuco. Foi possível correlacionar também os dados históricos, avaliar a distribuição espacial dos eventos extremos de precipitação e suas intensidades, além de compará-los.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Portanto, dada a importância das problemáticas oriundas dos eventos extremos de precipitação, do crescente aumento desses eventos no sertão e da necessidade de melhor compreender as escalas da variabilidade das precipitações pluviométricas, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal da precipitação da microrregião do Pajeú empregando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

2. Metodologia

O recorte da pesquisa é a microrregião do Pajeú, a qual está inserida na mesorregião do Sertão de Pernambuco, abrangendo 17 municípios, os são: Afogados da Ingazeira, Brejinho, Calumbi, Carnaíba, Flores, Igaraci, Ingazeira, Itapetim, Quixaba, Santa Cruz da Baixa Verde, Santa Terezinha, São José do Egito, Serra Talhada, Solidão, Tabira, Triunfo e Tuparetama (Figura 1). Foram utilizados neste estudo os dados de precipitação mensal da série histórica de 1912 a 2013 de 27 estações pluviométricas distribuídas microrregião. As estações foram selecionadas pela disponibilidade por municípios que compõem a microrregião e pelo maior quantitativo de dados pluviométricos. Essas informações foram obtidas por meio da Agência Nacional das Águas (Ana) e da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac) através dos sites www.ana.gov.br/hidroweb e www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio, respectivamente.

Para o preenchimento de dados em falta nas séries empregou-se o Método da Ponderação Regional de Bertoni e Tucci (2001), expressa na Equação 01:

$$Y = 1/3. (x_1/x_{m1} + x_2/x_{m2} + x_3/x_{m3}). y_m \quad 01$$

em que: Y é a precipitação do posto a ser estimado; x₁, x₂ e x₃ são as precipitações correspondentes ao mês ou ano que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas; x_{m1}, x_{m2} e x_{m3} são precipitações médias nas três estações vizinhas; e y_m como a precipitação média do ponto a ser estimado.

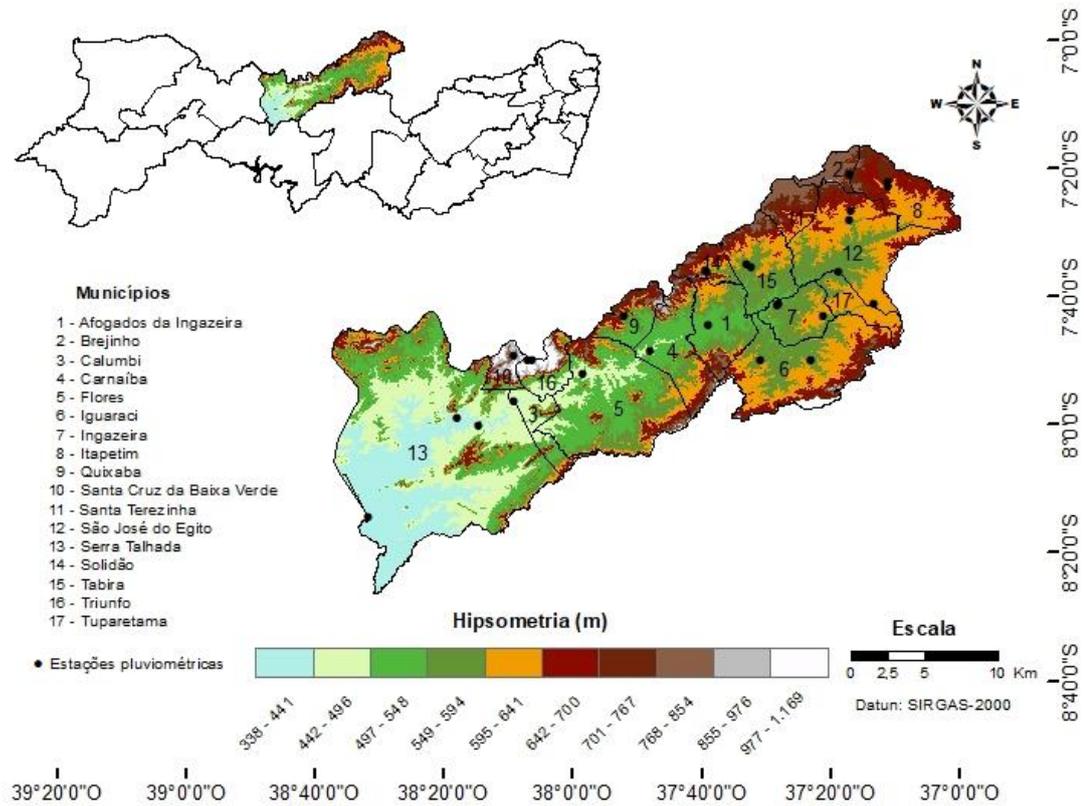


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 – Localização da microrregião do Pajeú



De acordo com Rooy (1965), a base de cálculo do *Rainfall Anomaly Index* (RAI) ou Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é técnica eficaz na avaliação da variabilidade sazonal e interanuais da precipitação pluviométrica, sendo possível comparar desvios em relação à condição normal por meio das Equações 02 e 03:

$$IAC = 3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right], \text{ para anomalias positivas} \quad 02$$

$$IAC = -3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right], \text{ para anomalias negativas} \quad 03$$

em que: N = precipitação anual atual (mm); \bar{N} = precipitação média anual da série histórica (mm); \bar{M} = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); e \bar{X} = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ressalta-se que o cálculo desse índice depende da média de precipitação da área e que as anomalias positivas e negativas são valores acima ou abaixo da média, respectivamente. Assim, assume-se que essa distribuição obedece a uma curva normal, em sino, e que os desvios para seco ou úmido são relativos, em função do comportamento climático dos postos pluviométricos estudados, e não, de fato, de uma separação entre o que se considera úmido ou seco de uma forma global para o conjunto de tipos climáticos do globo. Os valores do IAC foram ordenados conforme a classificação de anos secos e úmidos proposto por Rooy (1965) com adaptações baseado em Freitas (2004; 2005) para o NEB (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
	De 4 acima	2 a 4
0,5 a 1,99	-0,49 a 0,49	Muito Chuvoso
-0,5 a -1,99	-2 a -4	Chuvoso
De -4 abaixo		Habitual
		Seco
		Muito Seco
		Extremamente Seco

Fonte: Adaptado de Araújo; Moraes Neto; Souza (2009, p.96).

Esses dados foram imprescindíveis para caracterizar os períodos excessivamente secos e úmidos ocorridos na área, como também sua comparação histórica na busca de tendências e mudanças de padrões nesse elemento climático. Os resultados obtidos com os cálculos do IAC foram analisados e comparados com os anos de ocorrência, bem como a intensidade dos fenômenos de *El Niño* e *La Niña* (Tabela 2), com o intuito de averiguar o grau de influência desses fenômenos sobre a anomalia de chuva.

Concluídas as etapas anteriores foi realizada a representação espacial dos parâmetros analisados por meio da técnica estatística espacial Interpolação através do Inverso Ponderado da Distância (*Inverse Distance Weighting* – IDW), que estima valores para pontos desconhecidos a partir da soma ponderada dos valores de “n” pontos conhecidos, tendo sido selecionado por não estimar dados maiores ou menores que os dados originais (LANDIM, 2000). De tal maneira, a produção das cartas temáticas será executada através do *software ArcGis 10.3*, licenciado para o Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (DCG/UFPE), projetadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS-2000).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 2 – Ocorrência e Intensidade do *El Niño* e *La Niña*

Ocorrências de <i>El Niño</i>		Ocorrências de <i>La Niña</i>
1877 – 1878	1888 – 1889	1886
1896 – 1897	1899	1903 – 1904
1902 – 1903	1905 – 1906	1906 – 1908
1911 – 1912	1913 – 1914	1909 – 1910
1918 – 1919	1923	1916 – 1918
1925 – 1926	1932	1924 – 1925
1939 – 1941	1946 – 1947	1928 – 1929
1951	1953	1938 – 1939
1957 – 1959	1963	1949 – 1951
1965 – 1966	1968 – 1970	1954 – 1956
1972 – 1973	1976 – 1977	1964 – 1965
1977 – 1978	1979 – 1980	1970 – 1971
1982 – 1983	1986 – 1988	1973 – 1976
1990 – 1993	1994 – 1995	1983 – 1984
1997 – 1998	2002 – 2003	1984 – 1985
2004 – 2005	2006 – 2007	1988 – 1989
2009 – 2010		1995 – 1996
		1998 – 2001
		2007 – 2008
		2011 – 2012

LEGENDA

<i>El Niño</i>			<i>La Niña</i>		
Forte	Moderada	Fraco	Forte	Moderada	Fraco

Fonte: Adaptado de Rasmusson e Carpenter 1983, Monthly Weather Review, Ropelewski e Halpert 1987, Monthly Weather Review. Cold episode sources Ropelewski e Halpert 1989, Journal of Climate. Climate Diagnostics Bulletin. In: INPE/CPTec (2014ab).

3. Resultados e discussão

Os dados pluviométricos da série histórica de 1912 a 2013 possibilitou averiguar a variabilidade espaço-temporal das chuvas da microrregião do Pajeú. Ressalta-se que a precipitação média anual da microrregião é de 638 mm. A Figura 2 revela que durante os anos chuvosos alguns conseguiram apresentar precipitações extremas com precipitação total anual superior a 1.100 mm, como os anos de 1924, 1967, 1974 e 1985, com pluviosidade de 1.134,8 mm, 1.104,6 mm, 1.252,1 mm e 1.390,5 mm, respectivamente. Há também anos com secas extremas como os anos de 1915, 1993, 1998 e 2012, com precipitações de 236,6 mm, 210,1 mm, 181,2 mm e 207,7 mm, respectivamente. Observa-se que a linha de tendência linear da precipitação se manteve estável ao longo da série analisada.

O nordeste brasileiro recebe influências diretas de vários sistemas atmosféricos como a ZCIT, VCAN e as Frentes Frias, além do *El Niño* e *La Niña*, os quais são determinantes na distribuição pluviométrica no sertão nordestino. O agravamento ou enfraquecimento de tais sistemas são determinantes na ocorrência de eventos extremos de precipitação (ALVES,



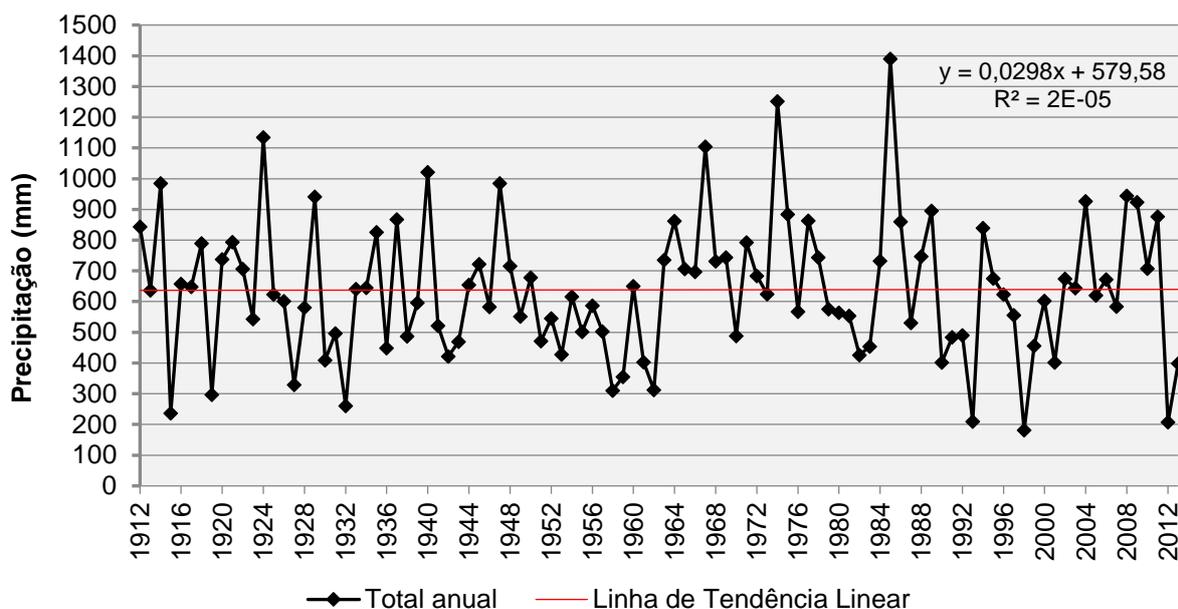
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2016; REBOITA et al., 2016; PALHARINI; VILA, 2017; LYRA et al., 2018). A ZCIT, por exemplo, sofre variações de posição ao decorrer do ano, podendo estar mais ao norte entre agosto e setembro, favorecendo a ocorrência de secas mais intensas; e ao sul no período entre março e abril marcado por chuvas mais frequentes (SILVA; GALVÍNICO; COSTA, 2017). Outro exemplo muito importante são os VCANs, que podem contribuir tanto para condições úmidas quanto secas, isso depende da posição do vórtice, pois a sua borda carrega maior teor de umidade, enquanto o centro do VCAN impossibilita a precipitação, por ser uma área de subsidência do ar atmosférico (REBOITA et al., 2016; REBOITA et al., 2017).

Figura 2 – Precipitação anual da microrregião do Pajeú de 1912–2013

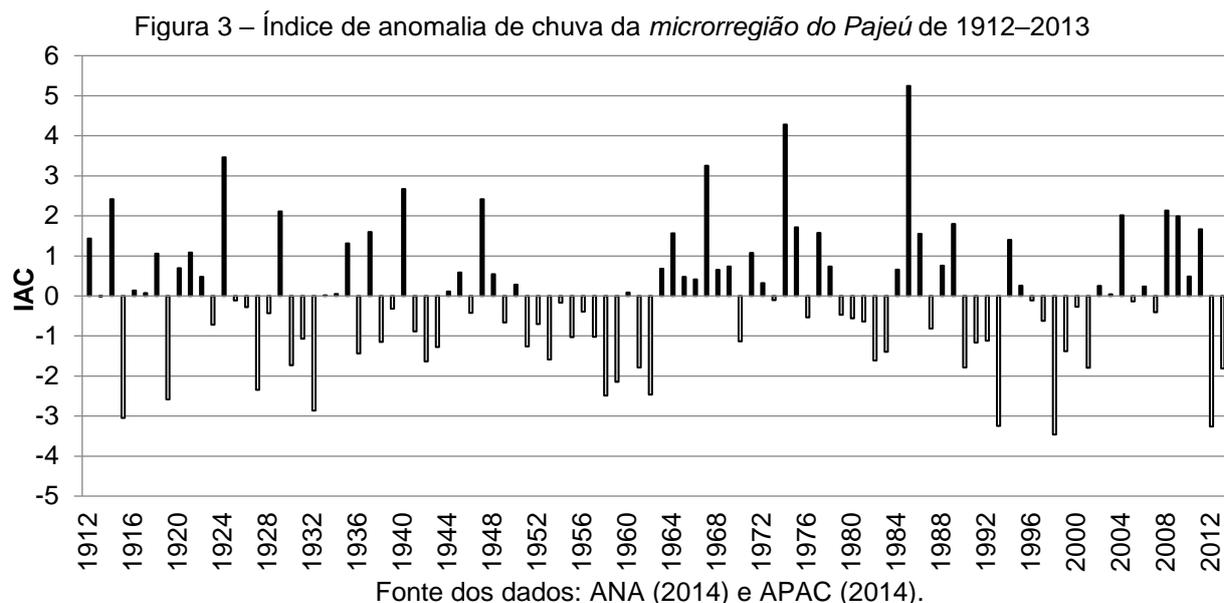


Fonte dos dados: ANA (2014) e APAC (2014).

A análise do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) possibilitou identificar padrões no comportamento da chuva na área, bem como avaliar o grau de influência do El Niño e La Niña nos anos de eventos extremos. Com o IAC da microrregião do Pajeú (Figura 3) observou-se grande variabilidade entre os anos secos e chuvosos. Dos 102 anos pesquisados 30 anos foram habituais (-0,49 a 0,49), 38 anos foram secos, sendo 28 apenas secos (-0,5 a -1,99) e 10 anos



muito secos (-2 a -4); e 34 anos chuvosos, dos quais 23 anos foram chuvosos (0,5 a 1,99), 9 anos muito chuvosos (2 a 4) e 2 anos extremamente chuvosos (acima de 4).



Os anos de 1974 e 1985 obtiveram IAC superiores a 4, com 4,28 e 5,24, respectivamente, classificados como extremamente chuvosos. O ano de 1974 obteve uma forte intensidade da La Niña (Tabela 2), enquanto para o ano de 1985 fora fraca. Apesar de apresentar uma fraca influência da La Niña, neste ano a precipitação foi de 1390 mm, isso por causa da intensificação de outros sistemas atmosféricos determinantes na pluviometria da microrregião. O estudo realizado por Medeiros *et al.* (2020) em Patos na Paraíba, revela que para os anos de 1974 e 1985 a precipitação anual fora de 1289 mm e 1592 mm, respectivamente, também coaduna que esses índices pluviométricos foram resultados da intervenção da La Niña.

Já os anos de 1998 e 2012 apresentaram IAC mais baixo da série, com -3,46 e -3,26, respectivamente, sendo classificados como muito secos. A Tabela 2 revela que a intensidade do El Niño no ano de 1998 foi muito forte, o que provocou uma seca severa (181,2 mm). Em 2012 foi um ano de La Niña com intensidade moderada, contudo a pluviosidade foi muito baixa com apenas 207 mm. Rodrigues *et al.* (2017) assevera que o fenômeno ENOS tem uma relação íntima de causa e efeito com as secas severas no nordeste brasileiro, contudo outros



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

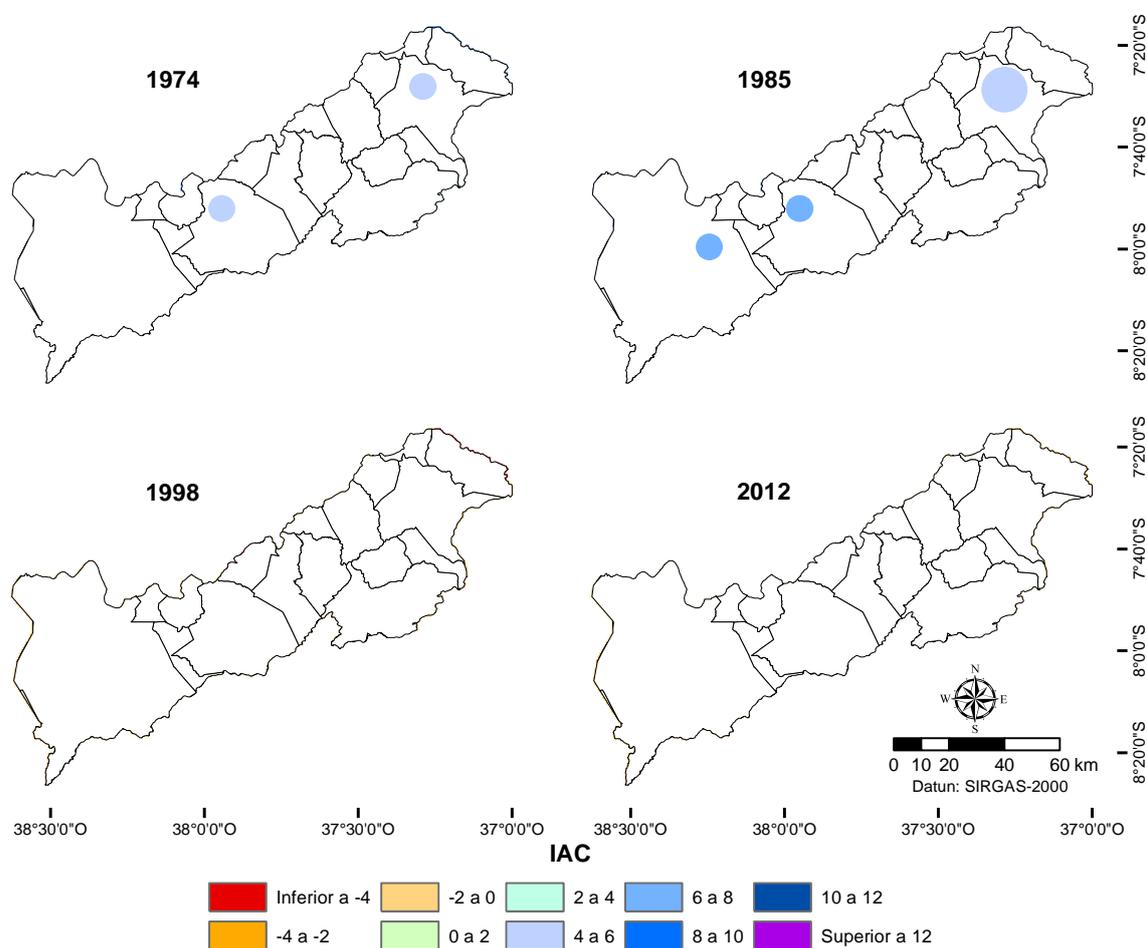
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

sistemas atmosféricos, como já mencionado anteriormente, influencia no quantitativo pluviométrico, a exemplo do ano de 2012.

A Figura 4 representa a espacialização do IAC para os anos chuvosos (1974 e 1985) e para os secos (1998 e 2012) da microrregião do Pajeú. Esses anos foram escolhidos por obter os maiores e menores índices de anomalias da série histórica examinada.

Figura 4 – Espacialização do IAC para os anos de 1974, 1985, 1998 e 2012



Os anos de 1974 e 1985 obtiveram IAC positivos, exceto no município de Afogados da Ingazeira para o ano de 1985. Em 1974 algumas áreas tiveram índices superiores a 10 (extremamente chuvoso), como nos municípios de Itapetim a nordeste, Triunfo e Santa Cruz da Baixa Verde, estes fazem parte de um brejo de altitude, área de exceção, por isso possui



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

um ar mais úmido que as demais áreas. A maior parte da microrregião variou o IAC entre 0 e 8, isto é, há uma variação de habitual a extremamente chuvoso. No ano de 1985 predominou o IAC na classe de 4 a 6, extremamente chuvoso. Destaca-se os municípios de Triunfo e Santa Cruz da Baixa Verde, os quais obtiveram índices superiores a 10. Santos e Aquino (2017) reafirmam a influência da La Niña durante os períodos de 1974 e 1985, sendo os principais causadores das frequentes chuvas, o que promoveu um aumento do aporte pluviométrico nas áreas nordestinas, dentre elas a microrregião do Pajeú. Porém é ressaltado que apesar de haver uma La Niña muito forte, não deve ser desprezado a atuação de importantes sistemas atmosféricos da região.

Os anos de 1998 e 2012 foram os anos que apresentaram os menores índices de anomalia de chuva, configurando secas severas. No ano de 1998 os índices ficaram entre -2 e -4 (muito seco) em quase toda a microrregião, com a exceção de alguns municípios os quais obtiveram índices inferiores a -4 (extremamente seco), como em Calumbi, Quixabá, São José do Egito, Tuparetama e Itapetim. Em 2012 é observado que na maior parte da microrregião (centro-oeste) os índices são entre 0 e -2, indicando a área como precipitação habitual a seca, já áreas ao nordeste e ao sudoeste os índices foram entre -2 e -4, indicando-as como muito secas. Observa-se que os anos de 1998 e 2012 receberam influência direta do El Niño, o que favoreceu o agravamento da seca, com índices de precipitação inferiores a 250 mm. Deve-se considerar também o enfraquecimento ou a baixa atuação de outros sistemas atmosféricos com a ZCIT, Ondas de Leste e as Frentes Frias (COSTA, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2017; REBOITA; SANTOS, 2014).

4. Considerações finais

O estudo da variabilidade espaço-temporal de precipitação e do índice de anomalia de chuvas da microrregião do Pajeú permitiram avaliar a irregularidade pluviométrica e os eventos extremos de precipitação. O IAC, de forma simples e eficaz, proporcionou analisar a dinâmica de distribuição pluviométrica da série histórica de 1912 a 2013, possibilitando classificá-los de acordo com os graus de anomalias positivos e negativos, comprovando ser um ótimo instrumento de análise climática regional.

Constatou-se que, apesar da variabilidade espaço-temporal, há uma estabilidade no quantitativo pluviométrico, sem tendências significativas de aumento ou diminuição. Verificou-



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

se também forte correlação do El Niño e La Niña com os IACs negativos e positivos extremos, contudo se percebeu que alguns sistemas atmosféricos atuantes na região Nordeste (ZCIT, VCAN, Frentes Frias, entre outros) influenciam na quantidade de chuvas na área pesquisada.

A representação espacial do IAC na microrregião, mesmo de anos extremos, revela as áreas com menores *input* hídricos, bem como aquelas de pontos extremos de inflexão. Essas áreas carecem de políticas públicas que ampare a sociedade, principalmente, da ocorrência de eventos extremos de precipitação, principais causadores de desastres ambientais. Recomenda-se o monitoramento dos índices de chuva da microrregião do Pajeú, bem como dos sistemas atmosféricos atuantes na região para que se possa ter embasamento científico nos programas estratégicos de desenvolvimento e planos eficazes e eficientes de intervenção.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Recife, para o qual apresentamos nossos agradecimentos pela colaboração.

6. Referências

ALVES, J. O. *et al.* Índices de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do estado de Pernambuco. **Pensar acadêmico**, v. 14, n. 1, p. 37-47, 2016.

ALVES, K. M. **Variabilidade pluvial no semiárido brasileiro: Impactos e vulnerabilidades na paisagem da bacia hidrográfica do rio Moxotó**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

ARAÚJO, L. E. *et al.* Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na Bacia do Rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. Análise climática da bacia hidrográfica do rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal: v. 6, n. 3, p. 508–523, 2009.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

COSTA, J. A. O fenômeno El Niño e as secas no nordeste do Brasil. **Revista Científica do IFAL**, v. 1, n. 4, jan./jul. 2012.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

FREITAS, M. A. S. A Previsão de secas e a gestão hidroenergética: o caso da Bacia hidrográfica do Rio Parnaíba no nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional Sobre Represas y Operación de Embalses, Puerto Iguazú. **Anais...** v. 1. p. 1–1. Puerto Iguazú: CACIER, 2004.

_____. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**. Fortaleza, v. suplement., p. 84–95, 2005.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviiais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C.A.F. (Org.). **Clima urbano**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2013.

INPE/CPTEC. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. **El Niño – Últimas Ocorrências**. Tabela. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml>. Acesso em: 30 de abr. de 2014a.

_____. **La Niña – Últimas Ocorrências**. Tabela. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/tab_lanina.shtml>. Acesso em: 30 de abr. de 2014b.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. Rio Claro: UNESP, 2000.

LYRA, M. J. et al. Diagnóstico de um Complexo Convectivo de Mesoescala Observado no Semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 11, n. 06 (2018) 1998-2009.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.16, n.4, p.157-167, 2011.

MEDEIROS, S. A., et al. Investigação da Influência do El Niño e da La Niña Sobre a Variabilidade da Precipitação na Cidade de Patos, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 13, n. 01, p. 336-349, 2020.

PALHARINI, R. S., VILA, D. A. Climatological Behavior of Precipitating Clouds in the Northesast Region of Brazil. **Center for Wheater Forecasting and Climate Research**, v. 10. 2017.

REBOITA, M. S. et al. Causas da semi-aridez do sertão nordestino. **Revista brasileira de climatologia**, ano 12, vol.19, JUL/DEZ, 2016.

REBOITA, M. S.; SANTOS, I. A. Influência de alguns padrões de teleconexão na precipitação no norte e nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 10, vol. 15, JUL/DEZ, 2014.

REBOITA, M. S.; et al. Análise sinótica e numérica de um VCAN no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 01, p. 041-059, 2017.

RODRIGUES L. O. et al. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.6, p. 1995-2009, 2017.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ROOY, M. P. V. **A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space**. Notes, v.14, 1965.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O índice de anomalia de chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/Rs (1928-2009). **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 51, p. 73–84, 2014.

SANTOS, F. A; AQUINO, C. M. S. Análise da precipitação pluviométrica no município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 2, p. 619-633, 2017.

SENA, J. P. O.; LUCENA, D. B.; RIBEIRO, G.N. Eventos extremos de precipitação no sertão paraibano: Variação espaço-temporal. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V.12, n.4, p. 748-755, 2017.

SÍLVIO, M. S., GALVÍNCIO, J. D., COSTA, V. S. Abordagem interdisciplinar sobre a influência da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT no Nordeste brasileiro. **Movimentos sociais e dinâmicas espaciais**, vol. 6, n. 02, 2017.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DO SOLO DE JATAÍ - GO PELO MÉTODO DAS HARMÔNICAS DE FOURIER

GERMANO SILVA ALBUQUERQUE¹
HILDEU FERREIRA DE ASSUNÇÃO²

RESUMO

Buscou-se analisar a partir dos métodos das Harmônicas de Fourier, a variação da temperatura do solo em diferentes profundidades utilizando geotermômetros em 2, 5, 10 e 30cm no município de Jataí – Goiás. Os dados foram coletados nos horários de 9h00, 15h00 e 21h00, horário de Brasília. A partir disso foi possível compreender, num período que iniciou-se em 01/01/2012 até 31/12/2018, a variação da temperatura do solo que demonstrou aumento de 0,2°C em relação ao período de coleta do primeiro ao último ano e diversas oscilações nas camadas mais superficiais, apresentando processo de aquecimento e resfriamento mais rápido. Nas camadas mais internas há uma estabilidade com pouca variação no processo de ganho e perda de energia. Aplicando as harmônicas de Fourier foi possível obter 99% de precisão na relação de Dados Observados e Dados Esperados tornando a série de senos e cossenos válida para esta aplicação. Ainda foi possível perceber a relação da radiação com as duas estações bem definidas da área de estudo, sendo o inverno que ocorre em julho com menor período diário de radiação solar e o verão, que ocorre dezembro, com maior tempo de radiação diária, isso devido inclinação da Terra em relação ao sol.

Palavras-chave: Condutividade Térmica; Temperatura do Solo; Transformada de Fourier.

ABSTRACT

The aim of this research was to analyze, using the Fourier Harmonic methods, the variation of soil temperature at different depths using geothermometers in 2, 5, 10 and 30cm in Jataí – Goiás. The data were collected at 9:00, 15:00 and 21:00, Brasília time. It was possible to understand in a period that started on 01/01/2012 until 12/31/2018, the variation in soil temperature showed an increase of 0.2°C in relation from the first to the last year. Therefore, several oscillations in the most superficial layers, presenting a faster heating and cooling process. Applying the Fourier harmonics, it was possible to obtain 99% accuracy in the Observed and Expected Data, making the series of sines and cosines valid for this application. It was still possible to perceive the relationship of radiation with the two well-defined seasons of the study área. The winter occurs in July with less diary solar radiation time and the summer, that occurs in December with greater radiation time, due to the inclination of the Earth in relation to the sun.

Keywords: Thermal Conductivity; Soil Temperature; Fourier Transform.

¹ Graduando, Universidade Federal de Jataí, germanoalbuquerque@discente.ufg.br

² Doutor, Universidade Federal de Jataí, hildeu@yahoo.com.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

A temperatura é um elemento climático que interage diretamente com os componentes físicos que compõem nosso planeta, estando condicionado a diversos fatores como latitude, elevação em relação ao nível do mar, entre outros que dão a cada região características próprias da interação do calor com os demais componentes da natureza. Proporcionando constantes trocas de energias, como a troca de calor entre a atmosfera e o solo, onde nas camadas mais profundas, as temperaturas apresentaram grande variação no horário de ocorrência em relação às camadas mais superficiais (DANTAS ET AL., 2017).

A radiação oriunda do Sol tende a ter diferentes comportamentos em relação a dinâmica atmosférica, devido a variáveis como vegetação, cobertura do solo, estrutura e formação rochosa e fatores temporais como a utilização do espaço ao longo dos anos, como o manuseio de práticas agrícolas, áreas de pastagem ou até mesmo construções urbanas. A partir dessa dinâmica entre solo e atmosfera, a superfície do solo aquece e resfria ao longo do dia, provocando variações térmicas nas camadas subjacentes, devida absorção e perda de energia que ocorrem na superfície, resultando numa baixa taxa de propagação para o interior (GASPARIM et al., 2005).

O solo ao receber energia funciona como um reservatório de calor liberando e armazenando energia em escala diária, sazonal e anual. (Azevedo e Galvani, 2003). Uma região na qual absorve uma grande quantidade de energia aumenta a temperatura do solo afetam em processos que vão desde comunidades microbiológicas, aos processos de germinação de sementes, atividades funcionais das raízes e o desenvolvimento da planta, pois a semente não consegue germinar até que alcance a temperatura adequada (GASPARIM et al., 2005; KANAAN et al., 2018).

Com isso é necessário antes de qualquer cultivo conhecer e mensurar as condições de condutividade térmica do solo, pois representa um fator importante na escolha dos lugares de plantio, na escolha dos períodos de crescimento e desenvolvimento mais desejáveis de culturas, permitindo ao homem aplicar seu conhecimento através das técnicas para o aumento da produção (COSTA & GODOY, 1962). Mas isso não se restringe apenas para agricultura, a construções de estradas, barragens e a própria criação de cidades resultam no aumento da temperatura do solo e na formação de ilhas de calor.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Como a temperatura é uma harmônica que correlaciona com as estações do ano e com alternância dia/noite, a mesma pode ser considerada como periódica tendo três componentes principais: a tendência, vários componentes periódicos ou cíclicos e a aleatoriedade (ASSIS ET AL.1996).

Para o estudo dessas variações temporais que apresentam variações periódicas sazonais é possível utilizar o modelo de Análise Harmônica por séries de Fourier, pois essa função do fluxo de calor pode ser representada a partir senos e cossenos em diferentes níveis de condutividades térmicas, já que o solo está sujeito a variações nas camadas subjacentes.

Diante disso, o objetivo foi analisar a variação da temperatura do solo em Jataí, Goiás a partir dos métodos das Harmônicas de Fourier para estudar a taxa de propagação de radiação ao longo do solo em diferentes profundidades.

2. Metodologia

A análise desta pesquisa, exposta em gráficos e tabelas, foi estabelecida com base em dados da temperatura do solo em diferentes profundidades fornecidos pela estação meteorológica do INMET, localizada no Campus Jatobá da Universidade Federal de Jataí a uma altitude de 670m, 17° 53' S de latitude e 51°43' W de longitude. Todos os dados foram coletados no período de 01/12/2012 a 31/12/2018, nos horários de Brasília: 9:00, 15:00 e 21:00, correspondentes aos horários TGM de 12, 18 e 24.

A Análise Harmônica ou Análise de Fourier utiliza uma série finita de N dados, e aplica sua decomposição em uma serie finita de somas de senos e cossenos. Para isso precisa-se de um fenômeno periódico se repete exatamente a intervalos regulares e tempo ou de espaço, sendo este a temperatura do solo.

Os valores das temperaturas do solo, medidos com geotermômetros (Figura 01), nas profundidades $z=2, 5, 10$ e 30cm , e organizados em um banco de dados, usando uma planilha eletrônica, registrando também a data civil e horário TMG.

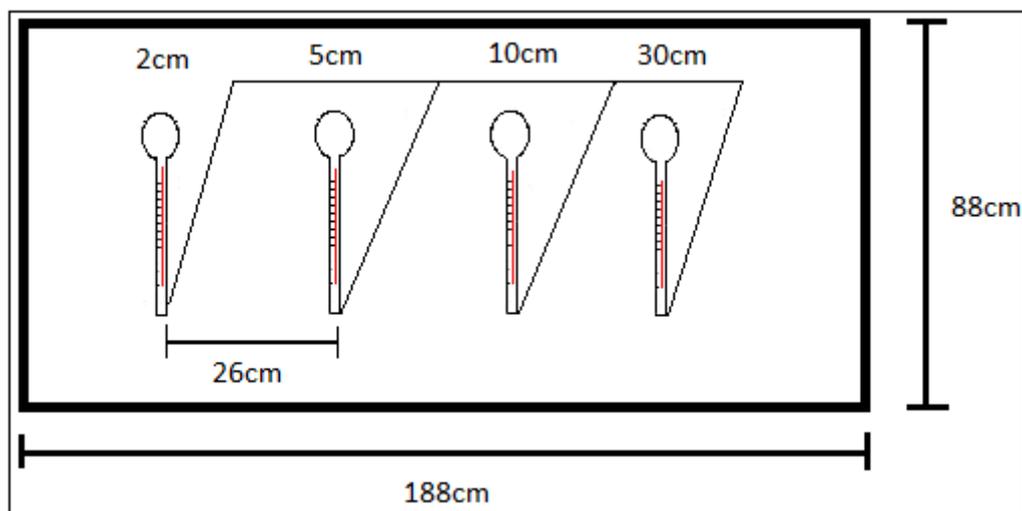


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 – Esquema representativo da bateria de geotermômetro em solo descoberto e livre de sombreamento.



Fonte: Albuquerque (2020).

A série de dados foi submetida à análise de Fourier do tipo (1):

$$Y_t = \underline{Y}_z + \sum_1^k [P_k \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + Q_k \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right)] \quad (1)$$

Onde:

Y_t é a temperatura esperada pela soma das harmônicas na fase t ou (mês-1);

\underline{Y}_z é média anual da temperatura diária ou no período T , observada na profundidade z ;

P_k é coeficiente cossenoidal da harmônica k ($P_k = \frac{2}{12} \sum_{t=0}^{11} \underline{Y}_t \cos(2\pi kt/12)$);

T é o número de meses considerados no período, igual a 12;

Q_k é coeficiente senoidal da harmônica k ($Q_k = \frac{2}{12} \sum_{t=0}^{11} \underline{Y}_t \sin(2\pi kt/12)$);

k é o número de harmônicas ou ondeletas. Neste estudo adotaram 3 ondas: anual ($k=12/12=1$), semestral ($k=12/6=2$) e quadrimestral ($k=12/4=3$);

t é o número da fase ou (mês-1).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3. Resultados e discussão

A Figura 2 mostra as séries temporais da temperatura média mensal tomada às 12, 18 e 21 TMG, nas profundidades de 2, 5, 10 e 30cm, em Jataí-GO. Em todas as profundidades, notaram-se claramente as ondas de ciclo diário, devido à alternância dia/noite (12, 18 e 24 TMG), bem como a onda de ciclo sazonal (verão/inverno). As ondas diárias apontam cristas frequentes às 18 e cavados às 24 horas TMG. Para a região de análise, as ondas anuais apontam depressões térmicas ao final do outono e início do inverno (junho/julho), período de encurtamento do fotoperíodo e da radiação solar. Da mesma forma, os picos térmicos no solo são observados durante meados da primavera (setembro/outubro), período de aumento do fotoperíodo e da insolação.

Também, percebe-se que a amplitude térmica se reduz à medida que aumenta a profundidade, ou seja, na superfície do solo, o processo de aquecimento e resfriamento ocorre mais rapidamente, proporcionando valores extremos, enquanto na camada mais profunda, as variações ocorrem mais lentamente, devido à resistência de troca de energia.

Na profundidade de 2cm sendo a mais próxima da superfície analisada obteve maiores oscilações, aquecendo e resfriando mais rapidamente que as demais devido contato quase direto com os elementos atmosféricos, sendo assim, registrado os menores e as maiores temperaturas (Figura 2). O que nos leva às conclusões de Azevedo e Galvani (2003), onde quanto mais próximo a parte da superfície, maior será a amplitude térmica e mais imediata é a resposta da temperatura do solo à incidência da radiação solar.

Nas profundidades de 5 e 10cm mantiveram relação de intermédio entre os pontos extremos observado para o processo de aquecimento e resfriamento diário. Quanto a profundidade de 30cm, foi onde ocorreu a menor alteração térmica do solo, onde o solo absorve o calor e mantém essa energia por mais tempo e de forma estável (Figura 02).

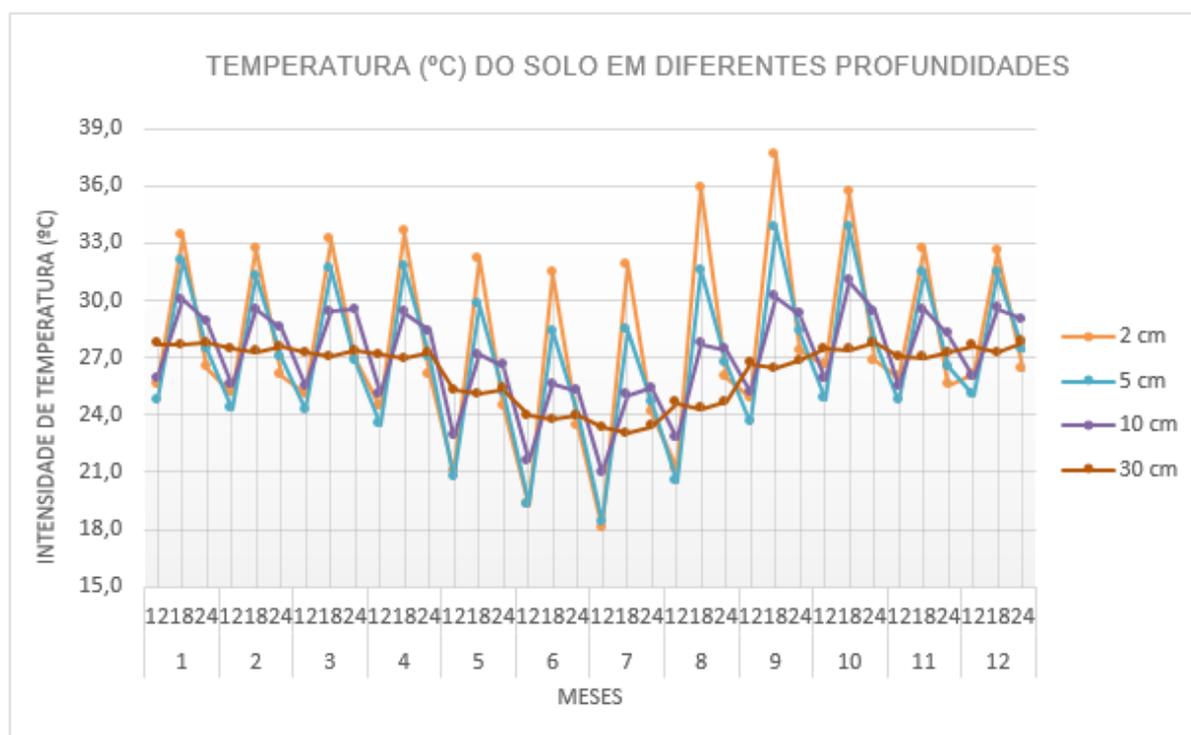


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 - Temperatura horária média do solo em diferentes profundidades (2, 5, 10 e 30cm). Síntese de 2012 a 2018 em Jataí - GO



Fonte: Albuquerque (2020).

A variação média anual da temperatura do solo demonstrou um aumento a cada ano para todas as profundidades numa proporção de $0,2^{\circ}\text{C}$ desde o primeiro ao último ano de análise. Nesse recorte temporal apesar de nosso planeta está em constante transformação, em escala histórica não capaz de demonstrar um impacto que seja significativo nas relações sociais e de manejo da terra. De todo modo, é possível acompanhar essa alteração na tabela 01 com os dados médios mensais de 01/01/2012 a 31/01/2018 classificados em 12 TMG 18 TMG e 21 TMG nas profundidades de 2, 5, 10 e 30cm. Diante disso é possível esboçar uma análise do perfil médio da síntese da temperatura anual diária do solo (Figura 03).

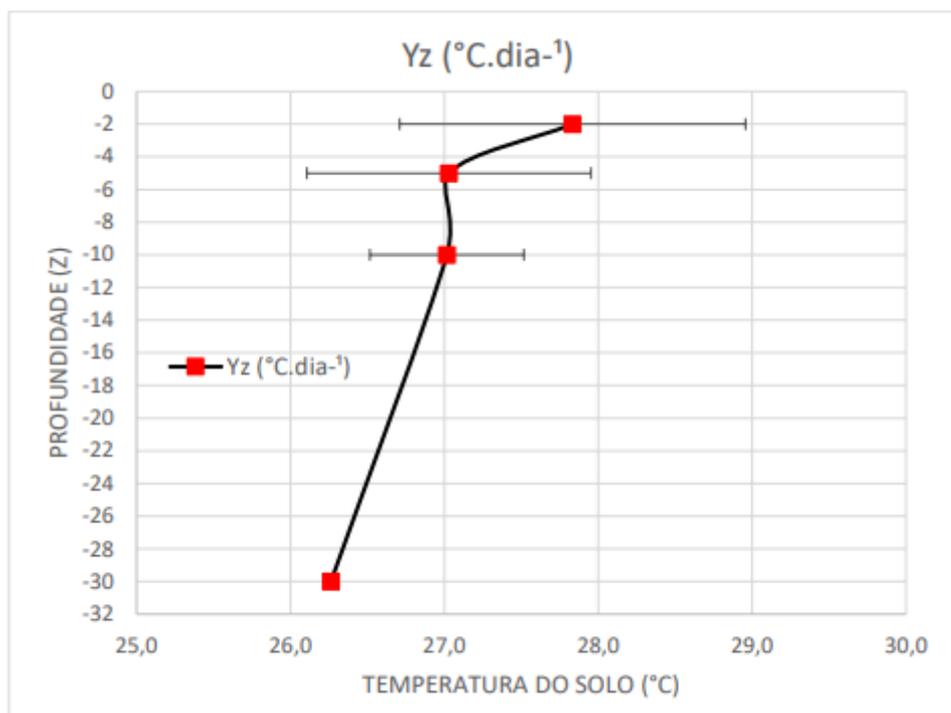


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 03 - Perfil médio da síntese da temperatura diária anual do solo



Fonte: Albuquerque e Assunção (2020).

A Tabela 01 mostra as harmônicas parciais de Fourier, levando em consideração as médias anuais diárias de temperatura do solo em diferentes profundidades (Y_z) e o mês como unidade de tempo, com $N = 12$. Adotando-se harmônicas trimestrais $N/3$, resultando 4 cossenos e 4 senos.

Tabela 03. Parâmetros das harmônicas (anuais, semestrais, quadrimestrais e trimestrais) em diferentes profundidades.

Z	$Y_z(°C)$	P_{1aa}				Q_k				R^2
		1	2	3	4	1	2	3	4	
2	27.8	1.4	-1.2	0.9	-0.2	-1.4	1.1	-0.3	-0.4	0,9911
5	27.0	1.7	-1.1	0.7	0.0	-1.5	0.9	-0.2	-0.3	0,9932
10	27.0	1.8	-1.0	0.5	0.0	-1.4	0.7	-0.2	-0.3	0,9973
30	26.3	1.9	-0.8	0.3	0.1	-1.2	0.3	0.0	-0.2	0,9977

Fonte: Albuquerque e Assunção (2020)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

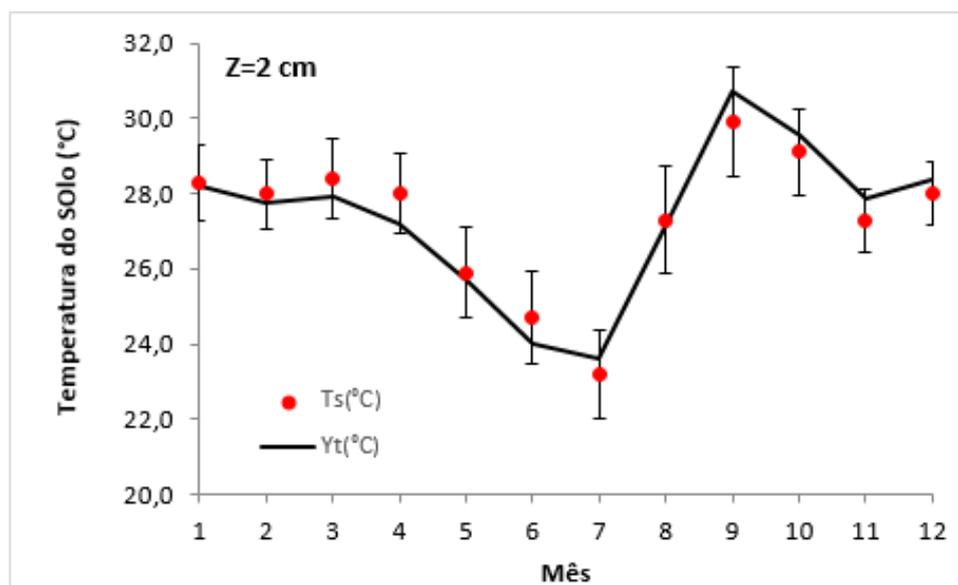
Para cada profundidade, as harmônicas (Y_k : anual, semestral, quadrimestral e trimestral) são representadas pela Equação (2), aplicando-se os valores da Tabela 1.

$$Y_k = Y_z + P_k \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) - Q_k \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (2)$$

No sistema proposto quanto mais próximo os pontos, maior a concordância com o modelo aplicado, encaixando com uma determinação de 99,48% de precisão. Gerando então um gráfico para cada profundidade com evolução mensal de janeiro a dezembro a partir de 7 anos de dados numa evolução serial tendo as variáveis da Temperatura Observada $T_s(^{\circ}\text{C})$ e a Temperatura Esperada $Y_t(^{\circ}\text{C})$ representadas com aplicações da margem de erro (Figura 04 – 07).

A síntese do valor da $T_s(^{\circ}\text{C})$ e da $Y_t(^{\circ}\text{C})$ pela fórmula de Fourier, usando a função dos coeficientes na camada de 2cm (figura 04) apresentou uma variação de 6,7 $^{\circ}\text{C}$ na $T_s(^{\circ}\text{C})$ e 7,1 $^{\circ}\text{C}$ na $Y_t(^{\circ}\text{C})$. Isso por conta do maior valor encontra-se no mês de setembro com os valores de $T_s(^{\circ}\text{C})$ com 29,9 $^{\circ}\text{C}$ e a $Y_t(^{\circ}\text{C})$ com 30,7 $^{\circ}\text{C}$, com erro de 1,5 $^{\circ}\text{C}$ e o menor valor registrado no mês de julho com $T_s(^{\circ}\text{C})$ 23,2 $^{\circ}\text{C}$ e a $Y_t(^{\circ}\text{C})$ 23,6 $^{\circ}\text{C}$, com um erro de 1,2 $^{\circ}\text{C}$.

Figura 04 – Temperatura do Solo na profundidade de 2cm Observada $T_s(^{\circ}\text{C})$, Esperada $Y_t(^{\circ}\text{C})$ e Barras de Erros representadas no eixo Y



Fonte: Albuquerque e Assunção (2020).



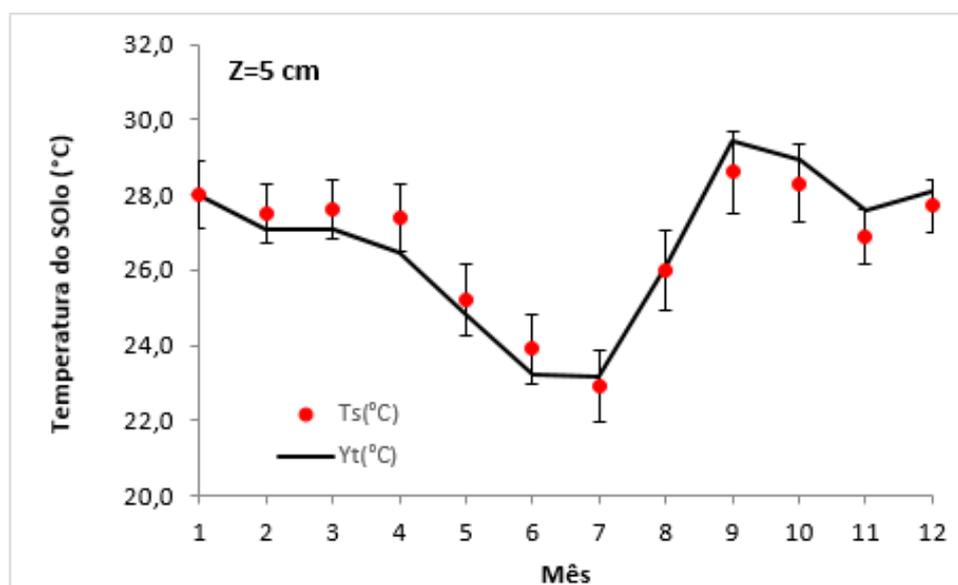
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Aplicando a função na profundidade de 5cm (figura 05) houve uma variação de 5,7°C na $T_s(^{\circ}\text{C})$ e 6,2°C na $Y_t(^{\circ}\text{C})$, onde os efeitos da temperatura nessa profundidade já não exercem tanta influência direta quanto na camada superior. O mês com maior índice de calor foi o mês de setembro com $T_s(^{\circ}\text{C})$ de 28,6°C e $Y_t(^{\circ}\text{C})$ com 29,4°C, com um erro de 1,1°C. O mês de menor valor em julho com $T_s(^{\circ}\text{C})$ de 22,9°C e $Y_t(^{\circ}\text{C})$ com 23,2°C, com um erro de 0,9°C.

Figura 05 - Temperatura do Solo na profundidade de 5cm Observada $T_s(^{\circ}\text{C})$, Esperada $Y_t(^{\circ}\text{C})$ e Barras de Erros representadas no eixo Y



Fonte: Albuquerque e Assunção (2020).

Aplicando a função na profundidade de 10cm (figura 06) a variação para $T_s(^{\circ}\text{C})$ foi de 5,0°C e na $Y_t(^{\circ}\text{C})$ de 5,5°C. Nesta profundidade apesar de o solo não receber radiação solar direta, ele armazena energia mantendo as temperaturas mais elevadas, mesmo que a variação seja menor. Com maior o valor registrado em outubro com $T_s(^{\circ}\text{C})$ 28,5°C e $Y_t(^{\circ}\text{C})$ 29,2°C com erro de 0,7°C. o mês de menor valor julho com $T_s(^{\circ}\text{C})$ de 23,5°C e $Y_t(^{\circ}\text{C})$ com 23,7°C com um erro de 0,6°C.

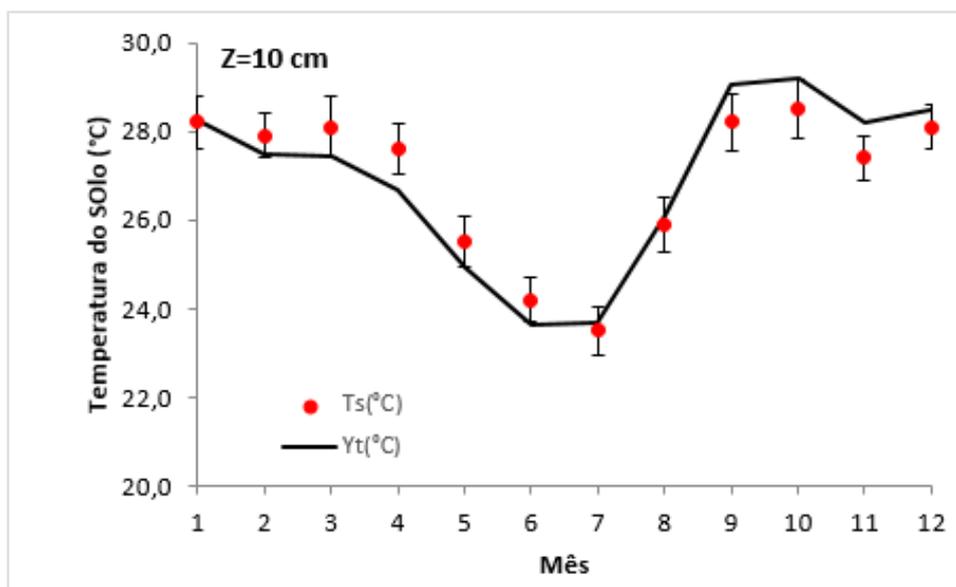


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 06 - Temperatura do Solo na profundidade de 10cm Observada $T_s(^{\circ}\text{C})$, Esperada $Y_t(^{\circ}\text{C})$ e Barras de Erros representadas no eixo Y

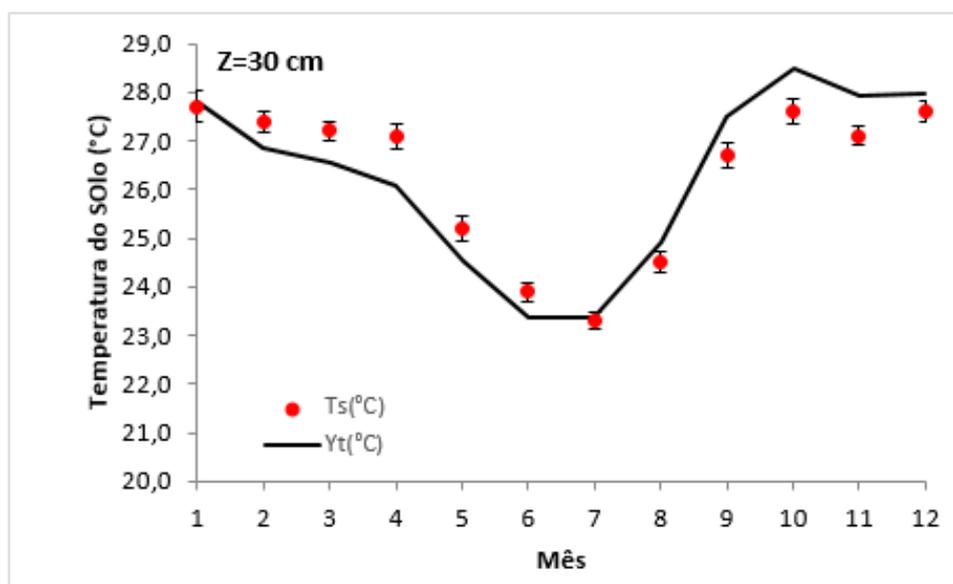


Fonte: Albuquerque e Assunção (2020).

Aplicando a função na profundidade de 30cm (figura 07) a variação da $T_s(^{\circ}\text{C})$ foi de $4,4^{\circ}\text{C}$ e $Y_t(^{\circ}\text{C})$ de $4,4^{\circ}\text{C}$. Nessa profundidade as alterações de variação são as menores, sem contato com a radiação solar direta o solo retém o calor oriundos das camadas superiores e armazenando de forma que sua dissipação ocorre de mais devagar. O mês de maior valor foi o de janeiro onde $T_s(^{\circ}\text{C})$ de $27,7^{\circ}\text{C}$ e $Y_t(^{\circ}\text{C})$ com $27,8^{\circ}\text{C}$ com erro de $0,3^{\circ}\text{C}$. o mês de menor valor julho com $T_s(^{\circ}\text{C})$ de $23,3^{\circ}\text{C}$ e $Y_t(^{\circ}\text{C})$ com $23,4^{\circ}\text{C}$ com erro de $0,2^{\circ}\text{C}$.



Figura 07 - Temperatura do Solo na profundidade de 30cm Observada $T_s(^{\circ}\text{C})$, Esperada $Y_t(^{\circ}\text{C})$ e Barras de Erros representadas no eixo Y



Fonte: Albuquerque e Assunção (2020).

Essa variação se dá por conta de as camadas mais superiores estarem sujeitas as oscilações do tempo, assim como intervalo dia-noite e as camadas mais profundas por armazenarem uma maior quantidade de calor e não conseguem dissipar tudo a ponto de conseguir grandes oscilações. As diferenças nos valores de temperatura de $T_s(^{\circ}\text{C})$ e $Y_t(^{\circ}\text{C})$ é devido modelo aplicado, por se tratar de uma série de dados foi possível através do Método das Harmônicas de Fourier observar essa variável climática e observar o comportamento dos gráficos a partir das estações do ano.

4. Considerações finais

Por meio das Análises Harmônicas de Fourier foi possível analisar o regime da temperatura do solo em diferentes profundidades. A temperatura observada e esperada coincidiu em boa parte enquanto o coeficiente de linearidade demonstrou uma maior precisão, tornando válido o sistema utilizado.

Sendo possível acompanhar a oscilação do aumento da temperatura afim de compreender cada vez melhor os processos que esse efeito pode causar a longo prazo, afim



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de promover ações e técnicas que busquem mitigar esses danos, como evitar solos expostos, aumentar áreas de vegetação priorizando as nativas, evitar compactação e degradação do solo, pois o mesmo é a base de sobrevivência do homem, principalmente para produção de alimento e ocupação.

5. Referências

ASSIS, F. N. de; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. **Aplicações de Estatística à Climatologia - Teoria e Prática**. 1. Ed. Pelotas, RS: Universitária/UFPel, 1996. 161 p.

AZEVEDO, T. R.; GALVANI, E. Ajuste do ciclo médio mensal horário da temperatura do solo em função da temperatura do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, p.123-130, 2003.

COSTA, A.O.L. da & GODOY, H. Contribuição para o conhecimento do clima do solo de Ribeirão Preto, SP. **Bragantia, Campinas**, v.21, p.689-742, 1962.

DANTAS, D.; BARBOSA, G.P.; CUNHA, E.G.S.; SOUZA, M.J.H.; SOUZA, C.M.P. Temperatura do ar e do solo em diferentes profundidades, em Diamantina – MG. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.9, p.61–66, 2017.

GASPARIM E.; RICIERI RP; SILVA SL; DALLACORT R; GNOATTO E. 2005. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v.27, p.107-115, 2005.

KANAAN, H.; FRENK, S.; RAVIV, M.; MEDINA, S.; MINZ, D. Long and short term effects of solarization on soil microbiome and agricultural production. **Applied Soil Ecology**, v.124, p.54-61, 2018.

MENEZES, D. M. et al. Estudo da temperatura do solo com e sem cobertura a diversas profundidades. **Pesquisa Agropecuária**, v.8, p.39-51, 1973.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CLASSIFICAÇÃO DE EPISÓDIOS DE PLUVIOSIDADE NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE: PANORAMA DE UMA SERIE DE DADOS PONTUAL DO CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

ALINE FABIANE GONÇALVES DE OLIVEIRA¹
CARLOS HENRIQUE JARDIM²
NARO JÚNIO MARTINS DE FREITAS³

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição e caracterização das chuvas no período compreendido entre 1997-2017 no município de Belo Horizonte (MG), a partir de dados obtidos junto à Estação Meteorológica do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (EMET/CDTN), em comparação com dados das estações da rede oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), visando identificar e analisar aspectos da variabilidade das chuvas e, ao mesmo tempo, aferir os dados da EMET/CDTN. Para isso recorreu-se às técnicas estatísticas de desvio-padrão, por meio da variação percentual da precipitação ao longo dos anos em relação à média, e à metodologia do Diagrama de Caixa (*BoxPlot*), considerando o valor da mediana para definir a normalidade e os desvios. Os resultados mostraram que a variação da precipitação foi aproximadamente uniforme durante o período analisado e com base nas análises foi possível classificar anos representativos em habitual, seco e chuvoso (respectivamente 2015, 2014 e 2009).

Palavras-chave: Chuvas; Variabilidade; Desvio-padrão.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the distribution and characterization of the rains between 1997-2017 in the city of Belo Horizonte (MG), based on data obtained from the Meteorological Station of the Nuclear Technology Development Center (EMET / CDTN), in comparison with data from the stations of the official network of the National Institute of Meteorology (INMET), aiming to identify and analyze aspects of rainfall variability and, at the same time, to measure EMET / CDTN data. For this, we used the standard deviation statistical techniques, through the percentage variation of precipitation over the years in relation to the average, and the methodology of the Box Diagram (Boxplot), considering the median value to define normality and deviations. The results showed that the variation in precipitation was approximately uniform during the analyzed period and based on analyzes it was possible to classify representative years in habitual, dry and rainy (respectively 2015, 2014 and 2009).

Keywords: Rain; Variability; Standard deviation

¹ Doutoranda Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear CDTN

² Doutor Universidade Federal de Minas Gerais UFMG

³ Graduando Centro Universitário de Belo Horizonte UNIBH



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

O conhecimento acerca das características e da variabilidade dos elementos climáticos de determinada localidade é importante, sobretudo por possibilitar melhor avaliação das potencialidades climáticas, colocando-se como ferramenta de apoio ao planejamento ambiental e questões de segurança.

Nesse sentido, o desenvolvimento de pesquisas frente a essa abordagem depende das características do objeto de estudo, sendo necessárias séries temporais de dados meteorológicos relativamente grandes (vários anos em sequência) para temáticas que envolvam a gênese, a variabilidade das chuvas, abastecimento hídrico etc., por exemplo, e sequências horário-diárias em se tratando de clima urbano. Monteiro (1973) defende recortes amostrais capazes de refletir o ritmo climático habitual e excepcional de determinada localidade, em consonância à dinâmica dos diversos sistemas atmosféricos atuantes (BARROS e ZAVATTINI, 2009).

A seleção de episódios para análise da climatologia local de Belo Horizonte tem por principal o objetivo separar anos que apresentem características semelhantes quanto a uma determinada variável, de forma que esses possam ser considerados como um grupo com características semelhantes e, posteriormente, eleger um padrão para representar cada grupo. Essa seleção faz-se necessária a partir de uma análise geral dos dados climáticos disponíveis, existindo várias técnicas para a referida análise conforme discute Silvestre et al. (2017).

Normalmente, os episódios são escolhidos pelos totais pluviométricos anuais, a partir de dados absolutos. A seleção por pluviosidade é comum, tendo em vista que esse dado é absoluto mantendo a característica absoluta do dado, em conformidade com o conceito de clima como sucessão habitual dos tipos de tempo de Sorre (1934).

O trabalho pioneiro realizado na abordagem da Climatologia Geográfica, com a seleção de episódios climatológicos, de autoria de Monteiro (1973), utilizando-se da técnica de anos-padrão, resultou em um atlas, no qual foi considerado o tratamento dinâmico das chuvas no estado de São Paulo. O autor definiu os valores totais anuais escalonados e após definição dos anos padrões analisou, concomitantemente, o máximo de elementos climáticos disponíveis.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tavares (1976) apresentou técnica de agrupamento para definir um padrão e analisar os dados de precipitação pluvial de Campinas referentes ao período de 1961 a 1970. Inicialmente, o autor agrupa os dados mensais de precipitação em períodos trimestrais, correspondendo às estações do ano civil e calcula a média para cada uma das estações do ano, para todos os anos da série. Posteriormente, considera o desvio percentual de cada estação em relação aos dados médios obtidos e calcula o coeficiente de similaridade multidimensional entre os desvios percentuais e organiza os resultados em formato de matriz à qual aplica uma técnica de agrupamento hierárquica por pares recíprocos.

Sant'Anna Neto (1990), em seu estudo sobre “O ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista”, utilizou as estações considerando o “ano civil” numa análise sazonal, para a definição de um padrão baseado na análise de dendrogramas e no coeficiente de variação. Primeiramente, o autor classificou todos os 20 anos de estudo referente ao período de 1967 a 1986 em cinco classes e, após as análises, o autor selecionou um ano para cada uma das três categorias de interesse como ano padrão: 1981 como o ano padrão habitual, 1983 como excepcionalmente chuvoso e 1985 ano padrão excepcionalmente seco.

Galvani e Luchiari (2005) apresentam a técnica de classificação baseada nos quartis do gráfico *BoxPlot* (Diagrama de Caixa) e introduz os percentis 5 e 95%, os quais separam os anos super-secos (0 a 5), dos 5% menores valores de precipitação, e super-úmidos (95 a 100), para os 5% maiores valores de precipitação para Piracicaba (SP) no período de 1917 a 1994. As demais categorias são definidas pelos intervalos entre os 1º. e 3º. quartis, ou seja, os percentis 25 e 75%, respectivamente.

Mais recentemente, Gomes et al. (2012) realizaram a definição de padrão para o estudo da gênese e dinâmica climática para o estado do Tocantins. Empregando cálculos estatísticos de tendência central e de medidas de dispersão (média, desvio-padrão e coeficiente de variação) em séries históricas para seis estações localizadas em Tocantins e entorno, os autores definiram anos secos (2007, 1990 e 2003) e anos chuvosos (2009, 2008 e 2004).

Belo Horizonte, por sua localização geográfica, sofre a influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais. Apresentando estações relativamente bem definidas, na qual atuam a Frente Polar Atlântica (FPA) e o anticiclone subtropical do Atlântico



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Sul e os sistemas convectivos associados ao aquecimento continental e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (ABREU, 1994).

Baseado nessas afirmações o objetivo deste trabalho foi compreender a variação da precipitação no município de Belo Horizonte (MG), abrangida pelo período entre 1997-2017, visando selecionar episódios representativos da climatologia local de Belo Horizonte, para a análise da variabilidade da chuva.

2. Metodologia

Foram utilizadas ferramentas estatísticas para seleção de episódios representativos do clima local. Os dados utilizados na pesquisa correspondem a série histórica entre os anos de 1997-2017 coletados e tratados no CDTN (os dados são fornecidos em formato de “txt” no bloco de notas e, posteriormente, foram transportados para o formato Excel e organizados e tabulados para tratamento), disponibilizados de hora em hora e coletados quinzenalmente, sendo em seguida agrupados por dia, mês e ano, considerando o ano hidrológico de julho a junho de cada período.

A torre meteorológica, localizada no CDTN, dispõe de um sistema automático de observações meteorológicas, operando em modalidade automática por meio de equipamentos desde setembro de 1996 (Figura 1). Este sistema está a 857 m de altitude em relação ao nível do mar, ponto de maior altimetria do terreno da UFMG que está localizado nas coordenadas UTM 608.050 E 7.802.451 N Datum WGS-84, fuso 23S ou 23K (Figura 2).

Figura 1 - Estação Meteorológica do CDTN





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

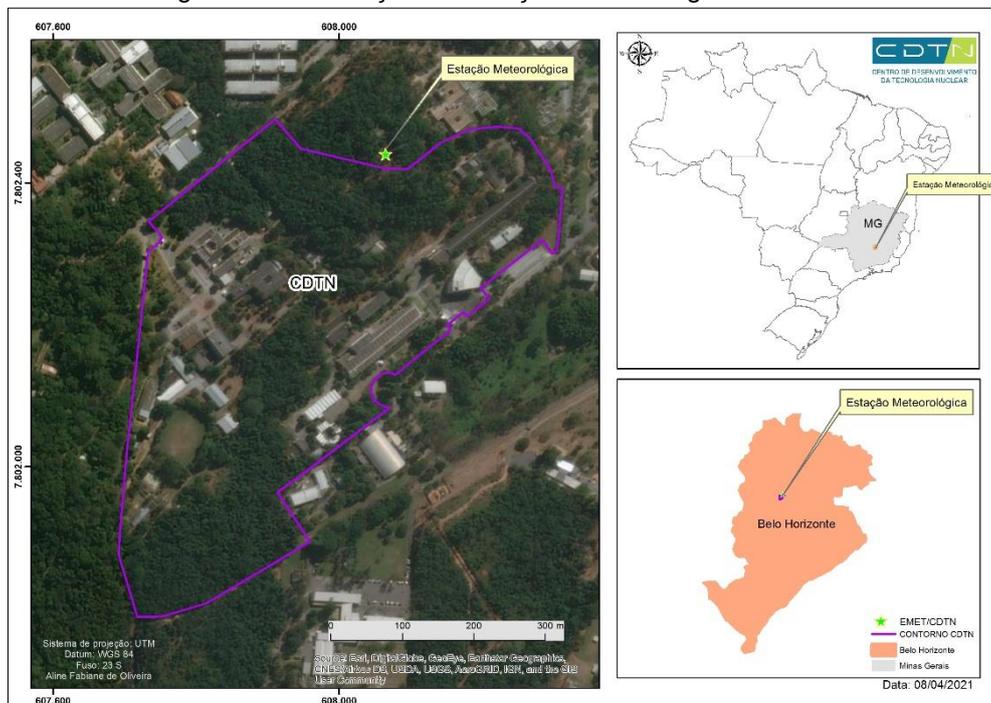
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: Acervo da autora.

Figura 2 - Localização da Estação Meteorológica do CDTN



Fonte: Núcleo de Pesquisa em Geotecnologias e Modelagem Ambiental



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os cálculos da estatística bem como do acumulado de chuva e médias anuais e mensais da série histórica e gráficos foram feitos com auxílio do software Excel e Minitab17.

Nesta primeira aproximação sobre a variabilidade das chuvas na área de estudo, optou-se em trabalhar com os totais anuais de precipitação e também com distribuição mensal das chuvas. Primeiramente, utilizando-se de cálculos de medias e desvio padrão, empregou-se os percentuais de cada valor médio anual e mensal de precipitação. Os anos ou meses com totais anuais com desvios próximos de zero, ou seja, perto da média, foram considerados habituais ao passo que aqueles com grandes desvios, positivos ou negativos foram considerados como chuvosos e secos, respectivamente.

Os resultados obtidos a partir da análise dos desvios padrão e média dos dados da EMET/CDTN foram aferidos com duas estações meteorológicas da rede oficial do INMET, com uma série de 57 anos de dados entre 1961-2018 da estação de Belo Horizonte (Belo Horizonte, código OMM: 83587; -19.934382° e -43.952292°; Altitude: 915.47 m) e o intervalo que se sobrepõe ao do CDTN de 20. Essa comparação teve a finalidade de validar a metodologia aplicada a séries mais curtas, como é o caso da série da estação meteorológica do CDTN. A identificação e classificação de padrões de chuva visou a obtenção de amostras de situações climáticas locais de Belo Horizonte, que serão utilizados em pesquisa posterior relativas à modelagem do clima local em situações de risco envolvendo vazamento de radionuclídeos.

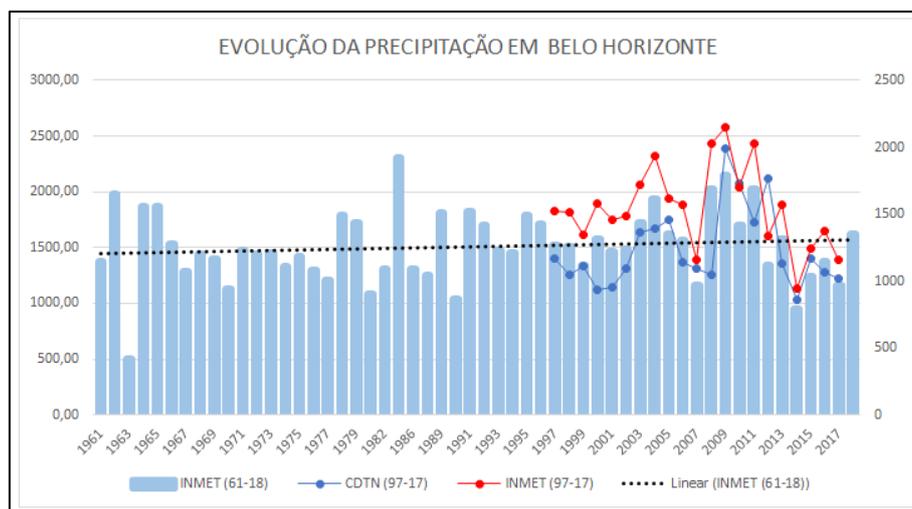
Em seguida foi construído o gráfico *BoxPlot* ou diagrama de caixa. Para esse fim, os dados foram ordenados do menor para o maior valor e foi calculada a estatística resumo conhecida como quartis, que dividem o conjunto de dados em partes, sendo o primeiro quartil (Q1) para o qual 25% das observações situam-se iguais ou abaixo de seu valor, o segundo quartil (Q2), também conhecido por mediana para a qual 50% das observações são iguais ou situam-se abaixo dela, e o terceiro quartil (Q3), que separa 75% das observações iguais ou acima de seu valor. Os anos com totais anuais em (Q2) foram considerados habituais (Q2) chuvosos e (Q3) secos. A vantagem do *BoxPlot* é fornecer uma rápida visualização da distribuição dos dados ao longo do segmento temporal sob análise.



3. Resultados e discussão

O Gráfico 1 apresenta a evolução anual da precipitação em Belo Horizonte, os valores de acumulo e desvio padrão para o período estudado (1997-2017) e período utilizado para acareação dos valores obtidos pela estação do EMET/CDTN (1961-2018). Pode-se observar que a precipitação pluvial média foi de aproximadamente 1489,11 mm, apresentando uma dispersão entre de 101,87 mm e 359,08 mm e variação de 23,9 %, com amplitude de até 1348,82 mm, aproximadamente.

Gráfico 1 - Evolução Interanual das chuvas



Fonte: Dados CDTN e INMET; elaborada pelo autor

A partir dos dados gerados pela EMET/CDTN durante 20 anos de observações, de 1997 a 2017, pode-se constatar que a região apresenta tendência similar na frequência de chuva, em comparação com a série de 57 anos de dados gerados pela estação do INMET Belo Horizonte, como pode ser observado no Gráfico I. Observa-se também a semelhança para o período de sobreposição da curva de dados.

Para o período analisado as observações obtidas em ambas as estações apresentaram concordância satisfatória na estimativa dos volumes de precipitação, onde a ínfima diferença nos valores pode ser atribuída a fatores geográficos, tais como a diversidade de topografia, as altitudes dominantes e a dinâmica local das massas de ar, somando-se a estes as localidades embora muito próximas, são diferentes, o que pode produzir diferenças



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

nos registros em termos de acumulado de chuva, ou seja, a chuva não se distribui uniformemente pelo espaço, comportando-se como uma variável discreta, consolidando a validação dos dados da EMET/CDTN.

Os valores médios de precipitação em torno da média (Gráfico 1) no intervalo estabelecido através dos dados da estação EMET do CDTN (1997-2017), representando os anos que excederam o valor médio de precipitação e os anos quando houve deficiência, tendo como referência o valor médio anual para o município de Belo Horizonte, corrobora com o resultado apresentado pelos desvios, onde também é possível observar que o ano com maior valor excedente para o período de estudo (1997/2017 EMET/CDTN) acima do valor médio foi 2009 e, abaixo de valor, o ano de 2014, e o ano com maior proximidade da média 2015.

Na compreensão dos anos com valores episódios representativos da EMET/CDTN e avaliando os diferentes comportamentos da precipitação, na Tabela 4 é possível observar a variabilidade interanual das chuvas para os dados da EMET/CDTN, com os maiores e menores valores máximos. Se observarmos na Tabela 4, o ano 2009 apresente maior valor excedente 956,5 mm, desvio padrão de 180,7 mm e uma média de 198,88mm/mês de precipitação, caracterizando-o como representativo do período chuvoso. O ano de 2014 com uma maior deficiência 393 mm, também caracterizado pelo seu desvio 101,87 mm que se encontra sobremaneira abaixo da média pode ser denominado como seco. Os resultados apresentados levaram em consideração a técnica dos desvios, sendo assim temos o ano de 2015, quando os valores se aproximam da média 1407,99 mm, classificado como habitual.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 4 - Resumo da análise estatística de medida central e dispersão anual dos dados

ANO	MINIMO	MÉDIA	MÁXIMA	AMPLITUDE	DESVIO PADRAO	C. VARIAÇÃO	TOTAL ANUAL
1997	0,60	105,12	307,40	306,80	127,35	121,15	1406,29
1998	0,00	111,21	293,70	293,70	121,07	108,87	1261,40
1999	0,00	93,39	312,00	312,00	130,75	140,00	1334,50
2000	0,00	95,01	278,90	278,90	115,77	121,85	1120,69
2001	0,00	109,38	334,10	334,10	139,08	127,15	1140,11
2002	0,00	136,49	631,20	631,20	271,17	198,67	1312,59
2003	0,00	139,20	285,70	285,70	116,65	83,80	1637,90
2004	0,30	145,58	401,00	400,70	165,63	113,77	1670,40
2005	0,00	113,71	283,60	283,60	116,53	102,49	1746,99
2006	0,20	109,75	317,80	317,60	131,72	120,02	1364,50
2007	0,00	104,67	368,60	368,60	155,09	148,18	1317,01
2008	0,00	104,67	486,80	486,80	209,22	199,89	1256,00
2009	0,27	198,88	442,20	441,93	180,72	90,87	2386,50
2010	0,00	173,17	833,40	833,40	359,08	207,36	2078,00
2011	0,00	143,88	723,20	723,20	312,57	217,24	1726,61
2012	0,00	176,72	427,20	427,20	175,27	99,18	2120,69
2013	0,00	113,46	751,63	751,63	330,84	291,59	1361,51
2014	0,20	86,48	246,10	245,90	101,87	117,80	1037,70
2015	0,00	117,33	600,68	600,68	259,96	221,56	1407,99
2016	1,50	106,52	493,10	491,60	211,38	198,45	1278,20
2017	0,00	101,91	391,30	391,30	165,75	162,64	1222,90
Média (mm)	0,15	123,17	438,55	438,41	185,59	152,03	1489,11
Amplitude (mm)	1,50	112,40	587,30	587,50	257,21	207,79	1348,80
Ano Maximo **	2016	2009	2010	2010	2010	2013	2009
Ano Minimo*	---	2014	2014	2014	2014	2003	2014

Fonte: Dados CDTN; elaborada pelo autor

O uso da técnica de representação do “BoxPlot” através do gráfico de intervalos, levando em consideração os desvios padrões individuais (Gráfico 22), possibilita a identificação de características da distribuição da precipitação anual de forma visual eficiente onde pode-se ver os resultados que reafirmam os encontrados pelo método de desvios.

Podemos observar que a distribuição da precipitação para os dados do INMET no mesmo período dos dados do CDTN (1997-2017) os valores estão distribuídos entre as máximas e mínimas de 944,1mm e 2151,5 mm enquanto os dados do CDTN s valores se encontram entre a mínima de 1037,7 mm e máxima de 2120,7mm.

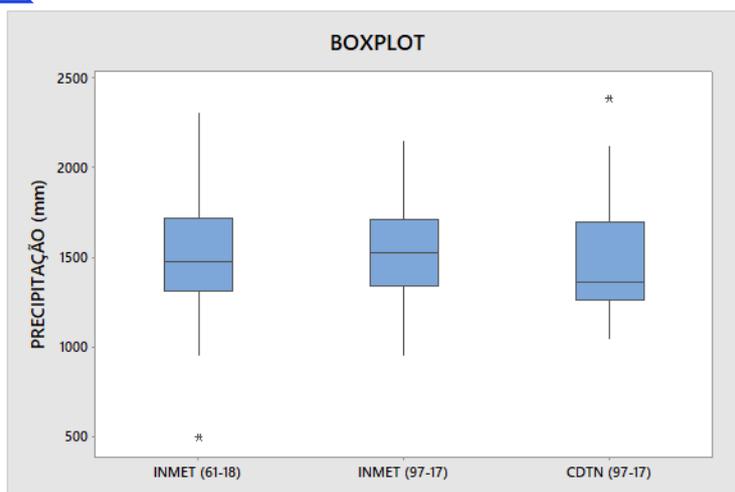
Gráfico 2 - Distribuição estatística com a técnica de *BoxPlot* dos dados anuais de pluviosidade



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: Dados CDTN, IMET; elaborado pelo autor

Em uma análise mensal dos dados, observa-se em ambas as estações (Gráfico 3) que não houve discrepância nas médias mensais de precipitação, observa-se também que não houve grande variação quanto à frequência das precipitações definido em dois períodos de seis meses, onde de outubro a março se concentram os maiores valores de precipitação e de abril a setembro os menores valores.

Notou-se que no mês de janeiro as precipitações entre 240 e 300 mm ocorreram com frequência similar ao longo dos anos. A precipitação de mês de fevereiro e março não variou significativamente, ocorrendo precipitações de 140-190 mm e 160-180 mm, respectivamente.

É evidente a diminuição do volume precipitado a partir do mês de abril até setembro, em ambas as estações, onde de acordo com os dados do INMET e CDTN temos uma variação na média das máximas de 28,66 mm, fato que pode estar associado a influência orográfica uma vez que a estação do INMET se encontra em maior altitude. Quanto ao valor médio das mínimas ambas as estações apresentaram um volume de 29,5 mm.

A evolução mensal da chuva (Gráfico 4Gráfico 1) reforça o resultado apresentado pelos desvios, onde é possível observar que o mês de maior desvio padrão (dezembro) é também o mês mais com maior volume de precipitação, e o mês de julho com um menor volume e, embora a tabela I apresente o menor desvio para maio, julho obteve dentro do período estudado vários anos com valor de precipitação igual a zero, sendo este considerado o mês mais seco, ou menos chuvoso.

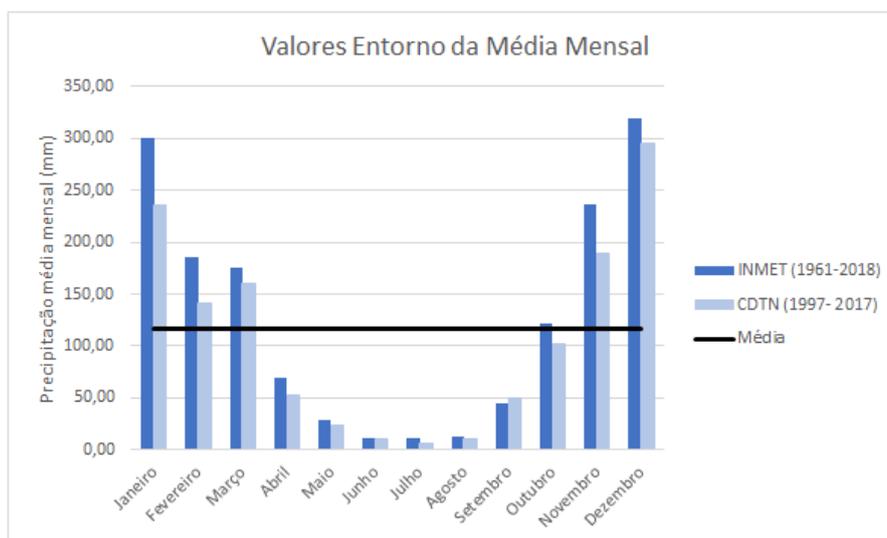


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

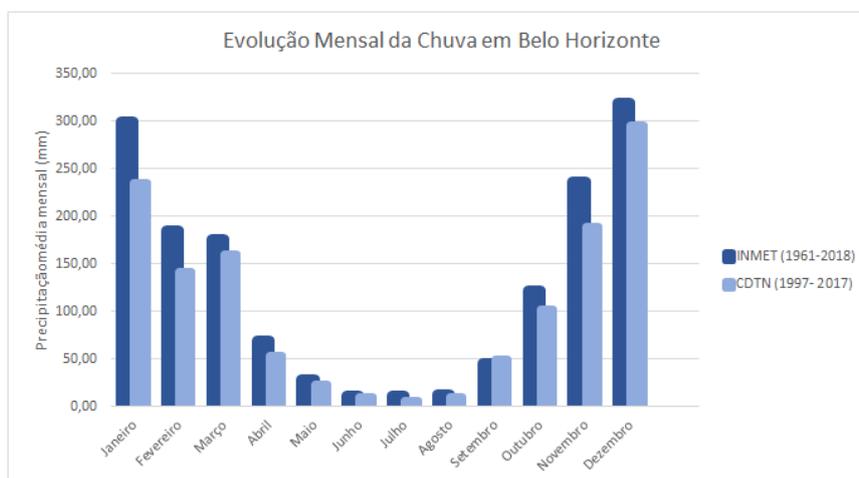
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 3 - Histograma dos valores das chuvas entorno da média mensal



Fonte: Dados CDTN, IMET; elaborado pelo autor

Gráfico 4 - Evolução Mensal das Chuvas



Fonte: Dados CDTN; elaborada pelo autor

A análise da pluviometria mensal da EMET/CDTN, baseada nas medidas estatísticas do conjunto de dados com informações sintetizadas na Tabela 5 apresenta os meses com maior pluviosidade e menor pluviosidade no período estudado. É possível observar a variabilidade mensal das chuvas com contrastes acentuados, com maior desvio padrão 227,16 mm em dezembro, mês que também representa a maior pluviosidade. O menor desvio



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de 12,80 mm foi registrado em julho mês de menor pluviosidade, também. O mês com valor tido para este trabalho como habitual e mais bem traduzido em outubro onde temos profusos valores próximo a média. Os valores do coeficiente de variação evidenciam a heterogeneidade dos dados.

Tabela 5 - Resumo da análise estatística de medida central e dispersão mensal dos dados

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1997	351,30	97,90	89,70	117,30	39,10	29,80	0,60	1,30	145,50	70,81	155,59	307,40
1998	228,71	214,20	18,70	51,10	66,40	1,10	0,00	1,30	47,60	130,60	92,40	133,40
1999	123,70	147,00	221,50	31,90	4,60	0,50	0,90	0,20	29,40	57,40	221,00	254,81
2000	294,99	117,20	98,50	43,40	2,90	0	3,50	18,30	55,80	40,50	257,90	278,91
2001	186,61	55,00	150,80	60,50	32,30	0	11,80	22,20	2,70	169,40	198,70	334,11
2002	253,40	207,00	74,39	20,00	18,90	0	8,20	2,70	75,20	43,00	177,20	434,90
2003	831,20	101,80	112,50	32,70	18,50	0	0,00	2,90	15,90	26,50	144,10	204,00
2004	75,80	285,70	108,60	75,00	16,60	15,30	36,70	52,00	88,70	140,70	229,40	370,10
2005	390,90	201,10	151,00	52,00	34,10	0,30	0,00	5,90	154,20	47,50	258,40	283,60
2006	182,30	104,80	266,00	30,20	29,30	2,30	2,50	12,40	0,70	89,20	64,50	144,00
2007	290,90	151,00	142,69	58,90	6,80	0,70	8,50	0,00	1,80	101,70	111,40	214,80
2008	442,20	218,00	369,80	164,20	4,40	9,60	0	43,60	134,80	53,50	341,20	833,40
2009	381,2	190,8	297,8	65,6	19,6	23	0	36,8	57,6	463,2	143,8	723,2
2010	209,6	105,4	261,2	49,8	26	1,4	0	0	69,2	204,02	427,2	292,2
2011	296,2	80,14	314,71	34,94	0	8	0	0	1,4	221,5	243,6	751,63
2012	424,5	51,44	310,83	45,27	63	7,52	0	0	31,71	58,11	394,8	59,23
2013	327,7	93,16	190	139,2	64,6	3	0	0,3	42	179,3	188,2	600,68
2014	58,90	58,80	96,70	180,00	0	6,20	0	0,20	1,80	86,80	193,30	126,00
2015	63	342,2	181,8	65	72	6,2	15,2	0	55,2	61,8	195,8	156,2
2016	348,40	181,90	117,40	61,60	0,10	116,20	2,40	1,50	97,90	126,40	292,50	493,10
2017	137,00	125,50	68,10	43,10	32,70	21,50	0	0	39,10	142,70	197,60	289,40
Média	271,36	149,05	173,46	66,27	26,28	12,03	6,59	9,60	54,68	119,74	215,65	340,05
Desvio padrão	143,75	76,99	97,00	41,02	23,48	25,38	12,80	15,91	47,65	97,16	92,10	227,16
Mínimo	58,90	51,44	18,70	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	26,50	64,50	59,23
Máximo	631,20	342,20	369,80	164,20	72,00	116,20	36,70	52,00	154,20	463,20	427,20	833,40
Amplitude	572,30	290,76	351,10	144,20	72,00	116,20	36,70	52,00	153,50	436,70	362,70	774,17
coef. Variação	52,97	51,65	55,92	61,89	89,33	211,00	194,32	165,71	87,15	81,14	42,71	66,80

Fonte: Dados CDTN; elaborada pelo autor

O uso da técnica de elaboração e representação do "BoxPlot" através do gráfico de intervalos levando em consideração os desvios padrões individuais, possibilitou a identificação de características da distribuição da precipitação para cada mês do ano durante o período de estudo para a estação (Gráfico 55Gráfico 5).

Observa-se que a maior concentração de chuvas desta categoria é registrada no período entre outubro e março. Este resultado não surpreende uma vez que se trata do período da estação chuvosa. As chuvas de outono e inverno são fracas e ocorrem predominantemente associadas à passagem de sistemas frontais. Durante a estação seca



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

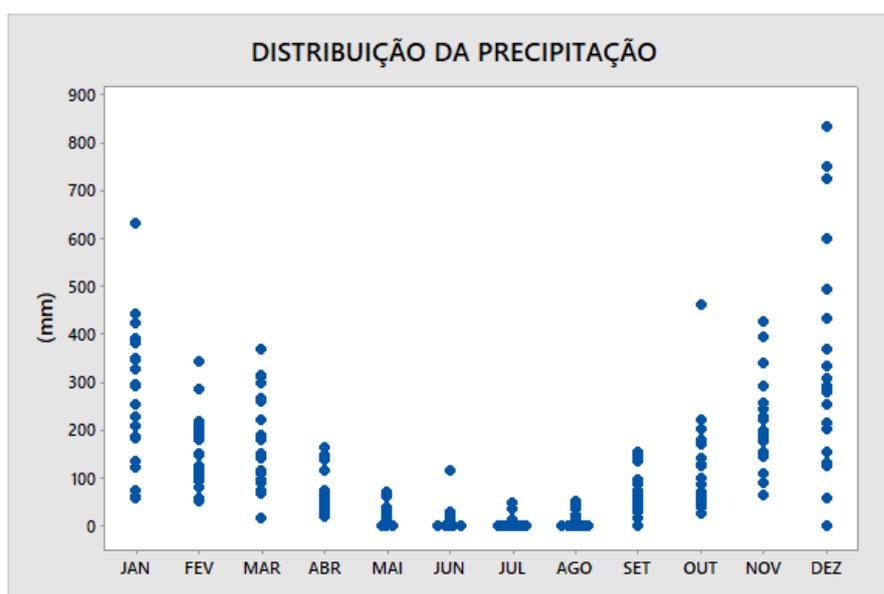
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

observa-se que não há ocorrência de chuvas intensas e o mês de julho registra os menores valores de precipitação.

No geral, o conjunto dos dados destacaram as características pluviométricas do município de Belo Horizonte, dos climas tropicais, com período chuvoso alternado por período seco.

Gráfico 5 - Comportamento da distribuição estatística dos dados mensais de pluviosidade



Fonte: Dados CDTN; elaborado pelo autor

A estação mais chuvosa de acordo com alguns autores deve-se à ocorrência da atividade convectiva local e a atuação de diversos sistemas atmosféricos (sistemas frontais, Linhas de Instabilidade-LI, complexos convectivos de mesoescala-CCM, convecção tropical-CV, Zonas de Convergência de Umidade e do Atlântico Sul-ZCOU/ZCAS) o que contribui para a precipitação (ABREU, 1998; REBOITA et al., 2010; MARENGO et al., 2012).

As estações do INMET são referências de estudos climáticos em todo o Brasil e de acordo com INMET (2017) os períodos de maiores e menores pluviosidades climatológicas mensais para o município de Belo Horizonte, baseado nas médias mensais acumuladas e calculadas para o período de 1961-2018, indicam o mês onde se registra o maior acúmulo de precipitação, ou seja, o mês mais chuvoso em dezembro com 333 mm e com 11 mm de precipitação julho como o mês mais seco ou menos chuvoso, corroborando assim com os



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

resultados discutidos acima obtidos da EMET/CDTN e embasado a qualidade da representatividade dos dados.

4. Considerações finais

Este trabalho apresentou uma caracterização dos episódios representativos da precipitação em Belo Horizonte, no período de 1997 a 2017. Para tanto, foram utilizados dados da estação meteorológica do CDTN em Belo Horizonte – MG em comparação com uma série de 57 anos de dados do INMET (1961-2018). Em termos anuais foi possível inferir anos representativos de pluviosidade habitual (2015), excessivo ou chuvoso (2009) ou escasso/seco (2014) para o período estudado o que corrobora com estudos anteriores, uma vez que este estudo se iguala a resultados apresentados pelo INMET.

Procedendo os valores médios mensais, os meses entre novembro e março registram os maiores índices pluviométricos e maior número de dias chuvosos. Sendo dezembro o mês mais chuvoso (média de 340,05 mm) e o mês de julho como o mais seco (média de 6,59 mm).

Observa-se a ocorrência de duas estações, uma chuvosa e outra seca, de duração aproximada de seis meses, nitidamente distintas. A concentração de chuvas em determinados meses do ano (notadamente o verão) é um traço comum às regiões de clima tropical, sendo os meses de inverno habitualmente secos. A análise, embora realizada com dados pontuais, possibilitou relacionar os episódios representativos e realizar um agrupamento de classe baseado na pluviosidade da área estudada.

Segundo Moreira (2002) isso ocorre em virtude da localização geográfica e influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais onde tem-se duas estações bem marcadas, inverno seco, em que a FPA e o ASAS atuam e verão chuvoso, em que os sistemas convectivos associados ao aquecimento continental e a (ZCAS) predominam. Fenômenos de escala global (El Niño e La Niña) também influenciam na variabilidade das chuvas.

No período de janeiro de 1997 a janeiro de 2018 foram registrados eventos de chuvas acima da média anual como o ano de 2002 classificado como mais chuvoso. Esses eventos coincidem com a ocorrência de Zona de Convergência do Atlântico Sul e, ao mesmo tempo, o reconhecimento das ocorrências de ZCAS revelou que elas se dão nos meses de maior



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

persistência da precipitação em Belo Horizonte (ZCAS), apontados no Boletim Climanálise (CPTEC, 2016).

5. Referências

ABREU, M. L., QUADRO, M. F. **Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul**. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, MG, 1994, v. 2, 620-623.

ABREU, M. L. **Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: De Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul**. GEONOMOS, v.8, n.2, p.17-22, 1998.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. **Bases conceituais em Climatologia Geográfica**. Mercator, ano 8, n. 16, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Centro de previsão de tempo e estudos climáticos**. Previsão do tempo. [S.l.]: CPTEC, 2016. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: abril de 2020.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. **Crêterios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido**. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. São Paulo: FFLCH/USP, 2005.

GOMES, L. P. O; SILVA, A. A.F; SOUZA, L. B. **Notas sobre a seleção de anos-padrão para o estudo da gênese e da dinâmica climática no estado do Tocantins: aspectos metodológicos a partir da inclusão do critério espacial**. Geonorte, Manaus, v.1, n.5, p. 628-641, 2012.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; MISRA, V.; DIAS, P. L. S.; CAVALCANTI, I. F. A.; CARVALHO, L. M. V.; BERBERY, E. H.; AMBRIZZI, T.; VERA, C. S.; SAULO, A. C.; NOGUES-PAEGLE, J.; ZIPSER, E.; SETH, A.; ALVES, L. M. **Review recent developments on the South American monsoon system**. International Journal of Climatology, v. 32, n. 1, p.1-21, jan. 2012.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**. São Paulo: IGEOG, 1973.

MOREIRA, J. L. B. **Estudo da distribuição espacial das chuvas em Belo Horizonte e em seu entorno. 2002**. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. **Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 2, p.185-204, jun. 2010.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista. 1990.** 156f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVESTRE, M.R; SANT'ANNA NETO, J. L. FLORES, E. F. **Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica.** Revista Formação, n.20, volume 2 – p. 23-53, São Paulo, 2017.

SORRE, M. **Objeto e método da climatologia. In: Traité de Climatologie Biologique et Médicale.** Tradução de José Bueno Conti. Paris: M. Piery Masson et Cie Éditeurs, 1934. Vol. 1, p.1-9. Original em francês.

TAVARES, A. C. **Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica.** Geografia, v.1, n.1, p.79-87, 1976.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ASPECTOS DA VARIABILIDADE DA TEMPERATURA DO AR EM BELO HORIZONTE, A PARTIR DE SÉRIE DE DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

Aline Fabiane Gonçalves de Oliveira¹
Carlos Henrique Jardim²
Naro Júnio Martins Freitas³

RESUMO

Visando contribuir com a produção e análise de dados climáticos para construção de modelos de dispersões de radionuclídeos e poluentes em geral, o presente artigo analisa as variações de temperatura do ar obtidas junto à Estação Meteorológica do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (EMET/CDTN) em Belo Horizonte MG. Para chegar aos resultados os dados foram selecionados e analisados por meio da variação percentual da temperatura do ar ao longo dos anos em relação à média. Foram avaliados os resultados dos cálculos de temperatura máxima, média e mínima no período de 1997 a 2017 em paralelo aos dados da estação meteorológica da rede oficial do INMET (1961-2018) Belo Horizonte, para identificar padrões na variabilidade desse atributo atmosférico. Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa MINITAB17 e o software Excel para compilação dos dados e construção dos gráficos, cujos resultados indicaram, além da variação percentual da amplitude térmica por ano em relação à média, três categorias climáticas (frio, quente e habitual).

Palavras-chave: Temperatura do ar; Variabilidade; Clima local.

ABSTRACT

In order to contribute to the production and analysis of climatic data for the construction of dispersion models of radionuclides and pollutants in general, this article analyzes the variations in air temperature obtained from the Meteorological Station of the Nuclear Technology Development Center (EMET / CDTN) in Belo Horizonte-MG. To arrive at the results, the data were selected and analyzed by means of the percentage variation of the air temperature over the years in relation to the average. The results of the maximum, average and minimum temperature calculations from 1997 to 2017 were evaluated in parallel with data from the meteorological station of the official network of INMET (1961-2018) Belo Horizonte, to identify patterns in the variability of this atmospheric attribute. To perform the statistical analyzes, the MINITAB17 program and the Excel software were used to compile the data and build the graphs, the results of which indicated, in addition to the percentage variation of the thermal amplitude per year in relation to the average, three climatic categories (cold, hot and habitual).

Keywords: Air temperature; Variability; Local climate.

¹ Doutoranda Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear CDTN

² Doutor Universidade Federal de Minas Gerais UFMG

³ Graduando Centro Universitário de Belo Horizonte UNIBH



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

Atualmente, a facilidade de acesso a inovações científicas e tecnológicas destinadas as análises climáticas, possibilita um aumento progressivo no entendimento das inter-relações entre o clima e as atividades humanas. Apesar destes avanços, uma grande parcela da população continua vulnerável aos fenômenos climáticos naturais, sobretudo aqueles de maior magnitude a instabilidade atmosféricas, que se apresentam marcados por desvios, como calor ou frio em excesso, ou ainda estiagens ou precipitações fora do habitual.

Estudos a cerca desta temática tem grande importância e influência na caracterização do clima de uma região ou localidade, influenciado na agricultura, segurança, conforto térmico da população e planejamento urbano, permitindo previsões e construção de cenários mais confiáveis para apoio a decisões político-administrativas.

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC, 2013) as catástrofes naturais afetaram 96,2 milhões de brasileiros no período entre 1991 e 2012 e muitas dessas tragédias são deflagradas por variações dos elementos atmosféricos. Episódios como inundações e estiagens podem ocasionar perdas de vida, danos materiais e ambientais.

Segundo Silvestre et al (2013), classificar um conjunto de dados é uma das etapas primordiais para realização de um estudo que busque compreender aspectos referentes ao clima de uma região e suas variações, assim como coletar e analisar corretamente os dados meteorológicos da série.

Um critério muito utilizado para classificar dados climáticos refere-se à técnica de desvio-padrão em relação à média. Entretanto, essa técnica é mais adequada para conjuntos de dados que apresentem distribuição simétrica. Sant'Anna Neto (1995) utilizou a técnica de desvio-padrão em sua tese de doutorado para representar a evolução temporal das chuvas, no Estado de São Paulo, no período entre 1941 a 1993. O autor conseguiu definir cinco classificações para os anos com relação à chuva: S (ano seco), TS (ano tendente a seco), H (ano habitual), TC (ano tendente a chuvoso) e C (ano chuvoso).

Em sua pesquisa, Queiroz (2015) classificou os anos padrões de temperatura do ar para a Bacia do Rio Paranaíba com o intuito de realizar uma experiência de verificação da técnica de anos padrões adaptados a variável temperatura. A partir dos resultados obtidos observou-se que, no período estudado, a maior amplitude térmica na bacia foi nas porções



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

sul e oeste, tendo sido registradas as temperaturas máximas e mínimas anuais. Essa dinâmica da bacia pode ser compreendida por meio de sua Hipsometria, com altitude mais baixa na porção sudoeste, tanto quanto pela dinâmica das massas de ar na região.

Para analisar as possíveis tendências climáticas da temperatura no Estado de São Paulo, Dufek e Ambrizzi (2005) calcularam cinco índices climáticos baseados nos dados diários de temperatura máxima e mínima através do *software RCLimDex*, um programa, baseado no Microsoft Excel, que proporciona um pacote computacional que é usado no cálculo de índices de extremos climáticos para monitorar e detectar mudanças climáticas. Através do método dos mínimos quadrados determinou-se a tendência anual e sazonal da temperatura máxima e mínima, bem como dos seus respectivos índices climáticos. Neste trabalho utilizou-se de um período mais longo de dados diários de temperatura e outro mais curto (1990-2002). O estudo indicou possíveis variações climáticas na tendência anual da temperatura máxima e mínima no Estado de São Paulo, apontando para uma tendência a condições mais quentes.

Em uma análise buscando a definição dos anos referência para a série histórica do CDTN, a melhor opção encontrada foi construir uma classificação levando-se em conta a maioria das classificações realizadas pelos autores, aplicando a metodologia destacada por Sant'Anna Neto (1995), adaptada e apoiada na estimativa dos valores de desvio padrão aplicada à séries temporais de dados de temperatura do ar das estações meteorológicas do CDTN e do INMET para o município de Belo Horizonte, no período compreendido entre 1997 e 2017.

Pode-se dizer que o desvio-padrão representa a distância típica dos dados em relação à média. Isto significa que quanto menor o desvio-padrão, maior homogeneidade existe entre os dados. Dentre as medidas de dispersão e variabilidade é uma ferramenta que possibilita a comparação entre amostras diferentes e permite estimar variações ao acaso levando em consideração todos os dados da amostra. As demais medidas têm a inconveniência de não ter diferentes unidade de medidas dificultando comparação direta entre a medida e os dados originais.

O desvio padrão elimina erros de arredondamento e não sofre influência de extremos e, portanto, fornece uma medida da confiabilidade do valor médio. No entanto é preciso ficar atento, uma vez que uma de suas deficiências refere-se ao fato de causar separações



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

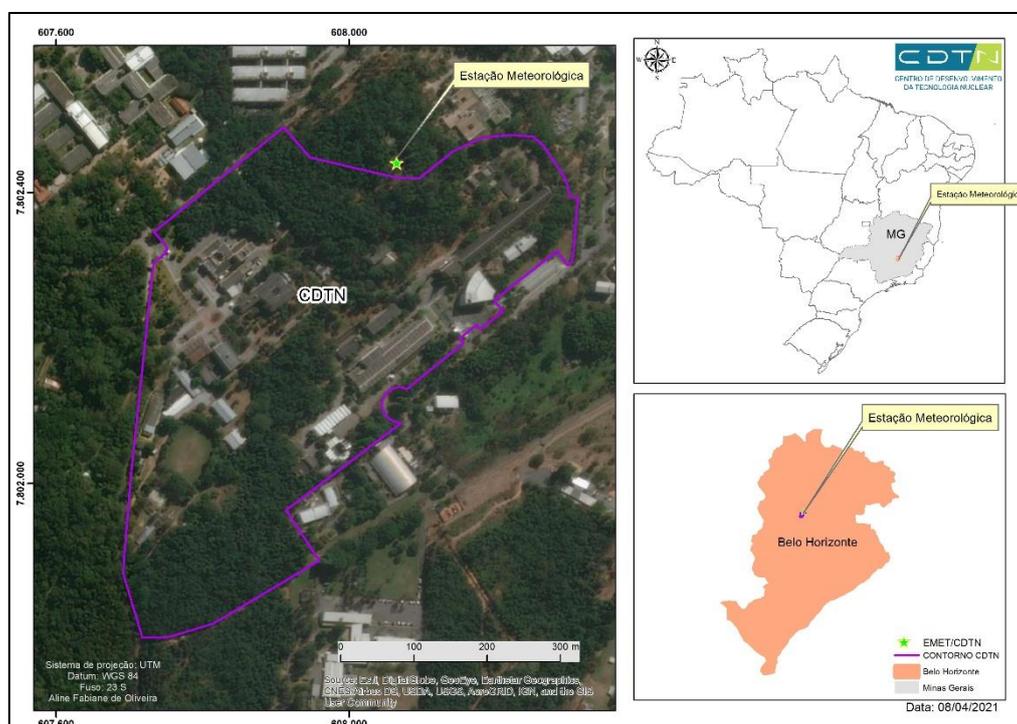
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

abruptas em classes vizinhas de valores, não devendo-se utilizá-lo para escalas distintas, o que não é o caso.

Essa categorização visa a obtenção de amostras de situações climáticas locais de Belo Horizonte, que serão utilizadas em pesquisa posterior relativas à modelagem do clima local em situações de risco envolvendo vazamento de radionuclídeos.

As instalações do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) estão localizadas na cidade de Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais, região sudeste do Brasil. O CDTN dispõe de um sistema automático de observações meteorológicas, a EMET/CDTN, operando em modalidade automática por meio de equipamentos desde setembro de 1996. Este sistema está a 857 m de altitude em relação ao nível do mar, ponto de maior altimetria do terreno da UFMG, localizada nas coordenadas UTM 608.050 E e 7.802.451 N Datum WGS-84, fuso 23S ou 23K (Figura 1).

Figura 4– Localização da Estação Meteorológica do CDTN



Fonte: Núcleo de Pesquisa em Geotecnologias e Modelagem Ambiental CDTN



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O município de Belo Horizonte está localizado na região central do estado de Minas Gerais ($19^{\circ}46'35''$ Sul e $43^{\circ}51'47''$ Oeste), com área de 331,41 km². As altitudes na maior parte do município variam entre as cotas de 750 (norte, região da Pampulha) e 1150 m (ao sul, próximo a Serra do Curral).

O clima de Belo Horizonte é caracterizado pela existência de um período de seca no inverno e chuvoso no verão, com total médio anual de 1463,7 mm. A temperatura média anual é de 21,1 °C, sendo o mês mais quente fevereiro com 23,0 °C e o mais frio em julho com 18,0 °C. A temperatura máxima absoluta registrada no período entre 1961-1990 foi de 36,9 °C em 1987 e a mínima de 3,1 °C em 1979 (INMET, 1992). Sua localização assinala transição e conflito entre sistemas atmosféricos tropicais e extratropicais.

Embora a mancha urbana estenda-se por praticamente todo o território do município, a vegetação original incluía formações típicas de cerrado, mata ciliar, matas estacionais, campos rupestres e campos de altitude.

2. Metodologia

Para realização dessa investigação foram obtidos, junto a EMET/CDTN, dados horários de temperatura do ar mínima, máxima, instantânea e amplitude térmica, no período de 1997 a 2017, sendo este o período de consistência relevante dos dados.

Os resultados obtidos a partir da análise dos desvios padrão e média dos dados da EMET/CDTN foram aferidos com uma série de 57 anos de dados (1961-2018) e o intervalo que se sobrepõe ao do CDTN de 20 anos entre 1997 e 2017 do INMET, a fim de validar a metodologia aplicada a séries mais curtas, como é o caso do CDTN.

Em seguida os dados foram agrupados e tabulados anual e mensalmente, por meio de planilha eletrônica do Excel possibilitando, assim, definir a temperatura máxima, mínima, média e amplitude térmica mensal e anual. Subsequentemente calculou-se o desvio-padrão, sendo possível classificar os “episódios referência” da temperatura máxima, mínima, média e amplitude térmica em relação à média (Tabela 6), tendo como base a técnica de anos padrão.

Optou-se aqui por agrupamentos anuais e mensais ao longo dos anos, em escala interanual dos dados, devido ao fato das variações de temperatura refletirem, em grande parte, as variações da radiação solar incidente ao longo das estações do ano.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para estudos de microclima, períodos curtos ou problemáticas pontuais, o recomendado é um estudo das variações em escala intra-anual, que considera as variações horarias/diárias/mensais, visto que a temperatura reflete sua variação de acordo com a incidência de radiação ao longo do dia. Tipicamente, a menor temperatura ocorre próximo ao nascer do sol, como resultado de uma noite de resfriamento da superfície da Terra, e a temperatura mais alta ocorre usualmente no começo ou meio da tarde, enquanto o pico de radiação ocorre ao meio dia.

Tabela 6 -Classificação e intervalos do ano padrão

Classificação	Intervalo
FRIO	$< X-S$
HABITUAL	$>X-S$ e $<X+S$
QUENTE	$>X+S$

Onde:

S: desvio-padrão

X: média das temperaturas extremas (máxima ou mínima), da média de temperatura ou amplitude térmica

Com base nos resultados do desvio-padrão foram tabulados os dados de temperatura máxima, mínima, média e amplitude térmica por ano e sua respectiva classificação. Para facilitar a compreensão da classificação dos dados foram definidas cores correspondentes as faixas de classificação (Tabela 2):

Tabela 7 - Classificação de cores

Classificação	Cores
FRIO	
HABITUAL	
QUENTE	



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3. Resultados e discussão

Na tabela 3, encontra-se o tratamento de dados referente às temperaturas médias, habituais, mínimas, máximas e de amplitude térmica da EMET/CDTN. Nessa mesma tabela são apresentados os valores de desvio-padrão e os intervalos definidos a partir do mesmo, para posterior classificação dos “episódios”, conforme a metodologia.

Após realizar os cálculos, foi possível classificar os dados temperatura máxima, mínima, média e de amplitude térmica por ano. Vale destacar que o período analisado possui grande consistência dos dados, principalmente, no que se refere a ausência de falhas.

Com base nos resultados, inicialmente, foram classificados os “episódios” de temperatura máxima em quente, habitual e frio, utilizando-se a metodologia apresentada na Tabela 6.

Após a classificação na definição dos padrões para máximas, tem-se o ano de 2004 como frio, 2008 e 2011 como quente e 1998 e 2005 como habitual, estabelecendo na classificação para ano habitual o cálculo a partir da média de (-1 a +1) de acordo com Queiroz, 2015. No que tange a “episódios de referência” da temperatura mínima, ao calcular a média dos dados verifica-se que foi classificado nenhum ano como quente, o de 2011 frio e o habitual o ano de 2003.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 3 - Temperatura e suas respectivas variações percentuais anual da EMET/CDTN

Ano	Temp. Máx	Temp. Méd	Temp. Mín	Amplitude
1997	24,88	22,61	17,73	7,16
1998	24,41	22,04	19,14	5,27
1999	22,95	21,09	18,98	3,97
2000	25,19	22,09	18,28	6,91
2001	23,46	21,70	19,45	4,02
2002	24,42	22,22	19,41	5,02
2003	23,31	21,32	18,37	4,94
2004	19,24	18,61	17,46	1,78
2005	24,39	21,78	18,00	6,39
2006	24,03	21,93	18,95	5,09
2007	23,56	21,80	19,21	4,35
2008	27,61	23,21	18,68	8,93
2009	25,40	22,85	18,52	6,88
2010	24,71	22,04	18,80	5,91
2011	26,15	20,88	13,93	12,22
2012	25,49	21,77	19,09	6,41
2013	23,98	21,66	19,15	4,83
2014	25,06	22,00	18,52	6,55
2015	25,31	22,75	18,84	6,47
2016	24,24	22,21	19,42	4,82
2017	24,59	20,14	15,81	8,78
Média	24,40	21,75	18,37	6,03
Desvio padrão	1,54	0,97	1,29	2,11
Mínimo	19,24	18,61	13,93	1,78
Máximo	27,61	23,21	19,45	12,22

FRIO	Menor que	22,86	20,78	17,08	3,92	BAIXA
HABITUAL	Entre	22,86 - 25,94	20,78 - 22,72	17,08 - 19,65	3,92 - 8,14	HABITUAL
QUENTE	Maior que	25,94	22,72	19,65	8,14	ALTA

Fonte dos dados: CDTN, 2018

Ao definir os padrões pelo maior número de ocorrências no respectivo ano, pode-se concluir que assim como na análise da temperatura máxima, o ano de 2008 se destaca na faixa quente, bem como 2004 na faixa fria.

Os dados analisados para o período que compreende 57 anos de dados (1961- 2018) do INMET foi possível observar na tabela 4 os valores limiares para quente, habitual e frio, onde se verifica na definição dos “episódios referência” para máximas o ano de 1961 como quente, 1964 como frio e 1988 como habitual estabelecendo na classificação para ano



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

habitual o cálculo a partir da média de (-1 a +1) de acordo com (QUEIROZ, 2015). No que concerne a “episódios referência” da temperatura mínima, ao calcular a média dos dados verifica-se que foi classificado como quente o ano de 2015, frio o ano de 1968 e habitual o ano de 1966.

Para os mesmos dados levando em consideração o maior número de ocorrências no respectivo ano, obteve-se como resultado o ano de 1968 como frio, 1988 como habitual e 2015 como quente.

Tabela 4 - Temperatura e suas respectivas variações percentuais anual da INMET

FRIO	Menor que	28,93	12,50	20,86	14,62	BAIXA
HABITUAL	Entre	28,93 - 30,82	12,50 -15,22	20,86 - 22,28	14,62 - 17,42	HABITUAL
QUENTE	Maior que	30,82	15,22	22,28	17,42	ALTA

Fonte dos dados: INMET, 2019.

Pode-se observar que os períodos não se sobrepõem quando se compara o intervalo de 20 anos de dados do CDTN/INMET, o que pode ser justificado pela diferença das fontes dos dados, não só em função da topografia, vegetação e urbanização diferente em ambas as áreas. Embora os anos tidos como quente, frio e habitual não sejam exatamente o mesmo, foi possível concluir que o limiar médio para definição em ambas as estações ficaram próximos não ultrapassando 1,0°C de diferença, aonde para a o período frio a estação do CDTN (20 anos de dados, série tida como curta) apresentou o valor 20,8°C para 20,78 °C da estação do INMET (57 anos de dados, série longa), para o período quente a estação do CDTN apresentou 22,72 °C enquanto a estação do INMET apresentou 22,28 °C.

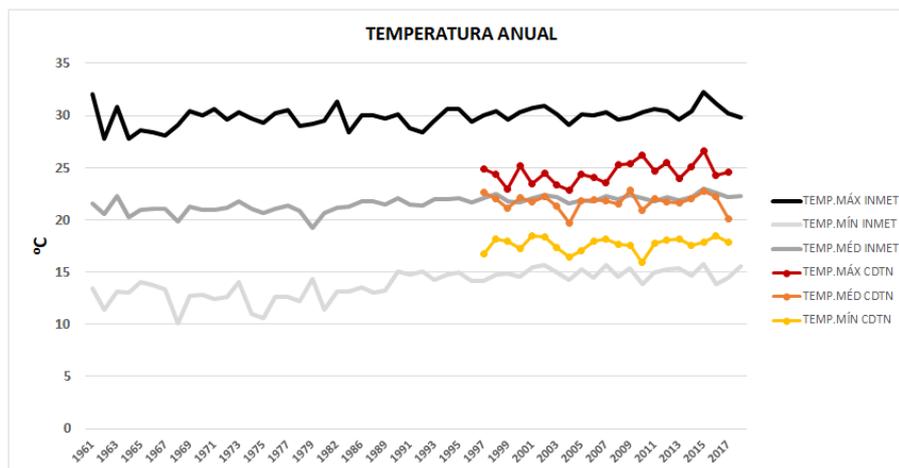


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 5 - Gráfico das temperaturas máximas, mínimas e médias CDTN.



Fonte dos dados: CDTN, INMET; 2018

A amplitude térmica, ou seja, a variação entre as máximas e mínimas de temperatura foi melhor observada nos dados diários do que nos dados anuais, sendo a amplitude térmica diária maior do que a amplitude térmica anual. Os períodos mais frios apresentam uma maior amplitude térmica em relação aos períodos mais quentes. Em uma avaliação no período de 20 anos para ambas as estações, pode-se observar um pico positivo (+) no ano de 2011 e um pico negativo (-) para o ano de 1999. A estação do CDTN tem o ano de 2004 de baixa amplitude, o de 2011 como de alta amplitude e o ano de 2010 como amplitude habitual (Tabela e Figura 6), enquanto a estação do INMET tem para o mesmo período o ano de 2016 de alta amplitude, o ano de 2013 de baixa amplitude e o ano de 1994 com amplitude habitual.

As variações nos valores de amplitude térmica se dão em razão dos diferentes tipos de relevo, vegetação local e características de uso do solo, além do clima e das massas de ar atuantes em cada época e região.

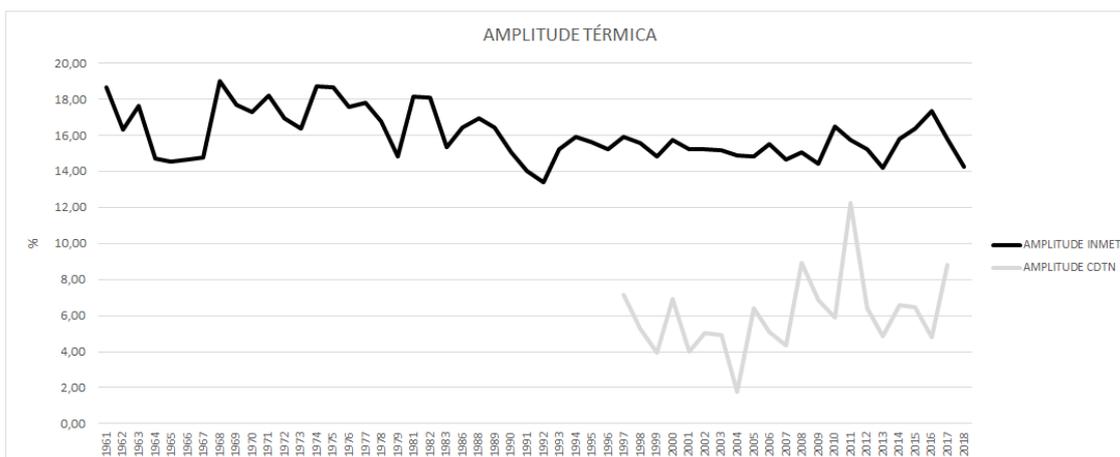


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 6 - Gráfico de amplitude térmica da temperatura



Fonte dos dados: CDTN, 2018 e INMET 2019.

A definição e classificação dos “episódios referência”, buscando definir eventos climáticos a partir da predominância e percentual dos padrões quentes, frios e habituais aqui apresentados, e levando em consideração informações referentes a amplitude térmica, pode se concluir que no período analisado para a EMET/CDTN de 1997-2017, 2008 foi um ano quente, 2004 um ano frio e como ano habitual 2005.

Em Belo Horizonte, o verão é a estação quente e também a mais chuvosa devido à ocorrência da atividade convectiva local e a atuação dos sistemas atmosféricos como o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) para a região sudeste e também a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), o que contribui para a precipitação nesse período. Já no inverno, a convecção local enfraquece, tanto pela redução do aquecimento da superfície quanto pela atuação do setor oeste do ASAS sobre o sudeste do Brasil, o que contribui para o período seco.

Em uma análise estatística buscando conhecer dentro dos períodos os meses que representam e caracterizam uma referência de episódios, pode-se observar, de acordo com a tabela 4, que os meses de junho e julho são mais frios de acordo com todos os percentuais e os meses de janeiro a março são os mais quentes. E, com a exceção dos valores mínimos de temperatura, que exhibe um episódio isolado de queda da mínima de temperatura em 2016, tem-se o mês de abril como o mês com características mais próximas às condições habituais.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Inúmeros estudos, desde a classificação de Koppen, já referenciavam esses meses característicos para a região de Belo Horizonte como frio (junho e julho) e quente (dezembro a março), onde pode-se considerar um clima tropical influenciado pela altitude com inverno seco e verão chuvoso. Fato este, verificado entre os meses de junho e agosto, ocorrer em função da atuação de massas de ar fria com alta pressão no sudeste do Brasil e seus avanços consecutivos propiciando condições de tempo estável, seco e frio. Enquanto nos meses mais quentes tem-se padrão de circulação atmosférica instável, com atuação de diversos sistemas, principalmente tropicais, com forte advecção de umidade do oceano Atlântico.

Além dos sistemas atmosféricos, as ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) alimentam e intensificam a perturbação frontal (SFA), as linhas de instabilidade (LI) que se formam no interior do ar tropical e polar e os complexos convectivos de mesoescala (CCM), além da convecção tropical (CV), que também atuam a partir de interações dinâmicas atmosféricas na caracterização climática da região.

Tabela 5 - Temperatura e suas respectivas variações percentuais mensal da EMET/CDTN

Variável	Mês	Média	DesvPad	Mínimo	Máximo	Amplitude
TEMPERATURA	Abril	21,810	2,087	13,926	23,457	9,531
	Agosto	20,369	0,815	19,093	21,711	2,618
	Dezembro	22,360	1,491	18,067	23,930	5,863
	Fevereiro	23,640	1,771	18,652	27,606	8,954
	Janeiro	23,376	1,765	18,624	26,579	7,955
	Julho	19,092	1,084	15,810	21,189	5,380
	Junho	19,250	0,720	17,728	20,600	2,872
	Maiο	22,042	1,624	18,642	25,329	6,687
	Março	23,219	1,708	18,638	27,402	8,764
	Novembro	22,099	1,776	17,862	24,908	7,046
	Outubro	22,363	1,699	18,272	25,310	7,038
	Setembro	21,343	1,653	17,451	23,965	6,514

Fonte dos dados: CDTN, 2018

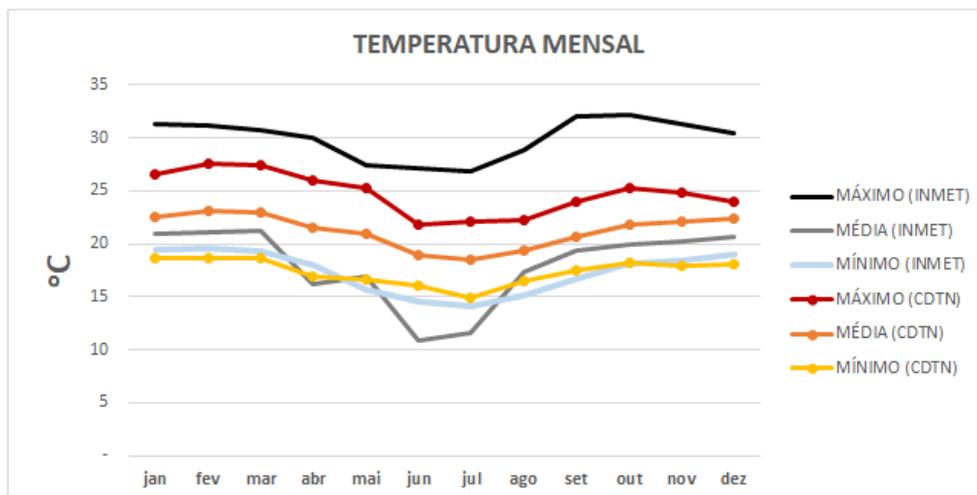


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 7 - Gráfico das temperaturas máximas, mínimas e médias mensais



Fonte dos dados: CDTN, INMET; 2018.

4. Considerações finais

De acordo com dados do INMET os períodos de maiores e menores temperaturas e pluviosidades mensal para o município de Belo Horizonte, baseado nas médias mensais calculadas para o período de (1961- 2018), indicam fevereiro como o mês em que se registrou a maior média de temperatura, ou seja, mês mais quente com 23°C e a menor média mensal de temperatura de 19°C em julho, corroborando assim com os resultados dos dados obtidos a partir da análise dos dados da EMET/CDTN, embasando a qualidade da representatividade dos dados para a região.

Esse é um efeito natural decorrente da passagem do Sol sobre Belo Horizonte em seu movimento aparente. A primeira passagem ocorre no final de outubro, quando se verificam os maiores picos anuais de temperatura, no final de dezembro chega na latitude do trópico de Capricórnio e depois volta para o hemisfério norte, quando passa novamente por Belo Horizonte em fevereiro.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, comparando com dados em relação a série do INMET para o município de Belo Horizonte, pode-se dizer que a metodologia com base na aplicação de desvios-padrão para definição e classificação de “episódios de referência” de temperatura para o clima de Belo Horizonte, a partir de dados locais, foi uma



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ferramenta de aplicabilidade prática e contribuiu para a compreensão da variabilidade dos dados.

Os “episódios” de temperatura aqui definidos condizem com a realidade local, de acordo com diversas literaturas sobre o tema apresentado. Em Assis, (2010) é possível compreender como as diferentes condições atmosféricas implicam diretamente no cotidiano das pessoas e a importância de se conhecer e diferenciar os períodos em função de uma melhor organização e preservação da sociedade e meio ambiente.

Shinzato e Duarte (2018) em seu trabalho evidenciam a importância de se estudar climas locais (microclima) em função de estudar as diferentes características comportamentais do clima frente a fatores que podem causar variações locais, tal como a vegetação, e chegaram à conclusão de que os valores da temperatura são os mais impactados por fatores locais, influenciando diretamente o conforto térmico. E, também, fornecendo dados para melhor detalhamento e aplicabilidade em modelos para estudos de monitoramento ambiental e dispersão de poluentes.

A verificação da qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos a partir da metodologia utilizando das técnicas estatísticas média e desvio padrão demonstram que, tais técnicas devem ser vistas de modo favorável nos estudos da ciência climatológica.

5. Referências

ASSIS, W. L. **O Sistema Clima Urbano do Município de Belo Horizonte na Perspectiva Têmporo-espaçial**. Tese (Pós-Graduação em Geografia) Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte, MG. 2010. 319 p.

DUFEK, A. S; AMBRIZZI, T. **Variabilidade climática da temperatura no Estado de São Paulo**. Anais da Sociedade Brasileira de Meteorologia, Florianópolis, 2006.

INMET- **Instituto Nacional de Meteorologia Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET**. Nota Técnica: No 001/2011. Brasília, DF, 1992

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia** – MG. 2001. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

QUEIROZ, A. T de; **Classificação dos Anos Padrões de Temperatura do ar na Bacia do Rio Paranaíba**. Anais do XII ENAPEGE, 2015.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo: Contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. 1995.**

Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SILVESTRE, M. R., SANT'ANNA NETO, J. L., FLORES, E. F. **Crerios Estatísticos Para definir anos padrão: uma contribuição à Climatologia Geográfica.** Revista Formação, n.20, vol. 2, p. 23-53, 2013.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, CEPED – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012:** Segunda Edição, Florianópolis, 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CLASSIFICAÇÃO DE ANOS PADRÃO DE PLUVIOSIDADE NA REGIÃO METROPOLITANA DE SOROCABA-SP

IVAN VASCONCELOS DE ALMEIDA SÁ¹
EDELCI NUNES DA SILVA²

RESUMO

O estudo do clima evoluiu bastante ao longo dos tempos. Na caracterização climática de uma localidade, estudar o ritmo se faz importante para conhecer a dinâmica em uma determinada escala, como também as interações resultantes dos movimentos que ocorrem na atmosfera. A caracterização destes fenômenos pode ser realizada pela técnica de Anos Padrão, onde, a partir de uma determinada variável, os anos são classificados de acordo com as semelhanças entre essas características dos atributos atmosféricos, formando grupos de anos em comum. Este trabalho tem como objetivo comparar duas técnicas diferentes para classificar anos padrão, utilizando dados da Região Metropolitana de Sorocaba. Foram coletados dados de 20 pluviômetros do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo, no período entre os anos de 2000 a 2015, sendo aplicadas as técnicas estatísticas de desvio padrão e quartil (*boxplot*). Os anos mais chuvosos e secos foram semelhantes com as duas técnicas, havendo maiores diferenças naqueles anos mais próximos a média. Os anos de 2009 e 2015 foram considerados chuvosos nas duas classificações, enquanto os anos de 2011 e 2014 foram considerados secos. 2007 foi um ano habitual chuvoso e 2013, habitual seco.

Palavras-chave: Ano Padrão; Climatologia; Pluviosidade.

ABSTRACT

The study of climate has evolved considerably over time. In the climatic characterization of a locality, studying the rhythm is important to know the dynamics on a given scale, as well as the interactions resulting from the movements that occur in the atmosphere. The characterization of these phenomena can be performed using the Standard Years technique, where, based on a given variable, the years are classified according to the similarities between these characteristics of the atmospheric attributes, forming groups of years in common. This paper aims to compare two different techniques to classify standard years, using data from the Metropolitan Region of Sorocaba. Data were collected from 20 pluviometers of the Department of Water and Electricity (DAEE) of the State of São Paulo, in the period between the years 2000 to 2015. The statistical techniques of standard deviation and quartile (*boxplot*) were applied. The rainiest and driest years were similar with both techniques, with greater differences in those years closer to the average. The years 2009 and 2015 were considered rainy in both classifications, while the years 2011 and 2014 were considered dry. 2007 was a usual rainy year and 2013 was a dry year,

1 Discente do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de São Carlos Campus de Sorocaba. ivan@sa2.com.br

2 Geografa, Docente do curso de Licenciatura e do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de São Carlos Campus de Sorocaba. enunes@ufscar.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Climatology, Rainfall, Standard Year

1. Introdução

O estudo do clima evoluiu bastante ao longo dos tempos. Sorre, em 1932, (1984 p. 32) definiu o clima como uma sucessão habitual de estados atmosféricos em uma determinada localidade, com essa definição percebe-se o clima como um fenômeno que possui ritmo, o que permitiu entender a ideia de análise rítmica, posteriormente abordada no Brasil por Monteiro (1971). A compreensão das características do clima em uma determinada localidade envolve estudar não apenas os fenômenos mais comuns, como também os episódios extremos.

Isso se mostrou necessário após os estudos tradicionais se mostrarem insuficientes, ao considerarem apenas o estado médio da atmosfera (Sorre, 2006), além de considerarem o clima como um fenômeno estático. Para Sorre, é importante registrar dados meteorológicos em sua totalidade, além de considerar todas as suas interações com os outros fatores, pois cada localidade possui suas características próprias, podendo receber diferentes influências.

Na caracterização climática de uma localidade, o estudo do ritmo se faz importante para conhecer a dinâmica em uma determinada escala, como também as interações resultantes dos movimentos que ocorrem na atmosfera. A caracterização destes fenômenos pode ser realizada pela técnica de Anos Padrão. A partir de uma determinada variável, os anos são classificados de acordo com as semelhanças entre essas características dos atributos atmosféricos, formando grupos de anos em comum, podendo selecionar um deles como ano-padrão (SILVESTRE et al 2013, p. 24).

Tavares (1976) utilizou dados de pluviosidade, considerando as médias das estações do ano no período de 1961-1970. Com isso, realizou agrupamentos, a partir do desvio de cada ano em relação à média do período. Os anos foram classificados em Secos, Normais e Chuvosos.

Um dos critérios de estabelecimento de ano-padrão é o do Quartil (*Boxplot*), onde os dados são separados em quatro partes, com 25% dos dados em cada uma, depois de estabelecidos o valor mínimo e o valor máximo da série. Galvani & Luchiari (2005) apresentam esse critério em detalhes, analisando uma série de dados pluviométricos, entre 1917-1994, do município de Piracicaba-SP.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para definir anos padrão, Silvestre et. al (2013), apresentam diferentes técnicas estatísticas. Os critérios apresentados são da Fórmula de Sturges, Boxplot, Quantis, Desvio Padrão em relação à média e Análise de Agrupamentos. Esses critérios foram comparados considerando os dados de Presidente Prudente, entre os anos de 1961 e 2010. De uma forma geral, os anos considerados extremos foram bastante semelhantes nestas técnicas, apesar de as diferenças encontradas na forma de classificar os dados. Algumas classificações geram resultados simétricos, mesmo que as informações não indiquem essa condição.

Armond & Sant'anna Neto (2016) analisaram os dados pluviométricos do município do Rio de Janeiro a partir dos critérios de desvio-padrão, percentil e análise de agrupamento. Os resultados dos períodos extremos foram semelhantes quando se leva em consideração todos os critérios.

Os estudos de ano-padrão podem utilizar também outros dados além da pluviosidade. Os dados de umidade relativa do ar foram utilizados por Queiroz e Steinke (2016) na bacia do rio Paranaíba, utilizando o desvio padrão como critério. Na mesma região, Queiroz (2015) utilizou dados da temperatura do ar para definir anos-padrão, considerando os valores médios e a amplitude térmica das localidades selecionadas. Neste trabalho, o autor também utilizou a técnica do desvio padrão.

A Região Metropolitana de Sorocaba (RMS) se encontra em uma área de transição climática, sendo cortada pelo Trópico de Capricórnio, estando na zona tropical e subtropical, tendo influência dos sistemas tropicais e extratropicais, tendo muita influência da ação dos sistemas de frentes (CAVALCANTI et. al, 2009).

Um estudo realizado pela Academia de Ciências do Estado de São Paulo (Aciesp), apresentado na revista da FAPESP (Marques, 2017), aponta que as regiões administrativas Macrometropolitana e de Itapetininga, que concentram os municípios da RMS, apresentam poucos trabalhos acadêmicos e poucas citações por artigo. Essa realidade também se refere aos trabalhos relacionados ao conhecimento climatológico que abordam de maneira específica a RMS. Conhecer de forma mais detalhada as características climáticas da Região de Sorocaba é relevante para a caracterização local e pode servir de base para a realização de outros estudos locais.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Este trabalho é parte de uma pesquisa¹ em andamento para identificar as características regionais do clima da Região Metropolitana de Sorocaba, a partir da análise rítmica de anos padrão selecionados. O enfoque deste trabalho é comparar duas técnicas diferentes para classificar anos padrão, utilizando dados da Região Metropolitana de Sorocaba. A partir da coleta de dados pluviométricos e, da aplicação das duas técnicas, será possível estabelecer uma classificação para o período entre 2000 e 2015, selecionado para este trabalho.

2. Metodologia

Para conseguir identificar e classificar os anos padrão na Região Metropolitana de Sorocaba foram coletados dados de 24 pluviômetros do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do Estado de São Paulo. Destes, 20 foram utilizados no trabalho e estão situados nos municípios de: Ibiuna, Ipero, Itapetininga, Mairinque, Piedade, Pilar do Sul, Porto Feliz, Salto, São Miguel Arcanjo, Sorocaba, Tapiraí, Tatuí e Tietê.

Foram selecionados dados entre os anos de 2000 e 2015 em escala diária de cada um desses pluviômetros, sendo estas informações organizadas em totais anuais. Este período foi selecionado buscando incluir o máximo de pontos de coleta de dados possíveis, abrangendo a maior parte da região metropolitana de Sorocaba. Por isso, limitou-se até o ano de 2015. A partir de 2016, alguns dos pluviômetros selecionados deixaram de operar, além do aumento das falhas no registro dos dados em outras localidades.

Os dados estão disponíveis para consulta na página do DAEE (<http://www.daee.sp.gov.br/>). Posteriormente, as informações foram organizadas e compiladas em planilhas dos programas Microsoft Excel e Libreoffice Calc. Os gráficos foram produzidos utilizando programação de linguagem Python.

Com os dados devidamente organizados, foram aplicadas as técnicas estatísticas de desvio padrão e quartil (*boxplot*), buscando a classificação dos anos coletados. Com as duas técnicas estruturadas foi realizada uma comparação das informações obtidas pela análise das duas técnicas.

¹ A pesquisa em questão é intitulada “Ritmo Climático da Região Metropolitana de Sorocaba”



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 01 – Postos Utilizados na Classificação dos Anos Padrão

Nome do Posto	Município	Código
Iperó	Iperó	E4-019
Bairro Sarapuí	Tatui	E4-026
Campo do Paiol	Tatui	E5-062
Tietê	Tietê	E4-120
Porto Feliz	Porto Feliz	E4-118
Salto	Salto	E4-127
Eden	Sorocaba	E4-128
Dona Catarina	Mairinque	E4-043
Ibiuna	Ibiuna	E4-047
Cachoeira do Franca	Ibiuna	E4-116
Mato do Gado	Ibiuna	E4-131
Sítio Frutolândia	Piedade	E4-130
Tapirai	Tapirai	E4-055
Cabeça da Anta	Tapirai	F4-021
Usina Batista	Pilar do Sul	E4-028
São Miguel Arcanjo	São Miguel Arcanjo	E4-029
Santa Cruz dos Motas	São Miguel Arcanjo	E4-134
Taquaral	São Miguel Arcanjo	F4-031
Itapetininga	Itapetininga	E5-015
São José do Bom Retiro	Itapetininga	E5-066

Organizado por Ivan Sá (2020)

Nas duas técnicas, os anos foram classificados em quatro categorias: Seco, Habitual Seco, Habitual Chuvoso e Chuvoso. É importante destacar que a classificação adotada se difere das adotadas por Armond e Sant'Anna Neto (2016), Galvani e Luchiari (2005) e Silvestre et al (2013). Nas análises elaboradas por estes autores, são utilizadas cinco classes. Essa diferença se explica pela quantidade de anos que estão sendo analisados, que não tornou possível uma análise com mais categorias.

O tratamento das informações permitiu que fosse analisada a qualidade dos dados obtidos das diferentes localidades. Foi possível observar o percentual de dias em que cada um dos postos de coleta apresentou problemas e não coletou os dados dentro do período deste trabalho (2000 a 2015). Com essa informação foi possível determinar quais localidades de fato possuíam dados para serem utilizados no estudo.

A figura 1 nos mostra que os postos de coleta apresentam uma qualidade boa dos dados, com 14 das 20 localidades com qualidade acima dos 95%. Ou seja, dos 5844 dias analisados, 95% deles apresentou leituras corretamente. Seis localidades apresentam qualidade um pouco inferior, mas acima dos 80%, porém uma delas não pôde ser utilizada devido a imprecisões no decorrer dos anos.

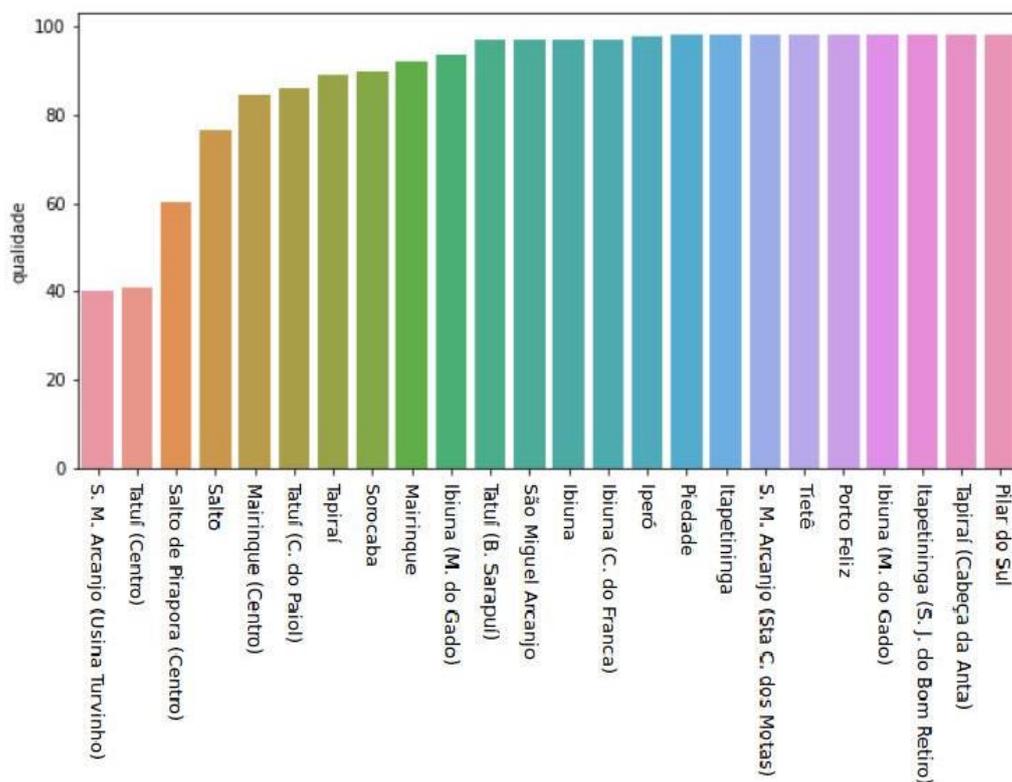


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 – Gráfico de Qualidade (%) das medições por Posto de Coleta



Organizado por Ivan Sá e Yuri Sá (2020).

Por fim, outras três localidades apresentaram muitas inconsistências nos dados, não sendo possível utilizar as suas informações. Ao todo dos 24 pluviômetros dos quais foram coletadas informações, foi possível realizar as classificações de Anos Padrão com informações de 20 equipamentos.

Tabela 02 – Postos Descartados na Classificação dos Anos Padrão

Nome do Posto	Município	Código
Centro	Tatui	E4-036
Centro	Mairinque	E4-041
Salto de Pirapora	Salto de Pirapora	E4-025
Usina Turvinho	São Miguel Arcanjo	F4-001

Organizado por Ivan Sá (2020)

2.1 Técnica dos Quartis (boxplot)



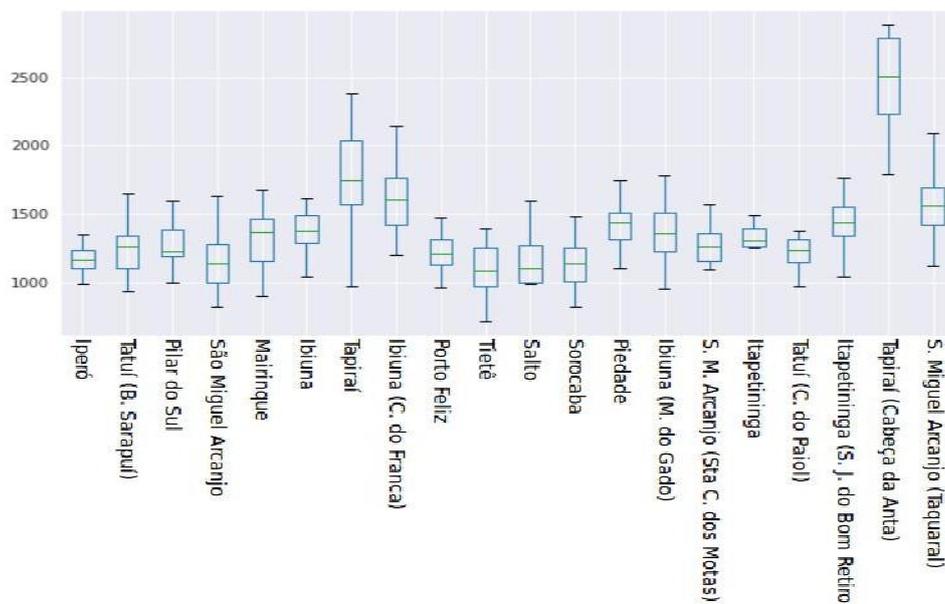
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para utilizar a técnica dos Quartis, é necessário organizar os dados em ordem crescente ou decrescente (Galvani e Luchiari, 2005 p. 5706) e determinar a mediana destes dados, que representa o valor do meio da fila ordenada. Quando há um número ímpar de dados, o número que fica na metade da ordenação, será a mediana. Se na classificação houver um número par de registros, a mediana será obtida da média entre os dois registros que ficam no meio da ordenação. Cada quartil concentra 25% dos dados coletados.

Figura 02 – Boxplot Precipitação anual 2000 a 2015 nas localidades selecionadas da Região Metropolitana de Sorocaba



Organizado por Ivan Sá e Yuri Sá (2020)

A figura 02 nos mostra o boxplot de cada uma das localidades. O espaço entre o menor valor e o primeiro quartil representa os anos considerados secos, aqueles em que menos choveram na série histórica. Entre o primeiro e o segundo quartil (que no caso é a mediana da série) representa anos secos, mas próximos ao habitual. Do espaço entre a mediana até o terceiro quartil observamos os anos considerados chuvosos, porém próximos ao habitual. E entre o terceiro quartil e o valor máximo são representados os anos considerados chuvosos, sendo aqueles que apresentaram maior pluviosidade.

2.2 Técnica do desvio padrão



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O desvio padrão consiste em uma técnica onde é calculada a dispersão e distribuição dos dados ao redor da média. Ao realizar a adição ou subtração de um desvio padrão do valor da média, é possível estabelecer categorias para os dados que estão situados dentro e fora do intervalo do desvio padrão.

Para utilizar a técnica do desvio padrão, os dados são ordenados em ordem crescente e depois é tirada a média dos valores registrados em cada ano. Isso é feito em cada uma das localidades. Ao posicionar o valor da média com os dados ordenados, nem sempre ele estará na metade da série histórica. Pode acontecer de haver mais registros acima ou abaixo da média.

Com a média obtida, o próximo passo é determinar o desvio padrão da sua amostra de dados. Uma vez determinado o desvio padrão, os dados de cada localidade foram classificados nas categorias Seco, Habitual Seco, Habitual Chuvoso e Chuvoso, segundo o modelo presente na Tabela 03 a seguir

Tabela 03 – Classificação segundo o desvio padrão

Classificação	Intervalo	
Seco	$X < -\frac{1}{2} S$	Red
Habitual Seco	$-\frac{1}{2} S < X < M$	Yellow
Habitual Chuvoso	$M < X < \frac{1}{2} S$	Green
Chuvoso	$\frac{1}{2} S < X$	Blue

Organizado por Ivan Sá (2020)

Nesta tabela o X seria o valor obtido em um ano do pluviômetro, o M seria a média de todos os anos daquele pluviômetro e o $\frac{1}{2} S$ trata-se do desvio padrão dividido por dois desta localidade. O uso do $\frac{1}{2}$ Desvio Padrão foi utilizado por Silvestre et al. (2013), Queiroz (2015) e Queiroz e Steinke (2016) em seus trabalhos. Os anos classificados como chuvoso são aqueles cujo valor é maior que a metade do desvio padrão. Ou seja, aqueles que mais se distanciam da média local.

Os anos considerados como Habitual Chuvoso são aqueles que se encontram acima da média local, porém são menores que o desvio padrão dividido por dois. Estes anos são aqueles cujos valores estão mais próximos que a média. Já os anos Habitual Seco são aqueles que estão abaixo da média, porém acima do valor negativo da metade do desvio padrão. E os anos tratados como Seco são aqueles mais distantes da média deste pluviômetro, estando também abaixo do valor negativo da metade do desvio padrão.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3. Resultados e discussão

Quando os dados são organizados, é possível observar a diferença de volume de chuva entre diferentes localidades situadas em uma mesma região metropolitana. Tomemos como exemplo o pluviômetro situado no município de Tapiraí, na região da Cabeça da Anta. No ano de 2003, houve o registro de 2913 milímetros, sendo o ano que mais choveu nesta localidade, e em 2001, o registro foi de 1836 milímetros, o ano que menos choveu. Em várias outras localidades da Região Metropolitana de Sorocaba, o ano mais chuvoso não alcançou esse volume.

Em determinadas localidades há uma grande diferença entre o ano que seria o mais chuvoso, daquele que apresentou menor precipitação. Em Mairinque, com mais de 1200 milímetros de diferença entre o ano chuvoso e o ano seco. Já em outras localidades houve uma diferença pequena entre os anos mais chuvosos e os mais secos, como em Porto Feliz, com amplitude de pouco mais de 500 milímetros entre os anos.

Esse tipo de informação ajuda a reforçar que na Região Metropolitana de Sorocaba é possível encontrar regimes pluviométricos bem diferentes entre si. O aspecto de área de transição que encontramos nesse espaço ajuda a compreender esse fato. Fatores como relevo, altimetria, vegetação e urbanização podem contribuir para essas diferenças.

3.1 Análise a partir da técnica dos Quartis (*Boxplot*)

Nessa análise foi possível identificar que os anos de 2009 e 2015 foram considerados chuvosos em praticamente todas as localidades, sendo 18 em 2009 e 17 em 2015. Os anos de 2002, 2011 e 2014 foram aqueles considerados secos na maioria das localidades. Em 2008, em nove localidades o ano foi considerado seco e em outras nove foi considerado habitual seco. Podemos ver essas informações na Figura 4

As condições habitual chuvoso e habitual seco se fizeram presentes na maioria das localidades nos anos de 2000, 2007, 2012 e 2013. A diferença de volume de chuva entre o ano classificado como habitual chuvoso com maior volume de chuva e o ano classificado como habitual seco com menor pluviosidade na maioria das localidades ficou entre 300 e 400 milímetros anuais.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Há também os anos que apresentaram uma distribuição equilibrada de condições, uma vez que o número de localidades que consideraram o ano como chuvoso, habitual chuvoso, habitual seco e seco foi muito próximo. Esses anos foram os de 2001, 2003, 2004 e 2005.

Figura 04 – Distribuição dos anos padrão nas localidades da Região Metropolitana Sorocaba selecionadas, de 2000 a 2015, segundo a técnica de Quartis (*Boxplot*)

	Iperó	Tatuf (Bairro Sarapuú)	Tatuf (Campo do Paíol)	Tietê	Porto Feliz	Salto	Sorocaba	Mairinque	Ibiuna	Ibiuna (Cachoeira do Franca)	Ibiuna (Mato do Gado)	Piedade	Tapiraí	Tapiraí (Cabeça da Anta)	Pilar do Sul	São Miguel Arcanjo	São M. Arcanjo (Sta C. dos Motas)	São Miguel Arcanjo (Taquaral)	Itapetininga	Itapetininga (S. José do B. Retiro)	
2000																					
2001						X							X								
2002						X															
2003						X							X								
2004						X															
2005																					
2006																					
2007																					
2008																					
2009																					
2010																					
2011																					
2012							X	X					X								
2013			X																		
2014			X																		
2015																					

Legenda	
Chuvoso	(Cor Verde)
Habitual Chuvoso	(Cor Amarelo)
Habitual Seco	(Cor Azul)
Seco	(Cor Vermelha)
X Sem dados	(Símbolo X)

Organizado por Ivan Sá (2020)

3.2 Análise a partir da técnica do desvio padrão

Com essa classificação, foi possível estipular a categoria de cada ano em cada localidade. Foi possível observar que em alguns pluviômetros os 16 anos analisados tiveram uma distribuição igual entre as classificações, ou seja, 4 anos em cada uma delas. Um registro comum também foi o aumento na quantidade de anos considerados chuvosos ou secos.

Em algumas localidades, não foi possível observar o registro de anos Habituals Chuvosos. Isso ocorreu devido a grande diferença entre a média pluviométrica e os volumes registrados acima do volume médio, ultrapassando a metade do desvio padrão estipulado nestas localidades.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Considerando o total de registros, foram 89 considerados chuvosos (27,81%) e 99 secos (30,94%). Somados, representam 58,75% das ocorrências. Os anos habituais chuvosos ocorreram 55 vezes (17,20%) e os habituais secos, em 66 oportunidades (20,61%), resultando em 37,81% dos registros de anos considerados habituais, sejam eles secos ou chuvosos. Ainda ocorreram ausência de dados em 11 oportunidades (3,44%).

Os anos de 2009 e 2015 foram chuvosos em praticamente todas as localidades, sendo exemplos perfeitos dessa classificação (Figura 5). Em 2001 e em 2004, em sete locais o registro foi considerado chuvoso, sendo um pouco maior que as outras classificações. Os anos que apresentaram a maioria dos registros considerados secos foram: 2000 (10 registros), 2002 (9), 2003 (8), 2008 (11), 2011 (11) e 2014 (12).

Figura 05 – Distribuição dos anos padrão nas localidades da Região Metropolitana de Sorocaba selecionadas, de 2000 a 2015, segundo a técnica do Desvio Padrão
Organizado por Ivan Sá (2020)

	Iperó	Tatui (Bairro Sarapuí)	Tatui (Campo do Paiol)	Tietê	Porto Feliz	Salto	Sorocaba	Mairinque	Ibiuna	Ibiuna (Cachoeira do Franca)	Ibiuna (Mato do Gado)	Piedade	Tapiraí	Tapiraí (Cabeça da Anta)	Pilar do Sul	São Miguel Arcanjo	São M. Arcanjo (Sta C. dos Motas)	São Miguel Arcanjo (Taquaral)	Itapetininga	Itapetininga (S. José do B. Retiro)
2000	Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso	Habitual Chuvoso
2001	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2002	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2003	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2004	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2005	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2006	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2007	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2008	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2009	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2010	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2011	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2012	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	X	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso
2013	Chuvoso	Chuvoso	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso						
2014	Chuvoso	Chuvoso	X	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso						
2015	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso	Chuvoso

Legenda	
Chuvoso	(Cor Verde)
Habitual Chuvoso	(Cor Amarelo)
Habitual Seco	(Cor Vermelho)
Seco	(Cor Azul)
X Sem dados	(Símbolo X)

Os anos de 2002, 2003 e 2008 tiveram ainda um número expressivo de casos habituais secos, apenas um pouco a menos que os casos secos. Já 2007 apresentou um registro a mais de habitual seco (7) do que de seco.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Outro ponto que chama a atenção é o equilíbrio de classificações em alguns anos, em que os pluviômetros registraram as quatro classificações mais ou menos com o número igual. Destacam-se os anos de 2006, 2010 e 2012 nessa condição. E os anos de 2005 e 2013 apresentaram um equilíbrio parecido, porém com mais registros habituais úmidos.

3.3 Discutindo os Resultados

As duas técnicas apresentaram comportamento semelhante nos períodos mais chuvosos e mais secos. Os anos mais chuvosos e os mais secos foram praticamente os mesmos em ambas as análises. O mesmo não se pode dizer das faixas habituais da pluviosidade.

Em algumas localidades foi possível encontrar a mesma distribuição com as duas técnicas, porém em outras um ano habitual chuvoso no boxplot se tornou um habitual seco no desvio padrão. Esta conclusão também foi observada por Armond e Sant'anna Neto (2016), quando compara as diferentes técnicas.

Estes autores observaram uma dinâmica de aumento das chuvas no município do Rio de Janeiro ao longo dos anos. Os primeiros anos analisados em sua maioria eram classificados como “seco” ou “tendente a seco” enquanto os últimos anos apresentaram mais condições “chuvoso” ou “tendente a chuvoso”.

Nos locais abordados neste trabalho, essa dinâmica não é tão presente. Depois de um ano chuvoso, veio um ano seco. No mesmo ano que foi seco em uma localidade, outro espaço apresentou uma condição chuvosa. Isso pode ser explicado pela área maior analisada e também com as diferentes características climáticas encontradas nesta região. Situação semelhante foi encontrada por Nascimento et al (2015), analisando uma área maior, mesmo em um período mais extenso de tempo.

O uso de dados anuais de precipitação mostra diversas características, mas a distribuição dessas chuvas no decorrer do ano não fica tão clara. No trabalho de Silva (2016), ao realizar uma análise da distribuição das chuvas na cidade de Sorocaba, entre 2002 e 2014, os meses foram classificados em cinco classes (de Super Seco a Super Chuvoso). Com esse olhar mais aprofundado, é possível identificar que o ano classificado como seco ou chuvoso não apresenta essa condição ao longo de todo o ano, com alguns meses desviando do habitual.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O ano de 2009, por exemplo, que neste artigo considerado chuvoso nas duas técnicas utilizadas, na análise de Silva (2016) identificou que alguns meses, em especial os mais secos, apresentaram maiores volumes de chuvas, enquanto os demais tiveram um volume considerado normal.

O uso de quatro classes ao invés das cinco utilizadas por Armond e Sant'Anna Neto (2016), Galvani e Luchiari (2005) e Silvestre et al (2013) não faz a análise ter maior ou menor precisão. Com uma quantidade menor de anos a serem analisados, havia uma possibilidade de em algumas localidades, na análise dos quartis, a diferença entre um ano “muito chuvoso” e um ano apenas “chuvoso”, ser de poucos milímetros. Quando consideramos a análise pelo desvio padrão, a adoção de mais classes poderia tornar ainda mais comum que as classificações mais extremas não existissem em alguns anos em determinadas localidades.

As classes deste trabalho diferem também das utilizadas por Tavares (1976), também adotadas por Schneider et al (2012) e Nascimento et al (2015) em suas discussões, uma vez que usam apenas três classes. A faixa considerada habitual nos trabalhos leva em conta os valores situados acima e abaixo da média ou da mediana dos dados. Nesta análise há um detalhamento maior ao considerar os valores acima da média ou mediana de forma diferente daqueles que estão abaixo.

4. Considerações finais

O uso das técnicas utilizadas neste trabalho (Quartis e Desvio Padrão) são importantes para definir anos padrão. Entretanto é necessário observar que cada uma delas apresentam características próprias, como também as duas técnicas têm algumas coisas em comum entre elas.

A técnica do boxplot permitiu dividir os anos em quatro classificações independente da diferença entre o volume de chuva de um ano para outro. Então pode ocorrer de um ano estar inserido em uma classe estando bem próximo da classe seguinte e distante do ano anterior da sua classe. Para o uso desta técnica o espaço temporal de 16 anos aparentou ser pequeno, com apenas quatro anos para cada classe.

Classificar anos padrão utilizando o desvio padrão a partir da média dos anos utilizados, pode levar a ausência de uma das classes na análise. Em algumas localidades foram poucos os anos considerados habitual chuvoso, por exemplo, e uma localidade não



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

registrou essa condição. Em contrapartida houve um aumento das condições chuvoso e seco. O que se explica pela amplitude pluviométrica registrada em alguns locais.

Os anos em que as duas técnicas mostraram uma grande quantidade de anos chuvosos foram os anos de 2009 e 2015. Os anos de 2011 e 2014 foram considerados secos nas duas classificações. Já nos anos habituais, as duas técnicas não resultaram em resultados tão semelhantes. Na condição habitual chuvoso o ano de 2013 e 2007 no caso da condição habitual seco. Os demais anos apresentaram um equilíbrio entre as classes estabelecidas nas duas localidades, ou apresentaram diferenças entre elas.

5. Referências

ARMOND, Núbia Beray; SANT'ANNA NETO, João Lima. Análise comparativa de técnicas estatísticas para definição de anos-padrão: o exemplo do Rio de Janeiro-RJ (1999-2010). **Anais do XVIII Encontro Nacional de Geógrafos**. São Luís: AGB, 2016.

CAVALCANTI, I. F. A. et al. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463 p.

MARQUES, Fabrício. Um mapa de competências científicas: estudo mostra onde se concentram os pesquisadores e o impacto de sua produção nas 15 regiões administrativas do estado de São Paulo. **Revista Fapesp**, São Paulo, n. 253, p. 32-35, mar. 2017. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/um-mapa-de-competencias-cientificas/>. Acesso em: 29 mar. 2021.

MONTEIRO, Carlos Augusto Figueiredo. **Análise Rítmica em climatologia, problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo, 1971 21 páginas

NASCIMENTO, D. T. F.; NETO, J. M. S.; NUNES, L. C. Definição dos anos-padrão para o estudo da pluviometria do Estado de Goiás e do Distrito Federal. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p. 272-290, jan./jun. 2015.

QUEIROZ, Arlei Teodoro de; STEINKE, Ercília Torres. Classificação dos anos padrão de umidade relativa do ar na bacia do rio paranaíba. In: **XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2016, Goiânia: p. 1933 – 1943

QUEIROZ, Arlei Teodoro de. Classificação dos anos padrão de temperatura do ar na bacia do rio paranaíba. In: XI ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, Presidente Prudente. **A Diversidade Da Geografia Brasileira : Escalas e Dimensões da Análise e da Ação**. Presidente Prudente, 2015. p. 7445 – 7456.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SCHNEIDER, H.; SILVA, C. A.; SANTOS, V. A. A escolha de anos padrão como base para identificação do regime das chuvas na porção centro sul de mato grosso do sul. **Revista Geonorte**, edição especial 2, v. 1, n. 5, p. 262-270, 2012.

SILVA, Juliana Bezerra da. **Análise Temporal da Precipitação em Sorocaba: 2002 A 2014**. 2016. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016.

SILVESTRE, Miriam Rodrigues, SANT'ANNA NETO, João Lima, FLORES, Edilson Ferreira. Critérios Estatísticos Para definir anos padrão: uma contribuição à Climatologia Geográfica. **Revista Formação**, n.20, vol 2, p. 23-53, 2013.

SORRE, Maximilien. A adaptação ao meio climático e biossocial Geografia psicológica. In MEGALE, Januário F. (org.) **Max Sorre Geografia**. São Paulo: Editora Ática. 1984, pág.29-86.

SORRE, Maximilien. Objeto e método da climatologia. **Revista do departamento de geografia**, v. 18, n. 18, p. 89-94, 2006.

TAVARES, Antonio Carlos. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia**, Rio Claro, n. 1, v. 1, p. 79-87, 1976.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

VARIABILIDADE PLUVIAL EM CURITIBA (PR): ANÁLISE DE ÍNDICES CLIMÁTICOS DE 1986 A 2015

ELTON KRAUSS¹
GABRIELA GOUDARD²
FRANCISCO DE ASSIS MENDONÇA³

RESUMO

Os estudos acerca da variabilidade pluvial têm se mostrado cada vez mais importantes ao permitir a compreensão da ciclicidade dos regimes de precipitação em diversas regiões do planeta. Estes processos tornam-se ainda mais relevantes ao se considerar os cenários de mudanças climáticas apontados pelos relatórios do IPCC (AR4 e AR5) e do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), que preveem a intensificação de impactos em virtude de alterações de temperatura e precipitação no sul do Brasil. Partindo destes pressupostos, este trabalho objetiva realizar uma análise da variabilidade pluvial em Curitiba (Paraná), entre os anos de 1986 a 2015, a partir da aplicação de diferentes parâmetros climáticos, como o de Anomalia de Chuva (IAC) e os índices recomendados pelo ETCCDMI (*Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices*). Os resultados alcançados apontam para uma boa distribuição de anos secos e chuvosos ao longo da série histórica, não apresentando reflexos diretos em relação ao evento ENOS. Além disso, constataram-se intensificações das precipitações, culminando em impactos pluviais potencialmente mais frequentes na cidade de Curitiba.

Palavras-chave: Variabilidade pluvial; índices climáticos; Curitiba.

ABSTRACT

Studies on rainfall variability have been shown to be increasingly important in allowing the understanding of the cyclicity of precipitation regimes in different regions of the planet. These processes become even more relevant when considering the climate change scenarios pointed out by the reports of the IPCC (AR4 and AR5) and the Brazilian Panel on Climate Change (PBCC), which predict the intensification of impacts due to changes in temperature and precipitation in southern Brazil. Based on these assumptions, this work aims to carry out an analysis of rainfall variability in Curitiba (Paraná), between the years 1986 to 2015, from the application of different climatic parameters, such as the Rainfall Anomaly Index (RAI) and the indexes recommended by the ETCCDMI (*Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices*). The results achieved point to a good distribution of dry and rainy years

¹ Graduando em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Laboratório de Climatologia (LABOCLIMA – UFPR). E-mail para contato: eltonvkrauss@gmail.com

² Mestre em Geografia e Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Laboratório de Climatologia (LABOCLIMA – UFPR). Professora Colaboradora na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). E-mail para contato: gabigoudard.ufpr@gmail.com

³ Professor titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná. Laboratório de Climatologia (LABOCLIMA – UFPR). E-mail para contato: chico@ufpr.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

throughout the historical series, with no direct impact on the ENSO event. In addition, intensifications of rainfall were observed, culminating in potentially more frequent rainfall impacts in the city of Curitiba.

Keywords: Rainfall variability; climatic indices; Curitiba.

1. Introdução

Estudos acerca da variabilidade pluvial configuram-se cada vez mais como de suma importância, visto que possibilitam analisar o regime pluvial na perspectiva das interações entre a superfície, a atmosfera e os mecanismos associados (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Segundo Mendonça (2010), a variabilidade pode ser entendida como o processo de alterações periódicas dos componentes climáticos que variam de forma flutuante em um período suficiente para a aplicação de cálculos baseados em valores das Normais Climatológicas.

De modo semelhante, autores como Tavares (2001) e Conti (2005) ressaltam que a variabilidade se expressa como a variação das condições climáticas em torno da média climatológica, ou ainda, a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, através de desvios padrões ou coeficientes de variação. Entretanto, existem divergências em face do conceito, bem como dificuldades de separação entre o que de fato é natural e as influências antrópicas neste processo, conforme destaca Nascimento Junior (2017), sobretudo, considerando os ambientes urbanos altamente modificados, tais como os evidenciados na cidade de Curitiba (objeto de estudo do presente artigo).

Ainda assim, podemos entender a variabilidade como uma forma de compreender a variação dos parâmetros climáticos, dentro de um período de tempo, sendo definida através de índices estatísticos que expressem o comportamento do clima de uma região, por meio de princípios como ciclicidade e periodicidade, que tornam observáveis a dispersão, desvios, amplitude e médias (SANT'ANNA NETO, 2008). Esses índices ajudam a estabelecer relações e articulações com escalas superiores dos sistemas atmosféricos, uma vez que o comportamento destes interfere e impacta os elementos climáticos nas escalas inferiores, alterando os climas locais (SANT'ANNA NETO, 2013).

Além dos sistemas atmosféricos, os padrões macroclimáticos apresentam também um papel de grande relevância na análise da variabilidade climática. Um fenômeno que atua



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

na configuração de boa parte da circulação atmosférica e gera grande impacto no clima da América do Sul é o El Niño - Oscilação Sul (ENOS), sendo este dividido em duas fases: El Niño e La Niña (GRIMM, 2009). Ambos se configuram em virtude do Índice de Oscilação Sul (IOS) – fase atmosférica do evento -, uma medida da diferença de pressão do nível médio do mar entre a localidade de Darwin (Austrália) e Tahiti, de modo que valores positivos do IOS caracterizam eventos de La Niña, enquanto que valores negativos caracterizam episódios de El Niño. Aliado a este processo, do ponto de vista oceânico, o fenômeno é marcado pelo aquecimento (resfriamento) do Centro Leste do Oceano Pacífico nas fases de El Niño (La Niña), gerando anomalias pluviais ao longo do Planeta e configurando-se como o principal modo de variabilidade interanual do Brasil (GRIMM, 2009).

Neste sentido, a compreensão desses fenômenos é de suma importância, uma vez que influenciam o padrão de circulação atmosférica e, principalmente, o regime pluviométrico em diversas partes do globo terrestre. Segundo Sansigolo *et al.* (2004), estudos acerca desse tema têm mostrado cada vez mais que os padrões da TSM (Temperatura da Superfície do Mar) são importantes para entender a variabilidade das precipitações.

Estas análises ganham ainda mais importância tendo em vista que os últimos relatórios do IPCC (AR4 e AR5) apontam para grandes impactos em virtude de alterações na configuração da temperatura e precipitação (GOUDARD *et al.*, 2015). Logo, tem-se por necessário estudar o comportamento da precipitação e os sistemas atuantes, em virtude de compreender e atenuar os impactos do clima, sobretudo, em áreas de interesse socioeconômico e ambiental; interesse da climatologia geográfica (MORAES, 2014).

Ainda neste sentido, de acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), no que concerne a região Sul do Brasil, verificam-se tendências de aumento na frequência e intensidade da precipitação. Estas análises são corroboradas por estudos de Haylock *et al.*, (2006), Pinheiro (2016) e Goudard (2019). A cidade de Curitiba (Figura 01), utilizada como recorte espacial de análise neste trabalho, está inserida dentro dessa conjuntura, o que, portanto, traz a ela os reflexos dessas alterações na configuração do seu clima local, fazendo-se necessária a análise da variabilidade pluvial para a área supracitada.

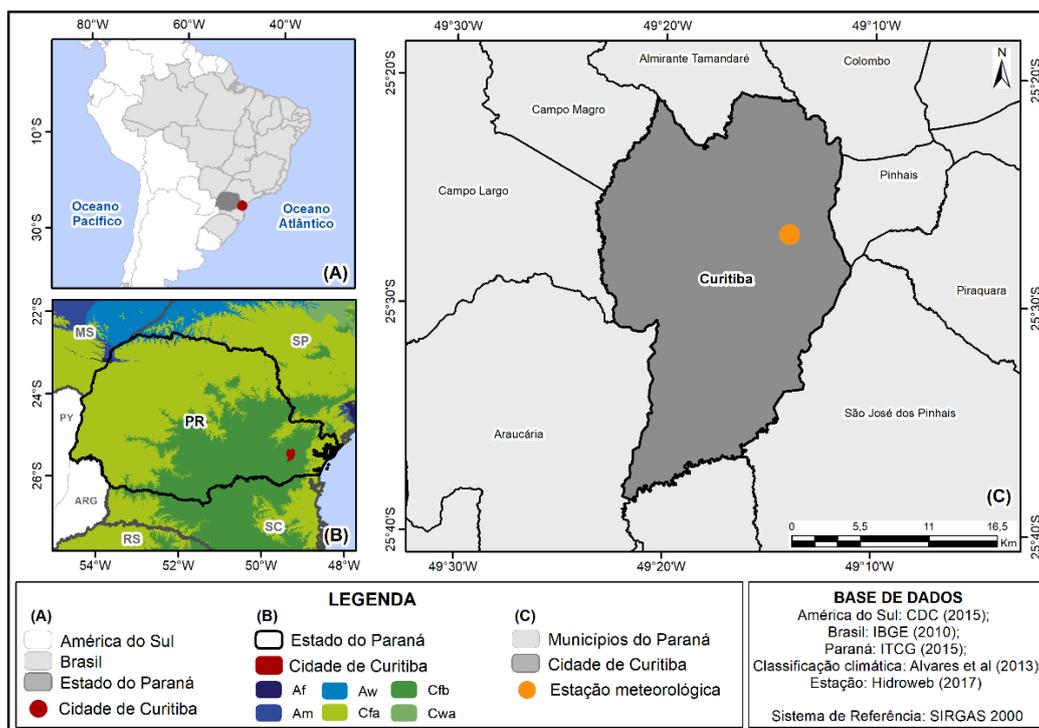


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01: Localização e classificação climática da área de estudo.



Organização: Os autores (2020).

Sendo assim, este trabalho tem por objetivo realizar uma análise acerca da variabilidade pluvial em Curitiba (Paraná), no período de 1986 a 2015, a partir da aplicação de diferentes índices climáticos, como o de Anomalia de Chuva (IAC), proposto por Rooy (1965) para classificar diferentes classes de precipitação e identificar anomalias no regime padrão de chuvas, bem como a aplicação de índices indicados pelo ETCCDMI (*Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices*) que ajudam, a partir de diferentes parâmetros, a verificar a ocorrência, intensidade e variabilidade de anomalias pluviais na região.

2. Metodologia

Para a análise pluvial foram utilizados dados referentes à precipitação diária coletados por meio do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, na temporalidade de 30 anos (1986-2015).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Dentre os parâmetros utilizados para analisar a variabilidade das chuvas na região, foi utilizado o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) proposto por Rooy (1965) e adaptado, posteriormente, por Freitas (2005), a fim de classificar os períodos quanto a secos e úmidos, sendo expressos a partir de:

$$IAC = 3 \cdot \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right] \quad | \quad IAC = -3 \cdot \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right]$$

Em que: N – precipitação mensal atual (mm. mês⁻¹), \bar{N} – precipitação média mensal da série histórica (mm. mês⁻¹), \bar{M} – média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm. mês⁻¹) e \bar{X} – média das dez menores precipitações mensais da série histórica (mm. mês⁻¹), sendo a primeira para anomalias positivas, e a segunda, para negativas.

Por meio da aplicação das fórmulas acima, tem-se a frequência em que ocorrem anos secos e chuvosos, além da intensidade dos mesmos. Os valores obtidos ajudam a classificar o regime de chuvas de acordo com a metodologia proposta por Freitas (2005; Tabela 01).

Tabela 01. Classificação da Pluviosidade segundo o IAC.

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Classificação da Pluviosidade	Cor
Maior que 4	Extremamente Chuvoso (EC)	Dark Blue
Entre 2 e 4	Muito Chuvoso (MC)	Blue
Entre 0 e 2	Chuvoso (C)	Light Blue
0	Nem Chuvoso Nem Seco	White
Entre 0 e -2	Seco (S)	Yellow
Entre -2 e -4	Muito Seco (MS)	Orange
Menor que -4	Extremamente Seco (ES)	Red

Fonte: Noronha *et al.* (2016). Organização: Os autores (2020).

Além disso, para melhor compreender e classificar a variabilidade, foram utilizados ainda diferentes parâmetros recomendados pelo ETCCDMI (Tabela 02). Embora os índices propostos pelo grupo sejam mais amplos, os parâmetros escolhidos para a análise relacionam-se de forma mais direta com a variabilidade pluvial, apresentando resultados mais representativos para a proposta do presente trabalho.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 02: Índices climáticos do ETCCDMI utilizados neste trabalho.

ID	Nome do indicador	Definição	Unidade
CDD	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias consecutivos com RR < 1 mm	Dias
CWD	Dias consecutivos úmidos	Número máximo de dias consecutivos com RR ≥ 1 mm	Dias
NDC	Número de dias de chuva	Total de dias com PRCP >= 0,1 mm no ano	Dias
SDII	Índice simples de intensidade diária	Precipitação total anual dividida pelo número de dias úmidos (definidos como PRCP >= 1,0mm) no ano	mm/dia

Fonte: ETCCDMI (2009). Organização: Os autores (2020).

O parâmetro NDC (Número de dias de chuva) foi obtido através de cálculos realizados no *Excel*, assim como as tendências lineares calculadas para cada índice a fim de verificar, de maneira preliminar, o comportamento das variáveis a partir de uma análise visual-indicativa. Enquanto que os valores de CDD (dias consecutivos secos), CWD (dias consecutivos chuvosos) e SDII (índice simples de intensidade diária) foram determinados por meio do pacote *RlimDEX* (ZHANG e YANG, 2004), um código em linguagem R usado para calcular índices de extremos climáticos a fim de monitorar e detectar variações e mudanças nos parâmetros do clima.

Estes dados foram analisados em relação à variabilidade e aos sistemas macroclimáticos atuantes, como os efeitos do El Niño e La Niña, visto que são os principais responsáveis pela variabilidade interanual no Brasil (GRIMM *et al.*, 1998; GRIMM, 2009). Para isso, foi utilizada como base a tabela de classificação do CPTEC-INPE, que mostra os anos de ocorrência do evento ENOS (Figura 02). A partir dessa classificação, foi possível buscar relações e/ou reflexos nas alterações do regime pluvial a partir da ocorrência e intensidade desse fenômeno dentro do período de análise.

Figura 02: Classificação dos eventos ENOS entre 1986 e 2015.



Fonte: CPTEC/INPE

Fonte: INPE/CPTEC (2018). Organização: Os autores (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3. Resultados e discussão

Em Curitiba as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, com médias anuais que variam entre 1250 e 2000 mm (GOUDARD *et al.*, 2015). Este fato decorre das configurações climáticas e espaciais da cidade (clima Subtropical, entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana; bacia intramontana), de modo que se verifica uma forte relação entre a precipitação e a orografia local (SILVA, 2006).

Dentro do período analisado, a média anual das chuvas foi de 1544,1 mm, com destaque para os anos de 1998 (2071,2 mm), 2010 (1916,7 mm) e 2015 (1959,4 mm), que apresentaram precipitação total anual próxima a 2000 mm, enquanto que 2004 (1191,2 mm), 2006 (932,4 mm) e 2008 (1157,8 mm), tiveram chuvas inferiores à 1200 mm. Eventos como estes puderam ser classificados como anomalias dentro da média estabelecida para o período em questão, como mostram os valores de IAC anuais (Figura 03a) para os anos de 1986 a 2015. A análise da referida figura possibilita observar uma boa distribuição de períodos secos e chuvosos, não havendo um predomínio claro de nenhuma das classificações.

A partir do Índice de Anomalia de Chuvas calculado, foi possível classificar os anos de acordo com o regime de chuvas apresentado (Figura 03b). Utilizando a metodologia proposta por Freitas (2005), pode-se observar que os anos secos e chuvosos foram bem distribuídos ao longo da série histórica, em que os períodos com chuvas acima da média tiveram ocorrência similar aos períodos menos chuvosos. Na temporalidade de 1986 a 2015, merecem destaque os anos de 1998, 2010 e 2015 (extremamente chuvosos) e 2006 (extremamente seco). Pode-se notar ainda uma maior consecutividade (em anos seguidos) de anos secos, em detrimento dos períodos chuvosos.

Ressalta-se ainda que os anos com os IAC's positivos mais elevados (1998, 2010 e 2015) coincidem com os anos de ocorrência de El Niño, com intensidade que varia de moderada (como em 2010) a forte (como nos anos de 1998 e 2015), visto que a ocorrência de padrões de larga escala climática, como o fenômeno ENOS, mostrou ser o principal atuante na variabilidade pluviométrica interanual do Brasil (GRIMM *et al.*, 1998; GRIMM, 2009; HONG *et al.*, 2014).

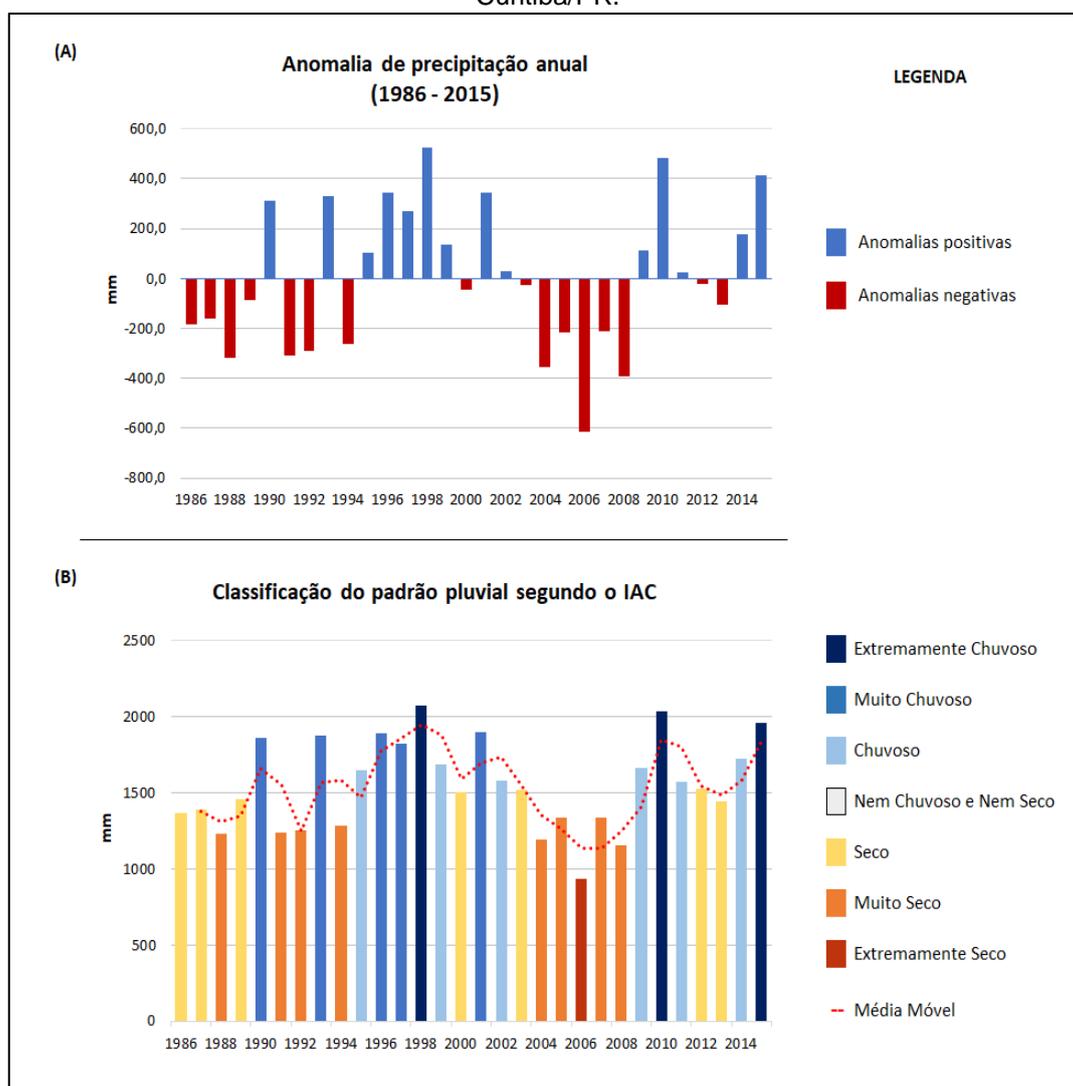


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 03: (A) Anomalia anual das chuvas e (B) Classificação pluviométrica segundo o IAC – Curitiba/PR.



Organização: Os autores (2020)

Além disso, foram calculados diferentes parâmetros climáticos voltados à análise da variabilidade pluvial da região de estudo. A respeito do CDD – Dias consecutivos sem chuva (Figura 04), nota-se o destaque para o ano de 1988 (63 dias), sendo este o ano com maior número de dias consecutivos sem chuva, destacando-se também alguns dos anos já classificados anteriormente como Muito Secos (1991, 1992, 1994, 2004, 2005, 2007 e 2008), enquanto que os anos 1993, 2002 e 2009 apresentaram os menores valores do índice (14 dias). No que se refere ao CWD (Figura 05), o ano de 1999 apresentou o maior número de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

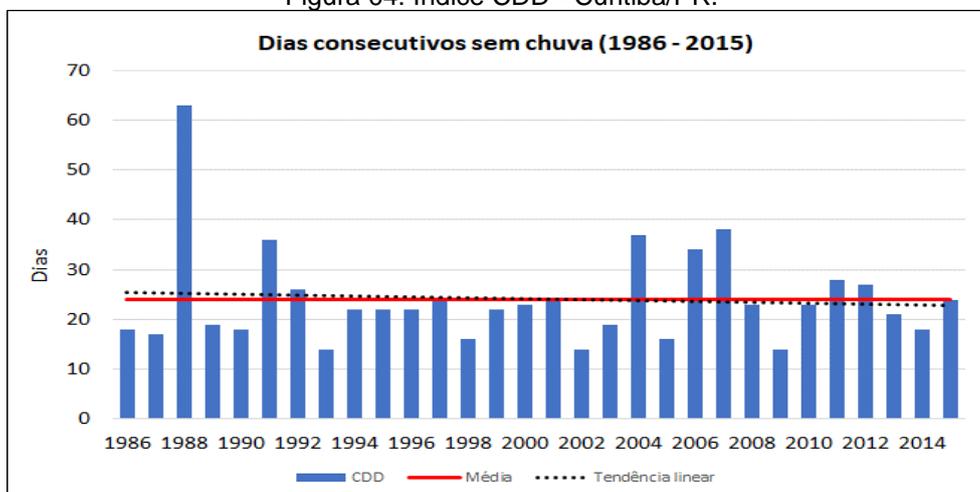
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

dias consecutivos com chuva (15 dias), evidenciando também os anos de 1994 e 2011 com elevado número de dias (ambos com 11 dias). Em contrapartida, os anos de 1992, 2006, 2008, 2009 e 2012 destacam-se por apresentar os menores valores do índice (5 dias).

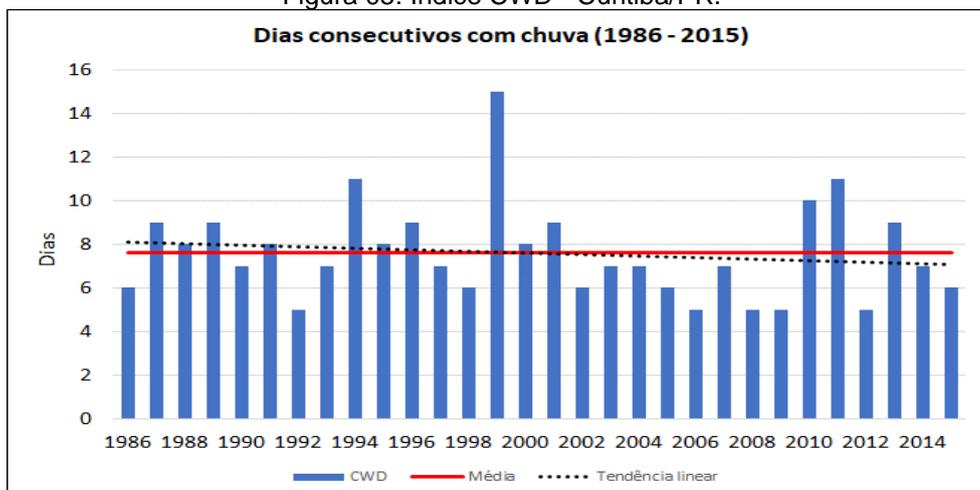
Salienta-se ainda que a partir da tendência linear destes índices, verificam-se indicativos de um comportamento decrescente no que se refere ao CDD e ao CWD, como constata-se nas figuras 04 e 05.

Figura 04: Índice CDD - Curitiba/PR.



Organização: Os autores (2020).

Figura 05: Índice CWD - Curitiba/PR.



Organização: Os autores (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Com relação ao NDC – Número de dias de Chuva (Figura 06), os resultados apontaram que a maior parte dos anos dentro da série histórica estudada apresentam entre 150 e 200 dias de chuva, dando um maior destaque para os anos de 2006 (130 dias), 2007 (118 dias) e 2008 (137 dias) que ficaram abaixo da média. É importante frisar que embora o ano de 1991 (230 dias) tenha se destacado como o ano com maior número de dias de chuva, isso não implica dizer que as precipitações foram significativas, como mostra o resultado do Índice de Anomalia de Chuvas para o ano, classificando-o como Muito Seco.

Além disso, ressalta-se ainda que mesmo identificando potencial tendência de diminuição de dias de chuva, não se verifica necessariamente o mesmo na quantidade de chuva por ano. Este fato pode ser um indicativo da ocorrência de eventos extremos e impactos na região de estudo com maiores frequências, visto que indica concentração das precipitações, por meio de tendência de menos dias de chuvas, sem alterações nas médias anuais.

O SDII – Índice de Intensidade Simples (Figura 07) confirma os indicativos apontados pelos resultados de IAC anuais, apresentando 1991 (8,5 mm/dia), 1992 (10,5 mm/dia), 1994 (10,9 mm/dia), 2004 (11,1 mm/dia), 2006 (10,5 mm/dia) e 2008 (11,2 mm/dia) como anos de anomalia negativa (menos mm do que o limiar esperado), sendo os três últimos mais expressivos (com 356,7 mm, 615,5 mm e 390,1 mm abaixo do esperado, respectivamente, como indicado pelo IAC). Por outro lado, os anos 1997 e 1998 destacaram-se por apresentarem os maiores índices de intensidade diária (15,7 mm/dia e 16,3 mm/dia, respectivamente).

Do ponto de vista das tendências de SDII (Figura 07), nota-se uma crescente, corroborando com a análise realizada em relação ao parâmetro NDC, qual seja: concentração das precipitações na cidade de Curitiba, potencializando a ocorrência de impactos relacionados às chuvas.

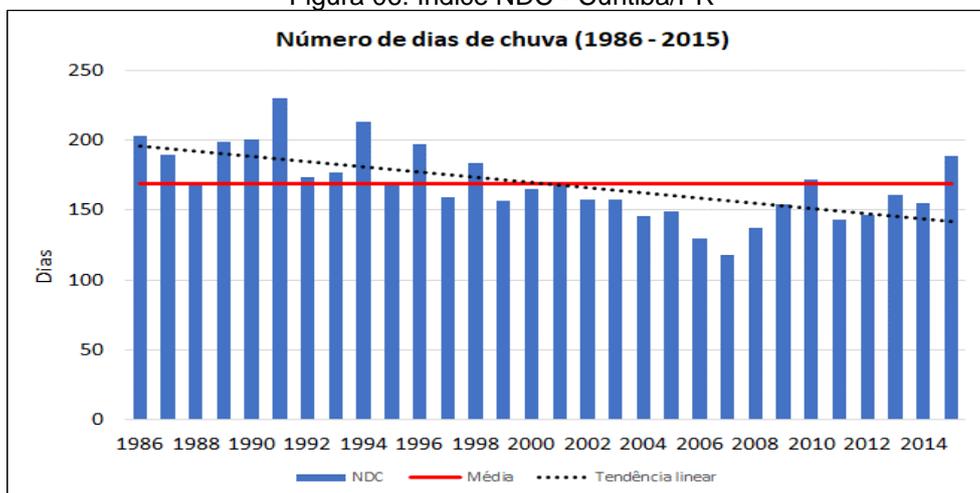


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

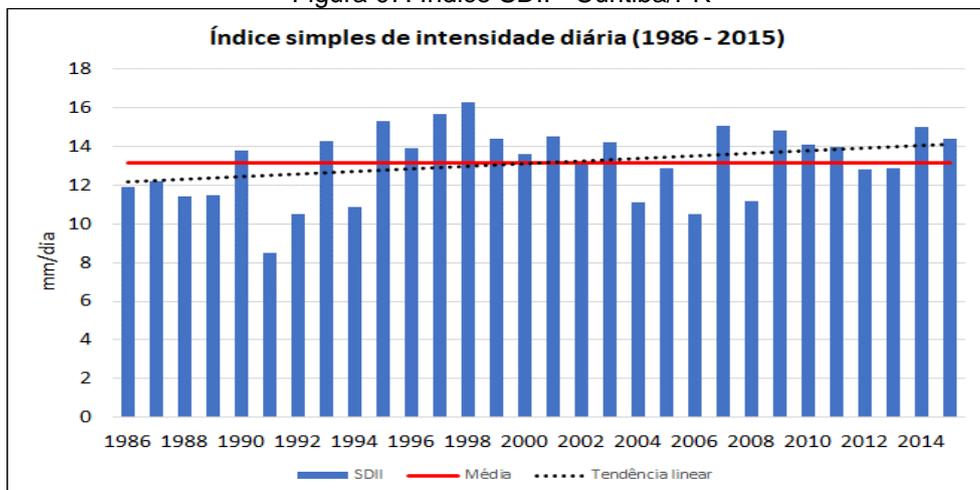
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 06: Índice NDC - Curitiba/PR



Organização: Os autores (2020).

Figura 07: Índice SDII - Curitiba/PR



Organização: Os autores (2020).

Desse modo, por meio dos índices climáticos calculados, é possível constatar que:

- Os anos com a ocorrência de El Niño classificados como moderados e fortes **não** indicaram, a partir do Índice de Anomalia de Chuvas, necessariamente um aumento de precipitação, com exceção dos anos de 1998, 2010 e 2015, sendo dois desses classificados como anos de El Niño forte (HONG *et al.*, 2014). Ressalta-se que este fato também decorre da existência de ENOS Canônicos, Modoki e MIX (ANDREOLI *et al.*, 2016; GOUDARD e MENDONÇA, 2019), não abordados neste trabalho;



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

- Os anos de 2004, 2006 e 2008 apresentaram-se como os anos com menor pluviometria, não demonstrando relação direta entre os eventos citados e a ocorrência e efeitos característicos da La Niña no Paraná (GRIMM *et al.*, 1998);

- Os anos que apresentaram elevado número de dias de chuva (> 175 dias; 1986, 1989, 1990, 1991, 1994, 1996, 1998, 2010 e 2015), com exceção dos anos classificados pelo IAC como Extremamente Chuvosos (1998, 2010 e 2015), apresentaram pouca pluviosidade.

- Notaram-se potenciais concentrações das precipitações na cidade de Curitiba, a partir de tendências negativas de número de dias de chuva (NDC) e positivas em relação à intensidade diária simples (mm/dia) – SDII, indo ao encontro do que apontam outros trabalhos que lançaram mão dos mesmos parâmetros no que tange ao comportamento pluvial (ZANDONADI *et al.*, 2016; CASTELHANO e MENDONÇA, 2019).

4. Considerações finais

A partir dos resultados a respeito da variabilidade pluvial de Curitiba obtida por meio de diferentes índices climáticos, observou-se uma distribuição de anos secos e chuvosos dentro dos 30 anos estudados (1986-2015) sem a presença de grandes períodos de continuidade de eventos acima ou abaixo da média pluviométrica esperada, apresentando-se de maneira cíclica ao longo da série histórica.

Notou-se ainda poucos reflexos diretos com relação ao fenômeno ENOS, havendo maior correspondência entre os anos classificados a partir do IAC como Extremamente Chuvosos (1998, 2010 e 2015) e os eventos de El Niño de intensidade forte, especificamente na ocorrência de El Niños muito fortes (HONG *et al.*, 2014); como os anos de 1997/1998 e 2015/2016.

Os anos classificados como Muito Secos (1988, 1991, 1992, 1994, 2004, 2005, 2007 e 2008) e Extremamente Seco (2006) apresentaram poucas correspondências diretas em relação ao fenômeno La Niña, uma vez que não houve ocorrência de um evento de intensidade forte na temporalidade (1986 – 2015) do presente estudo; aqueles classificados como moderados (1989, 2000, 2008 e 2011) não coincidem de maneira considerável para entender como reflexo desse fenômeno.

Estes processos colocam em evidência que o Oceano Pacífico e o ENOS não se configuraram como os únicos moduladores da variabilidade pluvial para a cidade de Curitiba,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

assim como destacam estudos de Goudard, Limberger e Mendonça (2020). Desse modo, faz-se necessário analisar outros padrões macroclimáticos e suas interferências nas precipitações da cidade.

Além disso, a partir do estudo realizado, foi possível identificar o comportamento pluvial dos anos que compõem a série histórica, contribuindo para o acompanhamento do clima da região ao longo do tempo, principalmente frente aos cenários expostos pelo IPCC e seus potenciais reflexos na variabilidade pluvial (habitual e excepcional) da área de estudo.

5. Referências

ANDREOLI, R.V.; OLIVEIRA, S.S.; KAYANO, M.T.; VIEGAS, J.; SOUZA, R.A.F.; CANDIDO, L.A. The influence of different El Niño types on the South American rainfall. **International Journal of Climatology (published online)**. 2016.

CHECHI, L.; SANCHES, F. de O. O uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação do fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 06, p. 1586-1597, 2013.

CASTELHANO F.J. e MENDONÇA, F.A. Poluição do Ar e Clima: Perspectivas Futuras para o Aglomerado Urbano de Curitiba, Paraná, **Revista Geonordeste**, n.3, p.6-24, 2019.

CONTI, J.B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, 2005, p.70-75.

ETCCDMI. **Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices: Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation**. 2009.

FERREIRA, N.J.; SANCHES, M.; DIAS, M.A.F.S. Composição da zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Nina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.1, 89-98, 2004.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semiáridas. **Revista Tecnologia**, v.suplem, p.84-95, 2005.

GOUDARD, G.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. A. Variabilidade Pluvial e Eventos Extremos em Curitiba (PR). **Revista Equador**, v. 04, p. 1096-1104, 2015.

GOUDARD, G. **Eventos pluviais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na Bacia do Alto Iguazu (Paraná)**. 236f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de pós-graduação em Geografia - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

GOUDARD, G; MENDONÇA, F.A. ENSO et les impacts des événements pluviaux extrêmes à Curitiba (Brésil). **Actes du XXXII Colloque Annuel de l'Association Internationale de Climatologie**. Tessalonique (Grécia): Aristotle Univ Tessalonique. v. 1. 2019, p. 187-192.

GOUDARD, G.; LIMBERGER, L.; MENDONÇA, F.A. Variabilité pluviométrique et téléconnexions à Curitiba (Brésil) : une analyse préliminaire. **Actes du XXXIII Colloque de l'Association Internationale de Climatologie - AIC**. Rennes, France: Université Rennes 2, 2020. p. 355-360.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, n.10, p. 2863-2880, 1998.

GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima do Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A.; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009.

HAYLOCK, M.R. et al., Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, 19(8), p.1490-1512, 2006.

HONG, Li-Ciao; JIN, Fei-Fei. A southern hemisphere booster of super El Niño. **Geophysical research letters**, v. 41, n. 6, p. 2142-2149, 2014.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: Noções básicas e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, F. A. Riscos e Vulnerabilidades socioambientais urbanos: a contingência climática. **Mercator**, v. 9, n. 1, p. 153-163, 2010.

MORAES, M. de P. C. Análise da variabilidade pluvial na unidade de gerenciamento de recursos hídricos do Paraíba do Sul (UGHRI-2). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, n. 1, 2014.

NASCIMENTO JUNIOR, L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. 162f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2013.

NACIMENTO JÚNIOR, L. Perspectivas da variabilidade climática. **Geografia em Questão**, v. 10, n. 1., 2017.

NORONHA, GC de; DA HORA, M. A. G. M.; SILVA, L. P. Análise do índice de anomalia de chuva para a microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 74-81, 2016.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

PINHEIRO, G. M. **Variabilidade temporo-espacial da pluviosidade na bacia do alto Iguaçu**. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

ROOY, M. P. V. A rainfall anomaly index independent of time and space. Notes. **Weather Bureau of South Africa**, v.14, p.43-48, 1965.

SANSIGOLO, C. A.; PEREIRA, C.S.; SILVA, I. R. Relações entre as precipitações regionais no Sul do Brasil e as temperaturas da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.1, 5-11, 2004.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica a geografia do Clima: Gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico. In: **Anpege**, v. 4, 2008.

SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; SANT'ANNA NETO, João Lima; MONTEIRO, Ana. **Climatologia urbana e regional**: questões teóricas e estudos de caso. Expressões, São Paulo, 2013.

SILVA, E.S. **Variabilidade da precipitação pluviométrica nas regiões sudeste e sul do Brasil**. 211 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP – Campus de Botucatu, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu. 2006.

TAVARES, A. C. **Variabilidade e mudanças climáticas**. 228 f. Tese (Livre Docência em Climatologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

ZHANG X., YANG F. **RClimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch, Environment Canada, Downsview, Ontario, Canada, 2004.

ZANDONADI, L. ACQUAOTTA, F., FRATIANNI, S. ZAVATINNI, J.A. **Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River Basin)**. *Theor Appl Climatol*, p.741–756, 2016.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

VARIABILIDADE TÉRMICA DO OESTE DO PARANÁ DE 1998 A 2018

JONATHAN KLEIN MARQUETTI¹
LEILA LIMBERGER²

RESUMO

Os efeitos das alterações climáticas ocasionadas pelo aquecimento global não devem ser estudados apenas globalmente; é importante regionalizar as análises e verificar seus efeitos em escala local. A presente pesquisa teve o objetivo de analisar a evolução temporal das temperaturas máximas e mínimas, em escala diária, registradas nos postos meteorológicos de Cascavel, Foz do Iguaçu, Guaíra e Santa Helena, no oeste paranaense. O período considerado foi 1998 a 2018, constituindo 21 anos. Foram analisados 5 índices de identificação de mudanças climáticas (FD0, SU35, TNn, TR20 e TXx), previstos pelo IPCC e OMM, por meio dos pacotes estatísticos Rclimindex e Rclimimpact no software R. Os resultados indicam um aumento das temperaturas máximas e redução dos valores das mínimas, indicando uma intensificação de eventos extremos. Pode-se avaliar que as temperaturas no verão estão maiores e no inverno, menores. Esses resultados foram os mesmos para todas as cidades, com exceção do índice FD0, que foi negativo em Foz do Iguaçu e Cascavel e positivo em Guaíra e Santa Helena.

Palavras-chave: Aquecimento global; Índices ETCCDI; Rclimimpact.

ABSTRACT

The effects of climate change caused by global warming should not be studied only globally; it is important to regionalize the analyses and verify their effects on a local scale. This research aimed to analyze the temporal evolution of maximum and minimum temperatures, on a daily scale, recorded at the meteorological stations of Cascavel, Foz do Iguaçu, Guaíra and Santa Helena, in western Paraná. The period considered was 1998 to 2018, constituting 21 years. Five climate change indices (FD0, SU35, TNn, TR20 and TXx), provide by the IPCC and WMO, were analyzes using the statistical packages Rclimindex and Rclimimpact in software R. The results indicate an increase in maximum temperatures and a decrease in minimum temperature values, indicating an intensification of extreme events. It can be seen that in the summer the temperatures are higher and, in winter, smaller. These results were found in all cities, expect for the FD0 index, which was negative in Foz do Iguaçu and Cascavel and positive in Guaíra and Santa Helena.

Keywords: global warming, ETCCDI indices, Rclimimpact.

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), jonathankm1998@gmail.com

² Doutora, docente dos cursos de Graduação e Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), leila.limberger@unioeste.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

O aquecimento global é o processo de aumento da temperatura média da atmosfera, cuja causa provável é o aumento de emissões de gases que intensificam o efeito estufa natural. Esse aquecimento pode alterar o funcionamento do Sistema Superfície Atmosfera (SSA), que, por sua vez, pode ocasionar alterações (eventos extremos) que levam a impactos socioeconômicos e ambientais. Esse tema das alterações climáticas está sendo amplamente discutido pela sociedade, em meios acadêmicos, políticos e midiáticos. A sociedade tem a necessidade de saber sobre os possíveis impactos decorrentes desse fenômeno, já que esses podem afetar a saúde humana, a infraestrutura urbana, a economia e a produção de alimentos.

Ao serem feitas as análises sobre os padrões de alterações climáticas não devem ser considerados apenas dados globais, o que pode impactar em uma generalização nos dados. Desta forma, é importante regionalizar as análises para posteriormente enquadrá-las na evolução global, e assim, criar análises mais robustas (AMBRIZZI, 2014).

A presente pesquisa foi desenvolvida visando entender os padrões de alteração climática no oeste do Paraná. O estado do Paraná está situado na região sul do Brasil, encontrando-se sobre uma zona de transição climática do clima subtropical (maior parte, ao sul) e tropical (ao norte). O oeste do Paraná, como mesorregião do IBGE, possui áreas classificadas como clima Cfa e Cfb, segundo classificação de Koeppen (NITSCHKE *et al.*, 2019). As massas de ar que atingem o estado do Paraná são: as intertropicais Massa Tropical Atlântica (mTa), Massa Equatorial Continental (mEc) e Massa Tropical Continental (mTc), que atuam no aquecimento, e a extratropical Massa Polar Atlântica (mPa), que atua no resfriamento (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Essas características, aliadas a outros fatores como o relevo e altitude, são responsáveis por influenciar a variabilidade climática espacial no estado.

Segundo pesquisas já realizadas para o estado do Paraná, como Silva e Guetter (2003) e Silva *et al.* (2014), foi possível observar um aumento quantitativo e da intensidade de dias e noites caracterizadas como quentes. Silva *et al.* (2014) apontam para um aumento de, em média, 0,1 a 0,4%/ano de dias e noites quentes, registradas em várias estações



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

meteorológicas localizadas no Estado, para o período de 1976 a 2010, utilizando-se da base de dados disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Instituto Agrônomo do Paraná. Os pesquisadores destacam que as temperaturas máximas e mínimas (médias anuais) apresentaram um acréscimo de $+0,02$ °C/ano na maior parte das estações do estado em análise.

A pesquisa de Kogima (2018), utilizando-se dos dados do IAPAR para 14 estações meteorológicas em diversas regiões no estado do Paraná, para o período de 1976 a 2015, identificou tendência de elevação das temperaturas máximas e das mínimas nas estações analisadas, especialmente nas localizadas no norte e noroeste do Paraná. Verificou que os valores obtidos condizem com as previsões elaboradas pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC), de aumento de ocorrências de dias quentes e ondas de calor em diferentes estações meteorológicas.

Ely e Fortin (2019) identificaram uma redução de dias frios, aumento dos índices das temperaturas máximas e o aumento da amplitude térmica. Vincent et al. (2005) destacam os padrões de temperatura na América do Sul que estão mudando, com diminuição das noites frias e aumento da frequência de noites quentes.

Com essa perspectiva, o objetivo dessa pesquisa é a identificação de padrões de alteração climática nos dados diários de temperaturas máximas e mínimas dos postos meteorológicos de Cascavel, Foz do Iguaçu, Guaíra e Santa Helena para o período de 1998 a 2018.

2. Metodologia

Para a realização da pesquisa foram utilizados dados diários de temperaturas máximas e mínimas obtidos dos postos meteorológicos do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR) localizados nas cidades de Cascavel, Foz do Iguaçu, Guaíra e Santa Helena, na região oeste paranaense, conforme Figura 1. O período definido para a pesquisa compreende 20 anos de dados disponíveis, começando dia 01 de janeiro de 1998 e terminando no dia 31 de dezembro de 2018. Esse período, apesar de ser



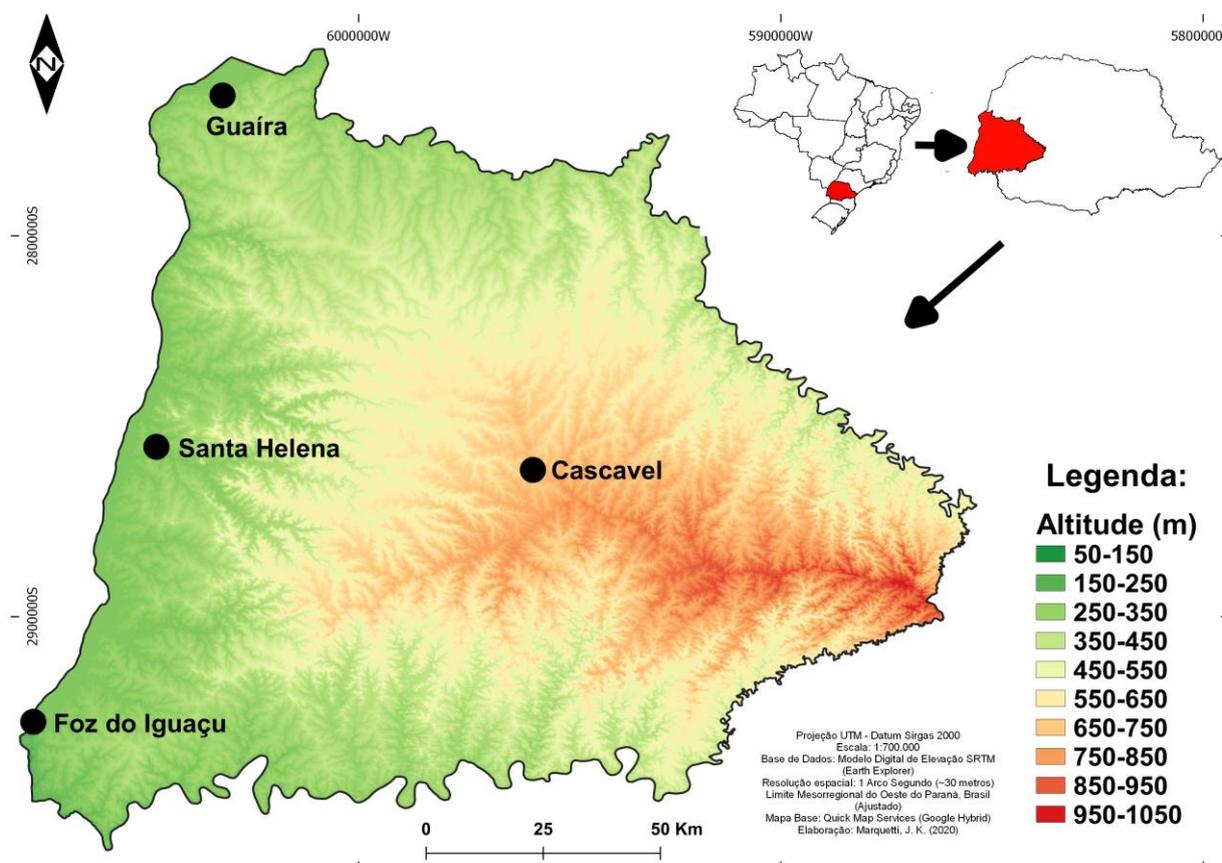
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

reconhecidamente curto para identificação de padrões de mudanças climáticas, é o único disponível, devido à instalação das estações meteorológicas terem ocorrido em 1997.

Figura 1 – Mapa de localização dos postos analisados e mapa altimetria do oeste do Paraná.



Os dados foram consistidos e as falhas (Inferiores a 1%), preenchidas com as médias dos dias anterior e posterior. A partir disso, foi iniciada a geração dos índices com os pacotes estatísticos Rclimdex e Rclimplot. Kogima (2018) e ETCCDI/CRD (2019) apresentam o Rclimdex como um pacote que traz ferramentas interessantes para a análise de dados meteorológicos, desenvolvido por Byron Gleason do *National Climate Data Centre* (NCDC) da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). O Rclimdex possui 27 índices básicos recomendados pelo *Expert Team of Climate Change Detection Monitoring and Indices*



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

(ETCCDMI), incluindo índices de temperatura e precipitação com limites definidos pelo usuário. Uma atualização do RClindex, o RClimpact, calcula vários índices que podem ser empregados nos dados relativos à pesquisa, trazendo assim, um levantamento muito mais preciso dos dados e suas variações, tendo as finalidades muito parecidas com a do Rclindex, porém sendo um pacote mais atualizado.

Dentre os índices disponíveis pelo pacote RClimpact, na presente pesquisa foram utilizados 5, voltados à análise da temperatura: FD0: número de dias com ocorrência de geadas, com temperaturas inferiores a 0°C; SU35: número de dias em que as temperaturas máximas ultrapassam os 35°C; TNn: valor mínimo mensal da temperatura mínima diária em °C; TR20: representa a quantidade de noites com temperaturas acima de 20°C, consideradas “Noites Tropicais”; TXx: representa o valor máximo em °C das temperaturas máximas.

O pacote solicita que sejam definidos alguns parâmetros para o cálculo dos índices, como período analisado, a latitude, além de valores que podem ser modificados de acordo com a metodologia que for empregada, como valores que representam uma variável específica a ser analisada. Os limiares utilizados (Percentil 90 e 10 para Temperatura Máxima e Mínima) foram calculados através do pacote RClimpact. Esses limiares servem para a definição de extremos tanto na cauda superior quanto inferior da distribuição dos dados. São, portanto, diferentes para cada posto meteorológico, já que são considerados os dados específicos de cada uma.

Após a geração dos índices, foram calculadas a porcentagem da tendência linear no tempo, bem como a significância estatística pelo teste t-Student. O cálculo da porcentagem da tendência linear no tempo foi feito utilizando-se a seguinte equação:

$$\%tendência = (a * \Delta t) / x$$

sendo: a = inclinação da reta na equação linear; Δt = número de tempos; x = média aritmética do índice.

A significância estatística foi calculada pelo teste t-Student a partir do cálculo do valor crítico para t. A tendência linear é considerada significativa quando o t crítico amostral é maior que o t crítico calculado para a significância estatística almejada (ROGERSON, 2012). No



caso atual, foi definido $p < 0,05$ e o t-crítico calculado deve ser maior do que 1,721 para 21 tempos. A equação para o cálculo do t crítico é:

$$tc = r \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}}$$

onde: r é a correlação linear no tempo; n é o número de tempos; r^2 é o coeficiente de correlação linear.

3. Resultados e discussão

Para o cálculo dos limiares, realizado no RClimdex (Tabela 1), verifica-se que a cidade de Cascavel apresenta os menores valores em todos os limiares, já que se localiza na maior altitude dentre os postos analisados (660m), enquanto Santa Helena, os maiores para as máximas, Guaíra o maior valor para P_{cmin10} e Foz do Iguaçu o maior valor para P_{cmin90}.

Tabela 01 – Valores dos limiares calculados pelo RClimdex

	P_{cmax10}	P_{cmax90}	P_{cmin10}	P_{cmin90}
Cascavel	21,40	30,93	11,54	19,04
Foz do Iguaçu	23,07	32,43	12,54	21,51
Guaíra	22,60	32,36	12,74	21,21
Santa Helena	23,09	33,59	12,15	21,36

Para o Índice FD0 – Frost Days (ou dias de geada), que calcula o número total de dias anuais de ocorrência temperaturas abaixo de 0°C, os quatro postos apresentam valores distintos, apresentando picos em diferentes anos (Figura 2). Em 2000 houve registro de geadas em todos os postos, sendo 3 dias em Foz do Iguaçu e Santa Helena e 1 dia em Cascavel e Guaíra. Em 2001 Cascavel apresentou 6 dias com temperaturas abaixo de 0°C enquanto os demais não registraram eventos. Em 2013 e 2014 houve maior frequência de eventos FD0, sendo que em 2013 Guaíra apresentou 3 eventos, sendo essa a cidade de menor latitude, e em 2014 Cascavel apresentou 3 eventos.

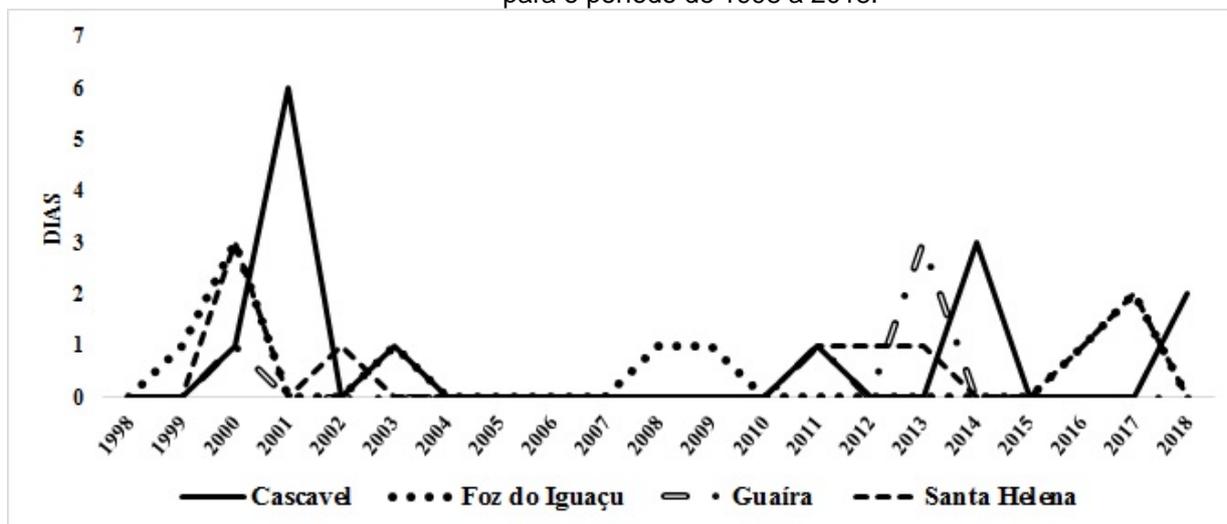


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2- Valores do Índice FD0 para as cidades de Cascavel, Foz do Iguaçu, Guaíra e Santa Helena para o período de 1998 a 2018.



Fonte: SIMEPAR. Organizado pelo autor.

Na Tabela 2 se apresentam os valores do coeficiente de correlação linear (r) dos índices no tempo (21 anos), a porcentagem da tendência no tempo e o teste de significância da tendência t-Student. Houve tendência negativa de FD0 em Cascavel e Foz do Iguaçu (-57,3 e -63,1%, respectivamente) e valores positivos em Guaíra e Santa Helena (114,7% e 45,9%, respectivamente). Apesar de os valores de porcentagem da tendência serem altos, eles não são significativos estatisticamente devido à alta variabilidade, à série temporal curta e o valor médio baixo.

Tabela 2 – valores de coeficiente de correlação linear (r), porcentagem da tendência no tempo (21 anos) e o teste de significância da tendência t-Student para o índice FD0.

	r	% tendência	t-Student
Cascavel	0,077	-57,3	0,339
Foz do Iguaçu	0,109	-63,1	0,478
Guaíra	0,115	114,7	0,504
Santa Helena	0,079	45,9	0,347

O Índice SU35 apresenta o número total de dias em que as temperaturas registradas foram iguais ou superiores a 35°C, sendo caracterizados como dias muito quentes. Como pode ser visto na Figura 3, os quatro postos registraram distintos períodos de aquecimento, porém observa-se uma tendência positiva para a ocorrência de dias quentes. Cascavel não



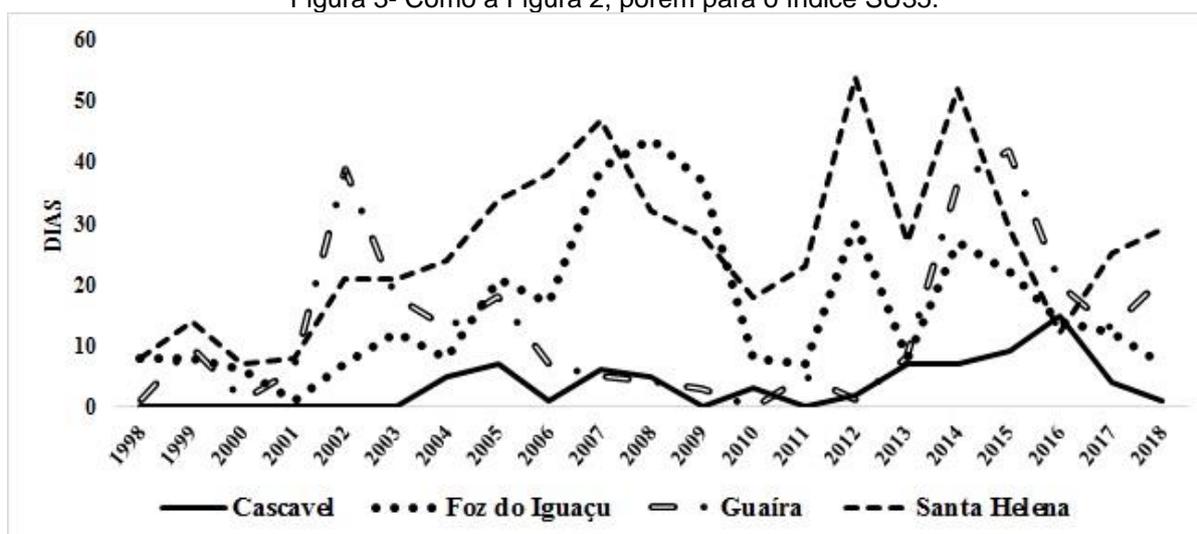
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

apresentou nenhum registro de temperatura acima de 35°C até 2003, chegando, em 2016, a 15 eventos no ano. Santa Helena apresentava em torno de 10 eventos entre 1998 e 2001, passando para a faixa de 50 eventos em 2012 e 2014.

Figura 3- Como a Figura 2, porém para o índice SU35.



Fonte: SIMEPAR. Organizado pelo autor.

Observa-se a diferença entre o final do século XX e início do XXI com períodos de cerca de 10 a 20 dias antes de 2000 e com anos com 30 a 50 dias depois dessa data. Essa característica observada pode indicar uma alteração climática, já que não houve um retorno para o padrão registrado no início da série temporal.

Pela Tabela 3 verifica-se que o índice SU35 teve tendência linear positiva em todos os postos, porém significativa estatisticamente em Cascavel e Santa Helena (215,5% e 76,9%, respectivamente).

Tabela 3 – como Tabela 2, porém para o índice SU35.

	r	% tendência	t-Student
Cascavel	0,543	215,5	2,821*
Foz do Iguaçu	0,237	60,6	1,062
Guaira	0,293	98,1	1,336
Santa Helena	0,442	76,9	2,147*



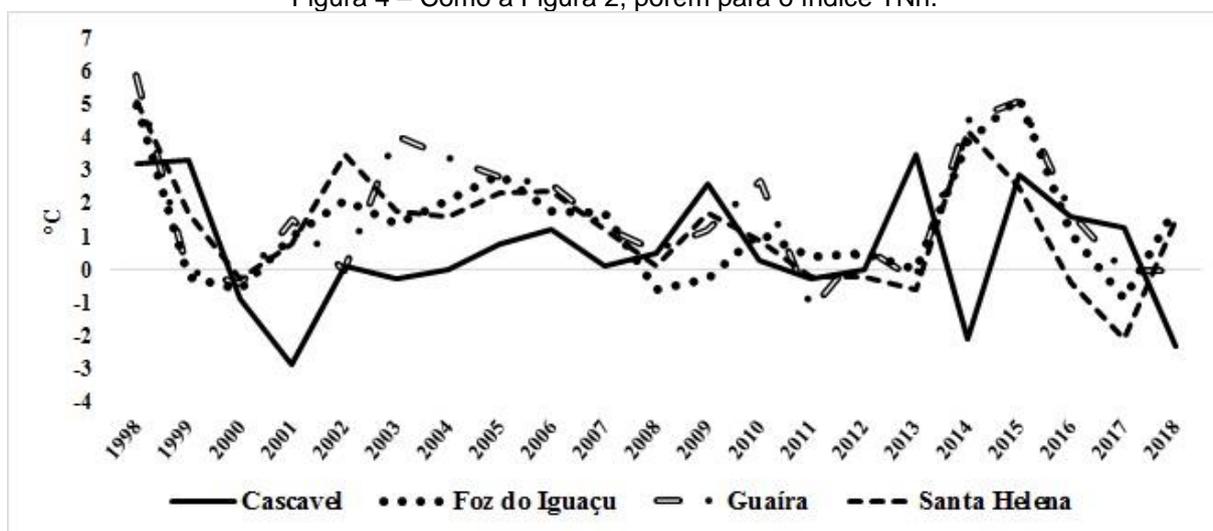
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O índice TNn (Figura 4) apresenta o valor mínimo da temperatura mínima diária. Foi verificado um comportamento semelhante entre os postos analisados, com temperaturas mínimas mais altas no ano de 1998, 2015 e 2016, anos de eventos El Niño, que tem como uma das consequências o aumento das temperaturas no sul do Brasil (GRIMM, 2009).

Figura 4 – Como a Figura 2, porém para o índice TNn.



Fonte: SIMEPAR. Organizado pelo autor.

Todos os postos apresentaram redução no valor da TNn para o período analisado, ou seja, redução no valor das mínimas registradas (Tabela 4). No entanto, valor estatisticamente significativo foi registrado somente na estação de Santa Helena (175,1%). Com esse índice verifica-se que não há, de forma ampla na região oeste do Paraná, tendência significativa de alteração no valor das temperaturas mínimas, apesar de ser registrado redução nos valores em todos os postos analisados.

Tabela 4 – como Tabela 2, porém para o índice TNn.

	r	% tendência	t-Student
Cascavel	0,040	-41,7	0,174
Foz do Iguaçu	0,036	-15,1	0,157
Guaíra	0,140	-54,9	0,616
Santa Helena	0,394	-175,1	1,871*

Ainda com relação às temperaturas mínimas analisa-se o índice TR20, também conhecido como “noites tropicais”, já que indica os números de dias do ano em que as temperaturas no período da noite (ou as mínimas) são superiores a 20°C. Destaque se dá à



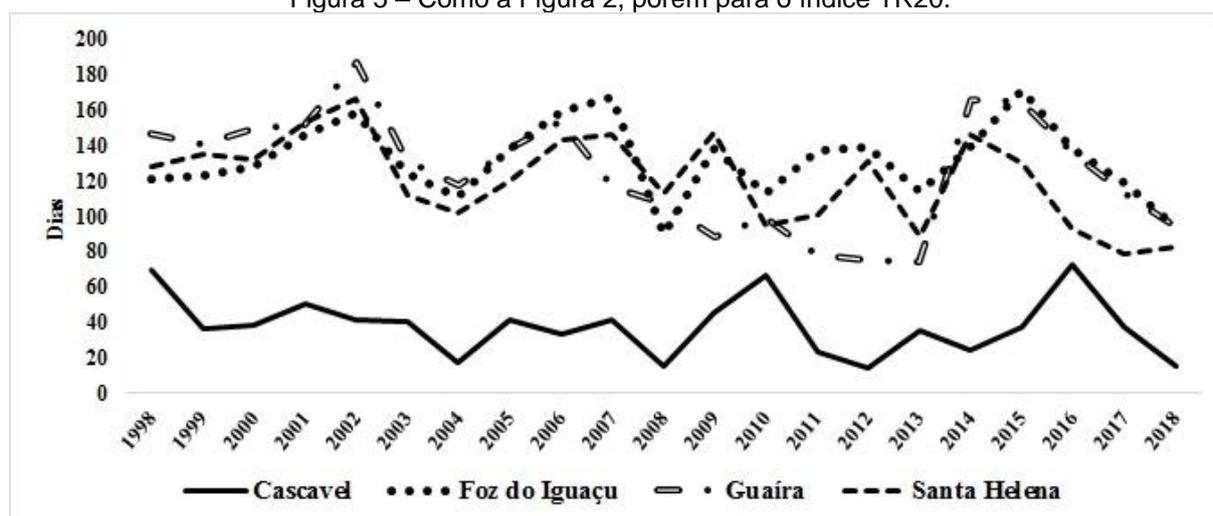
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

cidade de Cascavel que tem menos da metade das noites quentes do que as demais cidades analisadas; essa diferença se dá em virtude da altitude.

Figura 5 – Como a Figura 2, porém para o índice TR20.



Fonte: SIMEPAR. Organizado pelo autor.

Observa-se na Tabela 5 que todos os postos meteorológicos demonstram redução na frequência de dias em que a temperatura mínima é maior do que 20°C. Esse resultado destoa de outras pesquisas, como Silva et al. (2013) e Kogima (2018), que, trabalhando com um período maior de dados, e em escala estadual, demonstraram um incremento no número de noites com essa característica. Os postos de Guaíra e de Santa Helena apresentaram valores significativos.

Tabela 5 – como Tabela 2, porém para o índice TR20.

	r	% tendência	t-Student
Cascavel	0,232	-35,5	1,037
Foz do Iguaçu	0,084	-4,7	0,369
Guaíra	0,421	-37,1	2,022*
Santa Helena	0,545	-38,2	2,834*

Quando se observa o resultado do índice TXx (Figura 6), que representa o valor máximo da temperatura máxima diária, verifica-se que as estações apresentam variações com tendência positiva. Destaca-se Cascavel que, até o ano de 2005 registrava valores de



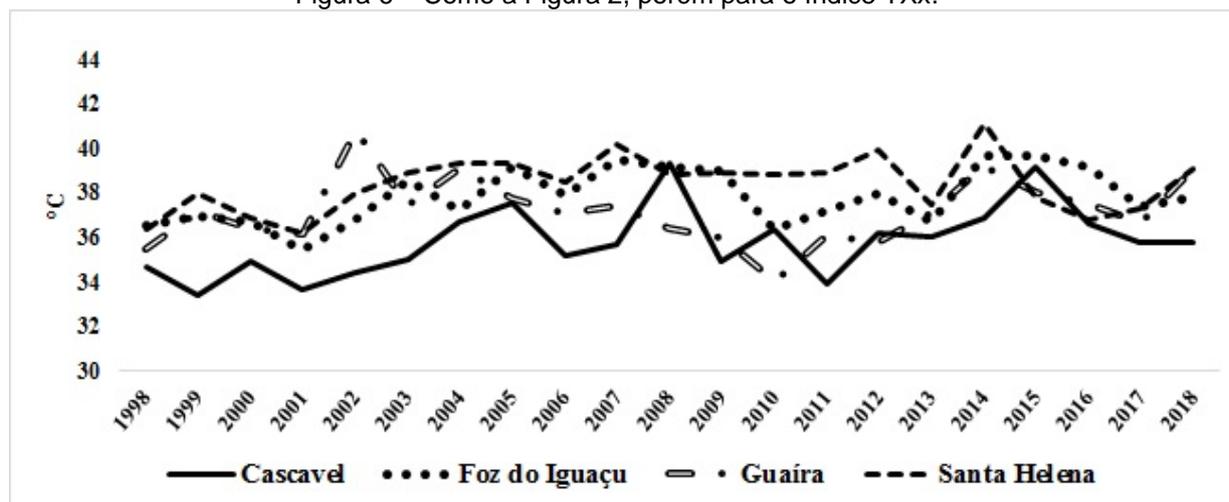
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

temperatura máxima menores que as demais e, a partir desse ano, passa a ter valores mais semelhantes com as cidades de altitudes menores.

Figura 6 – Como a Figura 2, porém para o índice TXx.



Fonte: SIMEPAR. Organizado pelo autor.

A Tabela 6 mostra os valores da tendência e da de significância estatística para o índice TXx e percebe-se que a tendência foi positiva em todos os postos, sendo estatisticamente significativa para $p < 0,05$ em Cascavel e Foz do Iguaçu.

Tabela 6 – como Tabela 2, porém para o índice TXx.

	r	% tendência	t-Student
Cascavel	0,476	7,1	2,357*
Foz do Iguaçu	0,432	4,9	2,091*
Guaíra	0,085	1,2	0,371
Santa Helena	0,274	3,1	1,241

Na Tabela 7 organizou-se uma síntese dos resultados dos índices. Regionalmente, verifica-se que todos os postos apresentaram tendências no mesmo sentido (positiva ou negativa) em todos os índices, exceto para o índice FD0, no qual Cascavel e Foz do Iguaçu tiveram tendência negativa de dias com temperaturas abaixo de zero e Guaíra e Santa Helena, tendência positiva.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 7 – Quadro síntese das tendências lineares e significância estatística para as cidades de Cascavel, Foz do Iguaçu, Guaíra e Santa Helena para os índices FD0, SU35, TNn, TR20 e TXx. Sinais de (+) significam tendência positiva e de (–), tendência negativa. As tendências estatisticamente significativas para $p < 0,05$ são marcados com (*).

	FD0	SU35	TNn	TR20	TXx
Cascavel	-	+*	-	-	+*
Foz do Iguaçu	-	+	-	-	+*
Guaíra	+	+	-	-*	+
Santa Helena	+	+*	-*	-*	+

De forma mais intensa, Guaíra e Santa Helena tiveram resultados que indicam aumento dos extremos de frio com aumento de dias de geada (FD0) e valor significativo de TNn Santa Helena. Já Cascavel e Foz do Iguaçu apresentam valores indicativos de aumento de eventos extremos de temperaturas altas, como a redução dos valores de FD0, aumento significativo de SU35 em Cascavel e TXx em ambas.

Mesmo sendo um curto período de tempo segundo os critérios da OMM houve significância estatística para alguns índices, principalmente os que indicam aquecimento, como o SU35 e o TXx. Também foi identificado aumento dos eventos extremos de frio e calor, já que em todas as cidades houve aumento de dias com temperatura acima de 35°C e diminuição das temperaturas mínimas e de noites quentes. Esse aumento da amplitude térmica também foi verificado por Ely e Fortin (2019) para a região norte do Paraná.

4. Considerações finais

Os resultados deste trabalho, utilizando os dados da série temporal (1998 a 2018) demonstraram uma tendência positiva de altas temperaturas, com valores positivos em todos os postos para os índices SU35 e TXx. Essa característica corrobora com as análises e previsões do IPCC, com números que apontam a maior concentração numéricas de dias muito quentes, assim como a elevação dos mesmos em comparação aos anos iniciais da pesquisa. Por outro lado, revela diminuição dos valores das temperaturas mínimas e redução das noites quentes em todas as cidades e aumento de dias com geada em Guaíra e Santa Helena. Esses resultados indicam que as temperaturas no oeste do Paraná apresentam uma tendência positiva no verão e negativa no inverno, indicando a maior presença de eventos extremos de temperatura.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Também se verificou que há evidências da relação entre os eventos ENOS e os valores de temperatura. No entanto, maiores detalhes sobre essa relação permanecem em aberto, indicando possibilidade de pesquisas futuras.

Agradecimentos

Ao Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR – pela concessão dos dados de temperatura.

5. Referências

AMBRIZZI, T. Variabilidade e mudança no clima: passado, presente e futuro. In: CORTESE, T.T.P.; NATALINI, G. (org.). **Mudanças climáticas: do global ao local**. Barueri: Manole, 2014.

ELY, D.F.; FORTIN, G. Trend analysis of extreme thermal indices in south Brazil (1971 to 2014). **Theoretical and Applied Climatology**, v. 139, p. 1045-1056, 2019.

ETCCDI/CRD. **Climate Change Índices**. Disponível em <http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml>. Acesso em: 02 mai. 2019.

GRIMM, A. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I.F. de.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M.G.A.J. da; DIAS, M.A.F. da S. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

KOGIMA, K. C. **Anomalias de calor associadas à variabilidade térmica no Estado do Paraná. 2018**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

MENDONCA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2019.

ROGERSON, P.A. **Métodos estatísticos para a Geografia: um guia para o estudante**. 3a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

SILVA, M.E.S; GUETTER, A. K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. **Terra Livre**, v. 1, p.111-126, jan./jul. 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SILVA, W. L. et al. Tendências Observadas Em Indicadores De Extremos Climáticos De Temperatura E Precipitação No Estado Do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p.181-194, ago. 2014.

VINCENT, L. A. et al. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. **Journal of Climate**, v. 18, n. 23, p. 5011-5023, 2005.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O CICLONE EXTRATROPICAL DE JUNHO/JULHO DE 2020 E SEUS IMPACTOS NO SUL DO BRASIL

GEISA SILVEIRA DA ROCHA¹
GABRIELA GOUDARD²

RESUMO

Os ciclones extratropicais, sistemas de baixa pressão atmosférica e de escala sinótica, configuram-se como moduladores do clima no hemisfério sul. Em condições de contrastes de 24hPa ou mais em 24h passam a ser denominados de ciclogênese explosiva ou “ciclone bomba”, causando impactos ambientais e socioeconômicos diversos. Dessa forma, o presente estudo colocou em evidência a análise das condições sinóticas relacionadas à formação e evolução do ciclone extratropical de junho/julho de 2020, bem como os seus impactos e danos associados, registrados nos três estados do Sul do Brasil. Para tanto, foram utilizados dados de cartas sinóticas, imagens de satélite, reanálises de pressão e vento (direção, velocidade e rajada), assim como registros de impactos provenientes da Defesa Civil, de notícias em jornais eletrônicos e relatórios estaduais. Os resultados alcançados possibilitam uma melhor compreensão do fenômeno, na medida em que exploram além dos aspectos meteorológicos, a dimensão socioespacial e econômica do evento. Neste sentido, este artigo identificou impactos relacionados à perda de vidas, prejuízos nas estruturas das habitações, no setor agropecuário e aqueles ligados à falta de energia elétrica no sul do país, contribuindo para a gestão de riscos climáticos.

Palavras-chave: Ciclone; ciclones extratropicais; Sul do Brasil.

ABSTRACT

Extratropical cyclones, systems of low atmospheric pressure and synoptic scale, are configured as climate modulators in the southern hemisphere. In conditions of contrasts of 24hPa or more in 24h, they are called explosive cyclogenesis or “bomb cyclone”, causing different environmental and socioeconomic impacts. Thus, the present study highlighted the analysis of the synoptic conditions related to the formation and evolution of the June / July 2020 extratropical cyclone, as well as their associated impacts and damages, recorded in the three southern states of Brazil. For this purpose, data from synoptic charts, satellite images, pressure and wind reanalysis (direction, speed and gust) were used, as well as records of impacts from the Civil Defense, news in electronic newspapers and state reports. The results achieved enable a better understanding of the phenomenon, as they explore beyond the meteorological aspects, the socio-spatial and economic dimension of the event. In this sense,

¹ Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail para contato: geisarochageo@gmail.com

² Mestre em Geografia e Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professora Colaboradora na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). E-mail para contato: gabigoudard.ufpr@gmail.com



this article identified impacts related to loss of life, damage to housing structures, the agricultural sector and those linked to the lack of electricity in the south of the country, contributing to the management of climate risks.

Keywords: Cyclone; extratropical cyclones; Southern Brazil.

1. Introdução

Os ciclones extratropicais fazem parte dos moduladores do clima no hemisfério sul, especialmente, para as latitudes médias. Estes sistemas de baixa pressão atmosférica e de escala sinótica são caracterizados pelo giro horário na porção meridional do globo, por suas formas assimétricas e frontais, pelo forte cisalhamento vertical do vento e pela formação em regiões baroclínicas (REBOITA, 2017).

A passagem de um ciclone extratropical está geralmente associada a ventos fortes, marés de tempestades e intensa atividade convectiva, trazendo, portanto, um alto potencial para impactos ambientais e socioeconômicos diversos. A preparação e o prognóstico de um ciclone podem ser dificultados na ocorrência do tipo “explosivo” ou também conhecido como “ciclone bomba”, classificado assim quando a pressão central decresce 1 hPa h^{-1} em 24 horas, ou seja, um contraste de 24hPa ou mais, somente em um dia (BITENCOURT *et al.*, 2013).

No que concerne a ciclogênese na América do Sul (AS), Gan e Rao (1991) ao analisarem a variação sazonal e interanual das ocorrências no período de 1979 a 1988, constataram duas áreas principais de ciclogênese, sendo uma situada próxima da região do Rio da Prata e outra na região Norte da Argentina (Figura 01). Estudos de Cardoso (2011) e Jantsch (2019) corroboram com estas análises, ao detalharem, respectivamente, a influência dos ciclones extratropicais nas mesorregiões serrana e do leste catarinense entre 1998 e 2008 e; a climatologia de ciclones extratropicais na região Sul do Brasil no período de 2000 a 2016.

Do ponto de vista da sazonalidade destes processos, o estudo de Gan e Rao (1991) ainda destacou que dos 1091 casos de ciclogêneses analisados, a maior frequência sazonal ocorreu no outono/inverno e a menor no verão, sendo maio o mês de maior frequência e dezembro o mês com menor ocorrência de ciclogêneses na AS. Estes fatos são corroborados por trabalhos de Mendes *et al.* (2007), Cardoso (2011) e Jantsch (2019).

Para Lima (2013), os estudos acerca de ciclones extratropicais vêm se destacando nos últimos anos, sobretudo, mediante a potencial intensificação de seus ciclos de vida face às mudanças climáticas globais, cujos efeitos podem alterar a ocorrência, trajetória,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

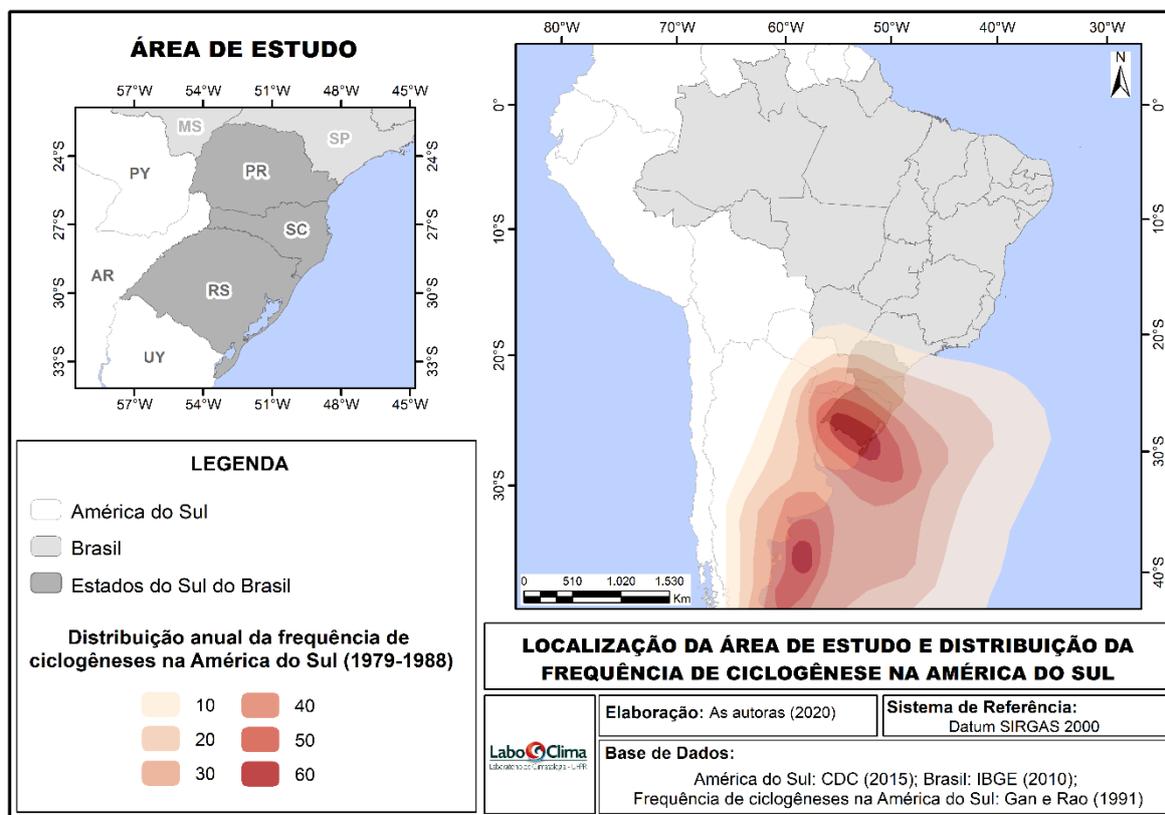
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

frequência e intensidade destes ciclones. Neste mesmo contexto, o estudo de Carpenedo (2009) aponta para tendências de aquecimento das massas de ar que atingem a América do Sul, potencializando a frequência e a intensidade de ciclones extratropicais na área supracitada.

Desse modo, a ciclogênese explosiva de junho/julho de 2020 merece destaque, sobretudo, em decorrência dos impactos registrados no Sul do Brasil, recorte espacial do presente estudo (Figura 01). O ciclone que se desenvolveu entre a noite de 29/06 e o dia 01/07 foi categorizado como uma ciclogênese explosiva (ou ciclone bomba), culminando em ventos com variações de até 130 km/h, 15 mortes confirmadas, cerca de 2 milhões de consumidores sem energia elétrica e diversos impactos de ordem socioeconômica nos estados do Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC) e Paraná (PR).

Figura 01 – Localização da área de estudo e distribuição da frequência anual de ciclogênese na América do Sul (1979 – 1988)



Organização: As autoras (2020). Fonte dos dados de ciclogênese: Gan e Rao (1991)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Partindo-se destes pressupostos, o principal objetivo deste estudo configura-se como sendo a análise das condições sinóticas relacionadas à formação e evolução do ciclone extratropical de junho/julho de 2020, bem como os seus impactos e danos associados, registrados nos três estados do Sul do Brasil, quais sejam: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

2. Metodologia

No intuito de evidenciar as condições sinóticas relacionadas ao ciclone de junho/julho de 2020 e os impactos associados no Sul do Brasil, os seguintes procedimentos foram adotados:

2.1 Coleta e tratamento de dados sinóticos relacionados ao ciclone extratropical

A caracterização do ciclone extratropical de 30/06 e 01/07/2020 foi realizada com base em cartas sinóticas da Marinha do Brasil, imagens de satélite - GOES 16 (<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic>), para os seguintes dias e horários: 12UTC de 30/06 (9h no horário de Brasília), 18UTC de 30/06 (15h), 00UTC de 01/07 (21h do dia 30/06), 12UTC de 01/07 (9h), 18UTC de 01/07 (15h) e 00UTC de 02/07 (21h do dia 01/07).

Além disso, foram utilizados dados de reanálise provenientes do ERA-5 relativos aos campos de pressão (hPa) ao nível do mar e a direção, velocidade e rajadas de vento. Estes dados foram tratados no GrADS (*Grid Analysis and Display System*) e as representações foram feitas para os períodos sinóticos de 12UTC de 30/06 (9h), 00UTC de 01/07 (21h do dia 30/06), 12UTC de 01/07 (9h), e 00UTC de 02/07 (21h do dia 01/07). O *software* ArcGIS 10.5 foi utilizado para a elaboração final das representações espaciais utilizadas no presente artigo.

2.2 Coleta e tratamento de dados relacionados aos impactos do ciclone na região Sul do Brasil

No que se refere aos dados de impactos relacionados ao ciclone, estes foram coletados por meio de registros das defesas civis estaduais e municipais (<https://s2id.mi.gov.br/>), bem como por meio de notícias em jornais eletrônicos e relatórios de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

impactos socioeconômicos de institutos estaduais, tais como a EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural, em Santa Catarina (GIEHL *et al.*, 2020).

3. Resultados e discussão

Os resultados do presente artigo foram divididos em dois itens, quais sejam: caracterização das condições sinóticas e da evolução do ciclone “bomba” (item 3.1) e análise dos impactos nos estados da região Sul do país (item 3.2), conforme expresso a seguir:

3.1 Caracterização do ciclone e de suas condições sinóticas

Na passagem do mês de junho para julho de 2020, entre os dias 29/06 e 01/07, um ciclone extratropical se desenvolveu no sul do país, culminando em uma série de impactos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Entre a noite de 29/06 e o dia 01/07/2020, o forte contraste de massas de ar, associado à perturbação dos ventos e o deslocamento de um cavado atmosférico em médios e altos níveis, foram os responsáveis pela formação e intensificação de um ciclone extratropical no litoral Sul do Brasil.

De acordo com a nota técnica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2020), este ciclone destacou-se por um rápido desenvolvimento (ciclogênese explosiva), abrangência espacial maior do que a registrada convencionalmente na costa Atlântica da América do Sul e por aprofundar-se no continente e não no oceano, como o habitual nesta área.

A figura 02 permite evidenciar a evolução espaço-temporal da ciclogênese, por meio de imagens de satélite entre a manhã do dia 30 de junho (12UTC - 9h de Brasília) e a noite do dia 01 de julho de 2020 (00UTC de 02/07 – 21h de 01/07 no horário de Brasília). A análise desta figura revela que às 9h do dia 30/06 o ciclone encontrava-se formado sobre o Rio Grande do Sul, desenvolvendo-se ao longo do dia (18 UTC – 15h) e deslocando-se para o Oceano Atlântico na noite de 30/06 (00 UTC de 01/07 – 21h no horário de Brasília).

No dia 01/07 (12UTC - 9h, 18UTC -15h e 00UTC - 21h), o centro do ciclone localizava-se sobre o Oceano Atlântico, apresentando ainda alguns reflexos nas condições de tempo, sobretudo, no litoral do Rio Grande do Sul (9h de 01/07), conforme pode-se constatar na figura 02.



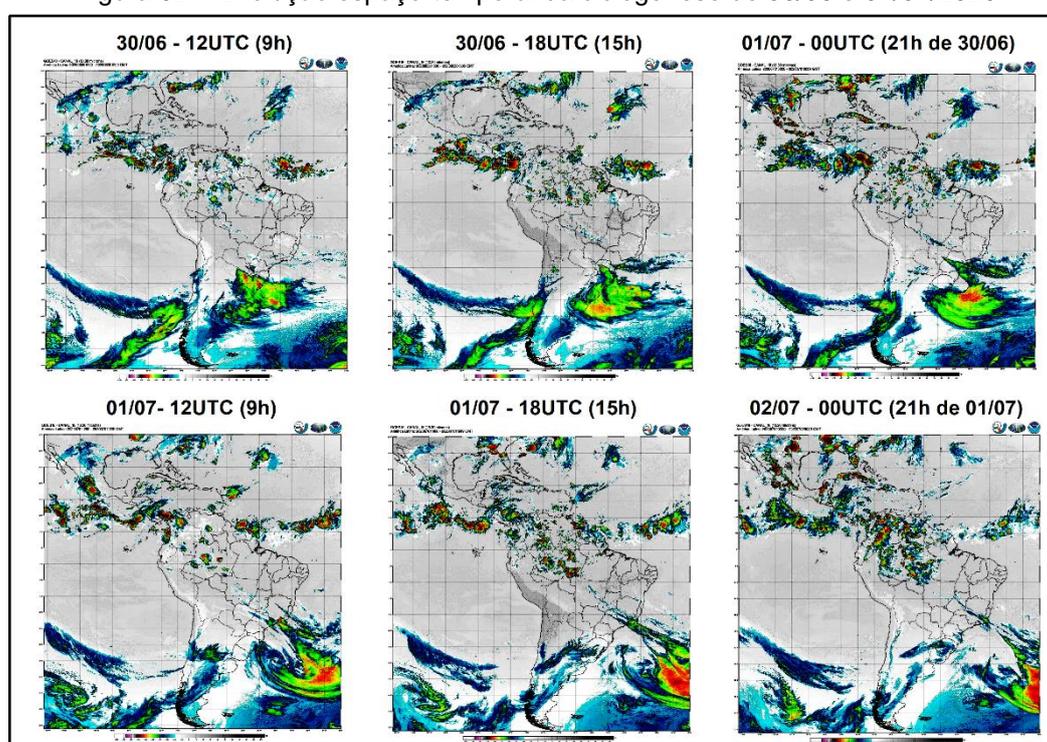
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ainda no que se refere a figura 02, pode-se notar que do ponto de vista do estado do Paraná, a maior parte dos efeitos evidenciados nas condições de tempo, foram relacionados à linha de instabilidade, em detrimento dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, nos quais os efeitos diretos do ciclone foram mais expressivos. Em ambos os casos, foram evidenciados fortes ventos e temporais (ventos de até 130 km/h e chuvas de até 110 mm).

Figura 02 – Evolução espaço-temporal da ciclogênese de 30/06 e 01/07/2020



Organização: As autoras (2020). Fonte: Imagens de canal 16 do GOES-16 – CPTEC/INPE

A figura 03 evidencia a categorização explosiva do referido ciclone, sendo possível notar a rápida queda de pressão em menos de 24h. A maior pressão encontrada na região de estudo no dia 30 de julho de 2020 (12UTC - 9h de Brasília) foi de 1004hPa, sendo que 12h depois (01/07 - 00UTC, 30/06 - 21h Brasília), um núcleo bem definido de baixa pressão (987hPa) já podia ser registrado, refletindo uma variação de 17hPa neste período.

Para as 12UTC de 01/07 (9h de Brasília) o núcleo do ciclone situado entre as latitudes 34 e 35°S foi de 970 hPa. Na plotagem do período seguinte (02/07 - 00UTC, 01/07 - 21h de



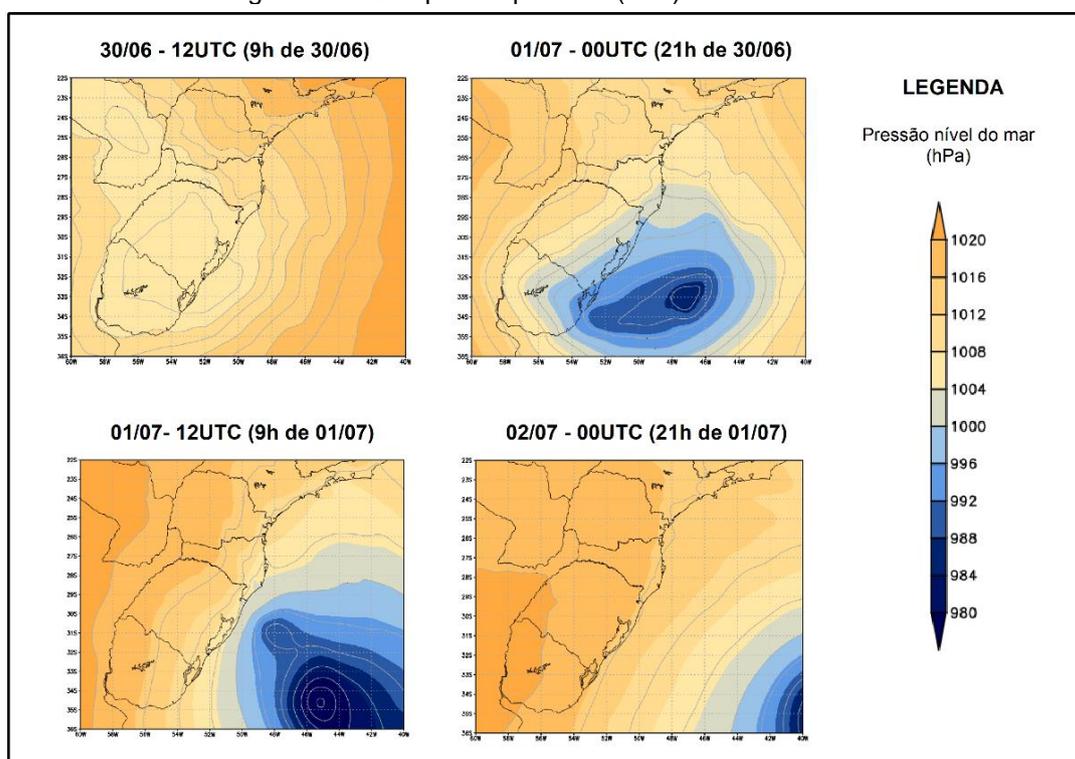
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Brasília), observa-se o afastamento da baixa pressão da costa brasileira, diminuindo sua influência meteorológica na região. Em suma, pode-se verificar que em 24h (do dia 30/06 12UTC ao dia 01/07 12UTC) a pressão decaiu 34hPa, reiterando a classificação do ciclone como “explosivo”.

Figura 03 – Campos de pressão (hPa) ao nível do mar



Organização: As autoras (2020). Fonte da dados: Reanálise ERA5 (30/06 e 01/07/2020)

Do ponto de vista do vento (Figura 04), nota-se que os ventos mais intensos ocorreram no dia 30/06 (noite) e na manhã de 01/07, com variações de 40 a 130 km/h, momento em que o rápido desenvolvimento do ciclone propiciou o deslocamento de uma frente fria e de linhas de instabilidade sobre o Sul do Brasil, condições que juntamente com o próprio ciclone, contribuíram para os estragos registrados neste período nos três estados.

Observa-se, a partir da figura 04, que nas primeiras horas de formação do ciclone (30/06 – 12 UTC) a direção do vento predominante na costa Atlântica brasileira foi do quadrante norte, com velocidade média de 20 nós (aproximadamente 37 km/h) e rajadas de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

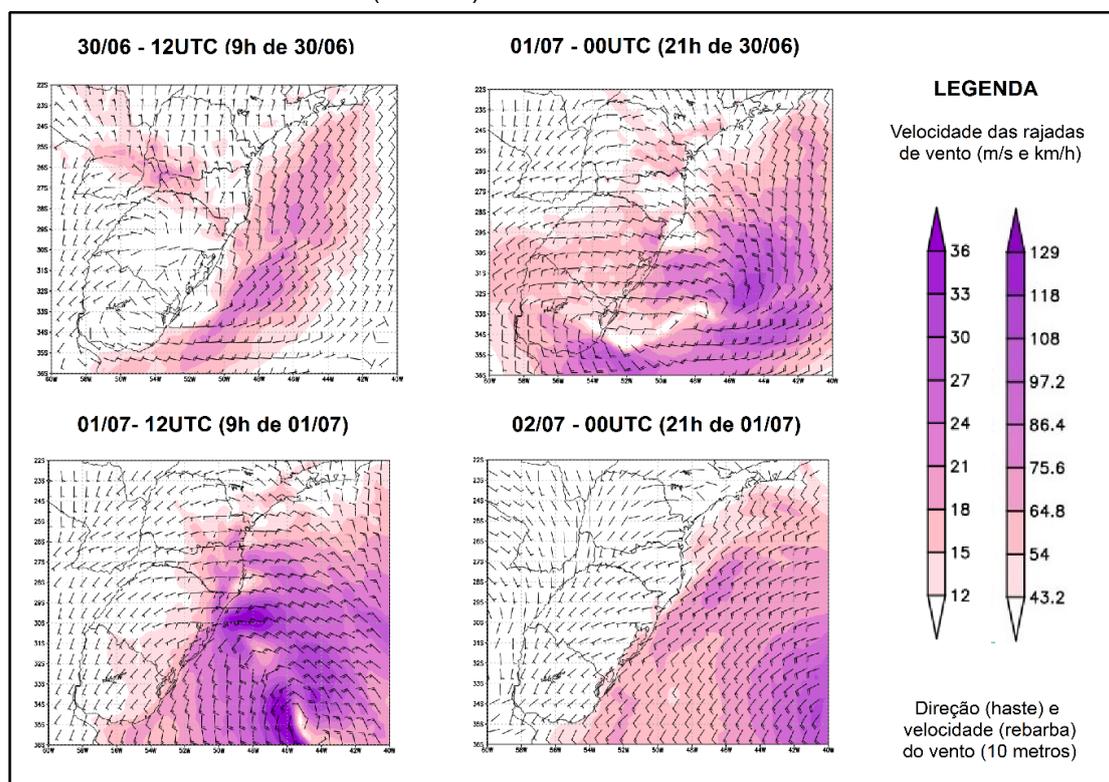
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

64,8 km/h. Sobre a porção continental, destacam-se ventos mais fortes na região oeste de Santa Catarina e sudoeste do Paraná. Doze horas mais tarde (01/07 – 00UTC) já foi possível notar a circulação na forma ciclônica próxima à costa do Rio Grande do Sul, na qual as rajadas variaram entre 64,8 a 86,4 km/h.

Às 12UTC (9h) do dia 01/07 ocorreram os ventos mais intensos deste episódio, atingindo, sobretudo, o estado de Santa Catarina, com rajadas que variaram de 64,8 a 97,2 km/h e de direção oeste. No oceano, a zona de maior realce foi o limite de SC com o RS, no qual as rajadas superaram 129 km/h, o mesmo observado no centro do ciclone. Horas depois, às 00UTC do dia 02/07, o sistema de baixa pressão afastou-se da costa brasileira, provocando a predominância de ventos do quadrante sul, os quais foram de menor intensidade, sem a presença de fortes rajadas sobre o continente.

Figura 04 – Velocidade das rajadas de ventos (m/s e km/h – em cores), direção (haste) e velocidade (rebarba) do vento em 10 metros



Organização: As autoras (2020). Fonte da dados: Reanálise ERA5 (30/06 e 01/07/2020)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3.2 Análise dos impactos associados à passagem do ciclone e das linhas de instabilidade

No que se refere aos impactos deste ciclone nos três estados da região Sul do Brasil, destaca-se que o fenômeno causou 15 mortes, sendo 12 em Santa Catarina, 1 no Rio Grande do Sul e 2 no Paraná (G1, 2020; SISDC, 2020). Além disso, quase 2 milhões de consumidores ficaram sem energia elétrica nos três estados. Ao longo dos dias 30/06 e 01/07 ainda foram registrados impactos socioeconômicos, tais como perdas agropecuárias nas áreas rurais e destelhamentos em zonas rurais e urbanas.

O Quadro 01 coloca em evidência alguns dos efeitos do ciclone bomba na região Sul, por meio de manchetes de jornais. As notícias analisadas permitem constatar que os impactos, em sua grande maioria, foram decorrentes das condições de vento associadas à passagem do ciclone.

Quadro 01 – Notícias relacionadas aos impactos do ciclone

JORNAL	MANCHETE	AFETADOS
G1 – RPC Paraná	<i>Ventos de quase 100 km/h derrubam árvores e deixam 193 mil imóveis sem energia, em Curitiba</i>	193 mil unidades consumidoras sem luz, 513 ocorrências de quedas de árvores e 57 destelhamentos, 37 bairros afetados
Paraná Portal - UOL	<i>Ciclone bomba atinge o Paraná: fortes temporais e rajadas de vento</i>	Quedas de árvores e destelhamentos
Paraná Portal - UOL	<i>Ciclone bomba deixa estragos em todo Paraná: 1,2 milhão de casas ficaram sem luz</i>	1,2 milhão de casas sem luz, 2.681 pessoas foram afetadas, 583 casas foram danificadas e 77 pessoas desalojadas.
G1	<i>Ciclone bomba é considerado o maior desastre com ventos da história de Santa Catarina</i>	12 mortes. Na cidade de Governador Celso Ramos, 80% das construções sofreram algum tipo de dano
G1 RS e RBS TV	<i>'Ciclone bomba' deixa mais de 2,3 mil pessoas fora de casa no RS, segundo a Defesa Civil</i>	2.331 pessoas desabrigadas ou desalojadas e 1.372 danos em edificações. Falta de luz em várias cidades
UOL	<i>'Ciclone bomba' segue hoje com ventos de até 130 km/h no RS e SC</i>	Queda de árvores, mortes e falta de luz
GaúchaZH	<i>Ciclone-bomba deixa rastro de estragos e mortes no RS e em SC</i>	Mais de mil pessoas desalojadas em 19 municípios do RS, 895 mil unidades sem luz e destelhamentos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

. Jornal do
Comércio RS

*Ciclone bomba deixa rastro de
destruição no Rio Grande do Sul*

Falta de luz, destelhamentos e
quedas de árvores. Uma vítima,
em Nova Prata, na Serra

Fonte: Jornais – G1 PR, G1 SC, G1 RS, UOL, Paraná Portal, RBS TV, GaúchaZH, Jornal do Comércio do Rio Grande do Sul (2020).

No estado do Paraná (PR), de acordo com o relatório de ocorrências do SISDC - Sistema Informatizado de Defesa Civil, vinculado a CEDEC - Coordenadoria Estadual da Defesa Civil, 35.911 pessoas notificaram a Defesa Civil e 2 óbitos foram registrados (um no município de Palmeira e outro em Pontal do Paraná) entre os dias 30/06 e 01/07, sendo 84 dos 399 municípios do estado atingidos neste evento.

Destaca-se que a maior parte dos estragos esteve associada as COBRADES “Tempestade Local/Convectiva – Vendaval” e “Tempestade Local/Convectiva – Granizo”, estando ligados à linha de instabilidade formada em conjunto ao ciclone extratropical. Para a Copel (Companhia Paranaense de Energia), esse foi o pior evento climático da história, sendo que 1,2 milhão de unidades consumidoras foram desligadas no pico das chuvas e fortes ventos no Paraná (PARANÁ PORTAL, 2020).

Em Curitiba, capital do estado, foram registradas rajadas de vento de 111 km/h e os impactos relacionaram-se à falta de energia elétrica (530 mil casas), quedas de árvores e destelhamentos (G1 PR, 2020), conforme figura 05. No interior do estado, foram registrados diversos casos de destelhamento (Figura 05B).

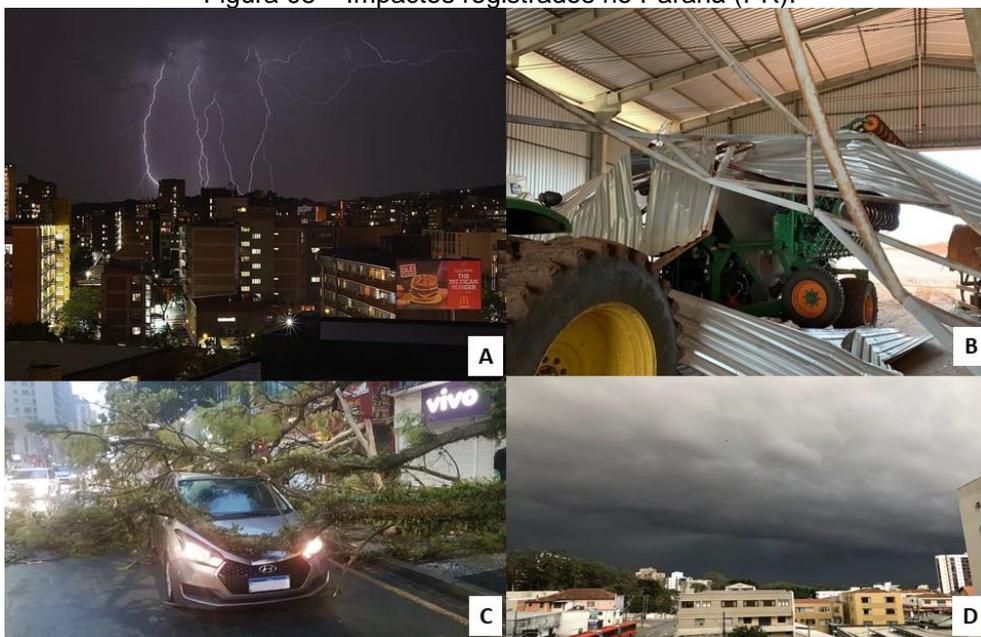


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 05 – Impactos registrados no Paraná (PR).



Fonte: Foto A: Portal Paraná (2020) – Raios em Curitiba (PR) – (Foto de: Marcelo Casal Jr./Agência Brasil). CNA (2020) - Foto B: destelhamento em Guarapuava (Foto de: Rodolpho Luiz Werneck Botelho). G1 PR (2020) – Foto C: Quedas de árvores em Curitiba (PR) – (Foto de: Maria Vitória Moreira Alves/Você na RPC); Foto D: Tempo em Curitiba (PR) no dia 30/06 (Foto de: Laryssa Rojas/Você na RPC).

Em Santa Catarina (SC) as fortes rajadas de ventos e tempestades atingiram praticamente todo o estado, causando danos à maioria dos municípios catarinenses (184 municípios foram atingidos, 62% das cidades catarinenses) (G1, 2020).

No meio rural, considerando as perdas agropecuárias em SC, foram atingidos 257 municípios, 87% dos 295 municípios catarinenses; 46.755 estabelecimentos agropecuários, 26% dos 183.066 estabelecimentos agropecuários do Estado, com perdas estimadas em mais de R\$ 587 milhões (GIEHL *et al.*, 2020).

A passagem do ciclone causou 12 mortes do estado, sendo considerado o pior desastre com ventos da história do estado, superando até mesmo os estragos causados pelo furacão Catarina, de 2004, segundo a Defesa Civil (G1, 2020). Salienta-se que várias regiões apresentaram registros de quedas de árvores e destelhamentos, conforme figura 06.

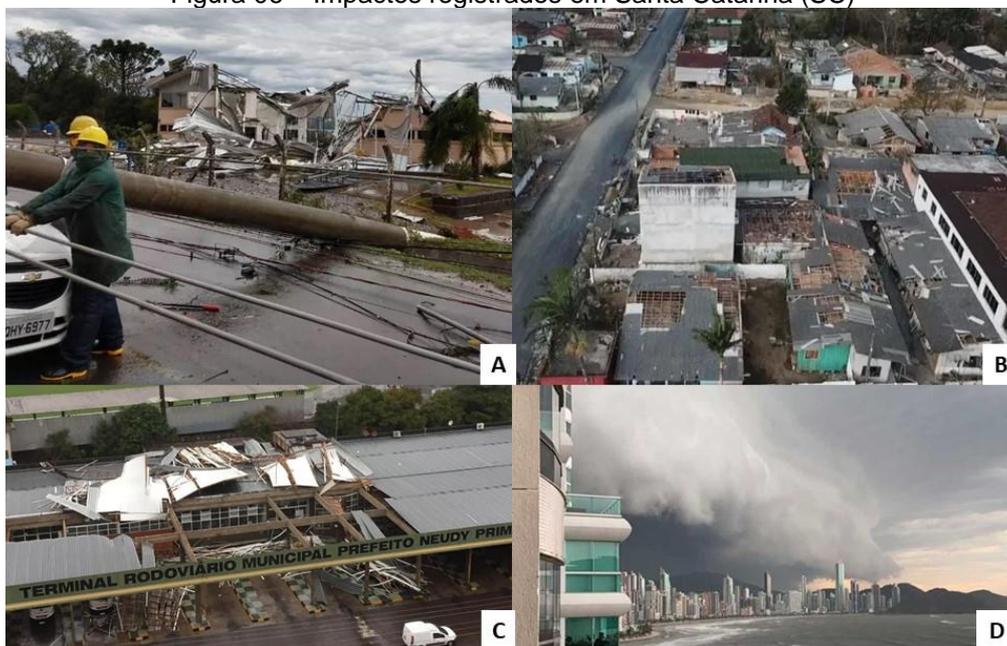


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 06 – Impactos registrados em Santa Catarina (SC)



Fonte: Foto A: Prefeitura de Chapecó/Divulgação / Estação Conteúdo. Foto B: NSC (2020). Foto C: Passagem do ciclone bomba por Concórdia (SC) – Foto: Prefeitura de Concórdia/Divulgação. Foto D: Extra – Estragos em Balneário Camboriú (2020).

No Rio Grande do Sul (RS) as regiões do Litoral Norte e da Região Metropolitana foram as mais afetadas pelo ciclone bomba. De acordo com o jornal GaúchaZH, mais de mil pessoas ficaram desalojadas em pelo menos 19 municípios gaúchos, com o registro de uma morte em um deslizamento em Nova Prata (Serra). O fenômeno também causou corte no abastecimento de energia elétrica, sendo registradas cerca de 895 mil unidades desabastecidas no estado. Além disso, em função do volume de chuvas os rios Ijuí, Taquari, Sinos, Caí e Gravataí foram colocados em estado de alerta para potenciais inundações no RS (Figura 07D).

Na capital do estado, Porto Alegre, a ventania provocou rajadas de até 80 km/h, derrubando fios de luz e árvores, bem como gerando o bloqueio de vários trechos de vias (Figura 07B). Na região metropolitana, o município de Viamão foi um dos mais atingidos pelos fortes ventos e no Litoral Norte, a ventania de 96 km/h destelhou o Hospital de Tramandaí (GAÚCHAZH, 2020).

Na região de Serra no RS, o município de Vacaria foi o município com mais pessoas fora de casa por danos às residências, apresentando diversos destelhamentos, entre os quais



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

a Igreja de Vacaria (Figura 07C). Nessa mesma região, um homem de 53 anos morreu soterrado, no município de Nova Prata.

Figura 07 – Impactos registrados no Rio Grande do Sul (RS)



Fonte: Jornal GaúchaZH e Jornal do Comércio (2020). Foto A: Centro de eventos em Muitos Capões destruído; Foto B: Queda de árvore destruiu carro em Porto Alegre (foto de: José S. Ferraz); Foto C: Igreja foi destelhada em Vacaria (foto de: Marcelo Casagrande/ Agencia RBS); Foto D: Alagamentos em São Sebastião do Caí (Foto de: Antonio Valiente / Agencia RBS).

Cabe destacar que somente o estado de SC divulgou as estimativas do prejuízo financeiro, que ultrapassaram meio bilhão de reais. Conforme a Defesa Civil, em reportagem para o G1 (03/07/2020), os danos as residências representaram mais de R\$ 54 milhões e o restante foi correspondente, principalmente, as perdas do setor agropecuário.

4. Considerações finais

O presente estudo permitiu constatar os impactos associados a passagem do ciclone bomba de junho/julho de 2020 na região Sul do Brasil, bem como as configurações sinóticas do fenômeno. O ciclone apresentou um rápido desenvolvimento, com uma redução de pressão expressiva de 34hPa em um dia, fazendo jus à sua denominação de ciclone bomba.

A análise das imagens de satélite em conjunto com os campos de pressão evidenciou o deslocamento do ciclone sobre os três estados no sentido oeste-sudeste, abrangendo desta forma, quase a totalidade territorial destes. Embora a ocorrência deste tipo de fenômeno



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

também possa se associar a altos índices de precipitação, o destaque neste episódio esteve relacionado, sobretudo, aos ventos intensos, que atingiram mais de 90 km/h no continente.

Os ventos de quadrante sul e oeste, especialmente as rajadas entre às 21h do dia 30/06 e às 9h do dia 01/07, foram os maiores responsáveis pelos estragos identificados nos estados analisados, com exceção do Paraná, no qual a linha de instabilidade mostrou-se preponderante na configuração dos danos registrados.

Dentre os impactos levantados pelas reportagens e relatórios estaduais, a perda de vidas foi sem dúvidas o mais grave, sendo registradas 15 mortes na passagem do ciclone. As perdas materiais e financeiras foram associadas às quedas de árvores, aos danos em habitações e nas produções agropecuárias.

Cabe ressaltar que órgãos estaduais e/ou municipais competentes na atuação para este tipo de evento, como as defesas civis dos três estados, possuem formas distintas de registros dos impactos, dificultando uma análise integrada para o recorte espacial deste artigo. No entanto, os resultados obtidos indicaram o estado de SC como o mais afetado pelo ciclone bomba de 2020.

Partindo-se destas premissas e considerando os prognósticos que apontam para a intensificação de processos de ciclogênese, com o aquecimento dos oceanos mediante mudanças climáticas globais (LIMA, 2013), destaca-se que análises episódicas como a desenvolvida neste estudo são fundamentais. O conhecimento das dinâmicas espaço-temporais destes fenômenos torna-se relevante no sentido de aprimorar o prognóstico e a prevenção de desastres relacionados ao clima, bem como no intuito de subsidiar à gestão de riscos climáticos.

5. Referências

BITENCOURT, D. P.; FUENTES, M. V.; CARDOSO, C. S. Climatologia de ciclones explosivos para a área ciclogênica da América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n.1, p.43-56, Mar. 2013.

CARDOSO, C.S. **A influência dos ciclones extratropicais nas mesorregiões serrana e do leste catarinense**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

CARPENEDO, C. B. **Climatologia das massas de ar formadas sobre o Mar de Weddell - Antártica, entre 1949 e 2008**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p. 73. 2009.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

G1. Ciclone bomba é considerado o maior desastre com ventos da história de Santa Catarina. **G1 – JORNAL NACIONAL**. 04 de julho de 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2020/07/04/ciclone-bomba-e-considerado-o-maior-desastre-com-ventos-da-historia-de-santa-catarina.ghtml>. Acesso em: novembro de 2020.

G1 PARANÁ. Ventos de quase 100 km/h derrubam árvores e deixam 193 mil imóveis sem energia, em Curitiba. **G1 PARANÁ**. 30 de junho de 2020, Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2020/06/30/temporal-derruba-arvores-e-deixa-mais-de-150-mil-imoveis-sem-energia-eletrica-em-curitiba.ghtml>. Acesso em: novembro de 2020.

G1 RIO GRANDE DO SUL. 'Ciclone bomba' deixa mais de 2,3 mil pessoas fora de casa no RS, segundo a Defesa Civil. **G1 RS e RBS TV**. 01 de julho de 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2020/07/01/ciclone-bomba-deixa-mais-de-23-mil-pessoas-fora-de-casa-no-rs-segundo-a-defesa-civil.ghtml>. Acesso em: novembro de 2020.

GAN, M. A.; RAO, V. B. Surface Cyclogenesis over South América. **Monthly Weather Review**, v. 119, n. 5, p. 1293 – 1302, 1991.

GAÚCHAZH. Ciclone-bomba deixa rastro de estragos e mortes no RS e em SC. **GAÚCHAZH**. 01 de julho de 2020. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/ambiente/noticia/2020/07/ciclone-bomba-deixa-rastro-de-estragos-e-mortes-no-rs-e-em-sc-ckc3rdubq0058013ic0gp01kn.html>. Acesso em: novembro de 2020.

GIEHL, A.L.; LUCA, F.V. de; PADRÃO, G.de A.; ELIAS, H.T.; ALVES, J.R.; GUGEL, J.T.; MONDARDO, M.; GOULART JÚNIOR, R.; MARCONDES, T. **Efeitos socioeconômicos causados pelo ciclone extratropical no estado de Santa Catarina em 2020**. Florianópolis: Epagri, 2020, 57p.

INMET. **Nota técnica**: resumo dos fortes ventos e tempestades associados à formação do ciclone extratropical e ao desenvolvimento de uma “ciclogênese explosiva” ou “ciclone bomba”. 2020.

JANTSCH, M. **Climatologia de ciclones extratropicais na região sul do Brasil de 2000 a 2016**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.

JORNAL DO COMÉRCIO. Ciclone bomba deixa rastro de destruição no Rio Grande do Sul. **JORNAL DO COMÉRCIO**. 01 de julho de 2020. Disponível em: https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/geral/2020/07/745749-ciclone-bomba-deixa-rastro-de-destruicao-no-rio-grande-do-sul.html. Acesso em: novembro de 2020.

LIMA, D.C.A. **Climatologia de Ciclones Extratropicais num Clima em Mudança: cenário RCP8.5**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa. 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MENDES, D., SOUZA, E. P., TRIGO, I. F., MIRANDA, P. M. A. **On Precursors of South-American Cyclogenesis**. V. 59, n. 1, p. 114-121. 2007.

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; DA ROCHA, R.P.; CUSTÓDIO, I.S. Ciclones em Superfície nas Latitudes Austrais: Parte I Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 171-186, 2017.

UOL. 'Ciclone bomba' segue hoje com ventos de até 130 km/h no RS e SC. **UOL – São Paulo**. 01 de julho de 2020. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2020/07/01/ciclone-bomba.htm#:~:text=O%20%22ciclone%20bomba%22%2C%20que,acordo%20com%20a%20MetSul%20Meteorologia..> Acesso em: novembro de 2020.

VILLA, M. Ciclone bomba atinge o Paraná: fortes temporais e rajadas de vento. **PARANÁ PORTAL - UOL**. 30 de junho de 2020. Disponível em: <https://paranaportal.uol.com.br/cidades/ciclone-bomba-no-parana/>. Acesso em: novembro de 2020.

VILLA, M. Ciclone bomba deixa estragos em todo Paraná: 1,2 milhão de casas ficaram sem luz. **PARANÁ PORTAL - UOL**. 01 de julho de 2020. Disponível em: <https://paranaportal.uol.com.br/cidades/ciclone-bomba-no-parana/>. Acesso em: novembro de 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL (1977 a 2018) DOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM LONDRINA (PR)

DEISE FABINANA ELY¹
ANDRÉ KAISER DE CASTRO²
BRUNO TERTULIANO³
FABIANA BEZERRA MANGILI⁴

RESUMO

A chuva tem como característica a heterogeneidade espacial e temporal. Compreender suas variações, inclusive em termos de intensidade, frequência e duração na escala regional e local é importante para o desenvolvimento de alternativas à mitigação de seus impactos; principalmente no contexto das áreas urbanas brasileiras, com grande concentração populacional e diversos problemas de infraestrutura. No presente artigo foi analisada a variabilidade espaço-temporal dos extremos de precipitação em Londrina, município localizado no norte do estado do Paraná. A metodologia empregada propiciou estabelecer os limiares dos extremos das precipitações diárias em Londrina (P90 de 15 a 20mm; P95 de 25 a 30mm e P99 de 55 a 60mm) e constatar que a área urbana do município é frequentemente atingida por chuvas ligeiras, moderadas e por eventos extremos úmidos e muito úmidos. Também foi verificado que a intensidade diária das precipitações ocorre acima do P90 na maioria dos anos analisados; que ocorrem de 20 a 40 dias com chuvas superiores a este limiar; aumento na frequência de chuvas fortes (R20mm) sobre a área urbana na última década e um maior acumulado das chuvas anuais; as precipitações diárias (Rx1dia) superiores a 100mm têm sido mais frequentes, destacando-se os anos de 2012 e 2016, que também despontam com o máximo acumulado de chuvas em 5 dias (Rx5dias) superiores a 300mm.

Palavras-chave: extremos de precipitação; escala local; impactos urbanos.

ABSTRACT

Rainfall is characterized by spatial and temporal heterogeneity. Understanding their variations, including intensity, frequency and duration in local and regional scale is important to the development of alternatives to mitigate their impacts; mainly in context of Brazilian urban areas, with large population concentration and several infrastructure problems. In the present paper, the spatio-temporal variability of precipitation in Londrina, a county located in the northern Paraná state, was analyzed. With the methodology used it was possible to establish the thresholds for extremes in daily rainfall in Londrina (P90 from 15 to 20mm; P95 from 25 to 30mm and P99 from 55 to 60mm); it was also verified that the urban area of the county is frequently affected by slight and moderated rainfall and extreme wet and very wet events. It

¹ Doutora, Universidade Estadual de Londrina, deise.ely@gmail.com

² Estudante de Graduação, Universidade Estadual de Londrina, kaiserandre05@gmail.com

³ Estudante de Graduação, Universidade Estadual de Londrina, brunotertuliano15@gmail.com

⁴ Mestre, Universidade Estadual de Londrina, Parque Tecnológico Itaipu, fabianamangili@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

was also found that the daily rainfall intensity is above P90 in the most of the years analyzed; that occur from 20 to 40 days with rainfall above this threshold; that there is an increase in the frequency of heavy rainfall (R20mm) over the urban area in the last decade and a greater annual total rainfall; that the daily rainfall (Rx1day) greater than 100mm has been more frequent, highlighting the 2012 and 2016 years, wich also showed the maximum total rainfall in 5 days (Rx5days) greater than 300mm.

Keywords: rainfall extremes; local scale; urban impacts.

1. Introdução

A variabilidade da precipitação tem sido estudada em diferentes escalas espaço temporais e, especificamente, no Brasil tais estudos são de fundamental importância para subsidiar o planejamento das atividades agrícolas, o gerenciamento da disponibilidade hídrica para os reservatórios de usinas hidrelétricas e a produção de energia, para as atividades industriais e domésticas, dentre inúmeras outras condicionadas à oferta pluviométrica.

Dentre muitos resultados, são identificadas tendências positivas na precipitação média anual na América do Sul, nas regiões sudeste e sul do Brasil (Barros, 2010; Haylock *et al.*, 2006; Marengo *et al.*, 2009; Zilli *et al.*, 2017). No Paraná, contexto desta última região brasileira, Ely e Dubreuil (2017) verificaram tendências estatisticamente significativas para o aumento nos totais pluviométricos anuais nas regiões de Curitiba, norte do litoral, Centro-Sul, Oeste, Centro-Occidental, Norte Central e Norte Pioneiro. Minuzzi e Caramori (2011, p. 596) ressaltam que, desde meados do século XX, o Paraná apresenta uma tendência de aumento na quantidade de chuvas, principalmente, durante o verão e a primavera. Ely (2019) observou tendências de aumento da precipitação na região metropolitana de Curitiba, no centro, norte e sudeste do Paraná no verão, inverno e primavera; destacando que essas tendências são influenciadas pelos valores também positivos dos meses de janeiro, fevereiro, junho, julho e outubro.

Ely e Fortin (2018) analisaram as tendências apresentadas pelas precipitações nas regiões norte e leste do Paraná, para o período de 1971 a 2014, por meio do cálculo de seis índices propostos pela equipe de especialistas em detecção e monitoramento de mudanças climáticas (ETCCDMI – IPCC) e verificaram que para o total de dias úmidos anuais (PRCPTOT) há aumentos significativos nas estações meteorológicas da Lapa, Curitiba e Guaraqueçaba (leste do Paraná), assim como estas duas primeiras localidades registram



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

aumentos significativos nos dias consecutivos com chuvas acima de 30mm (Rxnday). Todas as estações localizadas no leste apresentam tendências significativas de aumento do número de dias com chuvas superiores a 20mm (R20mm). Enquanto que as estações localizadas no norte não registraram tendências significativas de redução; necessitando de uma análise mais detalhada.

Zandonadi; Acquaotta; Fratianni; Zavattini (2016) observaram a ocorrência de um aumento na precipitação total na maioria das estações localizadas na bacia do rio Paraná e afirmam que as precipitações extremas configuram como os principais contribuintes para tais aumentos.

Na literatura não há uma definição exata para a identificação dos eventos pluviométricos extremos, mas têm-se a clareza da dinamicidade, baixa frequência e alta intensidade dos mesmos. De acordo com Goudard (2019), são utilizados diferentes limiares pluviométricos para a identificação dos eventos extremos em diferentes regiões e localidades.

O município de Londrina está localizado entre as latitudes 23°08'47"S e 23°55'46"S e as longitudes 50°52'23"O e 51°19'11"O, com uma extensão territorial de 1.652,57km² (Figura 1) e uma população estimada em 569 mil habitantes em 2019; sendo que apenas 3% destes residem na área rural. Fundado em 1934 e, atualmente, com 85 anos o município tem sua economia baseada na prestação de serviços e nas atividades ligadas ao agronegócio; destacando-se na produção de milho, soja, trigo e tomate desenvolvida principalmente em propriedades que variam de 2 a 20ha (LONDRINA, 2019).

De acordo com Dubreuil *et al.* (2017), no município de Londrina ocorrem com maior frequência os Tipos Climáticos Anuais: Cwa (temperado com verão quente e úmido) e Cfa (temperado sem estação seca com verão quente). Destaca-se que a precipitação média anual do município é de 1632mm, os meses de verão são os mais chuvosos, principalmente janeiro, com média de 223,9 mm. Ocorre uma redução das médias pluviométricas nos meses de inverno (julho e agosto), mas podendo ocorrer extremos em 24h superiores a 90mm (tabela 1).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 1 - Precipitações em Londrina (PR) no período de 1976 a 2019.

	Médias	Máxima 24h	Ano	Dias com chuva
Jan	223,9	232,8	2016	16
Fev	187,1	93,6	1993	14
Mar	137,6	124,6	1992	12
Abr	108,0	151,2	1984	8
Mai	116,6	87,6	2016	8
Jun	94,5	200,5	2012	8
Jul	71,3	91,8	2015	6
Ago	54,1	91,4	2018	6
Set	115,1	82,8	1998	9
Out	152,2	106,4	1994	11
Nov	165,6	142,7	1992	11
Dez	205,8	117,1	1989	14
Média histórica	1632mm			

Fonte: IAPAR, 2020.

Em virtude da heterogeneidade espacial e temporal da chuva, compreender as variações espaciais e temporais na intensidade, frequência e duração de eventos extremos de precipitação em escala regional e local é importante para o desenvolvimento de alternativas mais apropriadas à mitigação de possíveis danos causados pelos mesmos. Assim, foi proposto o presente trabalho com o objetivo de analisar a variabilidade espaço-temporal (1977 a 2018) dos extremos de precipitação em Londrina, município localizado no norte do estado do Paraná.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizados dados das precipitações diárias de 305 estações e postos meteorológicos das redes do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Agência Nacional de Águas (ANA) para o período de 1977 a 2018, que subsidiaram a elaboração dos cálculos dos Percentis 90, 95 e 99 para a escala do estado. Esta técnica de ordenação dos valores de uma variável em cem intervalos de probabilidades iguais a $1/100 = 1\%$ (XAVIER; XAVIER; ALVES, 2007) permite identificar tanto os eventos extremos quanto os intermediários. O presente trabalho foca nos valores extremos definidos pelos percentis 95% e 99% que, de acordo com Goudard, Pinheiro e Mendonça (2015), representam as precipitações mais significativas da série histórica considerada.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

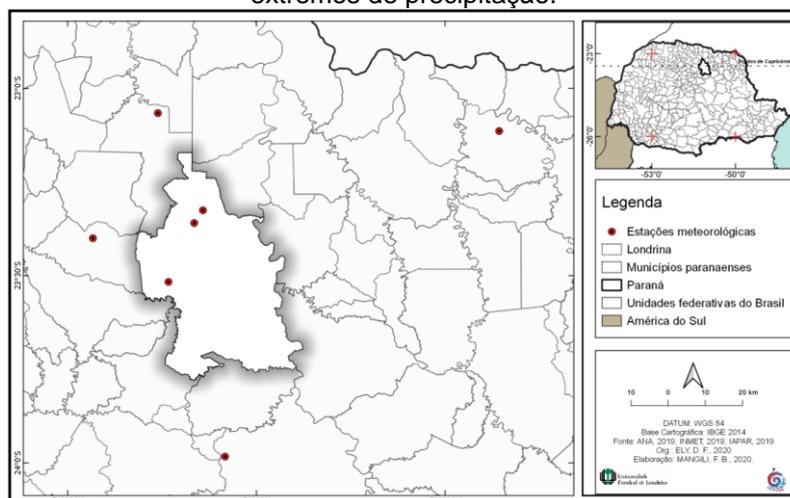
Posteriormente foi computada a frequência (número de dias de precipitação) acumulada em classes (tabela 2) para 7 estações, 3 delas no interior do município de Londrina e 4 em municípios próximos (figura 1); possibilitando a espacialização das referidas classes.

Tabela 2 – Classes e limiares de precipitação.

Classes e parâmetros de precipitação	Limiares
Ligeira	0,1 a 2,4 mm/24h
Moderada	2,5 a 7,4 mm/ 24h
Intensa	7,5 a 14,9 mm/ 24h
Muito Intensa	15 mm/24h até uma unidade a menos que o P95%
Eventos Extremos - Dias muito úmidos	Precipitação (mm) \geq Percentil 95%/24h
Eventos Extremos - Dias extremamente úmidos	Precipitação (mm) \geq Percentil 99%/ 24h

Fonte: Goudard, Pinheiro e Mendonça (2015, p. 210)

Figura 1 – Localização do município de Londrina e das estações consideradas na análise dos dos extremos de precipitação.



Para as 3 estações com dados pluviométricos diários localizadas no município de Londrina (figura 1) foram calculados oito índices de precipitações do ETCCDMI – IPCC (tabela 3) - por meio dos softwares RHtestsV4/RclimDex e ClimPACT. A homogeneização dos dados foi realizada com o software RHtestsV4/Rclimdex (Wang; Feng, 2013) para a detecção de problemas relativos à inconsistência nos dados e foi calculada a frequência, intensidade e duração dos extremos pluviométricos por meio do ClimPACT (semelhante a RclimDex, Zhang; Yang, 2004).



Monteiro e Carvalho (2013, p. 118) destacam que « Os índices climáticos geralmente são baseados na utilização isolada de elementos do clima e procuram compreender a variabilidade, os ritmos climáticos e a excepcionalidade de eventos » e o cálculo de tais índices varia, podendo ser classificados em índices climáticos simples ou relativos e índices bioclimáticos. No presente trabalho, após ter sido feito o controle de qualidade dos dados, foram calculados oito índices climáticos simples estabelecidos pela ETCCDMI – IPCC (tabela 3).

Tabela 3 – Descrição dos índices utilizados no presente estudo.

Índice	Nome do indicador	Definição	Unidade
PRCPTOT	Acumulado anual das precipitações	Total anual de chuvas acumulado nos dias com chuvas ($P \geq 1\text{mm}$)	mm
R20mm	Número de dias com fortes precipitações	Número anual de dias com $P \geq 20\text{mm}$	dias
Rx1dia	Máximo de chuva acumulado em 1 dia	Máximo de chuva acumulada em 1 dia	mm
Rx5dias	Máximo de chuva acumulado em 5 dias consecutivos	Máximo de chuva acumulada em 5 dias consecutivos	mm
CDD	Dias secos consecutivos	Número máximo de dias consecutivos com $P < 1\text{mm}$	dias
SDII	Índice simples de intensidade diária	Total de chuvas acumulado dividido pelo número de dias com chuva (quando o dia esteve $\geq 1,0\text{mm}$) no ano	mm/dia
R95pTOT	Contribuição dos dias muito úmidos	Porcentagem das chuvas no $P > 95^{\text{th}}$ sobre a precipitação total anual (PRCPTOT)	%
R99pTOT	Contribuição dos dias extremamente úmidos	Porcentagem das chuvas no $P > 99^{\text{th}}$ sobre a precipitação total anual (PRCPTOT)	%

3. Resultados e discussão

Os extremos das precipitações foram calculados para todo o estado do Paraná considerando os dados das precipitações diárias para o período de 1977 a 2018. Na figura 2 estão representados os valores correspondentes aos percentis 90, 95 e 99 para o recorte espacial do estado. Em Londrina as precipitações diárias entre 15 a 20mm são classificadas no percentil 90, de 25 a 30mm no P95 e aquelas entre 55 e 60mm no P99; valores que foram detalhados por Salton (2019) que identificou os percentis para intervalos de tempos menores na mesma localidade, como por exemplo 30,1mm (P99) para o intervalo de 60 minutos; 24,7mm em 30 minutos; 17,4mm em 15 minutos e 13,0mm para 10 minutos.

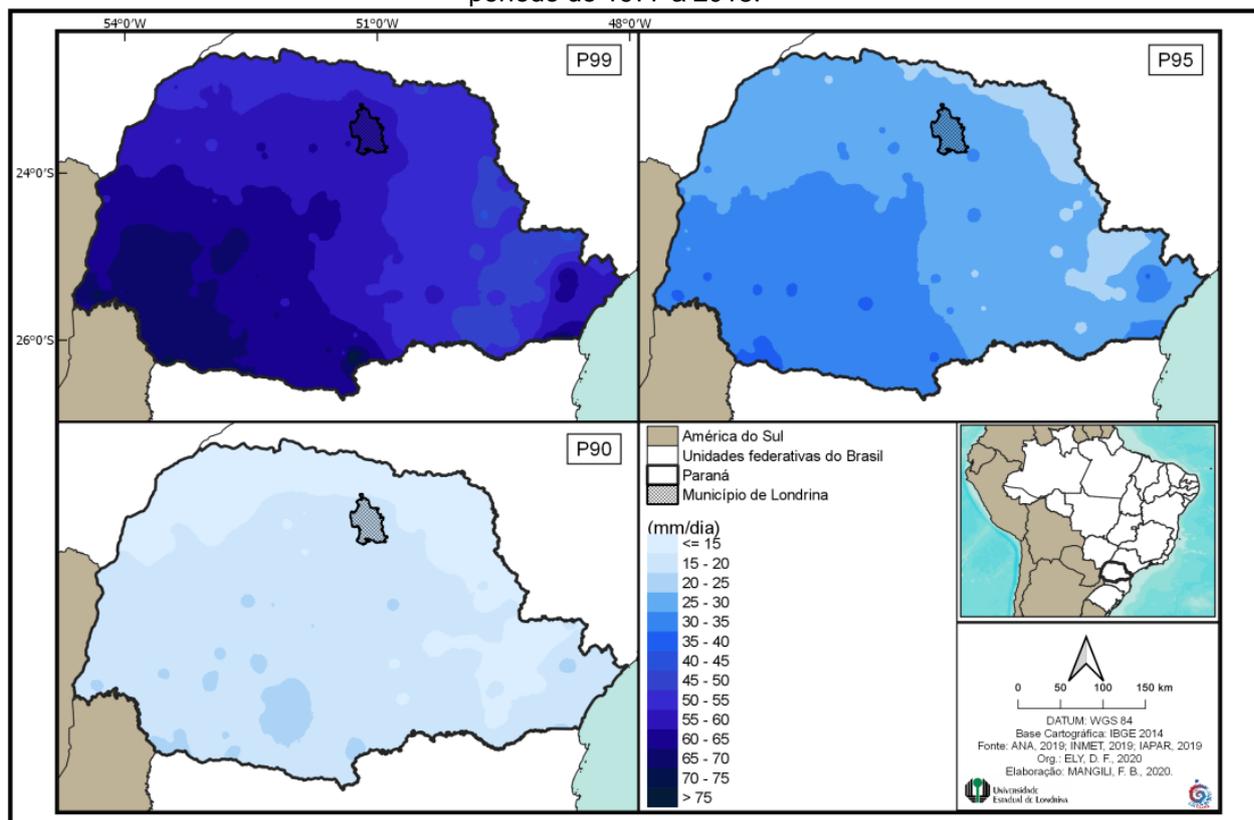


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2 – Extremos de precipitação calculados por meio dos percentis para o estado do Paraná no período de 1977 a 2018.



A frequência dos dias com precipitações acumuladas nas classes estabelecidas na tabela 2 foi espacializada para Londrina na figura 3 e constata-se maior ocorrência de chuvas ligeiras (0,1 a 2,4mm/24h), moderadas (2,5 a 7,4mm/24h), de eventos extremos muito úmidos (de 616 a acima de 618 dias no período analisado) e extremamente úmidos (superiores a 154 dias) no norte do município; onde está localizada a área urbana. Enquanto que no sul do município são mais frequentes as chuvas intensas (7,5 a 14,9mm/24h) e muito intensas (superiores de 15mm até uma unidade amenos que o P95). Esta espacialização está diretamente atrelada à influência dos sistemas produtores dos eventos extremos em Londrina que, segundo Berezuk e Sant'Anna Neto (2006, p. 13), são: a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); intensos sistemas frontais e as instabilidades tropicais.

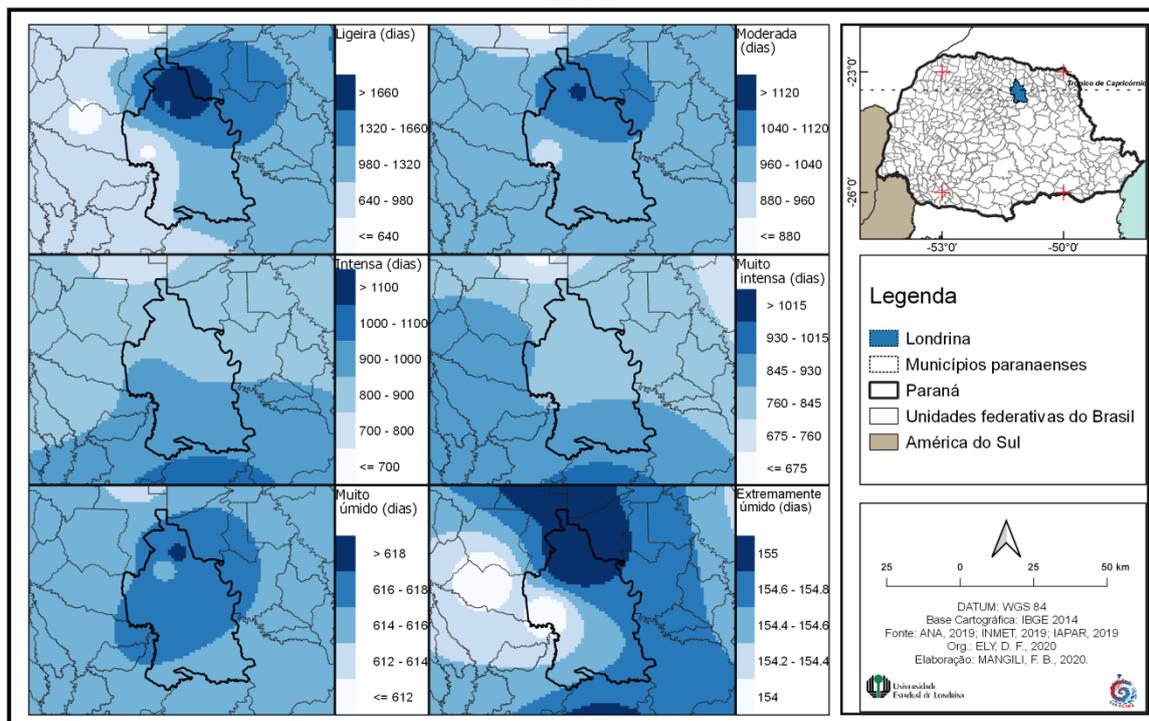


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 3 – Frequência acumulada em classes de precipitação em Londrina (PR) no período de 1977 a 2018.



O índice SDII (figura 4) auxilia na verificação da ocorrência de chuvas intensas em Londrina, onde a intensidade diária das precipitações supera os 15mm em 24 anos analisados e em 17 anos ficou abaixo deste limiar. Nos anos de 1980, 1987, 1998, 2007, 2014, 2015, 2016 e 2017 a intensidade diária das precipitações ultrapassou os 20mm na área rural (LdaAna).

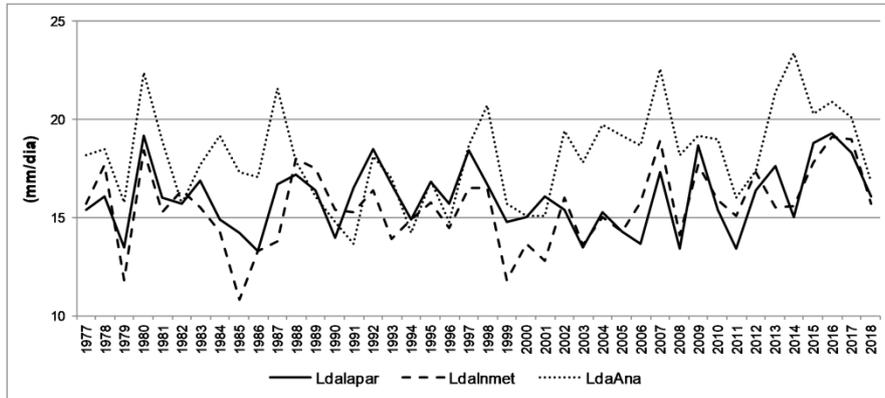


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

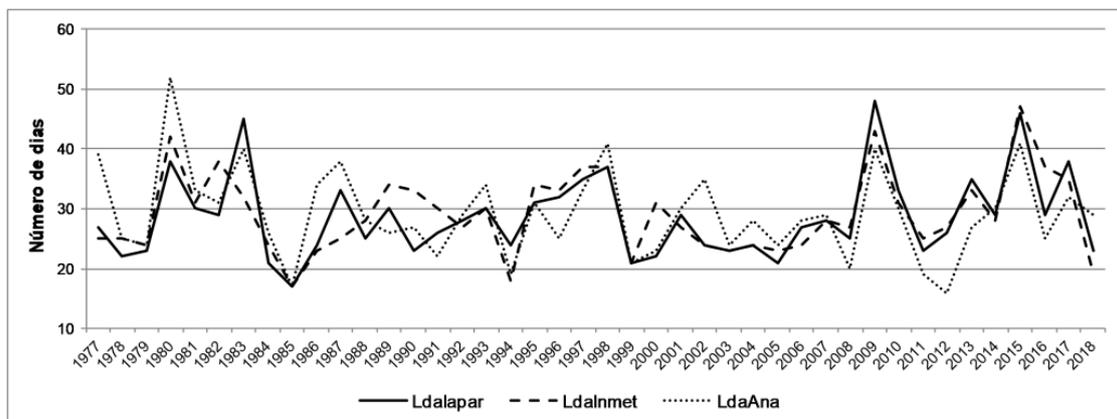
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 4 – Índice simples de intensidade diária (SDII) em Londrina (PR) no período de 1977 a 2018.



O índice R20mm computa o número de dias com precipitações superiores a 20mm, ou seja, superior ao P90 calculado para as 3 estações localizadas no município de Londrina (figura 5) e onde se verifica que, frequentemente, ocorrem de 20 a 40 dias com precipitações superiores a este limiar. Os anos de 1983, 2009 e 2015 superaram os 40 dias e 1980 registrou mais de 50 dias. Durante a metade dos 41 anos considerados, a estação localizada na zona rural (LdaAna) registrou um número maior de dias com fortes precipitações. A zona urbana passa a receber mais chuvas fortes na última década (2008 a 2018).

Figura 5 – Número de dias com fortes precipitações (R20mm) em Londrina (PR) no período de 1977 a 2018.



A média histórica das precipitações anuais em Londrina é de 1632mm (figura 6) e foi verificado que a estação rural registrou maiores acumulados de chuva nos anos de 1980 a



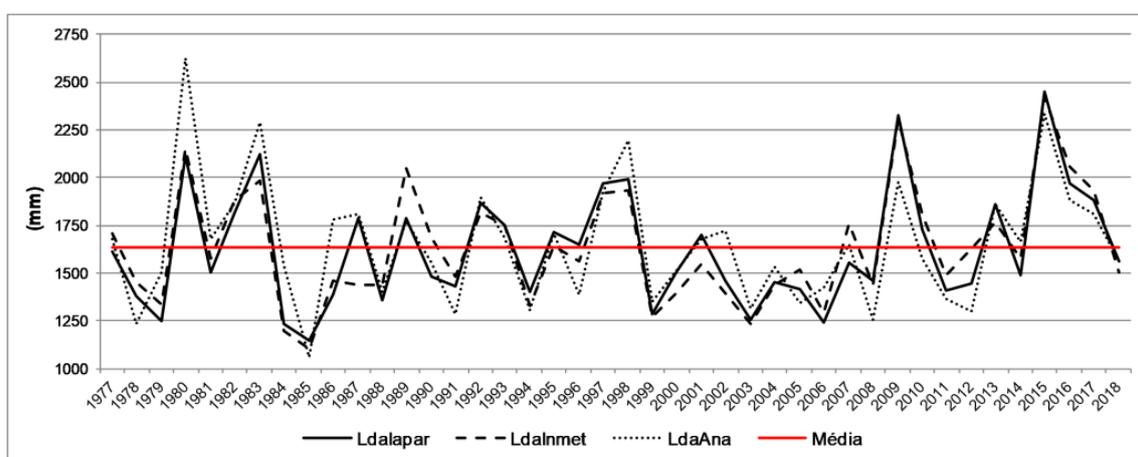
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1983 (2622,9; 1679,1; 1868,1 e 2286,2mm respectivamente), 1986 e 1987 (1780,4 e 1812mm), 1992 (1895,9mm), 1998 (2197,2mm) e 2002 (1723,4mm). Após 2004 as estações localizadas na área urbana (Ldalapar e Ldalnmet) passam a computar os maiores acumulados (de 1450 a mais de 2000mm nos anos de 2009 e 2015).

Figura 6 - Acumulado anual das precipitações (PRCPTOT) em Londrina (PR) no período de 1977 a 2018.



De acordo com Ely (2019, p. 88-89) a variabilidade das chuvas no Paraná apresenta uma estrutura temporal organizada em quatro fases: 1) uma seca entre 1977 a 1981; 2) uma úmida entre 1982 e 1998; 3) uma fase seca entre 1999 e 2012 e 4) uma última fase que parece se estabelecer como úmida a partir de 2013. Em Londrina os anos extremos de 1980 e 2009 se destacam com precipitações superiores a 2000mm (figura 6) no interior das fases secas no Paraná.

Em Londrina ocorrem períodos de 20 a 40 dias consecutivos secos (figura 7), sem muitas distinções entre as estações localizadas na área urbana e rural. Mas depois de 2006 passa a ocorrer uma diferença, com um número maior de dias consecutivos secos na área rural (LdaAna). O ano de 1988 registrou mais de 80 dias consecutivos sem chuvas.

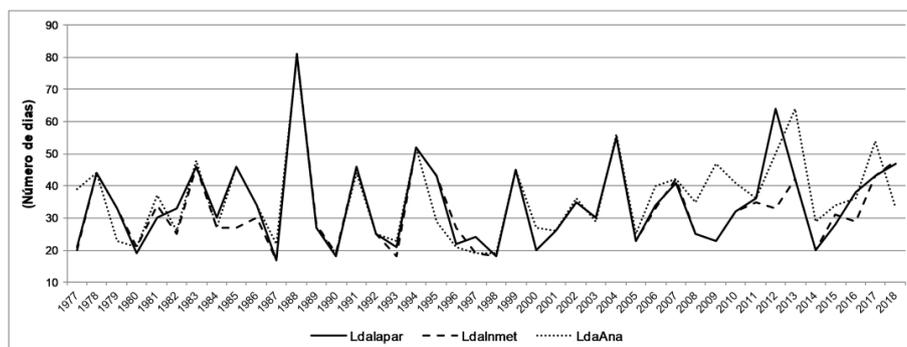


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

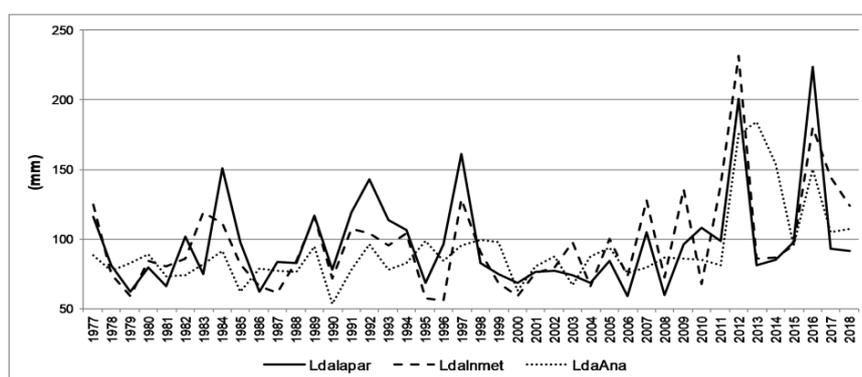
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 7 - Número máximo de dias secos consecutivos (CDD) em Londrina (PR) no período de 1977 a 2018.



Na figura 8 pode-se constatar que a área urbana de Londrina (Ldalapar e Ldalnmet) registrou precipitações diárias extremas superiores a 100mm nos anos de 1977, 1982, 1984, 1985, 1989, 1991 a 1994, 1997, 2007 a 2011; sendo que os anos com os registros mais extremos foram 2012 e 2016, com precipitações diárias superiores a 200mm. Vale destacar que a estação localizada na área rural somente passou a registrar chuvas diárias superiores a 100mm após 2012.

Figura 8 – Máximo acumulado de chuva em 1 dia (Rx1dia) em Londrina (PR) no período de 1977 a 2018.



Quando se considera o máximo acumulado de chuva em 5 dias consecutivos (figura 9), os valores registrados em Londrina oscilam de 100 a 250mm. Nos anos de 1989, 1990, 2012 e 2016 estes acumulados superaram 300mm; com o padrão da área rural acompanhando o da urbana.

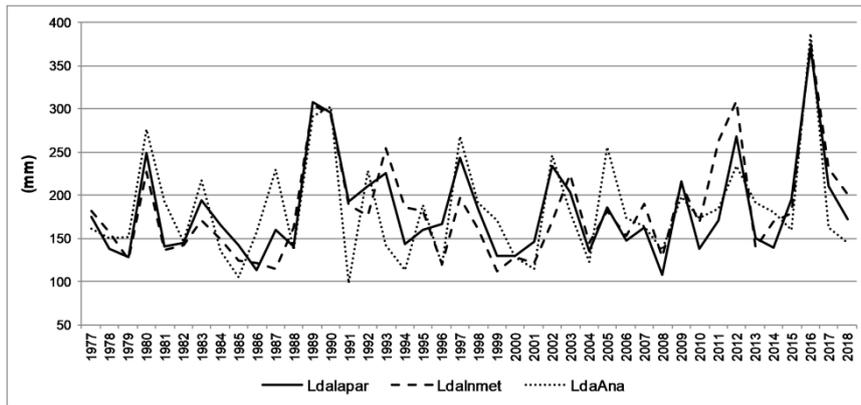


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

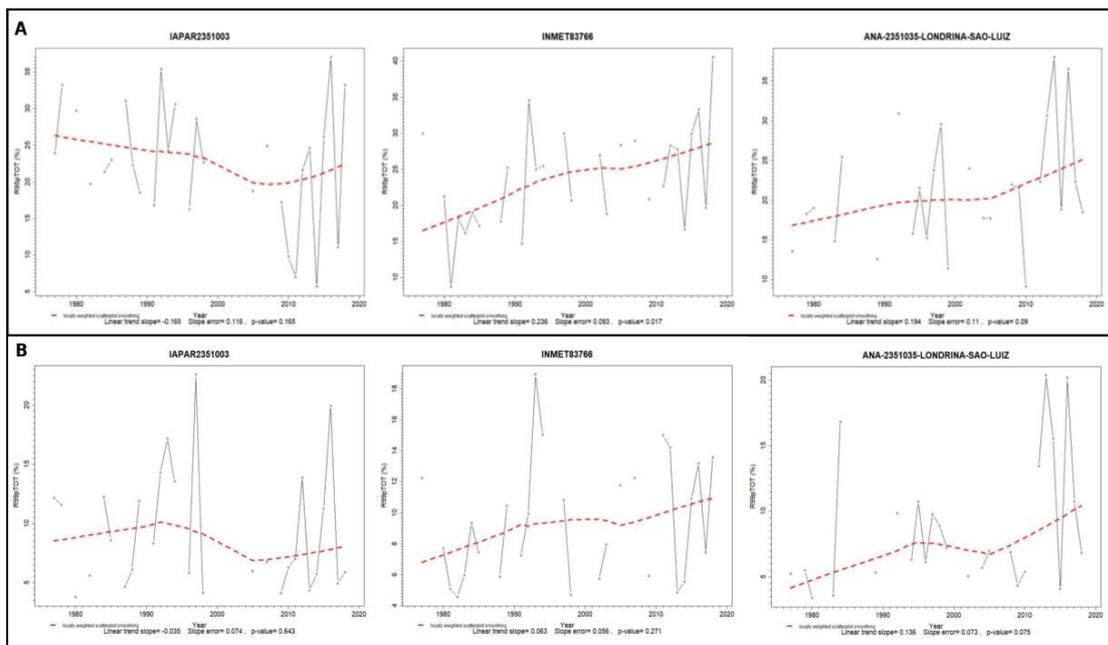
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 9 – Máximo acumulado de chuva em 5 dias (Rx5dias) em Londrina (PR) no período de 1977 a 2018.



A porcentagem total das precipitações diárias no P95 e no P99 (figura 10) apresentam tendências positivas em Londrina na estação localizada na área urbana (INMET) e na rural (Ana-São Luiz). A estação localizada na área urbana (IAPAR) registra tendência negativa. Mas os valores, tanto positivos, quanto negativos não são estatisticamente significativos; tais como aqueles definidos por Ely e Fortin (2018, p. 292).

Figura 10 – R95pTOT (A) e R99pTOT (B) em Londrina (PR) no período de 1977 a 2018.





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

A análise da variabilidade espaço temporal dos extremos de precipitações tem se destacado nos trabalhos de climatologia devido à severidade dos impactos que geram e, principalmente, em virtude de que as ações voltadas à sua mitigação se dão em escala local e regional; demonstrando a importância da temática tratada no presente artigo para o planejamento de cidades localizadas no contexto de países em desenvolvimento, que são populosas e, geralmente, possuem manutenção precária da infraestrutura urbana frente aos eventos extremos de precipitações.

Por meio da metodologia empregada foi possível estabelecer os limiares dos extremos das precipitações diárias em Londrina (P90 de 15 a 20mm; P95 de 25 a 30mm e P99 de 55 a 60mm), constatar que a área urbana do município é frequentemente atingida por chuvas ligeiras, moderadas e por eventos extremos úmidos e muito úmidos. Também foi verificado que a intensidade diária das precipitações ocorre acima do P90 na maioria dos anos analisados; que ocorrem de 20 a 40 dias com chuvas superiores a este limiar; ocorre um aumento da frequência de chuvas fortes (R20mm) sobre a área urbana na última década e um maior acumulado das chuvas anuais; as precipitações diárias (Rx1dia) superiores a 100mm têm sido mais frequentes, destacando-se os anos de 2012 e 2016, que também despontam com o máximo acumulado de chuvas em 5 dias (Rx5dias) superiores a 300mm.

Tais considerações sobre a variabilidade dos extremos de precipitações por meio dos índices do ITCCDMI – IPCC em Londrina permite a conclusão de que, mesmo a área urbana concentrando os resultados, em virtude de sua geomorfologia, com fundos de vales mais encaixados e com vertentes menos inclinadas associadas a uma preservação da vegetação e controle da ocupação, proporcionam menores impactos. De forma geral, as precipitações extremas têm contribuído para o aumento dos totais anuais e não para a frequência dos dias chuvosos; lembrando que são frequentes de 20 a 40 dias consecutivos secos no município.

Vale destacar a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que atualizem a análise do clima urbano de Londrina, pois os processos geradores da concentração de calor, aquecimento e convecção típicos das áreas urbanizadas pode estar impulsionando a ocorrência dos extremos de precipitação.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Agradecimentos

Itaipu Binacional e Parque Tecnológico Itaipu (PTI).

5. Referências

BARROS, V. Introduction. In: BARROS, V.; CLARKE, R.; SILVA DIAS, P. **Climate change in the La Plata basin. Inter-American Institute for Global Change.** INTER AMERICAN INSTITUTE ON GLOBAL CHANGE (IAI), 2010. p. 8-15

BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NET, J. L. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos de 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia.** Curitiba, V. 2, p. 9 - 22, 2006.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. **EchoGéo.** 41, 2017. DOI: 10.4000/echogeo.15017

Ely, D.F. Padrões espaciais das tendências das precipitações sazonais e mensais no estado do Paraná - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia.** Edição Especial, p. 83 - 105, 2019.

Ely, D.F.; Dubreuil, V., 2017. Análise das tendências espaço-temporais das precipitações anuais para o estado do Paraná Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia.** V. 21, p. 553-569, 2017.

ELY, D. F.; FORTIN, G. Analyse des tendances de la pluviométrie dans le nordest de l'état du Paraná, Brésil. **Actes du 31e colloque de l'AIC.** Nice, p. 288 – 293, 2018.

GOUDARD, Gabriela. **Eventos pluviiais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na Bacia do Alto Iguaçu (Paraná).** 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, 2019.

GOUDARD, G.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. A. Variabilidade pluvial e eventos extremos em Curitiba (PR). **Revista Equador.** V.4, p. 1096 – 1104, 2015.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIAÇÃO, Y. M. T.; BAEZ, J.; BARROS, V. R.; BERLATO, M. A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, V. J.; GRIMM, A. M.; KAROLY, D.; MARENGO, J. A.; MARINO, M. B.; MONCUNILL, D. F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E.; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J. L.; TREBEJO, I.; VINCENT, L. A. Trends in total and extreme South American rainfall 1960–2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate.** Washington: V. 19, p. 1490–1512, 2006.

IAPAR. **Monitoramento de Médias Históricas.** 2018b. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm>. Acesso em: 5 nov. 2018.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

LONDRINA. **Perfil de Londrina.** Prefeitura Municipal de Londrina, 2019.

Marengo, J.A., Jones, R., Alves, L.M., Valverde, M.C. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**. 2009. doi: 10.1002/joc.1863

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná. Viçosa: **Revista Ceres**. V. 58, n.5, p. 593-602, 2011.

Monteiro, A.; Carvalho, V. Uma abordagem metodológica para avaliação de eventos climáticos extremos. In: TRINDADE, M. C. de C.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Orgs.) **Climatologia urbana e regional**: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, p. 117-142, 2013.

SALTON, F. G. **Ocorrência de eventos extremos de precipitação em Londrina (PR):** uma análise a partir dos impactos. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

Wang, X. L., Feng, Y. **RHtestsV4: User Manual**. Downsvie: 2013.

XAVIER, T. Ma. B. S.; XAVIER, A. F. S.; ALVES, J. M. B. **Quantis e Eventos Extremos**: Aplicações em Ciências da Terra e Ambientais. Fortaleza: RDS Editora / Livrarias Livro Técnico & Distribuidora, 1ª Ed, 2007.

ZANDONADI, L.; ACQUAOTTA, F.; FRATIANNI, S.; ZAVATTINI, J. A. Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River basin). **Theoretical and applied climatology**. Viena: p. 741-756, 2016. [https://doi: 10.1007/s00704-015-1391-4](https://doi.org/10.1007/s00704-015-1391-4)

Zhang, X.; Yang, F. **RClimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch, Environment Canada, Downsvie, Ontario, Canadá, 2004.

ZILLI, M. T.; CARVALHO, L. M. V.; LIEBMANN, B.; SILVA DIAS, M. A. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. **International Journal of Climatology**. 37, p. 2269 – 2279, 2017. DOI: 10.1002/joc.4840



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

TEMPERATURA DO AR E TOPOCLIMA NO PARQUE NATURAL MUNICIPAL DOS MORROS, EM SANTA MARIA/RS

ALINE NUNES DA SILVA¹
CASSIO ARTHUR WOLLMANN²
GUILHERME LUL DA ROCHA³

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a temperatura do ar no Parque Natural Municipal dos Morros (PNMM), Unidade de Conservação localizada no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, zona Norte do município de Santa Maria/RS. A pesquisa foi realizada a partir dos dados coletados em dois pontos distintos durante o período de dezembro de 2018 a novembro de 2019. O ponto de coleta PNMM, situado dentro da Unidade de Conservação, encontra-se a 376 metros de altitude acima do nível do mar, enquanto o ponto PSO possui altitude de 103 metros acima do nível do mar. Foram analisados valores médios de temperatura do ar mensais e sazonais. Conforme os resultados obtidos foi possível observar que a variação da temperatura do ar obedeceu aos controles climáticos da escala para o período sazonal, onde o período veranil e o invernal apresentaram a máxima e a mínima variação térmica (1,9°C e 0,1°C respectivamente). Foram também identificados episódios de inversão térmica entre os dois pontos analisados. Ainda, observou-se a variabilidade do gradiente vertical de temperatura do ar, que apresentou variação conforme o período sazonal.

Palavras-chave: Temperatura do ar; Varibilidade sazonal; Unidade de conservação.

ABSTRACT

This work concerns in to analyze the air temperature in the Parque Natural Municipal dos Morros (PNMM), a Natural Protected Area located in the neighborhood of Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, in the north zone of the municipality of Santa Maria / RS. The research was made from data collected at two different points during the period from December 2018 to November 2019. The PNMM collect point, located inside the Natural Protected Area, is 376 meters above the level of the sea, while the PSO point has an altitude of 103 meters above sea level Average monthly and seasonal air temperature values were analyzed. As the results obtained it was possible to observe that variation of air temperature followed the climatic controls of the scale for the seasonal period, where the summer and winter periods presented the maximum and minimum thermal variation (1.9 ° C and 0.1 ° C respectively). Episodes of thermal inversion were also identified between the two points analyzed. In addition, the behavior of the vertical gradient of air temperature was observed, which varied according to the seasonal period.

Keywords: Air temperature; Seasonal variability; Natural protected area.

¹ Mestranda, Universidade Federal de Santa Maria, alinendeca@hotmail.com

² Professor Doutor, Universidade Federal de Santa Maria, cassio_geo@yahoo.com.br

³ Geógrafo, Grupo Bandeirantes da Serra, rocha@bandeirantesdaserra.org.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

Segundo a Lei Federal Nº 9.985, de julho de 2000, que regulamenta o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), uma Unidade de Conservação é determinada como um espaço territorial e seus recursos ambientais, com áreas jurisdicionais legalmente definidas pelo Poder Público. Essas áreas protegidas tem objetivo de conservação e proteção da biota natural presentes nos limites administrativos de uma Unidade de Conservação Ambiental (BRASIL, 2000).

Ainda, seu Artigo 50º estabelece o clima enquanto uma das características relevantes de uma Unidade de Conservação e, portanto, deve ser estudado, cadastrado e protegido pelos órgãos ambientais competentes nas esferas Federal, Estaduais e Municipais. Neste sentido, pode-se afirmar que o estudo e monitoramento dos atributos climáticos em uma Unidade de Conservação Ambiental pode acrescentar informações climáticas locais específicas e colaborar com a execução do Plano de Manejo (WOLLMANN, 2014; ALMEIDA et. al., 2020).

A temperatura do ar é um atributo climático contínuo e seus valores variam conforme os fatores climáticos locais e a circulação atmosférica regional. Sendo um importante elemento climático, a temperatura do ar demonstra o estado energético e dinâmico da atmosfera, colaborando com a identificação da circulação atmosférica atuante. Também causa efeitos diretos em processos fisiológicos de espécies animais e plantas, como o desenvolvimento e crescimento, associando a produtividade agrícola com as variações de temperatura. (VALERIANO; PICINI, 2000).

No Rio Grande do Sul encontram-se estudos climáticos em áreas protegidas realizados por Baratto et. al. (2013) no Parque Estadual do Espinilho, onde analisaram a variabilidade termo-higrométrica na Unidade de Conservação a partir de um transecto móvel; Wollmann (2014) observou a variabilidade climática e os controles do clima em um estudo de caso no Parque Estadual de Itapuã; Wollmann et. al. (2015) realizaram grande pesquisa a qual resultou em um Atlas Climático da Estação Ecológica do Taim, produção de relevante contribuição para os estudos climáticos em Unidades de Conservação no país.

Ainda, recentemente, Baratto et. al. (2018) realizaram a análise da temperatura do ar em escala Regional, Local e Topoclimática para o Parque Nacional de Aparados da Serra, na



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul; e Almeida, et. al. (2020) pesquisaram o clima do Parque Estadual de Itapuã, situada no município de Viamão, região metropolitana de Porto Alegre.

Dentro deste contexto, esta pesquisa foi realizada no Parque Natural Municipal dos Morros (PNMM), em Santa Maria, Rio Grande do Sul, criado a partir do Decreto Executivo nº 74, de 06 de setembro de 2016, enquadrando o mesmo como Unidade de Conservação de Proteção Integral, categoria Parque Natural Municipal. O PNMM tem como objetivos básicos a preservação dos remanescentes florestais do Bioma Mata Atlântica, recursos hídricos e da beleza cênica, possibilitando atividade recreativas e educacionais voltadas a natureza, a realização de pesquisas científicas e a interpretação ambiental (SANTA MARIA, 2016).

A presente pesquisa foi realizada na intenção colaborar dentro da área de estudos climáticos em Unidades de Conservação, analisando de forma sazonal a temperatura do ar do Parque Natural Municipal dos Morros, tendo como referência o período de dezembro de 2018 a novembro de 2019.

2. Metodologia

Para a realização desta pesquisa foram utilizados dados de temperatura do ar coletados em dois pontos localizados em diferentes cotas altimétricas. O primeiro ponto (PSO) localiza-se a uma altitude de 103 metros acima do nível do mar, no bairro Nossa Senhora do Perpétuo Socorro, zona Norte do município de Santa Maria, bairro no qual se insere a Unidade de Conservação. Já o segundo ponto (PNMM), encontra-se localizado dentro dos limites do Parque Natural Municipal dos Morros, a uma altitude de 376 metros acima do nível do mar. A partir dessas informações, identifica-se uma diferença altimétrica de 273 metros de altitude entre os dois pontos de coleta de dados. A localização do Parque Natural Municipal dos Morros, bem como dos dois pontos de coleta de dados encontra-se na Figura 01.

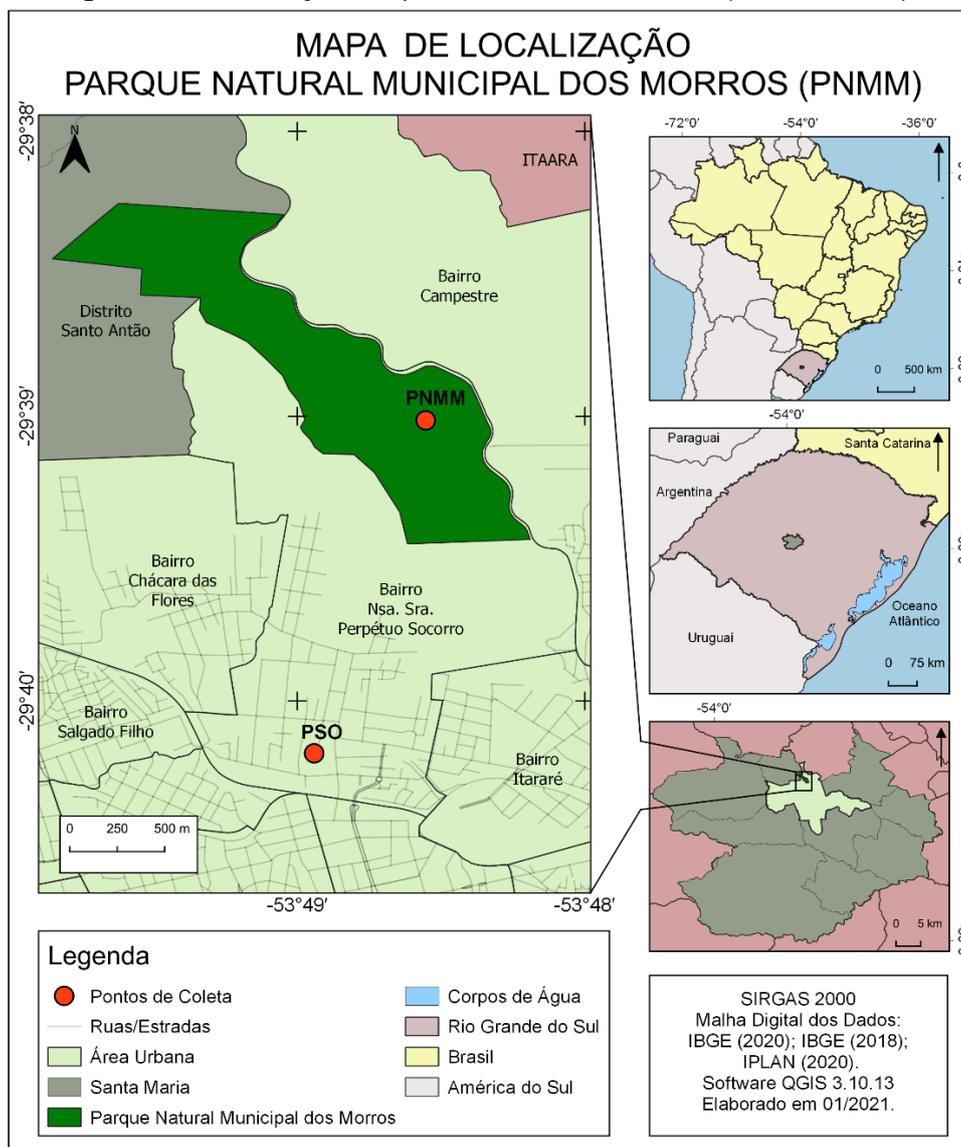


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 – Localização dos pontos de coleta de dados (PNMM e PSO).



Elaboração: Os autores.

Os dados foram coletados durante o período compreendido entre os meses de dezembro de 2018 a novembro de 2019 e registrados de forma horária com o auxílio do aparelho termo-higrógrafo modelo *HT500 Instrutherm*. No total, foram registrados 17.472 dados de temperatura do ar tendo sido realizado 8.736 registros em cada um dos dois pontos de coleta.



Após coleta, os dados foram organizados utilizando-se o *Software Microsoft Office Excel 2016*. Com o auxílio do mesmo *Software* foram calculados os valores médios horários, diários, mensais e sazonais para cada ponto de coleta. O cálculo utilizado para esta pesquisa foi o da média aritmética que consiste na divisão do somatório dos valores pelo número total de elementos. Para calcular a média da temperatura horária foi utilizada a seguinte equação:

$$T_{medHor} = \frac{\sum_{x=1}^n Ta^x}{n} \quad (1)$$

onde T_{medHor} é temperatura média horária; Ta é temperatura do ar; x é a hora determinada (00h; 03h; 09h; 15h...); e n é o número de dias do mês determinado (28, 30 ou 31). A equação utilizada para o cálculo da média diária da temperatura do ar foi:

$$T_{med} = \frac{\sum_{i=1}^{24} Ti}{24} \quad (2)$$

onde T_{med} = temperatura média diária; Ti = temperatura do ar horária; 24 = número de registros horários no dia. O cálculo da média mensal da temperatura do ar foi realizado a partir da seguinte equação:

$$T_{medMensal} = \frac{\sum^n T_{med}}{n} \quad (3)$$

onde $T_{medMensal}$ é a temperatura média mensal; T_{med} é a temperatura média diária, calculada a partir da equação (2); e n é o número de dias do mês determinado. A equação para calcular a média sazonal da temperatura do ar foi:

$$T_{medSazonal} = \frac{\sum^3 T_{medMensal}}{3} \quad (4)$$

onde $T_{medSazonal}$ é a temperatura média sazonal; $T_{medMensal}$ é a temperatura média mensal, calculada a partir da equação (3); e 3 é o número de meses determinado como período sazonal.

Para a análise sazonal foram considerados os meses de dezembro de 2018, janeiro e fevereiro de 2019 como o período veranil; março, abril e maio de 2019 como período outonal; junho, julho e agosto de 2019 enquanto período invernal; e setembro, outubro e novembro de 2019 como o período referente a primavera de acordo com as considerações de Sartori (2016).



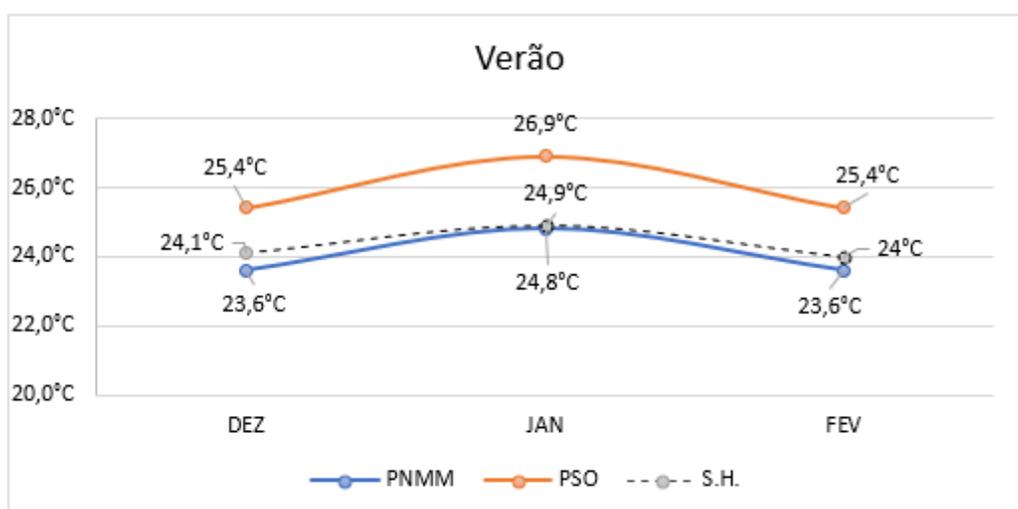
Por fim, os valores calculados médios mensais e sazonais encontrados para os pontos PSO e PNMM foram comparados com a série histórica referente ao período de 1981 a 2010 (INMET, 2018), valores médios de temperatura do ar mensal e sazonal para o município de Santa Maria.

3. Resultados e discussão

3.1 Verão

Na análise da variação de temperatura do ar entre o PSO e o PNMM nos três meses representativos do período referente ao verão, dezembro, janeiro e fevereiro, o ponto PSO registrou a média mensal de temperatura do ar mais alta em relação ao PNMM, conforme os dados apresentados na Figura 02.

Figura 02 – Temperatura do ar média mensal referente ao período veranil.



Nos meses de dezembro e fevereiro a diferença de temperatura foi de 1,8°C entre os dois pontos. No mês de janeiro a diferença entre a temperatura do ar média registrada no PSO e no PNMM foi de 2,1°C.

Com relação à série climatológica (1981-2010) nota-se uma certa estabilidade nos valores apresentados para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, onde variam menos de 1,0°C durante o período. Observa-se também que, no ponto PNMM, a média da temperatura do ar registrada no ponto PNMM foi ligeiramente mais baixa no que a série

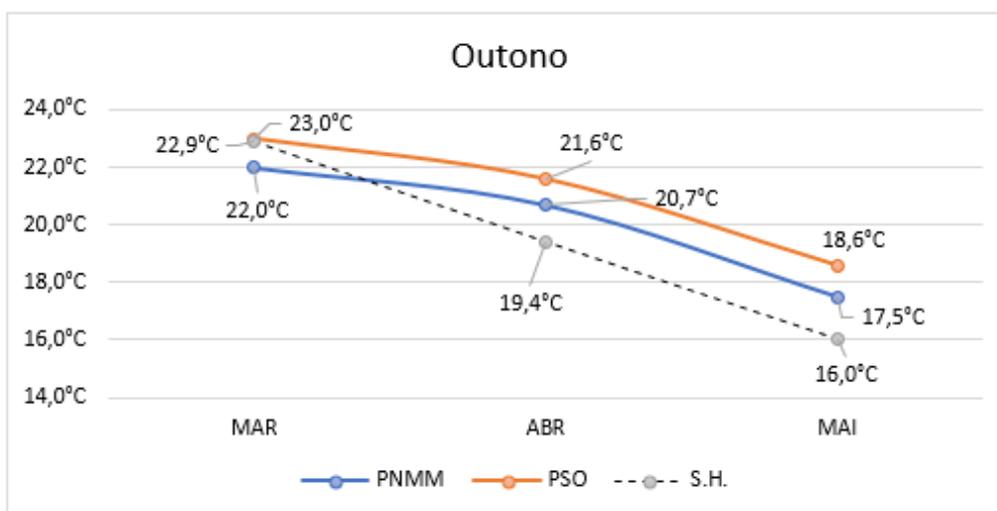


climatológica (1981-2010), com valores menores de 0,5°C de diferença. Para o ponto PSO a média da temperatura do ar registrada possui valores acima da série climatológica (1981-2010).

3.2 Outono

O outono é compreendido durante os meses de março, abril e maio e tem como característica se apresentar como um período de transição climática, registrando ainda altas temperaturas características do verão e temperaturas mais baixas brandas, mais próximas das registradas durante o inverno. Na Figura 03 estão representadas as temperaturas médias mensais para este período.

Figura 03 – Temperatura do ar média mensal referente ao período outonal.



Durante os três meses de análise para o período outonal a temperatura do ar média mensal do ponto PSO mostrou-se acima da temperatura do ar média registrada para o ponto PNMM. A diferença da média de temperatura entre os dois pontos é aproximadamente de 1,0°C para os três meses analisados, sendo de 1,0°C para o mês de março, 0,9°C no mês de abril e 1,1°C em maio.

Observa-se que os valores da série climatológica (1981-2010) apresentam um declínio da temperatura média para os meses de março, abril e maio a medida em que os meses se afastam do período veranil e aproximam-se do inverno. As temperaturas médias



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

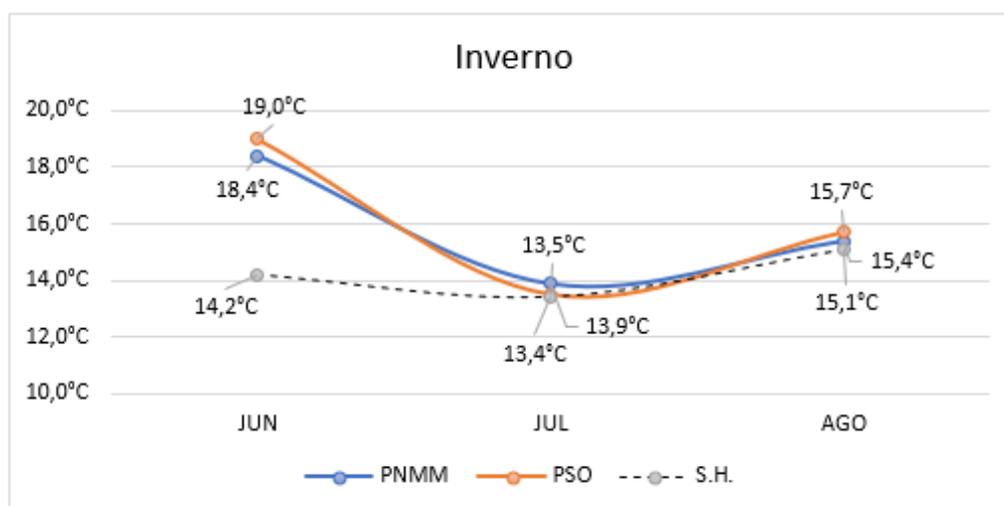
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

registradas nos pontos de coleta de dados obedecem ao mesmo parâmetro, apresentando-se acima dos valores da série climatológica (1981-2010) nos meses de abril e maio nos dois pontos. No mês de março a temperatura do ar média mensal registrada no ponto PNMM encontra-se abaixo do valor da série climatológica enquanto o ponto PSO encontra-se 0,1°C acima da mesma.

3.3 Inverno

O período invernal tem como principal característica térmica o registro das temperaturas mais baixas do ano. Durante o período de análise, as temperaturas médias mensais encontradas para os dois pontos de coleta de dados apresentaram-se mais altas do que as temperaturas da série climatológica (1981-2010), demonstrado na Figura 04.

Figura 04 – Temperatura do ar média mensal referente ao período invernal.



Nos meses de junho e agosto o ponto PSO apresentou temperatura média mensal mais alta do que o ponto PNMM, porém com pouca amplitude entre os dois pontos, sendo a diferença de 0,6°C em junho e 0,3°C no mês de agosto. Ainda, o mês de junho foi o mês em que as temperaturas médias encontradas para os pontos PSO e PNMM apresentaram-se acima da média apresentada pela série climatológica (1981-2010) de forma expressiva. O ponto PSO registra a diferença de 5,2°C da média da série climatológica (1981-2010) enquanto a temperatura do ar do ponto PNMM difere-se 4,2°C.



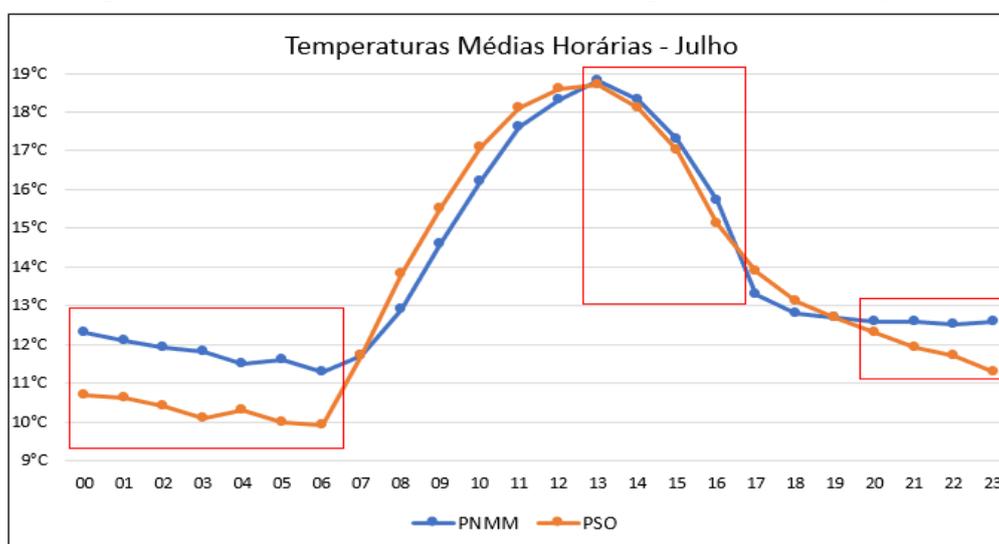
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Durante o mês de julho o padrão de temperatura do ar média mensal encontrado foi diferente dos demais. O ponto PNMM registrou temperatura média mensal $0,4^{\circ}\text{C}$ maior do que no ponto PSO. Aqui é importante destacar que o ponto PNMM encontra-se localizado a 273 metros de altitude acima do ponto PSO. Portanto, para compreender melhor esta ocorrência fora do padrão, foi necessária a análise da média horária da temperatura do ar dos dois pontos de coleta de dados. O gráfico referente a análise é apresentado na Figura 05.

Figura 05 – Temperatura do ar média horária registrada no mês de julho.



A Figura 05 apresenta as médias horárias da temperatura do ar nos pontos PSO e PNMM durante o mês de julho. Nos destaques em vermelho é possível observar que os valores referentes a temperatura do ar para o ponto PSO são menores do que os registrados para o ponto PNMM. Das 744 horas de registro de temperaturas durante o mês de julho, em 361 as temperaturas do ponto PNMM são mais altas do que as do ponto PSO. Baseando-se nestes dados podemos afirmar houve ocorrência de inversão térmica em 48% dos registros horários.

A inversão térmica é uma situação em que há uma inversão no comportamento padrão da temperatura na atmosfera. Como característica desta condição meteorológica, a temperatura do ar próximo a superfície é mais baixa do que a temperatura do ar na camada superior, condicionando a atmosfera a uma situação de estabilidade (WU et. al., 2014).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Sartori (2016) afirma que durante o inverno a atuação da Massa Polar Atlântica (MPA) acentua-se, podendo ocorrer a sua permanência por até oito dias consecutivos. Isso acontece devido a intensificação do Anticiclone Polar Atlântico graças ao maior resfriamento que ocorre nas latitudes médias e altas do Hemisfério Sul, onde ocorre sua gênese. Assim, com maior domínio da MPA, o céu manteve limpo por mais tempo, ocasionando o balanço positivo de radiação durante o dia e forte balanço negativo a noite gerando episódios de nevoeiros de radiação.

Os nevoeiros de radiação ocorrem devido ao resfriamento noturno do solo enquanto há a perda de calor para a atmosfera. O ar próximo ao solo, perde calor por condução, tornando-se mais frio que a camada de ar acima. Logo, o ar torna-se mais aquecido à medida que se distancia do solo, registrando temperaturas mais elevadas em sua camada mais alta comparadas a camada anterior, estabelecendo assim o processo de inversão térmica (VAREJÃO-SILVA, 2005).

Conforme Kassomenos e Koletsis (2005) durante o inverno, enquanto o solo encontra-se mais úmido, ocorre o processo de evaporação, que converte a radiação solar recebida pelo solo úmido em fluxo de calor latente, resultando em uma “camada limite rasa” que funciona como uma proteção a inversão térmica superficial formada durante o período noturno. Essa camada barra a dispersão diurna do ar frio que ficou acumulado em superfície durante a inversão térmica noturna e, por vezes, mantém a inversão térmica durante todo o dia. Esse fenômeno de inversão térmica diurna também pode ocorrer durante a primavera ou outono, período ao qual os autores se referem como “meses de transição”, pois a cobertura vegetal é maior, mantendo a umidade mais alta em superfície (KASSOMENOS; KOLETSIS, 2005).

3.4 Primavera

O período representativo para primavera é apresentado pelos meses de setembro, outubro e novembro. Na Figura 06 pode-se observar as temperaturas médias mensais para este período e sua comparação com a série climatológica (1981-2010).

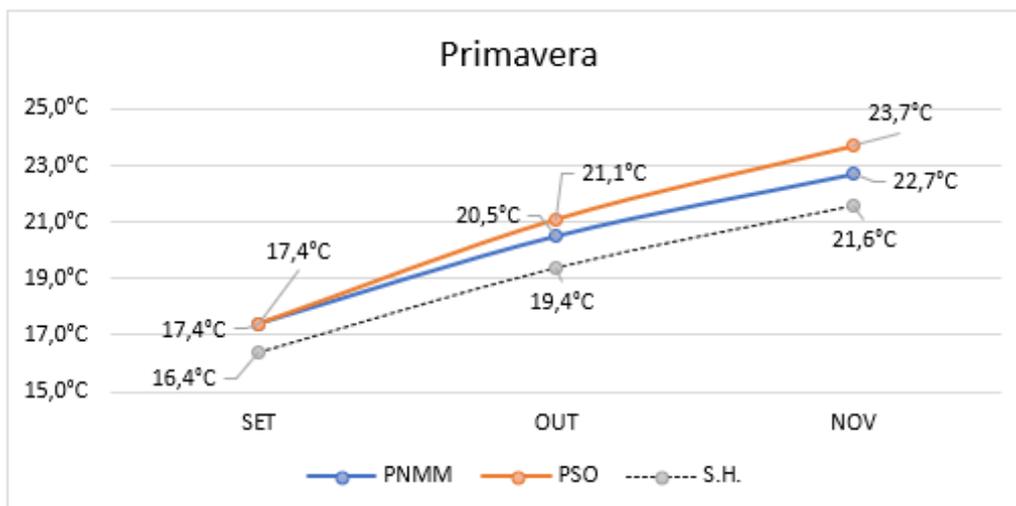


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 06 – Temperatura do ar média mensal referente ao período primaveril.



Podemos observar no gráfico que as temperaturas médias mensais dos pontos PSO e PNMM encontram-se acima da média da série climatológica (1981-2010) nos três meses de análise para o período primaveril. Nota-se também que o ponto PSO registrou temperatura do ar média mais alta que as temperaturas do ponto PNMM nos meses de outubro e novembro, com diferença de 0,6°C e 1,0°C respectivamente.

No mês de setembro os pontos PSO e PNMM registraram o mesmo valor médio de temperatura do ar, de 17,4°C, provável resultado da influência do resfriamento do ar durante o período invernal. Cabe aqui ressaltar que, a primavera, por ser um período de transição climática, bem como o outono, apresenta períodos com características de inverno, como temperaturas baixas e episódios de formação de geada, mas também registra temperaturas mais elevadas, características de verão.

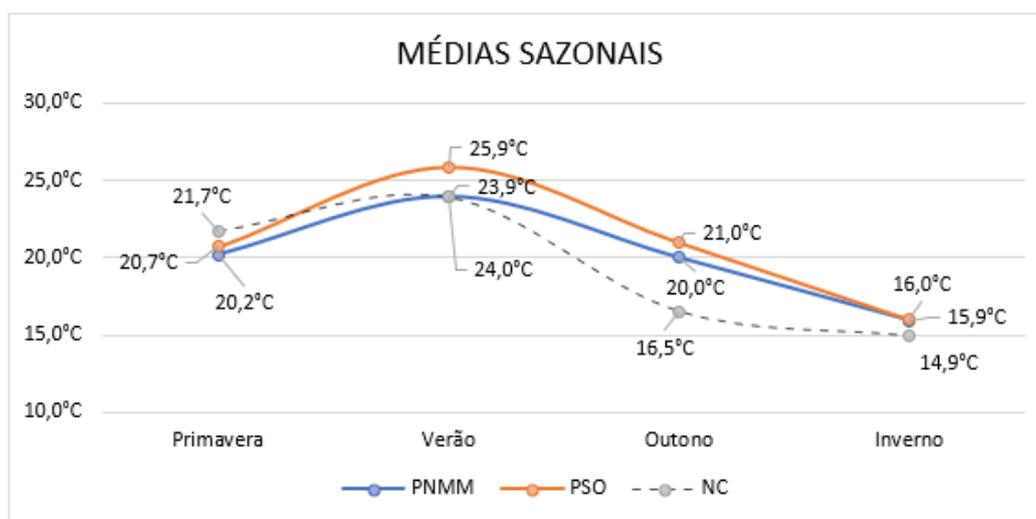
Durante os meses de outubro e novembro as temperaturas se elevam gradualmente com aproximação do período veranil. Em outubro a temperatura do ar média mensal registrada nos pontos PSO e PNMM apresentam-se 1,6°C de diferença, enquanto no mês de novembro a diferença foi de 1,0°C.



3.6 Análise Temperaturas Médias Sazonais

A Figura 07 mostra a comparação das médias sazonais gerais de temperatura do ar dos pontos PSO e PNMM calculadas com os dados registrados durante o período de análise e a média sazonal da série climatológica (1981-2010), para fins de comparação.

Figura 07 – Gráfico da temperatura do ar média sazonal.



Durante a análise das temperaturas médias sazonais dos pontos PSO e PNMM em comparação com a série climatológica (1981-2010) observa-se que durante a primavera os valores médios de temperatura do ar calculados para os dois pontos foram menores do que a média sazonal da temperatura do ar da série climatológica. Para o Verão a média de temperatura do ar calculada no PNMM para o período foi bem próxima a média da série climatológica, enquanto a temperatura do ar média do PSO ficou 2,0°C acima.

O período outonal foi o que apresentou maior diferença entre as médias sazonais dos pontos PSO e PNMM e a série climatológica. Os pontos PNMM e PSO registraram 3,5°C e 4,5°C acima do valor da Normal Climatológica, respectivamente. Para o inverno registrou-se a diferença foi de 1,0°C e 1,1°C entre os pontos PNMM, PSO e a temperatura do ar média da Normal Climatológica.

Percebe-se também que, de forma geral, a temperatura do ar no ponto PSO é mais alta do que a registrada no ponto PNMM. A diferença de temperatura nestes dois pontos é melhor observada durante o verão e o outono, com 1,9°C e 1,1°C respectivamente. No inverno



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e primavera a diferença é mais discreta, tendo sido encontrado valores menores de $1,0^{\circ}\text{C}$ entre os dois pontos, sendo $0,5^{\circ}\text{C}$ na primavera e $0,1^{\circ}\text{C}$ no inverno.

Dessa forma, podemos afirmar que os valores referentes ao gradiente vertical da temperatura atmosférica, de $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, citado por Mendonça e Danni-Oliveira (2009) não se aplicam nos dados analisados nesta pesquisa. Ainda, Barry e Chorley (2013, p.61) afirmam que o valor determinado para o gradiente vertical da temperatura não é constante, podendo sofrer variações conforme a mudança de altitude, estação do ano ou localização.

Segundo Barry e Chorley (op. cit.) os gradientes verticais de temperatura são estabelecidos ou pelas trocas de energia, tais como a liberação de calor latente causado pela condensação, resfriamento radiativo do ar e o aquecimento do ar que resultante da transferência de calor sensível a partir o solo; ou pelo movimento vertical do ar, como a advecção horizontal de temperatura e atuação das massas de ar frio ou quentes.

Também, os sistemas atmosféricos interferem diretamente no movimento vertical do ar. As áreas de alta pressão estão relacionadas ao movimento de subsidência de ar e, conseqüentemente, seu aquecimento, o que reduz o gradiente térmico causando inversões de temperatura na atmosfera inferior. As baixas pressões, por sua vez, estão relacionadas a ascensão do ar, que se expande e resfria conforme se eleva em altitude, acentuando o gradiente vertical de temperatura (BARRY; CHORLEY, 2013).

4. Considerações finais

Percebe-se com os resultados encontrados com a análise realizada durante a pesquisa a existência variação topoclimática na média da temperatura do ar sazonal. Também, é possível identificar a ocorrência de inversão térmica e observar o comportamento do gradiente vertical de temperatura do ar sazonal. Entretanto, o gradiente vertical de temperatura do ar encontrado para os pontos PSO e PNMM é variável conforme a estação do ano, o sistema atmosférico dominante e a massa de ar que atua durante o período.

Dentro das possibilidades de futuras pesquisas, é de interesse realizar a análise da atuação os sistemas atmosféricos relacionado ao movimento vertical do ar e como essa relação pode influenciar na ocorrência de inversão térmica e na variação do gradiente vertical do ar para a camada atmosférica inferior.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Com a realização da análise topoclimática da temperatura sazonal do Parque Natural Municipal dos Morros esperamos ter contribuído de forma simples com os estudos climáticos dentro de Unidades de Conservação. Os dados apresentados com esta pesquisa devem ser aprofundados e analisados por diferentes vieses em futuros trabalhos que sigam a mesma linha de pesquisa.

5. Agradecimentos

Agradecemos ao auxílio prestado pela equipe gestora do Parque Natural Municipal dos Morros. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

6. Referências

ALMEIDA, A. P.; WOLLMANN, C. A.; HOPPE, I. L. **A caracterização do clima em unidades de conservação: uma análise nos planos de manejo dos parques estaduais do Rio Grande do Sul, Brasil.** In: Luís Ricardo Fernandes da Costa. (Org.). Geografia Física: Estudos Teóricos e Aplicados. 1ed. Ponta Grossa - PR: Atena Editora, 2020, v. 1, p. 34-46. Disponível em <<https://www.finersistemas.com/atenaeditora/index.php/admin/api/ebookPDF/3300>>. Acesso em 29 dez. 2020.

BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A.; HOPPE, I. L. . Variabilidade termo-higrométrica no Parque Estadual do Espinilho, em Barra do Quaraí (RS), sob Domínio Tropical Continental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, p. 1734-1743, 2013.

BARATTO, J.; WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E.; HOPPE, I. L. Variabilidade da temperatura do ar no Parque Nacional dos Aparados da Serra em Diferentes Escalas Climáticas. Anais. In: **Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Juiz de Fora, 2018.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman; 2013.

BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 2000. Disponível em: <[L6938 \(planalto.gov.br\)](http://planalto.gov.br)>. Acesso em 14 jul 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Série Climatológica 1981-2010. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em:< <https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em 15 dez. 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

KASSOMENOS, P. A.; KOLETIS, I. G. Seasonal variation of the temperature inversions over Athens, Greece. **International Journal of Climatology**, n. 25, p. 1651-1663, 2005.

MENDONÇA, S. F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia, noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo, Oficina de Texto, 2009.

SANTA MARIA. Decreto Executivo Nº 074, de 06 de setembro de 2016. Cria o Parque Natural Municipal dos Morros – PNMM, dispõe sobre seus limites, zona de amortecimento e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Disponível em: <<https://sema.rs.gov.br/parque-natural-municipal-dos-morros>>. Acesso em: 13 mai 2020.

SARTORI, M. G. B. **O Vento Norte**. Santa Maria: Pallotti, 2016.

VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G. Uso de Sistema de Informações Geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 255-262, 2000.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife, 2005. Disponível em: <http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2020.

WOLLMANN, C. A. Variabilidade Climática e controles do clima em Unidades de Conservação: Estudo de Caso no Parque Estadual de Itapuã, Viamão/RS, sob domínios atmosféricos tropicais. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 194-209, 2014.

WOLLMANN, C. A.; SIMIONI, J. P. D. Variabilidade espacial dos atributos climáticos na Estação Ecológica do Taim (RS), sob domínio polar. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 25, p. 56-76, 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/75174>>. Acesso em: 21 dez. 2020.

WOLLMANN, C. A.; SIMIONI, J. P. D.; IENSSE, A. C. **Atlas climático da Estação Ecológica do Taim**: Contribuição ao estudo do clima em unidades de conservação no Rio Grande do Sul. 1. ed. Santa Maria, 2015. v. 1. 300p. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/cursos/graduacao/santa-maria/geografia/atlas-climatico-da-estacao-ecologica-do-taim/>>. Acesso em: 18 dez. 2020.

WU, W.; ZHA, Y.; ZHANG, J.; GAO, J.; HE, J. A temperature inversion-induced air pollution process as analyzed from Mie LiDAR data. **Science of the Total Environment**, 479-480, p.102-108, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720320957>>. Acesso em: 29 dez. 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE RIO BONITO – RJ

MARCIO ELYSIO TAVARES DE MELLO FILHO¹

RESUMO

O presente artigo busca realizar uma análise da precipitação na cidade de Rio Bonito, município localizado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a fim de melhor entender a temporalidade da precipitação local e sua influência nos espaços urbano e rural do município, além de seus moradores. Os registros pluviométricos da cidade são utilizados para analisar padrões anuais e sazonais de comportamento da precipitação, o que permite com que seja realizada uma comparação com os padrões já definidos por órgãos oficiais como o INMET. Assim, é possível analisar a continuidade ou eventual descontinuidade desses padrões atribuídos ao município de Rio Bonito, sendo esta análise de vital importância para o planejamento urbano-territorial da cidade. O método de análise a partir de dados históricos utilizado para traçar períodos secos, chuvosos e eventos de chuva intensa, permite que se promova uma reflexão acerca da periodicidade do regime de precipitação local, além de fornecer mais informações que possam vir a evitar tragédias humanas e prejuízos aos serviços públicos do município, haja vista as recorrentes enchentes e deslizamentos de terra que anualmente promovem desastres em determinadas regiões da cidade.

Palavras-chave: Rio Bonito; Climatologia; Precipitação.

ABSTRACT

This article seeks to carry out an analysis of precipitation in the city of Rio Bonito, located in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, in order to better understand the temporality of local precipitation and its influence on the urban and rural spaces of the city, in addition to its residents. The city's pluviometric records are used to analyze annual and seasonal patterns of precipitation behavior, which allows a comparison to be made with the standards already defined by official agencies such as INMET. This way, it's possible to analyze the continuity or eventual discontinuity of these standards attributed to the city of Rio Bonito, making this analysis being of vital importance for the urban-territorial planning of the city. The method of analysis from historical data used to trace dry and rainy periods along with events of intense rain, allows us to promote a reflection about the periodicity of the local precipitation regime, in addition to providing more information to avoid human tragedies and damages to public services to the city, given the recurrent floods and landslides that annually cause disasters in certain regions of the city.

Keywords: Rio Bonito; Climatology; Precipitation.

¹ Graduando em Geografia, Universidade Federal Fluminense, marciomello@id.uff.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

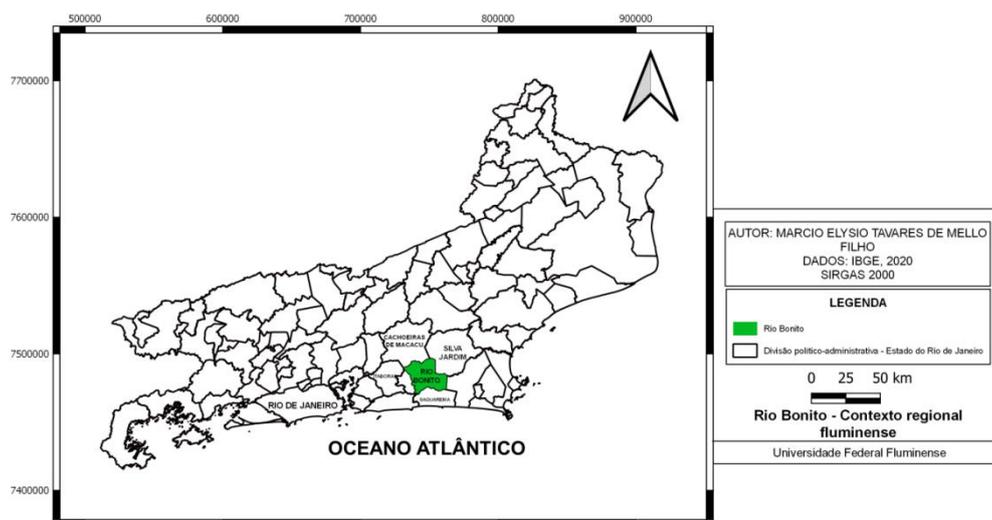
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

O município de Rio Bonito localiza-se na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Figura 01), apresentando uma população estimada em pouco mais de 60 mil habitantes e área de 459,458km² (IBGE, 2020). A cidade se encontra, sob muitos aspectos, em uma área de transição do acidentado relevo fluminense, sendo o Estado do Rio de Janeiro um dos maiores expoentes da pluralidade geográfica da Região Sudeste brasileira, caracterizada por suas inúmeras e diferentes paisagens, além de climas e subtipos de climas (Sant'Anna Neto, 2005).

Figura 01 - Rio Bonito inserido no contexto regional fluminense



Fonte: IBGE, 2020.

Situada entre dois dos principais domínios geomorfológicos do Rio de Janeiro, o colinoso suave e as escarpas montanhosas da Serra do Mar (DANTAS, 2000), e com seu núcleo urbano localizado no sopé da Serra do Sambê (961m), Rio Bonito apresenta um clima tropical especialmente caracterizado por sua localização entre o mar e a serra. Faz limite com o município de Saquarema e o Oceano Atlântico pelo Sul, e à Norte com o município de Cachoeiras de Macacu e a Serra dos Órgãos; à Leste da cidade está a Região dos Lagos, região cuja característica climática marcante são os ventos de Nordeste associados à Alta



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Subtropical do Atlântico Sul (ASAS); e à Oeste se desenvolve o Graben da Guanabara (Figura 02).

Figura 02 – Relevo: Rio Bonito (RJ)



Fonte: Google Terrain (2020).

Este trabalho tem por objetivo realizar uma análise da precipitação local em Rio Bonito, para que se tenha um maior entendimento sobre este importante elemento climático no município. Buscando descobrir novas informações que venham a contribuir para com a sociedade, através da análise de dados pluviométricos históricos, pretende-se entender melhor a precipitação na cidade para que assim, promova-se uma maior consciência coletiva acerca de seus padrões pluviométricos. Por décadas a cidade vem sofrendo com eventos de enchentes, deslizamentos de terra e inundações. A análise da precipitação, elemento que constitui uma das principais variáveis do clima, é de extrema importância para qualquer cidade, porém, as localizadas em regiões tropicais úmidas devem promover estudos mais detalhados e ricos acerca de suas características pluviométricas, haja vista que a precipitação



é um dos principais condicionantes do clima tropical úmido. Justifica-se assim, a necessidade de se realizar um levantamento minucioso de dados e informações que contribuam para o planejamento urbano-territorial do município e para o bem-estar social de seus moradores.

2. Metodologia

Inicialmente, para a confecção deste trabalho, foi definido um recorte temporal de dezenove anos com início em 01/01/2000 terminando em 31/12/2018, a partir dos dados adquiridos do Banco de Dados Meteorológicos do INMET (BDMEP) referentes à estação INMET (OMM: 83048) – RIO BONITO, localizada a 62m de altitude, Latitude 22°42'S e Longitude 42°37'48"W. Porém, ao se analisar os dados disponíveis com relação à precipitação na cidade de Rio Bonito, foram encontradas algumas falhas que poderiam vir a comprometer o resultado final almejado; assim, fez-se necessária uma análise meticulosa da qualidade dos dados empregados neste trabalho. A Tabela 01 busca expor esta problemática, com o objetivo de selecionar os melhores dados para que se possa chegar a um resultado final claro e consistente.

Tabela 01 – Falhas diárias por mês na medição de precipitação em Rio Bonito, 2000 a 2018

ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2000	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A
2001	A	A	A	A	A	A	F	F	F	F	F	F
2002	F	F	F	F	A	A	A	A	A	B	B	A
2003	A	A	A	B	A	B	A	A	A	A	A	B
2004	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2005	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2006	A	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2007	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	F	A
2008	A	A	A	A	A	A	F	A	A	A	A	A
2009	A	A	A	A	A	A	A	A	F	A	A	C
2010	A	A	A	A	A	A	F	A	A	A	A	A
2011	A	A	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2012	A	A	A	F	A	A	A	A	A	A	A	A
2013	A	A	A	A	A	F	A	A	A	A	A	A



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2014	A	A	A	A	F	A	A	A	A	A	A	A
2015	A	A	F	A	A	A	A	A	A	A	A	A
2016	F	F	A	A	A	A	A	A	A	A	F	A
2017	A	A	A	A	A	A	A	F	A	A	A	A
2018	A	A	A	A	A	F	A	A	A	A	A	A

LEGENDA:						
Falhas por mês	Sem falhas	1 – 5 Dias	5 – 10 Dias	10 – 15 Dias	15 – 25 Dias	Mais de 25 dias
	A	B	C	D	E	F

Fonte: INMET (2020)

A partir da análise dos dados de melhor qualidade, foi necessária a definição de um novo recorte temporal. Haja vista as falhas dos dados referentes aos anos 2001 e 2002, cujos meses desfalcados são principalmente os meses que apresentam os maiores índices pluviométricos do ano, foi definido que este trabalho se basearia no período entre os anos 2003 e 2018, totalizando assim dezesseis anos de série histórica. Vale, contudo, ressaltar que o ano de 2016 apresenta três meses de falha, sendo dois deles em período de precipitação intensa. O ano não foi excluído da série histórica, pois ao se analisar os dados em sua totalidade, concluiu-se que os meses do ano que não apresentaram falhas possuem contribuições pertinentes para a análise final do período.

Seguindo o novo recorte temporal, fez-se uma análise comparativa entre o período analisado (2003 a 2018) e a Normal Climatológica oficial formulada pelo INMET para o município de Rio Bonito (1981 a 2010). O resultado desta comparação serve como atestado da qualidade dos dados analisados para o referido período na concepção deste artigo, vide a perceptível consistência entre os índices da Normal Climatológica oficial do INMET e os índices analisados no período. Esta consistência permite que se faça uma análise de qualidade elevada sobre os anos que se seguiram a partir do limite temporal proposto pelo INMET para o cálculo da Normal Climatológica de Rio Bonito.

Para a análise de eventos de chuva intensa (ECI) foram adotados parâmetros utilizados por outros autores em literatura prévia. Com base nos estudos de Dereczynski et al. (2009), adotou-se como valor mínimo para caracterizar um evento de chuva intensa, o



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

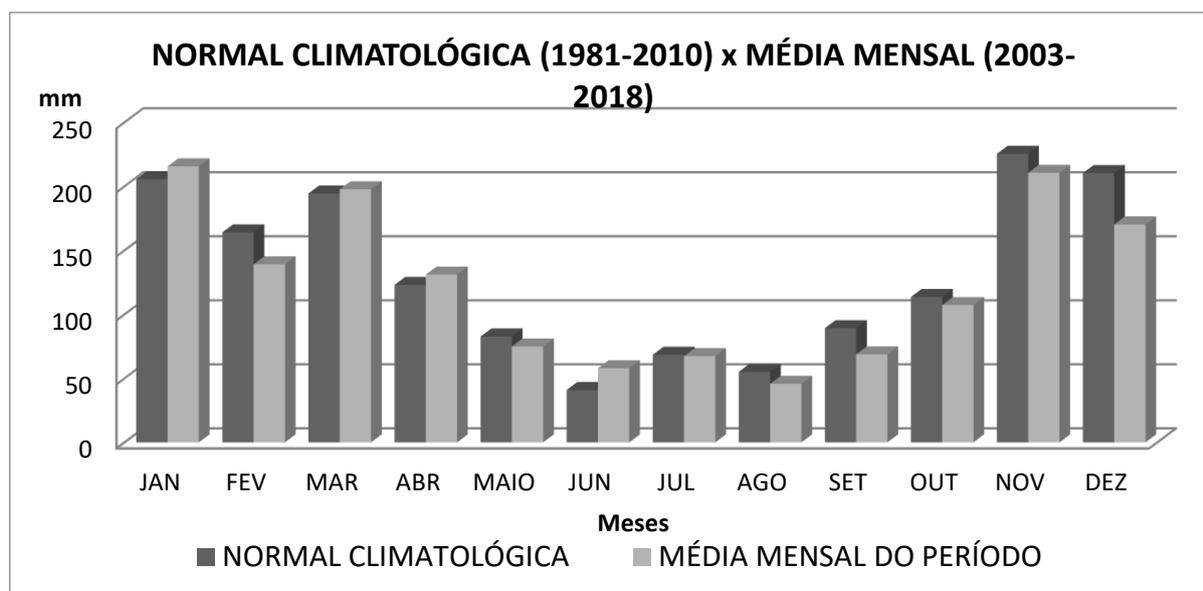
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

acumulado diário de 30 mm ou mais; e para identificar ECIs considerados como muito intensos ou extremos, foram adotados os valores de 76,2 mm/dia ou mais, e 154,9 mm/dia ou mais, respectivamente (GROISMAN et al., 2012, apud PRISTO et al., 2018). As consequências desses ECIs foram apresentadas a partir de reportagens que ilustram os efeitos concretos desses eventos no dia a dia dos moradores e da administração pública local.

3. Resultados e discussão

Os dados históricos revelam tendências e evidenciam tanto períodos de déficit, quanto de grande aporte pluviométrico. Ao analisar os anos selecionados, foram encontradas informações que ajudam a ratificar estudos cujas escalas espaciais vão além dos limites de apenas um município, ressaltando assim a importante contribuição que os estudos em escalas locais têm a fornecer ao ramo da Climatologia Geográfica. Entre os acumulados mensais e anuais analisados, nota-se a grande semelhança entre os dados do período 2003-2018 e a Normal Climatológica formulada pelo INMET (Figura 03).

Figura 03 – Comparação entre os dados pluviométricos da Normal Climatológica Oficial da cidade de Rio Bonito – RJ (1981 – 2010) e os dados apresentados neste artigo (2003 – 2018)

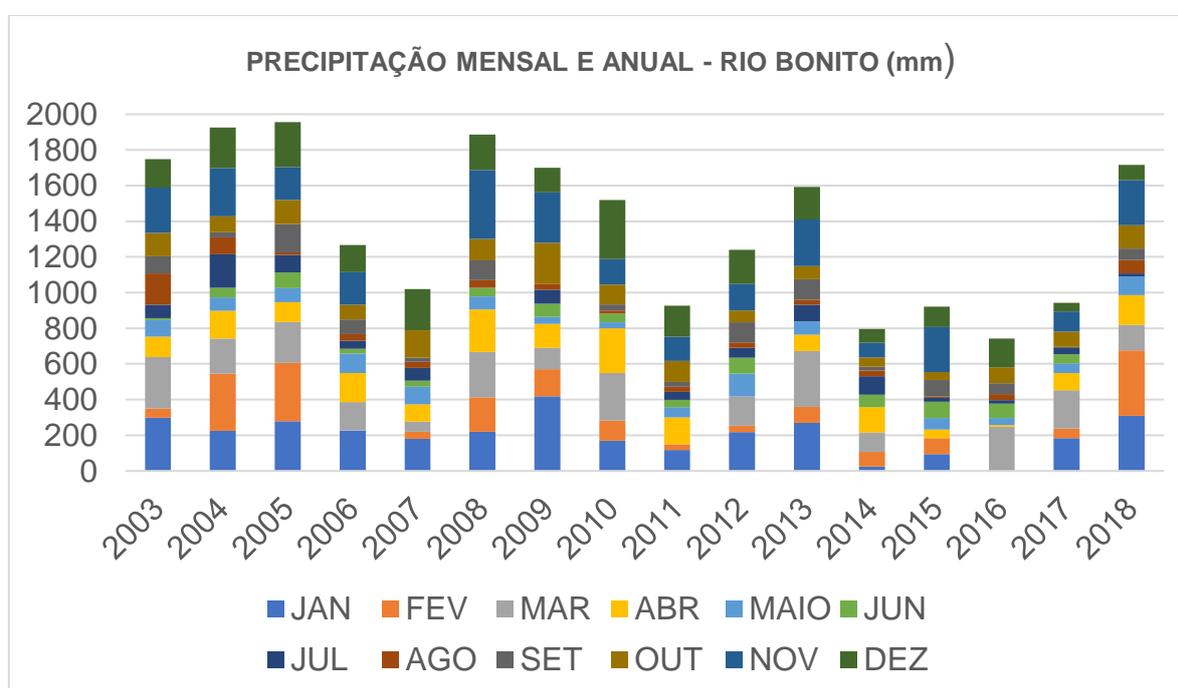


Fonte: INMET (2020).



Considerando-se os meses de janeiro, fevereiro e março como verão; abril, maio e junho como outono; julho, agosto e setembro como inverno; e outubro, novembro e dezembro como primavera, obtiveram-se determinados resultados acerca da variabilidade da precipitação no município de Rio Bonito, como evidencia a Figura 04.

Figura 04 – Precipitação mensal e anual em Rio Bonito (2003 – 2018)



Fonte: INMET (2020).

No âmbito dos valores anuais, pode-se notar uma tendência da cidade apresentar índices pluviométricos acima dos 1000 mm de chuva. A Normal Climatológica (1981 – 2010) assume o valor médio de 1572,6 mm de chuva anual para Rio Bonito; já para o período em questão (2003 a 2018), a média anual chega aos 1368,5 mm de chuva. Isto evidencia que apesar de se manter a tendência da precipitação acima dos 1000 mm por ano, há uma queda em relação ao período mais abrangente. A referida diferença pode estar relacionada com anos de seca severa no Sudeste brasileiro, como evidencia a Figura 04.

Os anos de 2006 (1266,4 mm) e 2007 (1019,1 mm) apresentam valores de precipitação menores se comparados com os anos de 2003, 2004 e 2005, anos que



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

acumularam facilmente valores acima dos 1500 mm; já os anos de 2011, 2014, 2015, 2016 e 2017 apresentam acumulados pluviométricos abaixo dos 1000 mm, muito provavelmente relacionados à seca histórica que atingiu a região Sudeste (COSTA et al., 2018). Neste sentido, é necessário que se faça também uma averiguação mais detalhada para que se possa identificar períodos atípicos.

Considerando o período de novembro a março como o período chuvoso da cidade, é notável a influência positiva dos meses de janeiro e fevereiro nos acumulados anuais. O mês de janeiro apresenta índice pluviométrico médio de 215,56 mm para o período de 2003 a 2018. Apresenta também grandes acumulados mensais por ano, exceto nos anos de 2011, 2014 e 2015, quando os valores acumulados para o mês foram menores que 150 mm. Com enfoque especial para os anos de 2014 e 2015, anos compreendidos no período da última seca histórica que atingiu o Sudeste, fez-se uma análise dos eventos que provocaram índices consideravelmente baixos de precipitação na cidade de Rio Bonito. Braga e Molion (2018) afirmam que esta seca ocorreu em virtude da ocorrência de uma anomalia atmosférica que ocasionou o fortalecimento de uma alta pressão, que então foi capaz de bloquear a entrada de Sistemas Frontais, além de impedir movimentos de convecção que propiciariam a precipitação na região. Ainda segundo os autores, a ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) teria sido também retardada por este bloqueio atmosférico, tendo grande parte da umidade originada na Amazônia sido redirecionada para a região Sul do Brasil.

Há de se dar atenção especial também ao mês de novembro, que de acordo com os dados da Normal Climatológica, apresenta a maior média de precipitação na cidade, cerca de 225,4 mm. Em relação ao período de 2003 a 2018, o mês de novembro apresenta precipitação média de 210,5 mm, valor menor apenas que o referente ao mês de janeiro, reforçando assim a tendência de que novembro é um mês de fortes precipitações na cidade, apesar de não fazer parte do verão. A primavera na região Sudeste do Brasil é caracterizada por ser a estação do ano com o maior número de entradas de Sistemas Frontais (JUSTI DA SILVA E SILVA DIAS, 2002, apud SILVA E DEREZYNSKI, 2014), o que pode explicar o alto índice pluviométrico para o mês de novembro em Rio Bonito.

Em relação aos eventos de chuva intensa (ECI) na cidade, a Figura 05 busca evidenciar a quantidade de ECIs mensais para o período de 2003 a 2018. Neste sentido, é notável a ocorrência de eventos de chuva intensa nos meses de novembro, dezembro, janeiro,



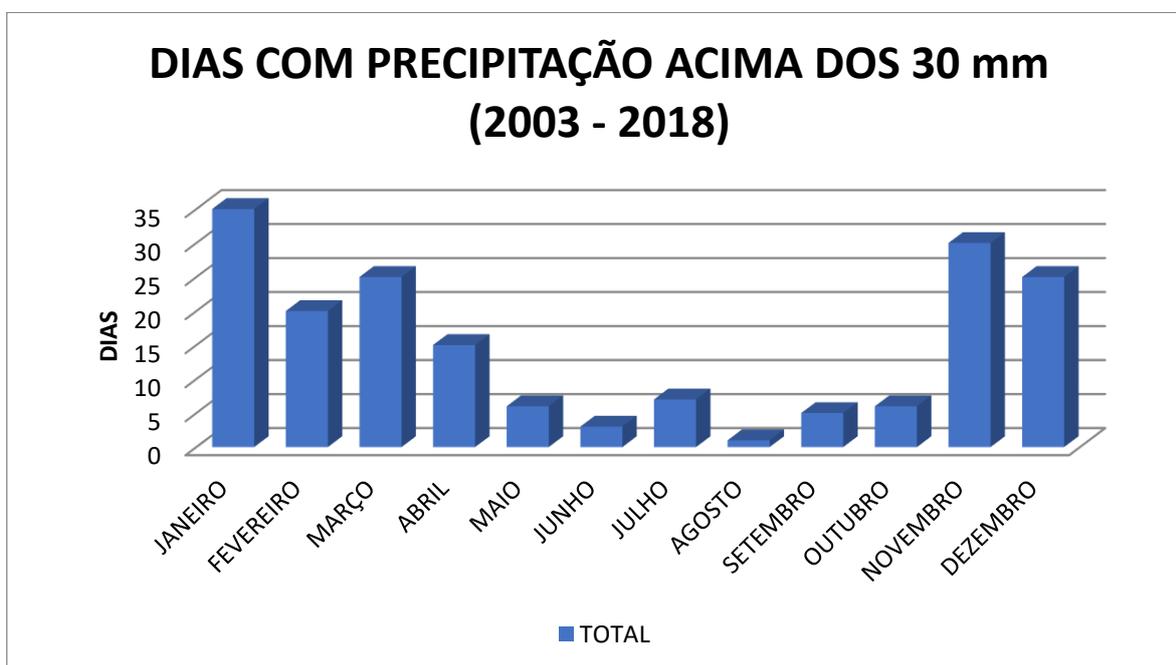
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

fevereiro e março, chegando-se ao total de 135 ECIs nesses meses ao longo do período 2003-2018. Faz-se necessário um enfoque especial no padrão que a Figura 05 revela: os meses de dezembro e fevereiro apresentam índices de ECI menores se comparados com os meses que os precedem e os sucedem. Em suma, dezembro apresenta um índice menor quando comparado com novembro e janeiro; e fevereiro apresenta um índice menor quando comparado com janeiro e março. Este padrão pode estar relacionado a alguns fatores, como o fato de dezembro ser um mês de transição entre a primavera e o verão, marcado, por exemplo, pela menor incidência de Sistemas Frontais quando comparado com o mês de novembro; enquanto que fevereiro, por outro ângulo, possui menos dias se comparado a janeiro e março. Além disso, março é marcado por apresentar altos índices de precipitação devido ao acúmulo de energia na atmosfera ao longo do verão.

Figura 05 – Total mensal de dias com precipitação igual ou superior a 30 mm (2003 – 2018)



Fonte: INMET (2020).

O maior ECI para o período de 2003 a 2018 foi registrado em 01/03/2016, que registrou uma precipitação de 158,9 mm (INMET, 2020), sendo classificada como uma precipitação extrema (GROISMAN et. al, 2012, apud PRISTO et. al, 2018). Segundo a



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

imprensa, foram registrados alagamentos, enchentes e acidentes envolvendo veículos de passeio¹. Nos municípios vizinhos, centenas de pessoas ficaram desabrigadas e a precipitação em outras cidades vizinhas causou duas fatalidades². Mais recentemente, em 22/02/2018, foi registrado um ECI classificado como muito intenso, apresentando um acumulado diário de 88,1 mm (INMET, 2020). Novamente, registrou-se a ocorrência de alagamentos, sendo um deles na RJ-224, rodovia estadual que liga a Região Metropolitana à Região dos Lagos e que apresenta grande fluxo diário de carros, podendo acarretar em acidentes fatais³.

4. Considerações finais

Sabendo que o entendimento da precipitação é de fundamental importância para o planejamento urbano-territorial de municípios e estados, este trabalho propõe a divulgação dos dados aqui compilados e analisados para que haja intervenções mais eficientes a fim de melhorar a qualidade de vida dos residentes em Rio Bonito.

Apesar da existência de uma ampla rede de estações meteorológicas implantadas por diversos órgãos e empresas públicas como INMET, EMBRAPA, INPE, etc; poucas se encontram fora dos grandes centros urbanos do país, e em muitos casos, como na cidade de Rio Bonito, quando são encontrados dados referentes a uma determinada estação, há falhas em suas medições, dificultando a produção científica que poderia propiciar enormes benefícios para a população local.

Mesmo com as falhas referentes aos anos de 2001 e 2002, que ocasionaram na confecção de um novo recorte temporal para este estudo, ainda assim conseguiu-se notar uma boa consistência entre os dados neste artigo apresentados e a Normal Climatológica para o período de 1981-2010 (INMET).

¹ Disponível em: <http://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2016/03/carro-e-sugado-por-valao-em-enchente-ta-descendo-diz-video.html>

² Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/03/rj-tem-mais-de-seis-mil-desalojados-e-desabrigados-apos-chuva-diz-governo.html>

³ Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/veja-imagens-de-areas-alagadas-em-cidades-da-regiao-dos-lagos.ghtml>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A precipitação apresenta seus maiores valores durante as estações da primavera e verão, com os maiores acumulados sendo apresentados nos meses de novembro (primavera), janeiro e fevereiro (verão).

Nota-se também a forte influência dos períodos secos que frequentemente se abatem sobre a região Sudeste, e como essa influência é visível nos números referentes aos anos de 2014 a 2017.

A ocorrência de eventos de chuva intensa (ECI) também se mostra recorrente, principalmente nos meses de novembro a março, período chuvoso para a região.

Os frequentes impactos negativos da precipitação em Rio Bonito, como evidenciado a partir de reportagens, ilustram como o estudo da Climatologia e a compreensão de uma Climatologia Geográfica se fazem necessários. Neste sentido, ratifica-se a necessidade de uma maior abrangência de oferta de dados meteorológicos em todo território nacional, afim de que se possam promover novos estudos que venham a beneficiar toda a sociedade brasileira.

5. Referências

BRAGA, H. A.; MOLION, L. C. B.; **A Seca de 2013/2014 na Região Sudeste do Brasil**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. 2018.

COSTA, L. F.; FARIAS JUNIOR, J. E. F.; JOHNSON, R. M. F.; PETRUNGARO, A. C. N.; RAMOS, N. P.; **Análise da precipitação na bacia do rio Paraíba do Sul com enfoque nos anos de 2014 a 2017**. III Simpósio de Recursos Hídricos do Paraíba do Sul – UFJF. 2018.

CARRO É SUGADO POR VALÃO EM ENCHENTE; 'TÁ DESCENDO', DIZ VÍDEO. **G1**, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2016/03/carro-e-sugado-por-valao-em-enchente-ta-descendo-diz-video.html>. Acesso em: 24 jan. 2021.

DANTAS, M. E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2000.

DERECZYNSKI, C. P.; DE OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C. O.; **Climatologia da Precipitação no Município do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Meteorologia. 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/rio-bonito.html>. Acesso em: 15 dez. 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências. Downloads.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 15 dez. 2020.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos.** Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 13 dez. 2020.

PRISTO, M. V. J.; DEREZYNSKI, C. P.; SOUZA, P. R.; MENEZES, W. F.; **Climatologia de Chuvas Intensas no Município do Rio de Janeiro.** Revista Brasileira de Meteorologia. 2018.

RIO DE JANEIRO. **Lei Complementar n. 184; Dispõe sobre a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.** ALERJ. 27 dez. 2018; Disponível em: <http://aeerj.net.br/file/2019/PDF-.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2021.

RJ TEM MAIS DE SEIS MIL DESALOJADOS E DESABRIGADOS APÓS CHUVA, DIZ GOVERNO. **G1**, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/03/rj-tem-mais-de-seis-mil-desalojados-e-desabrigados-apos-chuva-diz-governo.html>. Acesso em: 24 jan. 2021.

SANT'ANNA NETO, J. L.; **Decálogo da climatologia do Sudeste brasileiro.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, nº 1; 2005.

SILVA, L. W.; DEREZYNSKI, C. P.; **Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no Estado do Rio de Janeiro.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. 2014.

VEJA IMAGENS DE ÁREAS ALAGADAS EM CIDADES DA REGIÃO DOS LAGOS. **G1**, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/veja-imagens-de-areas-alagadas-em-cidades-da-regiao-dos-lagos.ghtml>. Acesso em: 24 jan. 2021.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS TENDÊNCIAS DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

SOFIA SIQUEIRA LIMA¹

RESUMO

O artigo tem como objetivo realizar uma análise espaço-temporal de tendências e rupturas da precipitação na Região Metropolitana do Rio de Janeiro entre 1970 e 2019. Foram utilizadas 8 estações meteorológicas em 3 municípios. Os dados foram tabulados em recorte anual, sazonal e mensal e posteriormente inseridos no *software* R para aplicação dos testes não-paramétricos de Mann-Kendall, teste de Pettitt e valores de declividade de Sen para identificação de tendência, rupturas e magnitude de tendência, respectivamente. Tendências de acréscimo de precipitação foram predominantes. No recorte anual para o total de chuva acumulada, foram observadas apenas tendências positivas e as maiores magnitudes de tendências entre todas as variáveis. 70% das tendências identificadas concentraram-se nas décadas de 1980 e 1990. Relativo aos trimestres, para o chuvoso (NDJ) foram manifestadas apenas tendências de aumento, e para o menos chuvoso (JJA) o acréscimo de precipitação foi majoritário também, com exceção de agosto, que apresentou tendência negativa. Para os meses da Estação Chuvosa e Estação Menos Chuvosa, aproximadamente 80% das tendências identificadas foram positivas. Março foi o mês com o maior número de estações manifestando tendências, e dezembro foi o mês que apresentou as maiores magnitudes de tendências, todas positivas. O mês de abril foi o único da Estação Chuvosa que identificou tendência de decréscimo de precipitação. Metade dos postos pluviométricos apresentaram apenas tendências positivas.

Palavras-chave: Tendências; Rupturas; Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

ABSTRACT

This article aims to present a spatio-temporal analysis of precipitation trends and ruptures in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro between 1970 and 2019. Eight weather stations were used in 3 cities. The data was tabulated in annual, seasonal and monthly scale and subsequently inserted in R software for non-parametric Mann-Kendall, Pettitt's tests and Sen's slope values for trend identification, ruptures and magnitude, respectively. Precipitation increase trends were prevalent. For the annual total accumulated rain, only positive trends have been identified and the highest magnitudes were observed among all variables. 70% of the identified trends were concentrated in 1980s and 1990s. Regarding the trimester, for rainy season (NDJ) only increasing trends were shown, and for the less rainy (JJA) the increase was also the majority, with the exception of August, which showed a negative trend. For rainy season and the less rainy season, approximately 80% of the identified trends were positive. March shown the highest number of seasons manifesting trends, and December was the month with the highest magnitudes trends, all positive. April was the only one in the Rainy Season that identified a decreasing trend of precipitation. Half of the weather stations showed only positive trends.

¹ Graduanda em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, sofiasiqueiralima@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Trends; Ruptures; Metropolitan Region of Rio de Janeiro.

1. Introdução

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro é marcada por uma grande extensão longitudinal costeira com a presença de duas grandes baías - a Baía da Guanabara e a Baía de Sepetiba. Compreende também uma heterogeneidade de sistemas geomorfológicos, com a Escarpa Serrana e os maciços interiores e costeiros - de maiores altitudes - em associação à relevos de planícies e baixadas, em especial a Baixada da Guanabara, de Sepetiba, de Jacarepaguá e da Região dos Lagos.

Relativo à precipitação, a RMRJ tem sua dinâmica ligada à atuação de Sistemas Frontais - com destaque para as Frentes Frias -, de Sistemas Extratropicais - tais como a Massa Polar Atlântica - e de Sistemas Intertropicais, ao exemplo da Massa Tropical Atlântica (Armond, 2018). Além da atuação destes sistemas, Sant'Anna Neto (2005) destaca a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul que acentua a instabilidade climática regional. Ademais, o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul tem um papel importante na deflagração de precipitação, posto que este provoca a efluência de uma massa de ar quente e úmida - mTa - sobre a região. O encontro desta com a Massa Polar Atlântica - procedente do Anticiclone Móvel Polar - constitui zonas de instabilidades atmosféricas, possibilitando a formação de Sistemas Frontais, sobretudo da Frente Polar Atlântica.

Além dos centros de ação e sistemas regionais, a influência da maritimidade sob domínio do sistema de brisas sobre o Rio de Janeiro, como aponta Dereczynski (2009), proporciona entrada contínua de umidade do oceano para o continente. Este processo é intensificado no verão em vista do maior aquecimento da superfície terrestre e pela atuação do ASAS (com ventos de N/NE) e das frentes frias (S/SE), além de ventos locais que seguem a circulação ordenada por ventos de Norte durante o dia e de Sul durante a noite.

Nota-se, assim, que os fatores geográficos associados à dinâmica climática regional promovem uma assimetria espacial e temporal na distribuição das chuvas na região (Sant'Anna Neto, 2005), sobretudo em consequência da influência da maritimidade, da orientação das vertentes e da altitude. Essa diferenciação espacial é intensificada por processos inerentes à produção capitalista do espaço que, por meio de agentes sociais, o que analiticamente se denomina meio social se hibridiza ao meio natural, de forma a gerar um



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

sistema de co-produção entre sociedade, natureza e espaço (Castree, 2005, 2014; Lave et al, 2014, 2018). Essa interação entre os elementos atmosféricos, os fatores geográficos e espaço urbano (re)produzido de modo heterogêneo e desigual geram um complexo cenário que combina suscetibilidade e vulnerabilidade aos impactos das chuvas.

Segundo o Relatório do Projeto Megacidades, Vulnerabilidade e Mudanças Climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro (2011), dois aspectos presentes nos cenários de mudanças climáticas são particularmente críticos para a RMRJ: a elevação do nível médio do mar e o incremento da ocorrência de eventos extremos, tais como ventos intensos, ondas de tempestade, chuvas torrenciais e períodos de seca mais prolongados, cuja combinação em um mesmo momento produz efeitos devastadores na zona costeira. Assim, compreender a gênese das chuvas no espaço e tempo - passado e presente - torna-se importante para pensar o futuro de uma das maiores e mais importantes aglomerações urbanas do país.

O estudo de tendências climáticas “é fundamental para a identificação de externalidades produzidas pelas mudanças no uso do solo ou pelas mudanças climáticas globais sobre os regimes hidro pluviométricos” (Ferreira, 2012, p. 318). Armond (2018), ao analisar a tendência para o total pluviométrico anual entre 1975 e 2015, observou tendência positiva nos postos localizados na porção metropolitana do Estado. Quanto aos eventos extremos, Silva e Dereczynski (2014) identificaram tendências positivas para chuvas intensas (percentil 95) nas Baixadas Litorâneas, na Região dos Lagos e no Leste Metropolitano. Silva et al (2015) apontam que “um aumento na frequência de ocorrência de chuvas intensas e de secas severas poderia agravar o quadro de desastres naturais no Brasil” (p.182).

O presente trabalho insere-se neste contexto com o objetivo de realizar uma identificação e análise espaço-temporal de tendências e rupturas da precipitação na Região Metropolitana do Rio de Janeiro entre os anos de 1970 a 2019.

2. Metodologia

Os dados de precipitação diária foram obtidos no portal *Hidroweb - Sistemas de Informações Hidrológicas*, banco de dados da rede hidrometeorológica nacional organizado pela Agência Nacional de Águas. A escolha das estações se deu com base em Goudard (2019), sendo a localização, a disponibilidade dos dados compatíveis com a série histórica



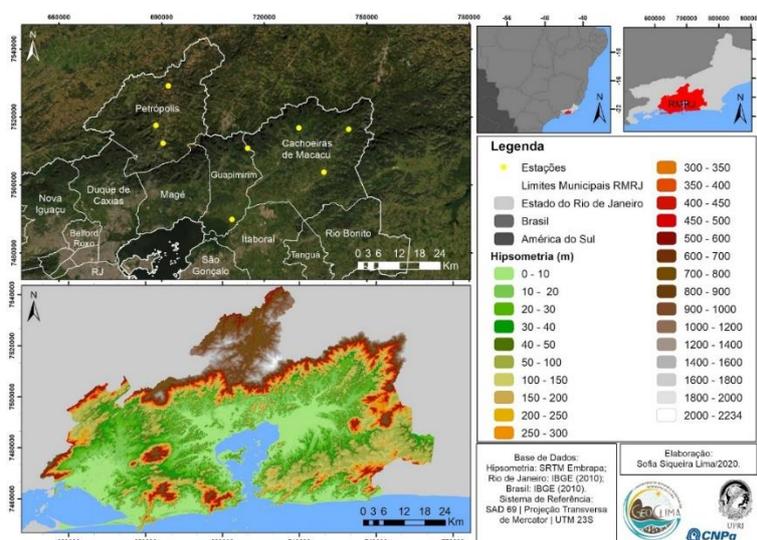
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

escolhida (1970 - 2019) e o percentual de falhas de cada um dos postos (valores inferiores a 15%), com objetivo de garantir a consistência dos dados para fidelidade da representação. Assim, 8 estações foram escolhidas: Fazenda do Carmo, Fazenda São Joaquim e Japuíba, no município de Cachoeiras de Macacu; Estação de Bombeamento de Imunana, em Guapimirim; Represa do Paraíso, localizada em Magé; e Pedro do Rio, Rio da Cidade e Itamarati-SE em Petrópolis.

Figura 1 – Localização das estações e hipsimetria da Região Metropolitana do Rio de Janeiro



Fonte: Sofia Siqueira Lima (2020).

Os dados foram importados e organizados em ambiente de planilha eletrônica *Microsoft Excel 2019*® e padronizados como dados diários de precipitação. Foi elaborada uma planilha padrão de caracterização climática para cada uma das estações, com os dados organizados em médias e desvios padrões anuais, mensais e sazonais.

Para o tratamento estatístico, foi aplicado o teste não-paramétrico de Mann-Kendall associado ao valor de declividade de Sen para verificação da existência de tendência e de sua magnitude, e o teste não-paramétrico de Pettitt para identificação de rupturas na série temporal, ambos amplamente empregados na literatura (Obregón e Marengo, 2007; Nascimento Junior, 2013; Armond, 2018; Goudard, 2019). Os dados de precipitação utilizados (total de chuva acumulada anual, total de eventos extremos anual, número de dias de chuva



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

anual, total de chuva acumulada por estação chuvosa e estação menos chuvosa, e total de chuva acumulada por mês, por posto) foram importados de ambiente de planilha eletrônica *Microsoft Excel 2019®* para o software livre R, ambiente para aplicação dos testes estatísticos por meio do pacote *trend*. O índice de confiança utilizado foi de 95%.

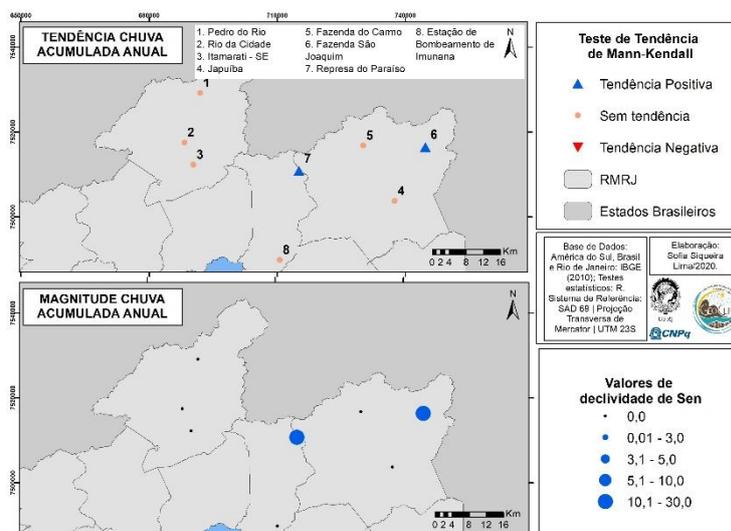
Para identificação dos eventos extremos, foi aplicado a técnica de percentis em que é utilizado como limiar o 1% de chuvas mais intensas, definido pelo percentil 99. Os dados de extremos empregues para aplicação das tendências é a quantidade de dias por ano em que ocorreram chuvas acima do P99, sendo este limiar definido para cada uma das estações.

3. Resultados e discussão

3.1 Chuva acumulada anual

Quanto à chuva acumulada anual, observou-se tendência nas estações Fazenda São Joaquim e Represa do Paraíso, na porção leste metropolitana. Nota-se que os maiores índices de declividade de Sen entre todas as variáveis analisadas - ou seja, a magnitude de tendência - foram identificadas nestas estações para chuva acumulada anual, com 15,34 para Fazenda São Joaquim e 29,32 para Represa do Paraíso. Ademais, ambas estações apresentaram rupturas nos anos de 1995 e 1980, respectivamente.

Figura 2 - Resultados do teste de Mann-Kendall (superior) e valores de declividade de Sen (inferior) para o total de chuva acumulada anual.



Fonte: Sofia Siqueira Lima (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

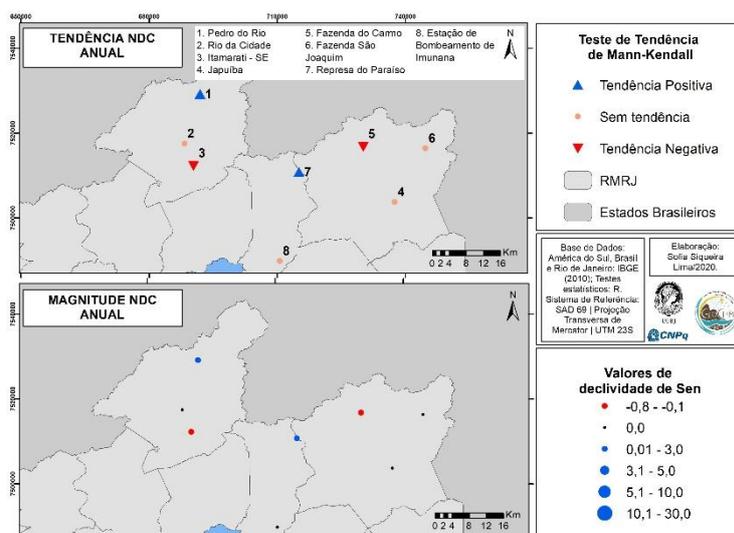
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3.2 Número de dias de chuvas anual

Em relação ao número de dias de chuvas anual, as estações Pedro do Rio e Represa do Paraíso apresentaram tendência de aumento estatisticamente significativa, ambas com rupturas identificadas nos anos de 1999 e 2002, respectivamente. Nas estações Itamarati-SE e Fazenda do Carmo foram verificadas tendência de decréscimo no número de dias de chuva, com rupturas estatísticas identificadas em 2001 e 1988, nesta ordem. Nota-se também que a estação Fazenda São Joaquim não apresentou tendência com significância estatística, mas foi identificada uma possível ruptura no ano de 2009.

Figura 3 - Resultados do teste de Mann-Kendall (superior) e valores de declividade de Sen (inferior) para o número de dias de chuva anual.



Fonte: Sofia Siqueira Lima (2020).

Nota-se que esta variável (NDC) é a que apresenta o maior número de estações que manifestaram tendências com significância estatística - junto com março que tem também metade das estações com tendências identificadas. Contudo, para o número de dias com chuva, para além das 4 estações com tendências, 6 das 8 estações apresentam rupturas para esta variável. Com exceção das estações com tendências manifestadas - apresentadas no mapa -, Fazenda São Joaquim e Rio da Cidade apresentam rupturas estatisticamente significativas, mas sem tendências.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

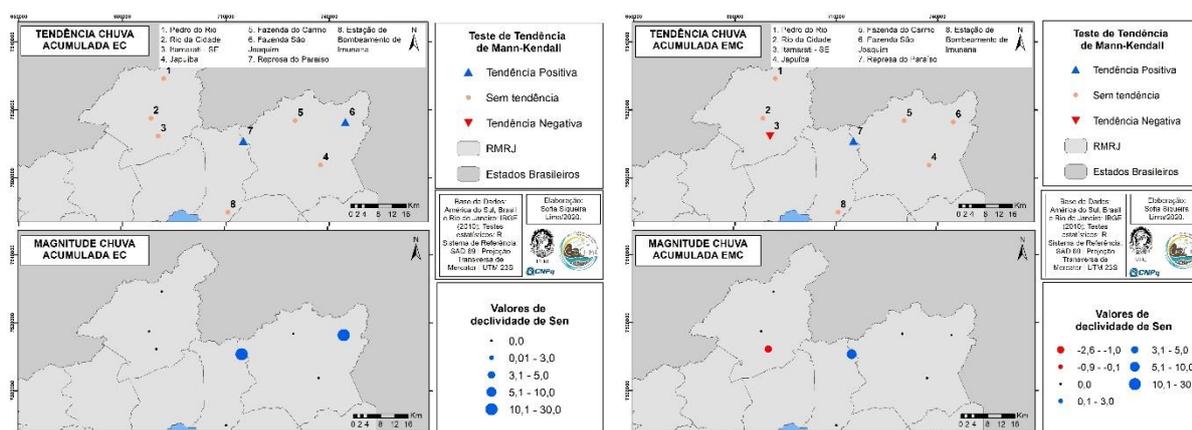
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Vale destacar que não foi identificada relação entre as tendências de chuva acumulada anual com o número de dias de chuva. Como aponta Goudard (2019), a não identificação desta relação vale ser evidenciada posto que “aumentos pluviiais acompanhados por diminuições de NDCs, sugerem intensificações das precipitações, de modo que a investigação conjugada das relações entre as chuvas e suas frequências torna-se relevante” (Goudard, 2019, p.126).

3.3 Análise sazonal: estação chuvosa e estação menos chuvosa

A respeito das variações sazonais, a estação chuvosa foi aqui delimitada pelos meses de novembro a abril, e a estação menos chuvosa entre maio e outubro. Represa do Paraíso apresentou tendência de acréscimo para ambas as estações, chuvosa e menos chuvosa. Enquanto isso, Fazenda São Joaquim identificou tendência positiva para a estação chuvosa, e em Itamarati-SE observa-se uma tendência de decréscimo para a estação menos chuvosa.

Figura 4 - Resultados do teste de Mann-Kendall (superior) e valores de declividade de Sen (inferior) para Estação Chuvosa e Estação Menos Chuvosa



Fonte: Sofia Siqueira Lima (2020).

Relativo às rupturas, ambas as estações que apresentaram tendência positiva para estação chuvosa (Fazenda São Joaquim e Represa do Paraíso), verificaram possíveis rupturas nos mesmos anos em que foram identificadas para o total de chuva acumulada anual,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

nos respectivos anos de 1995 e 1980. Para estação menos chuvosa, apenas Represa do Paraíso apresentou rupturas estatisticamente significativas para o ano de 1987.

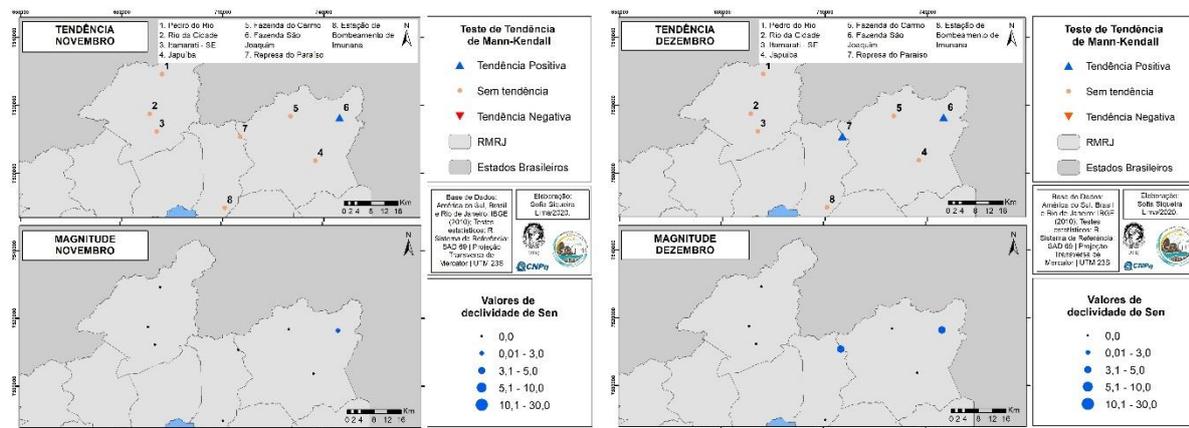
3.4 Análise mensal: estação chuvosa

No que se refere aos meses da estação chuvosa, nota-se que as duas estações - Fazenda São Joaquim e Represa do Paraíso - que apresentaram tendência de aumento no total de chuva acumulada na estação chuvosa, são as estações em que foram identificadas maior número de tendências positivas para os meses específicos. Represa do Paraíso manifestou tendência positiva nos meses de dezembro, janeiro, março e abril - 4 dos 6 meses da estação chuvosa -, enquanto Fazenda São Joaquim manifestou-as em novembro, dezembro e março. Das 11 tendências manifestadas nos meses supracitados, 9 delas são positivas.

A primeira estação não manifestou ruptura em nenhum dos meses supracitados, contudo, Fazenda São Joaquim manifestou-as nos três meses identificados com tendências, sendo novembro e dezembro com ruptura em 1995 e março no ano de 1996.

Setembro e fevereiro não são apresentados cartograficamente em razão de não apresentarem tendências com significância estatística.

Figura 5 - Resultados do teste de Mann-Kendall (superior) e valores de declividade de Sen (inferior) para os meses da Estação Chuvosa (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e abril)

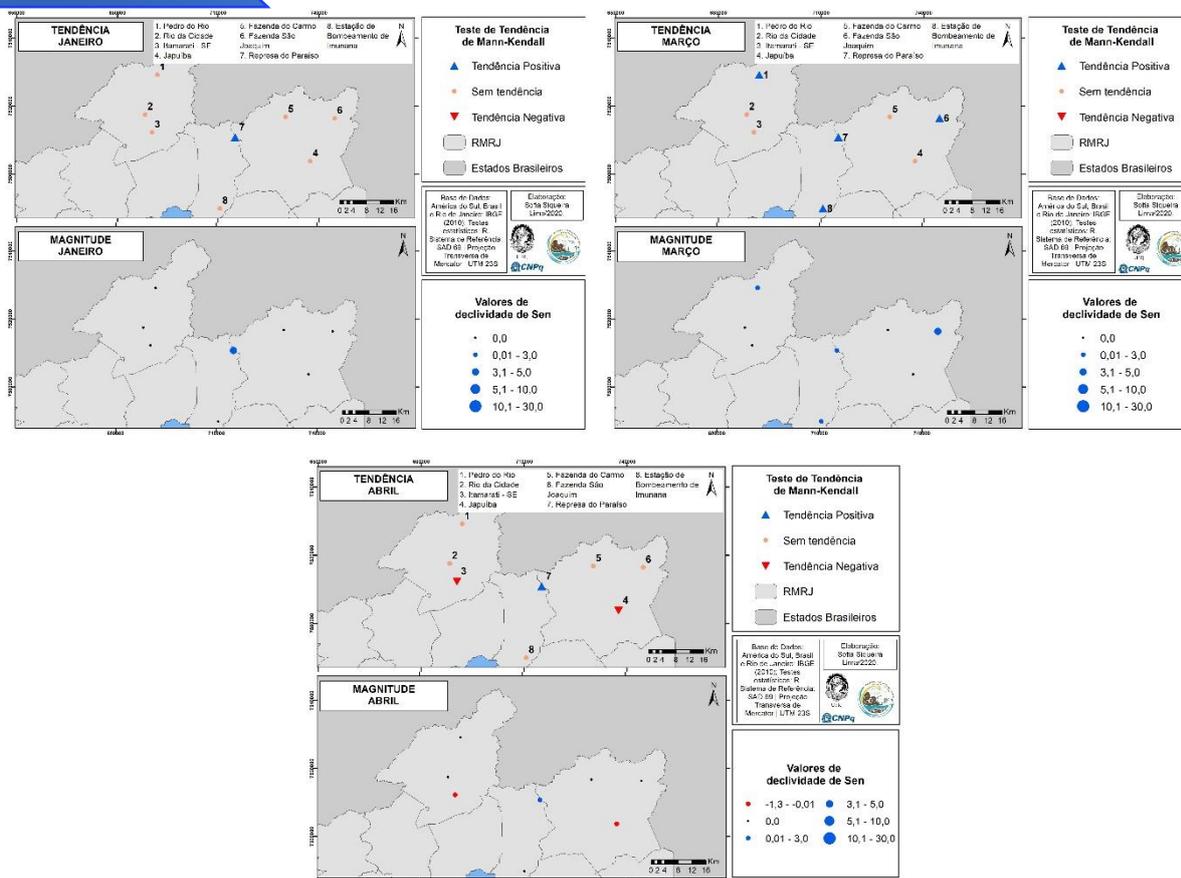




XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: Sofia Siqueira Lima (2021).

A respeito da magnitude das tendências, foi observado que os maiores valores mensais de declividade de Sens anteriormente foram detectados nos meses de dezembro - Fazenda São Joaquim com 4,22 , e Represa do Paraíso com 4,40 -, seguido pelo mês março na estação Fazenda São Joaquim com 3,49, e janeiro em Represa do Paraíso com 3,67.

Relativo ao trimestre mais chuvoso, os meses que o compõem - novembro, dezembro, janeiro - apresentaram apenas tendências positivas, dentre as estações que as manifestaram com significância estatística.

Ademais, março é o mês com maior número de estações com tendências estatisticamente significativas - as duas estações do município de Guapimirim, uma localizada em Petrópolis, e outra situada em Cachoeiras de Macacu -, contabilizando metade das estações estudadas. A tendência de crescimento em março pode ser inferida, com estudos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

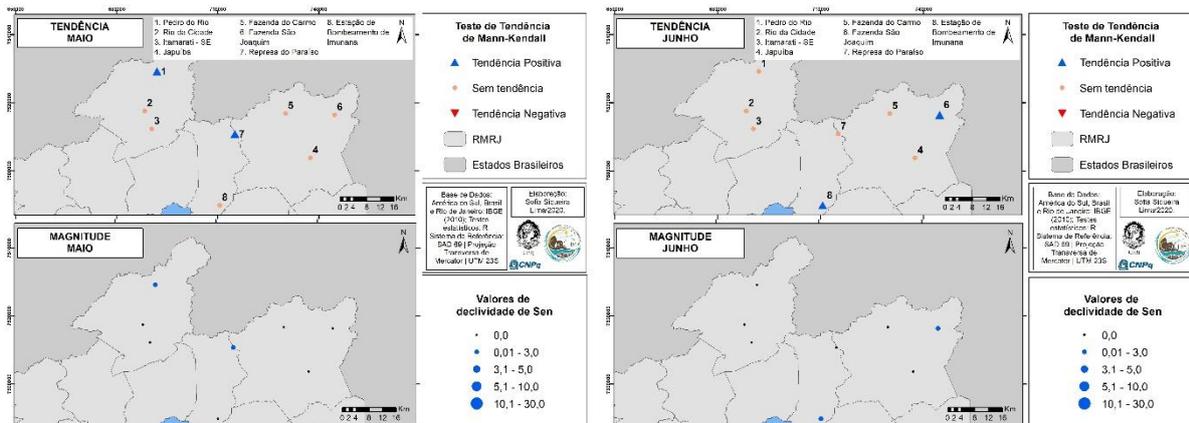
mais aprofundados, sobre uma possível mudança no trimestre mais chuvoso das estações - trimestre este identificado neste estudo como os meses de novembro-dezembro-janeiro.

Dos meses da estação chuvosa citados anteriormente, apenas em abril é identificado tendências de decréscimo de precipitação. Uma mudança na dinâmica de precipitação deste mês pode indicar alterações na atuação dos sistemas atmosféricos sobre a região, posto que abril é um mês transicional entre a estação chuvosa e menos chuvosa. É necessário maior aprofundamento sobre os dados e análise para uma afirmação concreta desta mudança.

3.5 Análise mensal: estação menos chuvosa

Concernente aos meses da estação menos chuvosa, Represa do Paraíso é a única estação que apresenta tendência positiva quando analisada o total de chuva acumulado para estação menos chuvosa (Figura 4) e aparece novamente como a estação que apresentou maior quantidade dos meses da estação menos chuvosa com tendências - todas positivas -, manifestando-as nos meses de maio, julho e outubro. Estação de Bombeamento de Imunana aparece com tendência de aumento de chuva acumulada nos meses de junho e agosto, apresentando tendências em 2 dos 6 meses. Apenas 2 das 10 tendências identificadas nos meses da Estação Menos Chuvosa são de diminuição da precipitação.

Figura 6 - Resultados do teste de Mann-Kendall (superior) e valores de declividade de Sen (inferior) para os meses da estação menos chuvosa (maio, junho, julho, agosto e outubro)

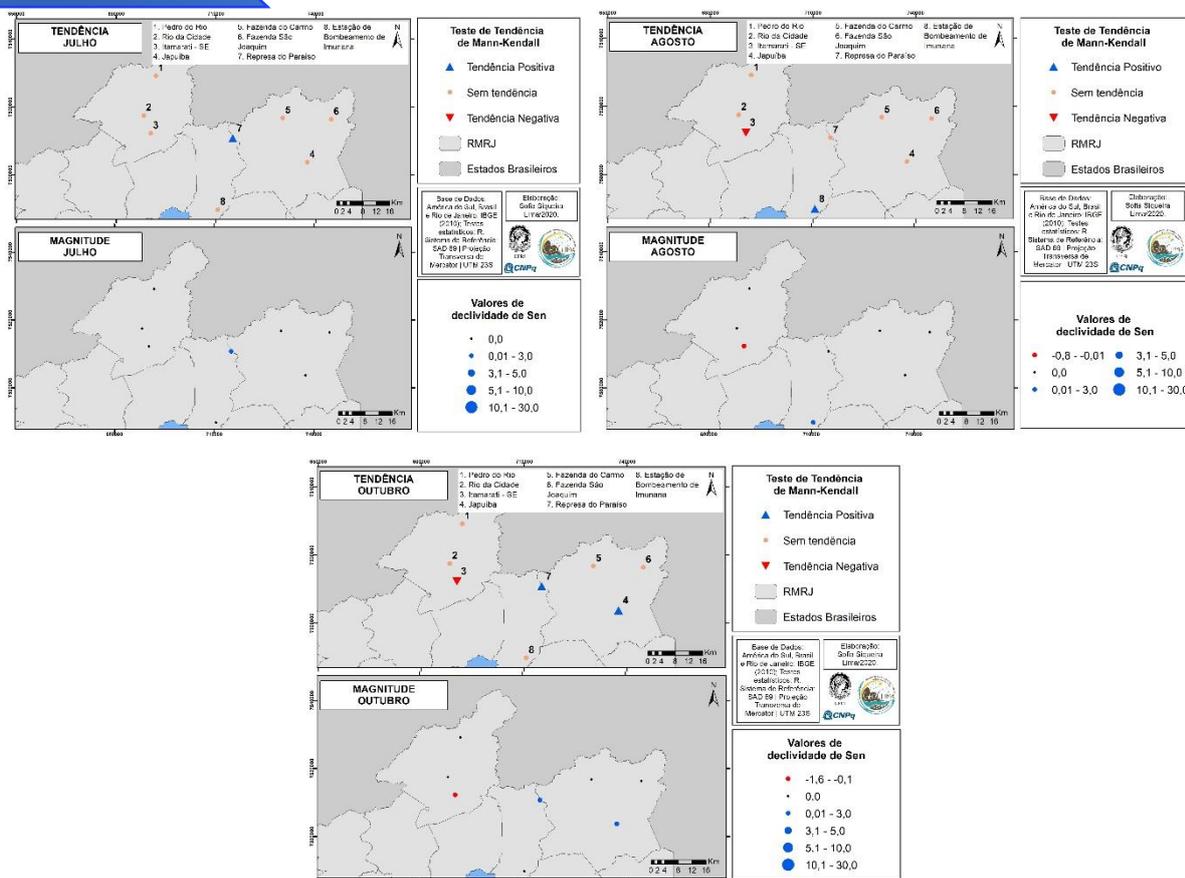




XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: Sofia Siqueira Lima (2021).

Observa-se que os três meses referentes ao trimestre menos chuvoso (junho-julho-agosto) apresentaram tendências majoritariamente positivas, com exceção apenas da estação Itamarati-SE que manifestou tendência de decréscimo para o mês de agosto.

3.6 Eventos extremos anual

Relativo aos eventos extremos, a estação Fazenda São Joaquim e Bombeamento de Imunana apresentaram tendências positivas. Ambas apresentaram rupturas respectivamente em 1995 e 1982.

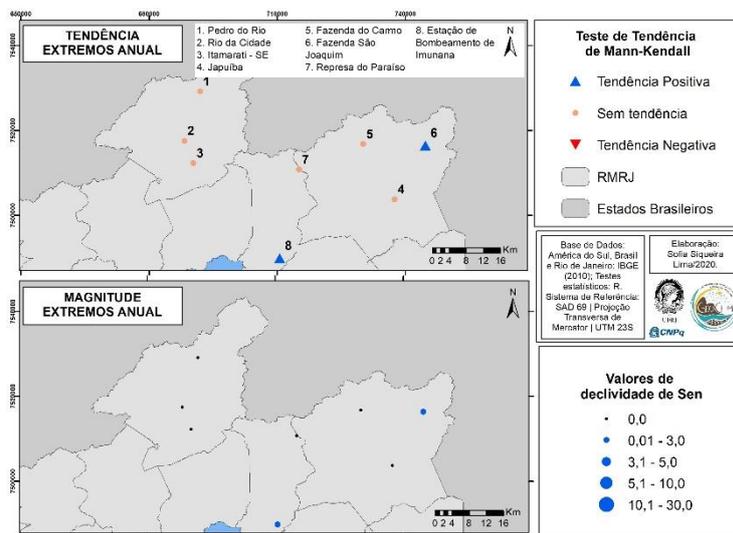


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 7 - Resultados do teste de Mann-Kendall (superior) e valores de declividade de Sen (inferior) para o total anual de eventos extremos.



Fonte: Sofia Siqueira Lima (2020).

Sobre Fazenda São Joaquim, no ano de 1995 é manifestado rupturas também para chuva acumulada anual, estação chuvosa e os meses de novembro e dezembro. A identificação das rupturas neste mesmo ano revela que não houve apenas um incremento no volume de chuvas para esta estação, mas um aumento de magnitude e frequência das chuvas extremas. A situação geográfica à barlavento da escarpa serrana favorece a ocorrência de chuvas, mas as causas do incremento dos eventos extremos devem ser investigadas em um trabalho futuro.

3.7 Análise espacial

Algumas especificidades devem ser destacadas. **Rio da Cidade**, situado em Petrópolis, foi o único posto dentre os estudados a não apresentar tendência para nenhuma das variáveis estudadas, manifestando apenas uma ruptura relativo ao número de dias de chuva anual, identificada em 2011.

A estação **Itamarati-SE**, também no município supracitado, apresentou apenas tendências negativas para as variáveis analisadas. Cabe salientar que a tendência de diminuição da pluviosidade observada para a estação menos chuvosa pode ser influenciada pela tendência de decréscimo das chuvas nos meses de agosto e outubro. Além disso, foram



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

identificadas também tendências negativas para o número de dias de chuva anual e para o mês de abril. **Fazenda do Carmo**, situada na cidade de Cachoeiras de Macacu, foi também a única a apresentar apenas tendências negativas - como Itamarati. Contudo, uma única tendência foi identificada nesta estação, sendo referente ao número de dias com chuva anual.

O posto pluviométrico **Japuiba**, localizado no município de Cachoeiras de Macacu, tem sua estação chuvosa, como exceção às outras, sendo definida entre outubro e março. A tendência de aumento das chuvas em outubro e a diminuição em abril pode evidenciar uma intensificação das chuvas na estação chuvosa, realçando a delimitação entre as duas estações, definição esta que difere das demais estações estudadas.

As estações **Pedro do Rio**, **Estação de Bombeamento de Imunana**, Fazenda São Joaquim e Represa do Paraíso manifestaram apenas tendências positivas para as variáveis analisadas. Represa do Paraíso identificou a maior quantidade de tendências, com 11 das 16 variáveis, seguida por Fazenda São Joaquim manifestando-as em 6 das 16.

A respeito da estação **Fazenda São Joaquim**, observa-se que no ano de 1995 foi verificado ruptura para o total de chuva acumulada anual, para a estação chuvosa e para os meses de novembro e dezembro. Pode-se inferir, nesse contexto, que há uma intensificação das chuvas nos meses do trimestre mais chuvoso (NDJ) que carregou um crescente aumento das chuvas na estação chuvosa, e, assim, impulsionaram este crescimento promovendo uma tendência positiva para o total anual, no mesmo ano de 1995.

Este mesmo movimento pode ser observado também na estação **Represa do Paraíso**, com a ruptura identificada no ano de 1980 repetindo-se para as tendências positivas da estação chuvosa e do total de chuva acumulada anual. Isso demonstra também um aumento na estação chuvosa que acarreta na tendência positiva para o total anual. Destaca-se também o ano de 1987, posto que rupturas para a estação menos chuvosa e para maio são identificadas neste ano, constatando um encadeamento do aumento das chuvas na estação menos chuvosa motivado pela tendência positiva de maio.

No que concerne ao caráter temporal das rupturas, 70% dessas estão concentradas entre as décadas de 1980 e 1990 (ou seja, 17 das 24 rupturas identificadas), sendo 8 entre 1980 e 1989 e 9 da década de 1990. Nenhuma ruptura foi manifestada entre 1970 e 1979, 6 foram identificadas na década de 2000, e apenas 1 em 2011. Quando analisadas as rupturas



que apresentaram tendências, esta concentração torna-se ainda mais evidente, como visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Rupturas que manifestaram tendência por década.

Tendência	1970	1980	1990	2000	2010
Positiva	0	6	6	4	0
Negativa	0	1	3	1	0
Total	0	7	9	5	0

Fonte: Elaboração própria (2021)

Além das 21 rupturas identificadas na Tabela 1, vale apresentar as 3 rupturas que não manifestaram tendência estatística significativa: duas com tendência negativa na década de 2010 (2009 e 2011) e uma positiva na década de 1980 (1981).

4. Considerações finais

A análise de tendência e rupturas da precipitação mostrou que não é possível fazer uma correlação espacial entre as estações, posto que foi utilizada uma pequena rede de postos, dificultando a análise regional. Contudo, nota-se que as estações localizadas no município de Guapimirim apresentaram apenas tendência de acréscimo de precipitação.

Foi observada tendência de aumento da precipitação nas estações, em que o maior acréscimo verificado foi o total de chuva acumulada anual para as estações Represa do Paraíso e Fazenda São Joaquim. Metade das estações estudadas apresentaram apenas tendências positivas, sendo elas Pedro do Rio, Estação de Bombeamento de Imunana, Fazenda São Joaquim e Represa do Paraíso.

Apenas nas variáveis número de dias de chuva, estação menos chuvosa, abril, agosto e outubro foram identificadas tendências negativas para algumas das estações.

Concernente à sazonalidade, todos os meses identificaram postos pluviométricos com tendência positiva, com exceção de fevereiro e setembro que não manifestaram tendências significativas. O mês de março foi o mês que apresentou o maior número de estações com tendências positivas identificadas - metade dos postos. Contudo, relativo à magnitude da tendência, foi dezembro o mês que manifestou os maiores valores de declividade de Sen, sendo Fazenda São Joaquim e Represa do Paraíso identificadas em



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ambos os meses. Abril, cabe ser ressaltado também, é o único mês da estação chuvosa que apresentou postos com tendência de decréscimo de precipitação. Esses resultados podem significar uma futura mudança no trimestre mais chuvoso para algumas estações, identificado neste trabalho como NDJ, em vista do expressivo crescente pluviométrico no mês de março.

As significativas tendências gerais de acréscimo de precipitação, com exceção dos postos Itamarati-SE e Fazenda do Carmo que manifestaram apenas tendências negativas, podem significar mudanças paulatinas na dinâmica climática regional. Estudos futuros com auxílio de cartas sinóticas e análise dos elementos atmosféricos, por meio de dados ou modelos meteorológicos podem aprofundar-se na investigação dessas mudanças. Associado a isso, análises relativas à transformações no uso e ocupação do solo associadas aos componentes atmosféricos podem ser pertinentes para compreender os diversos aspectos do fenômeno climático.

5. Agradecimento

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Federal do Rio de Janeiro, através da concessão de bolsa de Iniciação Científica.

6. Referências

ARMOND, N. B. **Dinâmica climática, excepcionalidades e vulnerabilidade: contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Geografia) - UNESP, Presidente Prudente, 2018.

BRANDÃO, A.M.de P. M. **Tendências e oscilações climáticas na área metropolitana do Rio de Janeiro**. 1987. Dissertação (Mestrado em Geografia) - USP, São Paulo, 1987.

CASTREE, N. **Nature**. New York: Routledge, 2005.

_____. **Making sense of nature**. New York: Routledge, 2014.

DERECZYNSKI, C. P. OLIVEIRA, J. S. de; MACHADO, C. O. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 24-38, 2009.

FERREIRA, V. de O. Análise de tendências em séries pluviométricas: algumas possibilidades metodológicas. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 317 -, 6 out. 2012.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

GOUDARD, G.. **Eventos pluviais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na Bacia do Alto Iguaçu (Paraná)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UFPR, Curitiba, 2019

LAVE, R et al. Intervention: Critical Physical Geography. **The Canadian Geographer**, v. 58, n. 1, 2014.

LAVE, R.; BIERMANN, C.; LANE, S. (eds). **The Palgrave Handbook of Critical Physical Geography**. Switzerland: Palgrave MacMillan, 2018.

NASCIMENTO JÚNIOR, L.. As chuvas no Paraná: variabilidade, teleconexões e impactos de eventos extremos. Mestrado em Geografia. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2013

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989

OBREGON, G.; MARENGO, J. A. **Caracterização do clima no Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e Temperaturas Médias Extremas**. Brasília: MMA/CPTEC/INPE. Relatório no, v. 2, 2007.

MEGACIDADES, PROJETO. **Megacidades, vulnerabilidade e mudanças climáticas? Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. 2011. Instituto Oswaldo Cruz.

SANT'ANNA NETO, J. L. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, Claudine Pereira. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014.

SILVA, W. L. et al. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 181-194, 2015.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ÍNDICE DE COBERTURA DO DOSEL EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NATURAL E COM ADENSAMENTO DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis*)

EZEQUIAS RODRIGUES DOS SANTOS¹
LEANDRO REDIN VESTENA²

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de uso de fotografias digitais na estimação do índice de cobertura de dossel em Floresta Ombrófila Mista com e sem adensamento de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). As mudanças naturais e artificiais na cobertura vegetal das florestas influenciam no comportamento hidrológico, impactando o meio ambiente e a disponibilidade dos recursos hídricos bem como no clima. A arquitetura da copa das árvores influencia na interceptação da radiação solar e varia no espaço e no tempo, e depende das espécies de árvores, tamanho e localização das copas das árvores, e do ângulo de incidência solar. O índice de cobertura do dossel foi obtido a partir de fotografias digitais coloridas, tiradas em áreas aleatórias em Floresta Ombrófila Mista adensada e nativa, processadas e classificadas em pixels pretos (cobertura florestal) e brancos (abertura do dossel) pelo aplicativo Gap Light Analyzer-GLA 2.0. Foram observados altos índices de cobertura de dossel em Floresta Ombrófila Mista Nativa (sem adensamento de erva-mate), sendo a estação do verão com maior fechamento da cobertura do dossel.

Palavras-chave: Luminosidade; radiação solar; silvicultura; microclima.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the potential of using digital photographs to estimate canopy cover percentage in a Mixed Ombrophilous Forest with and without yerba mate (*Ilex paraguariensis*) densification. Natural and artificial changes in forest canopy cover influence hydrological behavior, impacting the environment and the availability of water resources as well as the climate. Canopy architecture influences interception of solar radiation and varies in space and time, and depends on tree species, canopy size and location, and the angle of solar incidence. The canopy cover percentage was obtained from digital color photographs taken in random areas in dense and native Mixed Ombrophilous Forest, processed and classified into black pixels (forest cover) and white pixels (canopy openness) using the Gap Light Analyzer-GLA 2.0 application. High canopy cover percentages were observed in the Native Mixed Ombrophilous Forest (without yerba mate densification), with the summer season having the highest canopy cover closure.

Keywords: Luminosity, solar radiation, silviculture, microclimate.

¹ Mestre em Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, ezequiasrses@gmail.com

² Professor Associado do Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, lvestena@unicentro.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

A Floresta Ombrófila Mista (FOM) popularmente conhecida como Floresta com Araucárias compõe a formação florestal do Bioma Mata Atlântica (PROCHNOW, 2009). A FOM está presente em uma ampla gama de ambientes, ocorrendo em variadas condições geológicas, pedológicas, geomorfológicas e climáticas, com diferentes tipos de solos e variação em altitude e latitude que impõem variação climática considerável (KERSTEN et al., 2015). A cobertura vegetal na FOM é responsável pelo elevado estoque de biomassa total e carbono na estrutura vegetal acima do solo (WATZLAWICK et al., 2012).

Apesar da sua importância, a FOM encontra-se bastante ameaçada. Originalmente, a floresta ocupava uma área de cerca de 200.000 km², entre os planaltos do Sul do Brasil e partes mais elevadas da região sudeste, no entanto, essa área foi reduzida a menos de 3% da área original, por conta do elevado grau de desmatamento iniciado a partir do século XXI (PROCHNOW, 2009).

À vista disso, se tornam necessários estudos voltados ao conhecimento científico sobre a vegetação da FOM. Em razão de que mudanças naturais e artificiais na cobertura vegetal das florestas influenciam no comportamento hidrológico, impactando o meio ambiente e a disponibilidade dos recursos hídricos (TUCCI e CLARKE, 1997).

Na FOM uma das espécies endêmicas conhecida pelo seu valor econômico é a *Ilex paraguariensis*. Essa espécie, popularmente conhecida como “erva-mate”, passou a ser comercializada por conta da matéria prima utilizada como bebida, sendo mais difundido na região Sul do Brasil. A exploração da erva-mate em razão de seu valor comercial é produzida em dois tipos de cultivos: em consórcio com a FOM (adensamento) e monocultivo (plantada ao sol) (DANIEL, 2009), o qual gera impacto sobre a cobertura floresta desses ambientes.

A FOM nativa apresenta uma diversidade de espécies vegetais como canela-amarela (*Nectandra lanceolata*), tanheiro (*Alchornea triplinervea*), sapopema (*Sloanea lasiocoma*), canela-fogo (*Cryptocarya aschersoniana*), canela-burra (*Cinnamomum glaziovii*), xaxim-mono (*Alsophila setosa*), pimenteira (*Capsicodendron dinisii*), a própria erva-mate (*Ilex paraguarienses*) entre outras (BRASIL, 2005). Quanto a FOM com densamento possui em sua maioria espécies arbóreas, como imbuías (*Ocotea porosa*); canelas (*Ocotea pulchella*); araucárias (*Araucaria angustifolia*) e gabirobeiras (*Camponesia xanthocarpa*) e espécie herbácea predominante a erva-mate.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A erva-mate precisa ter alguns cuidados especiais, a manutenção das plantas para que ocorra seu crescimento. Entre esses cuidados, está a prática da poda, que deve ser feita para garantir a maturação dos ramos e folhas (PENTEADO JUNIOR; GOULARTE, 2019). No entanto, as podas mudam a arquitetura das árvores e alteram a densidade dos galhos, a altura e o índice de área foliar (KAUSHAL et al., 2017). Além de que em áreas de FOM com adensamento tem-se supressão de espécies vegetais em função do manejo e/ou para aumento da luminosidade incidente na erva-mate uma vez que ela contribuir para um desenvolvimento mais rápido da erva-mate.

A arquitetura da copa das árvores influencia na interceptação da radiação solar e varia com o espaço e o tempo, e depende das espécies de árvores, tamanho e localização das copas das árvores, e do ângulo de incidência solar (HARDY et al., 2004).

O índice de cobertura de dossel (ICD) em ambientes florestais pode ser obtido por meio de processamento de fotografias digitais obtidas das copas das árvores com a lente voltada para cima. Segundo Jonckheere (2004) a fotografia hemisférica fornece um registro permanente da posição, tamanho, densidade e distribuição das aberturas da copa das árvores, sendo capaz de capturar as diferenças entre as espécies, local e idade na arquitetura do dossel.

Neste contexto o presente estudo teve como objetivo caracterizar a abertura do dossel e as principais condições de luz em Floresta Ombrófila Mista com e sem adensamento de erva-mate.

2. Metodologia

O presente trabalho foi conduzido em uma área experimental no Distrito do Guará, localizado a 25 km de distância da sede do município de Guarapuava, estado do Paraná, situada nas coordenadas 25°22'39.0" de latitude Sul e 51°17'45.2" de longitude Oeste (Figura 1) com altitude de aproximadamente 1.186 m.

O clima em Guarapuava é do tipo Cfb (clima temperado) e sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado, com temperatura média anual de 16 e 17,5°C e pluviosidade média anual de 1.961 mm (THOMAZ e VESTENA, 2003).

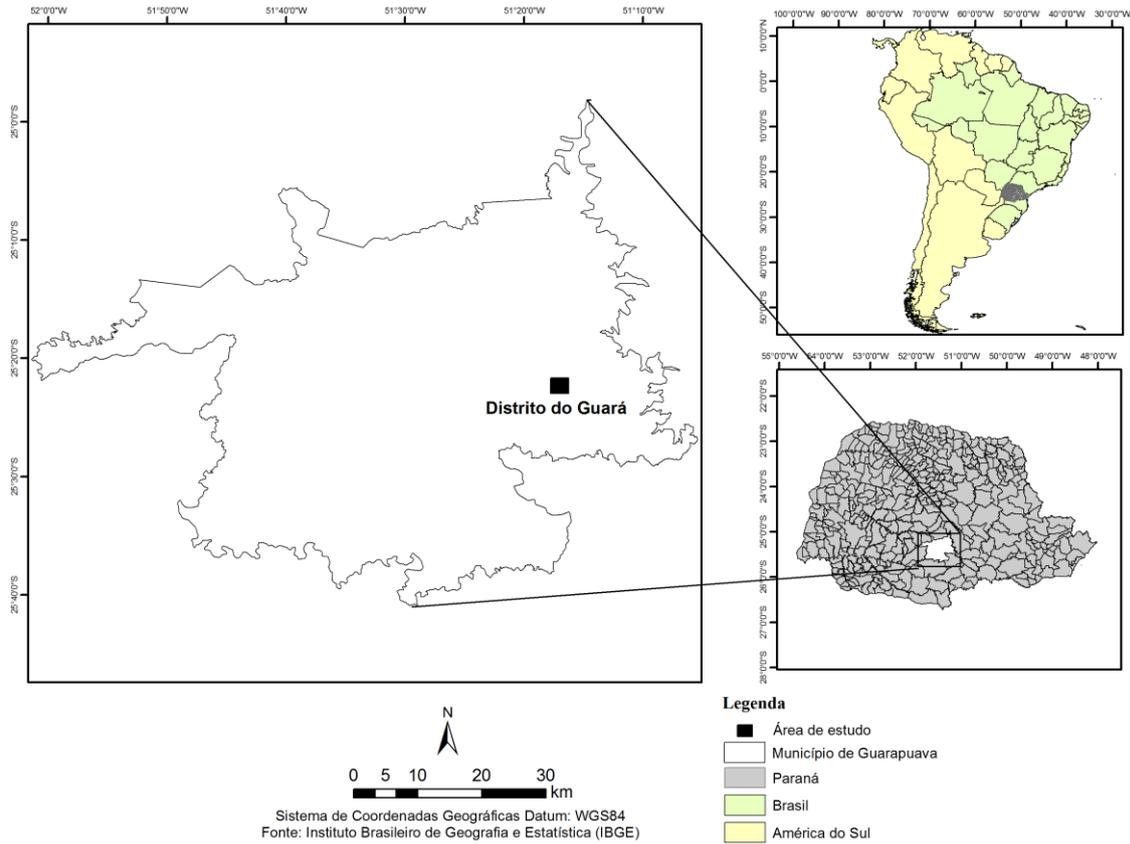


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo



Elaboração: Autores (2021).

Os experimentos foram desenvolvidos em dois locais distintos, sendo em áreas de: FOM nativa (Figura 2); e FOM manejada, com adensamento de erva-mate (Figura 3).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2 – FOM nativa



Fonte: Acervo próprio.

Figura 3 – FOM adensada



Fonte: Acervo próprio.

Na área com FOM com adensamento de erva-mate caracteriza-se pela retirada de estrato inferior, apresentando dois estratos. O sub bosque é formado de espécies forrageiras e por erva daninhas manejadas de forma extensiva, proporcionando uma camada de serrapineira. A vegetação do sub-bosque é manejada por meio de roçadas, além dos efeitos de pisoteio. O espaçamento médio entre as plantas de erva-mate assim como a erva-mate em sistema de monocultivo é de 4 m x 4 m. A última poda realizada na erva-mate deu-se em agosto de 2018.

A FOM adensada é caracterizada pelo raleamento das espécies arbóreas, para proporcionar maiores incidência de luz solar, fundamental para o desenvolvimento da erva-mate. Na área experimental foi observado a presença somente de pés de erva-mate (*Ilex paraguariensis*); imbuías (*Ocotea porosa*); canelas (*Ocotea pulchella*); araucárias (*Araucaria angustifolia*); samambaia-açu (*Dicksonia sellowiana*) e gabirobeiras (*Camponesia xanthocarpa*).

Na FOM nativa há presença de uma diversidade de espécies distribuída em três estratos vegetais, sendo: o primeiro extrato mais baixo formado por plantas herbáceas e gramíneas como a *Hydrocotyle exigua* (Urb.) Malme e a *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.; o segundo extrato é formado por arbustos como a própria erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Mollinedia schottiana (Spreng.) Perkins e por último, o terceiro extrato é constituído por plantas arbóreas como a Araucária (*Araucaria angustifolia*), gabirobeira (*Camponesia xanthocarpa*), imbuia (*Ocotea porosa*) e a canela (*Ocotea pulchella*). Nesta área há presença também de espécies como a *Merostachys multiramea* Hack. (taquara-lixia), *Dicksonia sellowiana* (samambaia-açu) e Lianas (cipó).

2.1 Estimativa do ICD (Índice de Cobertura do Dossel)

O ICD foi obtido a partir de fotografias digitais coloridas, tiradas em áreas aleatórias na FOM adensada e na FOM nativa, de forma a representarem o dossel superior. Na sequencias as fotografias foram processadas e classificadas em pixels pretos (cobertura florestal) e brancos (abertura do dossel) pelo aplicativo Gap Light Analyzer-GLA 2.0.

As fotografias foram realizadas em duas estações do ano, na primavera (5 de novembro de 2019) e no verão (26 de dezembro de 2019).

As fotografias foram obtidas utilizando-se de uma câmera com dimensões de 4128 x 3096 pixels. As imagens foram registradas na parte da manhã, evitando-se horários de elevada incidência de radiação solar e, também, a influência de ventos fortes que pudessem movimentar a copa das árvores. Ao todo foram realizadas oito fotografias em FOM adensada e quatro em FOM nativa durante as duas estações do ano. Os postos de coleta foram caracterizados como A1, A2, A3, A4 (FOM adensada), N5 e N6 (FOM nativa). Na sequência, as fotografias eram convertidas para o formato Bitmap (.bmp) e processadas no aplicativo GLA (Gap Light Analyser 2.0) para obtenção da Cobertura (%), Transparência direta (%), Transparência difusa (%) e Transparência total (%).

Por fim, para cada fotografia, foi estimado o ICD pela equação 1.

$$ICD = 100 \cdot \frac{NP}{NP+NB} \quad (1)$$

Onde ICD é o índice de cobertura do dossel; NP é o número de pixels pretos; e NB é o número de pixels brancos.

3. Resultados e discussão

As características da luminosidade no ambiente florestal da FOM adensada e nativa foram identificadas na Primavera e no Verão, por meio do ICD em cada um dos locais são apresentados na tabela 1.



Tabela 1 - Variáveis da luminosidade em vegetação da FOM

Índice da cobertura do dossel (%)

Dados ICD	FOM ADENSADA								FOM NATIVA			
	A1		A2		A3		A4		N5		N6	
	PM	VR	PM	VR	PM	VR	PM	VR	PM	VR	PM	VR
ICD (%)	69,3	73,3	87,3	87,8	60	64,5	92,9	96,4	63	81,1	91,1	99,6
Transparência direta (%)	27	22,6	10,6	12,9	42,7	38,2	6	3,1	32,6	23	7	2,8
Transparência difusa (%)	34,4	30,8	14,8	7,4	37,3	38,2	8,1	4,2	41,3	14,9	10,8	9,9
Transparência total (%)	30,7	26,7	12,7	12,2	40	35,5	7,1	3,6	37	18,9	8,9	6,4

Nota: (1) PM é a primavera, VR é o verão. (2) A1, A2, A3, A4, N5 e N6 são as localizações dos pontos de coleta.

Fonte: Autores (2021)

Na primavera o ICD nos pontos A1, A3 e N5 se destacam dos demais. Esses locais apresentaram uma área mais aberta, em função de copas mais esparsas e da presença de clareiras.

As copas fotografadas apresentaram basicamente quatro espécies vegetais, sendo: araucárias (*Araucaria angustifolia*), imbuías (*Ocotea porosa*), erva-mates (*Ilex paraguariensis*) e samambaias (*Dicksonia sellowiana*).

O ICD em FOM nativa apresentou maior cobertura do dossel, com média de 83,7% de fechamento da cobertura. Já na FOM adensada apresentou uma média de 78,9%, ou seja, 4,8% de cobertura a menos do que na FOM nativa. Dentre as estações, o verão foi o que apresentou maior ICD, 90,3% de fechamento da cobertura na FOM nativa e 80,5% na FOM adensada (Figura 4).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Marques et al. (2019) comenta que na FOM adensada os agricultores convivem com o dilema entre uma maior abertura da floresta, o que possibilitaria uma maior produção, ou uma maior cobertura florestal que torna o ambiente mais estável e produz uma erva-mate de melhor qualidade.

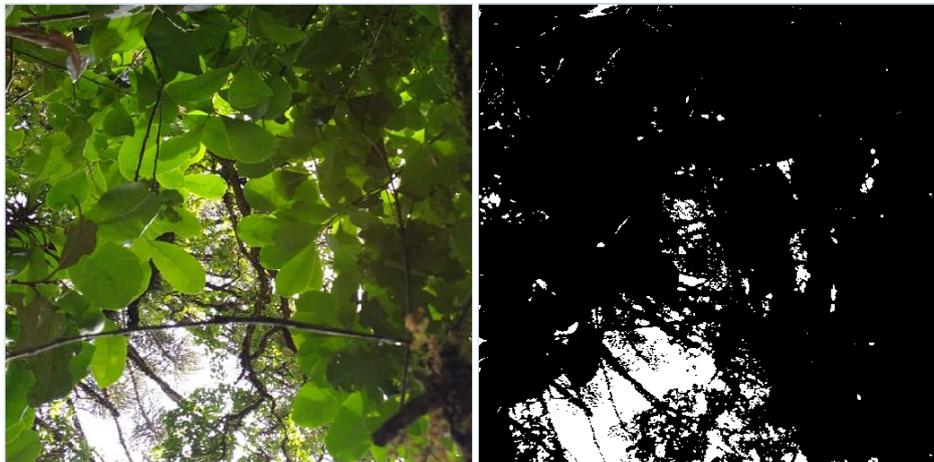
Por meio do ICD, que considera a cobertura florestal, a partir das folhas, galhos e troncos dos estratos superiores foi possível constatar a heterogeneidade na distribuição do dossel. Na área de FOM adensada com erva-mate está heterogeneidade é maior do que na FOM nativa, dada pelo raleamento de espécies nativas e pelo plantio de erva-mate, que possibilita áreas com elevada ICD e também áreas com pouco ICD.

Figura 4 - Fotografias processadas no Software GLA 2.0: A1, A2, A3 e A4 na FOM adensada e N5 e N6 na FOM nativa.

Ponto A1



Ponto A2





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ponto A3



Ponto A4



Ponto N5



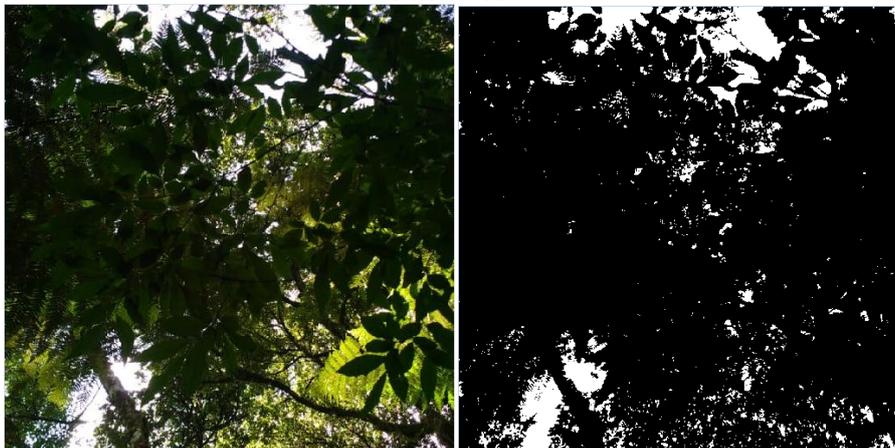


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ponto N6



Fonte: Acervo próprio (2021).

Para Marques et al. (2019) a redução da cobertura florestal, ocorre uma diminuição acelerada da biodiversidade, e também a redução da capacidade de conservação do solo e da água, tendo como consequência uma menor capacidade de regulação térmica, aumentando os riscos de geadas, estiagens e de outros estresses ambientais nas erveiras.

4. Considerações finais

O índice de cobertura de dossel obtido com fotografia digital convencional mostrou que na FOM nativa tem-se taxas de dosséis superiores a encontrada na FOM adensada. O verão foi o mês com maior cobertura do dossel em ambas as áreas.

Na FOM adensada a distribuição do dossel se mostrou mais heterogênea apesar de termos o plantio da erva-mate (adensamento) tem-se roçadas periódicas do bosque inferior (limpeza), pisoteio e até a retirada em alguns casos de espécies arbóreas para aumentar a luminosidade na erva-mate. Portanto, tais práticas podem reduzir a capacidade de conservação do solo e da água e alteram o microclima local e devem ser desenvolvidas de forma racional. Por fim, recomenda-se que estudos futuros avaliem o microclima e às condições climáticas geradas no interior das florestas decorrentes de práticas de silvicultura.

5. Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Proteção e Recuperação da Floresta com Araucárias: Proposta de criação de novas unidades de conservação federais no Paraná**



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e Santa Catarina. GT Araucárias Sul. Ibama MMA, 2005. Disponível em: <mma.gov.br/informa/item/276-proteção-e-recuperação-da-floresta-com-aracárias>. Acesso em: 2 fev. 2020.

DANIEL, O. **Erva-mate**: sistema de produção e processamento industrial. Dourados, MS: UFGD; UEMS, 2009, 288 p.

HARDY, J.P.; MELLOH, R.; KOENIG, G.; MARKS, D.; WINSTRAL, A.; POMEROY, J.W.; LINK, T. Solar radiation transmission through conifer canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.126, p.257-270, 2004.

JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination. I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.121, p.19- 35, 2004.

KAUSHAL, R.; KUMAR, A.; ALAM, N. M.; MANDAL, D.; JAYAPARKASH, J.; TOMAR, J. M. S.; GUPTA, A.K.; MEHTA, H.; PANWAR, P.; CHATURVED, O.P.; MISHRA, P. K. Effect of different canopy management practices on rainfall partitioning in *Morus alba*. **Ecological Engineering**, v. 102, p. 374–380, 2017.

KERSTEN, R. A.; BORGO, M.; GALVÃO, F. Floresta Ombrófila Mista: aspectos fitogeográficos, ecológicos e métodos de estudo. In: EISENLOHR, P. V.; FELFILI, J. M.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; NETO, J. A. A. M. (Orgs). **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. v. 2. 1ed. p. 156-182, Viçosa: Editora UFV, 2015, p. 156-182.

MARQUES, A. C.; REIS, M. S.; DENARDIN, V. F. Yerba mate landscapes: forest use and socio-environmental conservation. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, p. 1-22, 2019.

PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Erva 20**: Sistema de produção para erva-mate. Brasília: Embrapa, 1 ed., 2019, 152 p.

PROCHNOW, M. **O Parque Nacional das Araucárias e a Estação Ecológica da Mata Preta**: Unidades de Conservação da Mata Atlântica. 1 ed., Rio do Sul: APREMAVI, 2009 72p.

THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. **Aspectos Climáticos de Guarapuava - PR**. Guarapuava: Editora da UNICENTRO (Universidade Estadual do Centro-Oeste), v. 500, 2003, 106 p.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.2, p. 135-152, 1997.

WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; GODINHO, T. O.; BALBINOT, R. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana Paraná. **Scientia Forestalis** (IPEF), v. 40, p. 353-362, 2012.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

PADRÃO DO TRANSPORTE DE UMIDADE DA AMAZÔNIA PARA O SUDESTE DO BRASIL NOS VERÕES ENTRE 2016 E 2019

MURILO RUV LEMES¹
GILBERTO FISCH²
GILVAN SAMPAIO³
JOÃO PEDRO RODRIGUES⁴

RESUMO

O transporte de umidade da Amazônia para a região sudeste do Brasil contribui para o ciclo hidrológico desta região, sendo responsável pela maior parte das chuvas ao longo do verão austral. O objetivo deste trabalho é o de analisar o padrão do transporte de umidade dos últimos 4 anos (2016 a 2019) ao longo do verão, da região da Floresta Amazônica para o sudeste do Brasil, e especificamente correlacionando com a chuva no estado de São Paulo. Os dados utilizados (pressão atmosférica, umidade específica e componentes zonal e meridional do vento) para o cálculo do transporte de umidade, através do fluxo de umidade integrado verticalmente (até 500 hPa) são oriundos de reanálise (Reanalysis II NCEP/NCAR). Os dados de precipitação foram extraídos do repositório de *Global Unified Gauge-Based Analysis of Daily Precipitation* (CPC). Foram encontradas variações ao longo do período analisado, especialmente em anos de ocorrência do evento El Niño (por exemplo 2015/2016). Foi possível correlacionar a umidade oriunda da Amazônia com a umidade da região sudeste, na relação 3:1. Todos os anos analisados mostraram um aporte maior de umidade em SP, possibilitando chuvas mais volumosas. Portanto é inestimável a importância deste transporte de umidade para o ciclo hidrológico. Setores como energético, agrícola, abastecimento humano, entre outros, dependem diretamente desse transporte e chuva consequente.

Palavras-chave: Clima; Ciclo hidrológico; El Niño.

ABSTRACT

The moisture transport from the Amazon to the Brazilian southeastern region contributes to the hydrological cycle for the region, being responsible for most of the rains over the austral summer. The main objective of this work is to analyze the moisture transport pattern of the last 4 years, over the austral summer, from the Amazon rainforest to Brazilian southeastern, specifically São Paulo. The dataset used (pressure, specific humidity and zonal and meridional components of the wind) for the calculation of moisture transport through the vertically integrated moisture flow (up to 500 hPa) come from reanalysis (Reanalysis II NCEP / NCAR). The precipitation data were extracted from the Global Unified Gauge-Based Analysis of Daily Precipitation (CPC). Variations were found over the analyzed period, especially in El Niño years (like 2015/2016). Moreover, it was possible to correlate the moisture coming from the Amazon with the moisture in the southeast region throughout the ratio 3:1. All years analyzed

¹ Mestre em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, murilo.lemes@inpe.br

² Doutor em Meteorologia, Universidade de Taubaté - UNITAU, fisch.gilberto@gmail.com

³ Doutor em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, gilvan.sampaio@inpe.br

⁴ Graduado em Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo - USP, joao.rodrigues@iag.usp.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

have shown a higher moisture transfer at SP state with high rates of rainfall. Therefore, the importance of the Amazon rainforest to the southeastern region of Brazil is invaluable. Sectors such as energy, agriculture, human supply, among others, depend directly on this transport.

Keywords: Climate; Water Cycle; El Nino.

1. Introdução

O bioma Amazônia é a maior floresta tropical do mundo e desempenha um papel substancial para o clima global (BACKER e SPRACKLEN 2019), para o ciclo hidrológico (RUV LEMES et al, 2020), para a biodiversidade (PAIVA et al, 2020), e para a diversidade de culturas e povos (SIQUEIRA-GAY et al, 2020), entre outras. Todavia, essa riqueza da floresta vem sendo ameaçada há décadas, pelo desmatamento realizado, quer seja por extração de madeira ilegal, quer seja por outros fatores, tais como pelo avanço da faixa agrícola, por atividades de mineração, conflitos por terra e desvio de cursos d'água (FONSECA et al, 2019). Dados do sistema de monitoramento do desmatamento da floresta Amazônica Brasileira por satélite, o PRODES (sistema do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)), contabilizaram em 2020 uma perda de aproximadamente 11.100 km² de área de floresta, o maior valor nos últimos 12 anos. A floresta Amazônica já perdeu cerca de 20% de sua área original. Estima-se que se esse número chegar a 40%, a floresta Amazônica atingirá seu ponto de não retorno, isto é, não se regenera naturalmente (LOVEJOY e NOBRE, 2018). Uma vez ameaçada, importantes processos atmosféricos, biológicos, químicos e físicos podem enfraquecer e, em níveis mais extremos, deixarem de existir. Enfim, modificações na cobertura da terra podem alterar esse balanço (alterando a saída de umidade da floresta Amazônica) entre as quais pode-se citar: umidade no solo, cobertura vegetal, evapotranspiração e umidade na atmosfera. Variações no albedo e, principalmente, da quantidade de energia devolvida para a atmosfera na forma de calor latente, também contribuem para modificações na circulação geral da atmosfera, que por sua vez, modificam as escalas local, regional e global

Um desses processos, o transporte de umidade da floresta para latitudes mais altas, tais como as regiões centro-oeste, sudeste e sul do Brasil, leste do Paraguai e norte da Argentina, é de vital importância para o ciclo hidrológico na América do Sul (ARRAUT et al, 2012; PENNA et al, 2020; RUV LEMES et al, 2020;). Basicamente, o ponto inicial desse transporte ocorre pela evaporação de água na parte equatorial do Oceano Atlântico



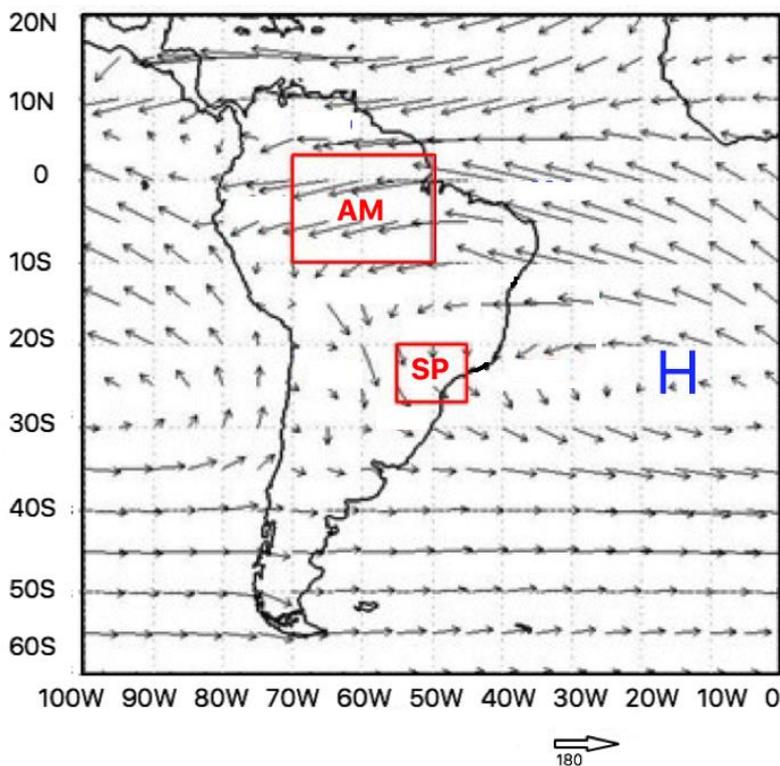
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Equatorial. Essa umidade adentra o continente pela região norte do nordeste do Brasil sendo direcionada para oeste, no interior da Floresta Amazônica. Além de produzir sua própria precipitação (SALATI et al, 1979), a floresta contribui para lançar milhares de litros de água na atmosfera por dia, através da reciclagem da umidade pela evapotranspiração. Essa umidade mantém seu fluxo para oeste, porém, barrada pela Cordilheira do Andes e impulsionada pelos Jatos de Baixos Níveis (JBN) (SANTOS e REBOITA, 2018; JONES e CARVALHO, 2018; JONES, 2019), direciona-se para outras regiões como descritas anteriormente. Este esquema conceitual está visualmente representado pelos vetores do vento ou linhas de corrente na Figura 1. Através do cálculo do fluxo de umidade integrado na vertical, é possível compreender o papel da floresta neste ciclo hidrológico.

Figura 01 – Transporte de umidade na América do Sul. Os vetores indicam o fluxo de umidade integrado na vertical. Os quadrados indicam as áreas onde a análise de umidade será evidenciada: floresta Amazônica entre as latitudes entre 5°N e 10° S, e São Paulo entre 20°S e 26°S.



Fonte: Autor (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Eventos atmosféricos de larga escala podem influenciar modificações desse transporte. O El Niño Oscilação Sul (ENOS) (SAMPAIO, 2000) é conhecido pelo aquecimento anômalo das águas do oceano Pacífico Equatorial, causando modificações no padrão da circulação geral da atmosfera em várias regiões ao redor do globo. Por sua vez, como analisado por Ruv Lemes et al (2019, 2020), esse padrão, assim como o La Niña (resfriamento das águas do oceano Pacífico Equatorial), alteram o transporte de umidade. Condições meteorológicas normais ou anômalas, tais como os bloqueios atmosféricos (altas pressões), podem alterar a intensidade do fluxo. Um exemplo disso foi o que aconteceu em uma das maiores secas no estado de São Paulo durante o verão dos anos de 2014/15 (COELHO et al, 2016). Um sistema intenso de bloqueio oriundo da região da Austrália, e propagado para a América do Sul, permaneceu no centro do continente ao longo do verão. Uma quantidade de umidade bem inferior ao padrão climatológico foi observada tanto na região de floresta Amazônica quanto em São Paulo. O centro da alta pressão (região de subsidência de ar) impedia que, a pouca umidade que chegava ao estado, precipitasse (NOBRE et al, 2016). Além disso, esse verão foi marcado por uma redução na passagem das frentes frias. Segundo Ruv Lemes et al (2020), apenas 7 sistemas frontais entraram no continente no trimestre DJF, sendo que o valor climatológico seria de, aproximadamente, 15 frentes frias.

Analisar e monitorar o transporte de umidade da floresta Amazônica para as demais regiões na América do Sul é, acima de tudo, planejar políticas públicas para agricultura, infraestrutura, energia, consumo humano e atividades econômicas. É notório que o desmatamento influencia nesse magnífico mecanismo atmosférico, todavia, ainda é preciso quantificar esse transporte, compreender quanto de umidade é realmente oriunda da floresta e, principalmente, qual o nível de dependência das regiões com a Amazônia. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi analisar 4 anos do transporte de umidade da Amazônia para o estado de São Paulo, através do fluxo de umidade integrado verticalmente em relação a sua climatologia.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2. Metodologia

2.1 Área de estudo e dados

A área de abrangência é dividida entre a fonte de umidade, Amazônia, demarcada pela caixa representada pelas latitudes 5° N e 10° S e longitudes 50° O e 70° O, e o estado de São Paulo que está entre as latitudes 20° S e 26° S e longitudes 45° O e 55° O (Figura 1). O estado de São Paulo foi escolhido por ser o mais populoso do país, centro da economia, centro de geração de energia, bem como importante pólo agrícola, além de ter sofrido uma das mais severas secas de todos os tempos para a região.

Os dados foram obtidos através do conjunto de reanálises do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP), intitulada de Reanalysis II, produtos em níveis atmosféricos (<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html>). Esse conjunto é disponibilizado com resolução temporal de 1979 até o presente, sendo que sua resolução espacial é de 2,5 graus por 2,5 graus. A principal razão para a escolha desse conjunto foi para servir de base para comparação com outros trabalhos já publicados que o utilizaram. Os dados de precipitação são oriundos do conjunto do *Global Unified Gauge-Based Analysis of Daily Precipitation* (CPC) (<https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cpc.globalprecip.html>).

2.2 Fluxo de umidade integrado na vertical

Inicialmente, foi necessário calcular o fluxo de umidade vertical integrado (foi escolhido para a integração o primeiro nível sendo superfície e o último sendo o nível de 500 hPa). Esse cálculo foi realizado para analisar o comportamento em escala temporal e foi realizado para 4 verões (anos de 2016, 2017, 2018 e 2019). Os verões ou anos também foram definidos como sendo compreendido pelos meses de Dezembro do ano anterior e Janeiro e Fevereiro do ano subsequente e será representado por DJF. Por exemplo, o verão (ou ano 2016) é constituído dos meses de Dezembro de 2015, Janeiro e Fevereiro de 2016. Com isso, é possível destacar anos extremos, ou seja, anos com chuva forte e alto transporte de umidade e anos com pouca chuva e com baixa intensidade de transporte. Este fluxo integrado é calculado pelas seguintes equações (Equações 1 e 2):

$$Qu = 1/g \int_{p_0}^{p_t} qu dp \quad (1)$$



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

$$Qv = 1/g \int_{po}^{pt} qvdp \quad (2)$$

Qu (1) e Qv (2) indicam o transporte de umidade pelas componentes zonal (u) e meridional do vento (v), g é a aceleração devido à gravidade, q é a umidade específica, pt a pressão na parte superior do domínio de integração (nesse caso 500 hPa) e po é a pressão do primeiro nível (nesse caso da superfície).

O fluxo de umidade nos limites do quadrado (Amazônia e São Paulo) foi calculado pelos componentes já apresentados nas equações 1 e 2. Após definir os componentes zonal e meridional, a atmosfera é integrada em até 500 hPa. Este nível foi escolhido por ser o último em que a quantidade de umidade foi considerada expressiva. O cálculo é realizado para cada um dos limites do quadrado (leste, oeste, norte e sul). Sendo assim, é necessário definir limites, ou seja, latitude e longitude em cada uma das arestas (Figura 1 - quadrados vermelhos) conforme as equações 3 e 4.

$$Qj = 1/g \int_{lat0}^{lat1} Qi dx \quad (3)$$

$$Qk = 1/g \int_{lon0}^{lon1} Qi dy \quad (4)$$

O índice j (3) define longitudes a serem fixadas como limites leste ou oeste. O lat 1 (lat 0) representa o valor da latitude na borda sul (norte). O índice k (4) define as latitudes a serem definidas como limites norte ou sul, lon1 (lon 0) é o valor da longitude na borda oeste (leste). A seguir, como cálculo final, é necessário compreender quanto de umidade permanece na área (balanço) O índice C, na equação abaixo (Equação 5) representa a quantidade de umidade que permaneceu na respectiva área. É preciso salientar que o sinal poderá ser positivo ou negativo, isso vai depender se na face em questão há entrada (positivo) ou saída (negativo) de umidade.

$$C = N_{fluxo} + S_{fluxo} + L_{fluxo} + O_{fluxo} \quad (5)$$

O cálculo total do balanço de umidade verticalmente integrado (C) sobre as duas regiões (Floresta Amazônica e São Paulo) é feito somando todos os valores dos limites do domínio usados de acordo com uma equação 5. Os valores positivos (negativos) de C



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

representam a convergência (divergência) e consideram que a região é um sumidouro (fonte) de umidade atmosférica.

3. Resultados e discussão

Como observado anteriormente, a floresta Amazônica tem papel inestimável para o clima local, regional e global. Todavia, é necessário compreender a climatologia da precipitação da região. O início da estação chuvosa ocorre em meados de outubro e se prolonga até março (ALVES et al., 2005; BRAGA e MOLION, 2018). A estação chuvosa em SP, associada ao maior transporte de umidade oriundo da região da Amazônia, contribui para o maior acumulado ao longo do trimestre DJF. A Figura 2 indica a série temporal para a chuva no trimestre de verão, no período de (1980 - 2019): os pontos pretos representam anos considerados neutros, os vermelhos La Niña, os azuis El Niño Central (com maior anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) no centro do Pacífico Equatorial) e os pontos amarelos El Niño Leste (com maior anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) no leste do Pacífico Equatorial). A linha azul indica a tendência de diminuição da precipitação, embora esta não seja estatisticamente significativa a nível de 95 %. A média da precipitação para DJF é em torno de 550 mm em São Paulo (RUV LEMES et al, 2020). É possível notar o ano de 2014 (considerado ano neutro) muito abaixo da média, o que foi identificada como uma das piores secas já registradas (com a de 1992). Todavia, os anos subsequentes (2016, 2017, 2018 e 2019) foram considerados anos com precipitação acima da média, com valores entre 570 a 620 mm, sendo que o ano de 2016 teve a ocorrência de El Niño Central e 2018 de La Niña.

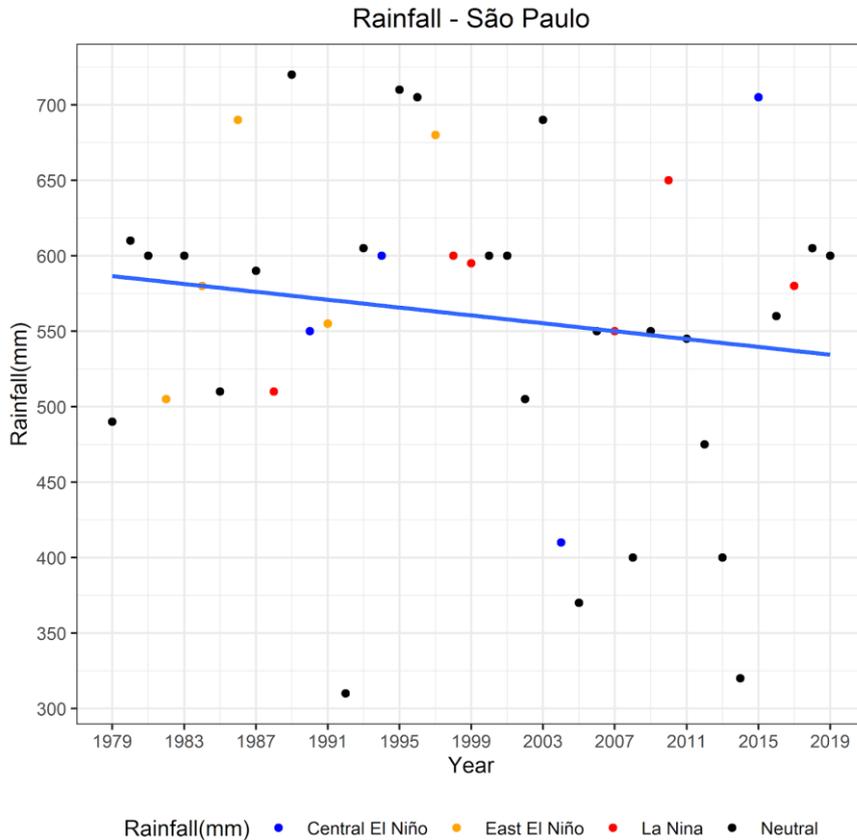


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 – Série temporal para o trimestre DJF na região de São Paulo (mm).



Fonte: Autor (2020).

Para entender a série temporal da precipitação, a Figura 3 exemplifica a relação entre a umidade que deixa a floresta Amazônica e a que chega na região de São Paulo. A linha azul indica a tendência dessa comparação ($r=0,73$ pelo coeficiente de Pearson, ou seja, que representa uma correlação forte entre os valores) entre saída (AM) e entrada (SP), em que, observa-se que quanto maior a saída de umidade na floresta Amazônica (eixo x) maior é o aporte de umidade em São Paulo (eixo y). Os últimos anos (de 2016 a 2019) foram considerados acima da média climatológica para entrada de umidade no estado ($10,6 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$), obtidos em um trabalho anterior (Ruv Lemes et al, 2020). Do mesmo modo, a umidade que deixou o território da floresta Amazônica foi maior nesse período também: cerca de $40.5 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ de umidade foi transportado para as regiões centro e sudeste do Brasil, contribuindo para a retomada dos reservatórios a níveis de água satisfatórios. Portanto, quanto maior é o



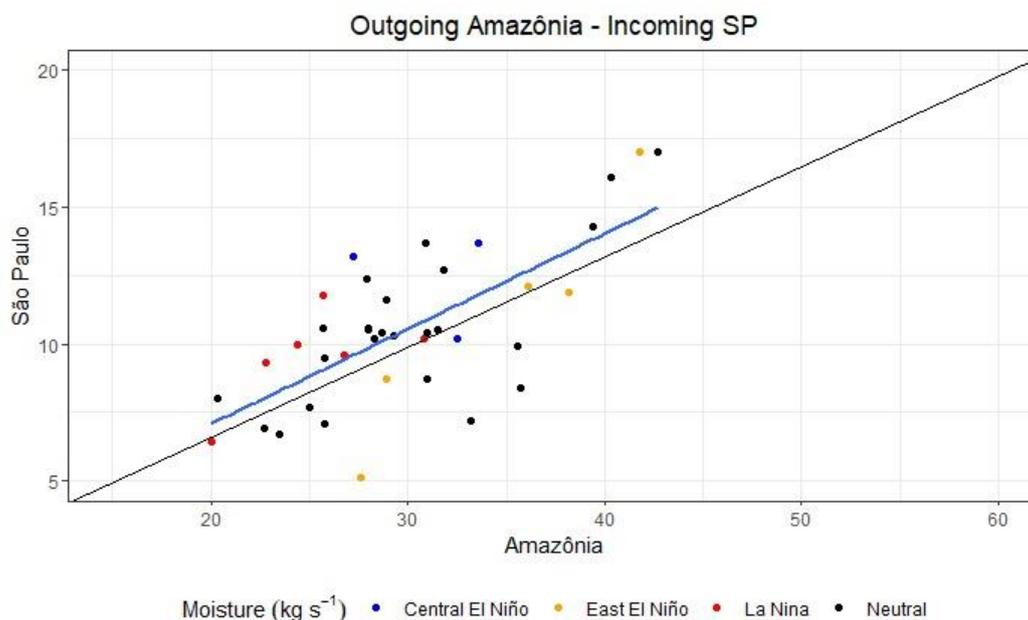
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

aporte de umidade que deixa a floresta, maior é a quantidade que chega em São Paulo e pode, dado condições meteorológicas apropriadas, tornar-se chuva para a região. De forma geral, pode-se dizer que esta relação é de 3:1, ou seja, cada 3 unidades que sai da Amazônia, contribui com 1 unidade para a entrada em São Paulo.

Figura 03 – Relação entre o transporte de umidade que deixa a Amazônia e chega em São Paulo ($\text{kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{m}^{-1}$) no trimestre DJF.



Fonte: Autor (2020).

A Figura 4 mostra os quatro últimos verões e o respectivo cálculo do fluxo de umidade integrado na vertical, representados pelo transporte de umidade (vetores). O primeiro verão (ano 2016) apresentado na Figura 4A foi marcado por um alto aporte de umidade adentrando a região de São Paulo. Nesse verão, o acumulado de precipitação foi de 700 mm (cerca de 250 mm acima da climatologia). Em termos de umidade, 2016 registrou, aproximadamente, $25 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ de umidade acima da normal climatológica para o período. Todavia, o verão de 2016 foi considerado um ano de El Niño de forte intensidade, sendo que a literatura indica que nesses anos o transporte de umidade tende a ser mais intenso (RUV LEMES et al, 2020). Para os verões subsequentes (2017 e 2018, anos considerados como La Niña, (cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensodisc.shtml), a umidade



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

que adentrou a região de São Paulo foi dentro do esperado para o trimestre DJF. Com uma pequena variação acima dos $10,1 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ de umidade, a região apresentou um índice pluviométrico que contribuiu para a manutenção do volume de água nos reservatórios após a crise de 2013/14.

O verão de 2019 foi considerado neutro, ou seja, sem a presença de El Niño ou La Niña, entretanto o aporte de umidade para São Paulo foi acima da média ($15,2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$). Para a floresta Amazônica, o valor de saída de umidade ficou abaixo da média ($31,2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$), registrando $25,4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$). Isso foi indicativo de uma maior contribuição de umidade do oceano Atlântico Sul, que, por sua vez, também contribuiu na quantidade de umidade, principalmente para a costa leste do estado de São Paulo, principalmente para a capital (o soerguimento da serra do mar é menor na região, sendo que isso contribui para maior entrada de umidade (OLIVEIRA e SILVA DIAS, 1982; RUV LEMES et al, 2019). A partir dos painéis apresentados nas Figuras 3 e 4, é possível identificar a forte e direta relação entre a floresta Amazônica e São Paulo, embora o sistema de alta pressão estacionário no oceano Atlântico Sul também tenha influência nesse processo.

As Tabelas 1 e 2 mostram, para as regiões da Amazônia e São Paulo, respectivamente, em números, a quantidade de umidade que entrou, saiu e o balanço associado, isto é, a diferença do que saiu e entrou (caso positivo indica que maior umidade permaneceu, indicando fonte de umidade, negativo indica que a região é sumidouro de umidade), por fim, o valor da quinta coluna indica o valor climatológico, extraído de Ruv Lemes et al (2020). A Tabela 2 indica que, praticamente, todos os verões analisados foram acima da média para entrada de umidade em São Paulo, porém, a saída de umidade foi abaixo da média, variando entre $2,6$ e $5,3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$. O balanço de umidade para a região ficou acima do esperado para o trimestre ($4,3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$), chegando em 2016 em $31,6 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ de umidade.

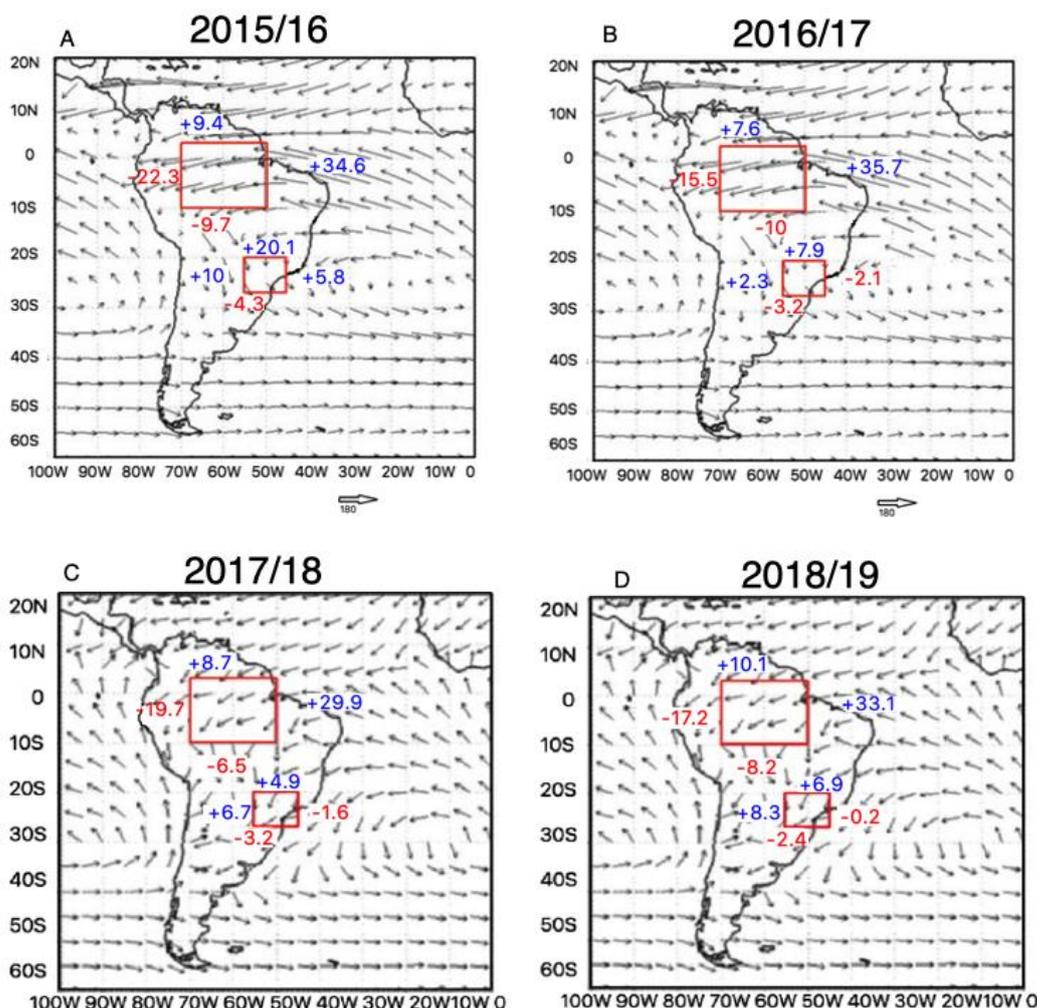


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04– Transporte de umidade na América do Sul pelo cálculo do fluxo de umidade integrado na vertical em até 500 hPa ($\text{kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{m}^{-1}$). Valores em azul significam entrada de umidade, valores em vermelho saída de umidade.



Fonte: Autor (2020).

Contudo, é interessante comparar a Tabela 1 com a Tabela 2, pois os valores de umidade em São Paulo dependem dos valores da Amazônia, como visto anteriormente. Todavia, os valores de saída de umidade, nos últimos 3 verões analisados (2017, 2018 e 2019), foram classificados como abaixo da normal climatológica ($31,2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$). Embora os valores de entrada de umidade na Amazônia estejam dentro de uma pequena variação dentro da média (apenas 2018 foi abaixo), os valores de saída têm sido significativamente abaixo.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Nota-se, também, que os valores do balanço de umidade na Amazônia foram, em todos os verões analisados, acima da média. Os verões de 2017 e 2019 resultaram em um balanço de umidade de $17,8 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$, 2018 com $12,4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ e 2016 com $12,0 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$. Essa comparação é extremamente importante para futuras análises sobre o transporte de umidade, além da influência do desmatamento neste processo.

Tabela 01 - Valores do fluxo de umidade integrado na vertical ($\text{kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$) para a região da floresta Amazônica.

Ano	Entrada (E)	Saída (S)	Balanço (B)	Climatologia
2016	44,0	32,0	12,0	
2017	43,3	25,5	17,8	E = 42,5
2018	38,6	26,2	12,4	S = 31,2
2019	43,2	25,4	17,8	B = 11,3

Fonte: Autor (2020)

Tabela 02 - Valores do fluxo de umidade integrado na vertical ($\text{kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$) para a região de São Paulo.

Ano	Entrada (E)	Saída (S)	Balanço (B)	Climatologia
2016	35,9	4,3	31,6	
2017	10,2	5,3	4,9	E = 10,6
2018	11,6	4,8	6,8	S = 6,3
2019	15,2	2,6	12,6	B = 4,3

Fonte: Autor (2020)

4. Considerações finais

Sem dúvida a floresta Amazônica é a principal fonte de umidade para a região sudeste do Brasil ao longo do período de verão (DJF). Nas outras estações do ano, esse transporte é pouco expressivo em decorrência da circulação geral da atmosfera regional, ou seja, mecanismos, como o sistema da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), estão mais enfraquecidos e desempenham outro papel nas condições do tempo. Todavia, ações humanas no uso e cobertura da terra atreladas ao desmatamento da Amazônia podem alterar esse processo de interação biosfera fascinante que garante a vida na floresta e em regiões remotas, contribuindo, principalmente, para o ciclo hidrológico.

O presente trabalho avaliou o transporte de umidade, através do fluxo de umidade integrado na vertical, nos verões entre 2016 e 2019. O verão de 2016 foi importante, pois



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

marcou o final do período de seca do estado de São Paulo, e da região sudeste do Brasil de maneira geral, para o reabastecimento dos reservatórios da região. Esse verão foi classificado como El Niño Central, isso auxiliou numa maior intensidade do transporte de umidade da região Amazônica para São Paulo, o que já foi evidenciado pela literatura anteriormente, principalmente nos eventos de 1986 e 1997 (RUV LEMES et al, 2020).

Para os verões seguintes (2017 e 2018), considerados La Niña, o transporte de umidade em São Paulo foi mais próximo à média climatológica, com os valores do balanço final acima da climatologia, porém com uma variação esperada. Por fim, o último verão analisado (2019) foi, também, acima da média. Uma maior entrada, cerca de $5,0 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ de umidade a mais, quando comparado a média para o trimestre, foi observado na região. Entretanto, ao analisar a região da floresta Amazônica, foi observado uma diminuição no aporte de umidade que sai da região e é transportado para o centro-oeste e sudeste do Brasil. A quantidade de umidade que saiu da floresta Amazônica foi de, aproximadamente, $5,0 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ de umidade menor do que a média ($31,2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$). O balanço na Amazônia, em todos os verões analisados, foi maior do que a média, da mesma forma que a entrada de umidade na região (exceto pelo verão de 2018).

Uma certa modificação nos padrões no transporte de umidade tem sido observada nos últimos anos. Um maior número de pesquisas é necessário para compreender se o desmatamento da floresta Amazônica já está interferindo no transporte de umidade. É extremamente importante monitorar este transporte de umidade, visto que a maior parte das usinas hidrelétricas brasileiras estão no sul e sudeste do Brasil, assim como grandes plantações agrícolas que alimentam a população e são responsáveis pela balança comercial favorável para o Brasil. De qualquer forma, é necessário reduzir ao máximo o desmatamento da Amazônia, pois, como demonstrado, a região é a fonte de umidade da chuva na região de São Paulo.

5. Referências

ALVES, L.M.; MARENGO, J.A.; CAMARGO, H.J.; CASTRO, C., 2005 – Início da Estação Chuvosa na Região Sudeste do Brasil: Parte I – Estudos Observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.3, p. 385-394



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ARRAUT, J. M.; NOBRE, C. A.; BARBOSA, H. M. J.; OBREGON, G.; MARENGO, J. Aerial rivers and lakes: looking at large large-scale moisture transporte and its relation to Amazonia and subtropical rainfall in South America. **Journal of Climate**, v.24, p.543-556, 2012.

BACKER, J. C. A.; SPRACKLEN, D. V. Climate benefits of intact Amazon forests and the biophysical consequences of disturbance. **Frontiers in Forests and Global Change**, v.2, p.47, 2019.

BRAGA, H. A.; MOLION, L. C. B.; A seca de 2013/2014 na região sudeste do Brasil. **Anuário de Geociências**, v.42, p.100-107, 2018.

COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F. Precipitation diagnostic of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.125, p.769-784, 2016.

DA SILVA, R. C.; FISCH, G. Cenário hidroclimáticos futuros (2011-2040) para a represa de Paraibuna, SP, Brasil: Subsídios para a transposição entre bacias hidrográficas. **Geociências**, v.38, n.2, p587-597, 2019.

FONSECA, M. G.; ALVES, L. M.; AGUIAR, A. P. D.; ARAI, E.; ANDERSON, L. O.; ROSAN, T. M.; SHIMABUKURO, Y. E.; ARAGÃO, L. E. O. C. Effects of climate and land-use change scenarios on fire probability during the 21st century in the Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, v.25, p.2931-2946, 2019.

JONES, C.; CARVALHO, L. M. The influence of the Atlantic multidecadal oscillation on the eastern Andes low-level jet and precipitation in South America. **Climate and Atmospheric Science**, v.40, p.1-7, 2018.

JONES, C. Recent changes in the South America low-level jet. **Climate and Atmospheric Science**, v.20, p.1-8, 2019.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. A. Amazon tipping point. **Science Advances**, v.4, p.eaat2340, 2018.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A. L.; ALVES, L. M. Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resources and Protection**, v. 8, p.252-262, 2016.

PAIVA, P. F. P. R.; RUIVO, M. L. P.; SILVA, O. M. J.; MACIEL, M. N. M.; BRAGA, T. G. M.; ANDRADE, M. M. N.; SANTOS, P. C. J.; ROCHA, E. S.; FREITAS, T. P. M.; LEITE, T. V. S.; GAMA, L. H. O. M.; SANTOS, L. S.; SILVAN, M. G.; SILVA, E. R. R.; FERREIRA, B. M. Deforestation in protected areas in the Amazon: a threat to biodiversity. **Biodiversity and Conservation**, v.29, p.19-38, 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

RUV LEMES, M. C.; REBOITA, M. S.; TORRES, R. R. Elementos fisiográficos e a precipitação no estado de São Paulo. In: A geografia física e as mudanças globais. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará (UFC), 2019. pp. (1-15).

RUV LEMES, M. C.; FISCH, G.; SAMPAIO, G. O.; TEDESCHI, R. G.; SILVA, J. P. R. Analysis of moisture transport from Amazonia to the southeastern Brazil during the austral summer. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, p.2650-2670, 2020.

OLIVEIRA, A., SILVA DIAS, P. Aspectos Observacionais da Brisa Marítima em São Paulo. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, v.2, pp. 129 - 161. Pelotas: RBMET, 1982.

PENNA, A. C., TORRES, R. R., GARCIA, S. R., MARENGO, J. A. Moisture flow on southeast Brazil: Present and future climate. **International Journal of Climatology**, p.1-33, 2020. doi: 10.1002/joc.6738.

SALATI, E.; DALL'OLIO, A.; MATSUI, E.; GAT, J. R. Recycling of water in the Amazon basin: An isotopic study. **Water Resources Research**, v.15, p.1250-1258, 1979.

SAMPAIO, G. O. **El Niño e você: o fenômeno climático**. São Paulo: Transtec Editorial, 2000.

SANTOS, F. D.; REBOITA, M. S. Jatos de baixos níveis a leste dos Andes: comparação entre duas reanálises. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, p.423-445, 2018.

SIQUEIRA-GAY, J.; YANAI, A. M.; LESSMANN, J.; PESSÔA, A. C. M.; BORJA, D.; CANOVA, M.; BORGES, R. C. Pathways to positive scenarios for the Amazon forest in Pará state - Brazil. **Biota Neotropica**, v.20, p. e20190905, 2019. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2019-0905>.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **PRODES**. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acesso em: 27 de dez 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

VARIABILIDADE E TENDÊNCIA CLIMÁTICA EM GOIÂNIA-GO: AVALIAÇÃO A PARTIR DE ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS CALCULADOS EM RCLIMDEX

GUILHERME CARDOSOS DA SILVA¹
DIEGO TARLEY FERREIRA NASCIMENTO²

RESUMO

Tendo em vista as preocupantes repercussões socioeconômicas das possíveis mudanças climáticas, a pesquisa teve como objetivo avaliar a variabilidade e as tendências dos elementos precipitação e temperatura do ar em Goiânia – GO, valendo-se de dados compreendendo uma série temporal de 58 anos (1961 a 2019), registrada na estação convencional administrada pelo INMET e situada na porção central e mais urbanizada da cidade. A análise da variabilidade e tendências na série temporal de dados e a avaliação de possíveis indícios de mudanças climáticas foram realizadas a partir do emprego de índices de extremos climáticos, desenvolvidos pelo *Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices* (ETCCDMI), vinculado à Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Foram calculados 10 índices relacionados aos elementos temperatura do ar e precipitação, com uso do software R, por meio da extensão Rclimdex. Os dados apontam uma tendência sem significância estatística para os índices associados às precipitações, indicando uma variabilidade inerente a este elemento para Goiânia. Para o caso dos índices relacionados a temperatura, observa-se tendência positiva com alta significância estatística, o que representa incremento das temperaturas máximas e mínimas ao longo da série temporal analisada.

Palavras-chave: Tendência climática; Índice de extremos climáticos; Rclimdex.

ABSTRACT

In view of the worrying socioeconomic repercussions of possible climate changes, the research aimed to evaluate the variability and temporal trends of the elements air temperature and precipitation in Goiânia - GO, using data comprising a time series of 58 years (1961 to 2019), registered at the conventional station administered by INMET and located in the urban area of the city. The analysis of the variability and trends in the time series of data and the assessment of possible signs of climate change were carried out using climate extremes indices, developed by the Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI), linked to the World Meteorological Organization (WMO). 10 indexes related to the elements air temperature and precipitation were calculated using the R software, using the Rclimdex extension. The data point to a trend without statistical significance for the indexes associated with rainfall, indicating a variability inherent to this element for Goiânia. For the case of

¹ Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e Acadêmico do curso de Ecologia e Análise ambiental, vinculado ao Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás (ICB/UFG), e-mail: guilherme_card@discente.ufg.br

² Doutor em Geografia e Professor Adjunto vinculado ao Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás (IESA/UFG), e-mail: diego_nascimento@ufg.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

temperature-related indices, there is a positive trend with high statistical significance, which represents an increase in maximum and minimum temperatures over the analyzed time series.

Keywords: Climatic trend; Index of climatic extremes; RClimindex.

1. Introdução

A sociedade contemporânea ainda não detém os recursos técnicos e os saberes científicos para controlar o clima. Todavia, o conhecimento das suas características e, principalmente, das suas variabilidades (espaço-temporais) permite retirar o proveito necessário para as atividades antrópicas e, ainda, prever danos e perdas associados aos fenômenos e eventos extremos.

Nas mídias assistivas são corriqueiros os relatos acerca de danos e perdas materiais relacionados à ocorrência de chuvas extremas, à secas, à ondas de calor e frio, à ventos intensos, mas tais fenômenos são ainda mais preocupantes quando envolvem danos à saúde e perdas de vidas humanas, sobretudo quando registrados em locais cujas populações sejam mais sensíveis e sem melhores meios de preverem, se protegerem e mitigarem os impactos socioeconômicos (MARENGO et al., 2009).

Diversos estudos investigaram a ocorrência de eventos climáticos extremos no Brasil, alguns, inclusive, visando associar a ocorrência de tais eventos aos mecanismos e fatores deflagradores (BEREZUK; SANT'ANNA NETO, 2006; BARRETO, 2008; CORREIA FILHO; LUCIO; SPYRIDES, 2016; CARVALHO et al., 2016; GOUDARD; MENDONÇA, 2017). Voltado ao estado de Goiás, se encontra o estudo desenvolvido por Marcuzzo e Romero (2013), além dos trabalhos elaborados por Santos et al. (2006) e por Deus e Nascimento (2017), para o sudeste goiano e para a cidade de Iporá-GO, respectivamente. Mais recentemente, Nascimento, Lima e Cruz (2019) identificaram os eventos climáticos extremos para Goiânia-GO, entre 1961 e 2018, e avaliaram os sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese de alguns deles.

Contudo, ainda são relativamente recentes e pouco recorrentes os estudos que empregaram os índices padronizados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) para a identificação de eventos extremos, que podem ser exemplificados nos trabalhos de Santos e colaboradores (2009), Assis, Sobral e Souza (2012), Souza e Azevedo (2012) e Oliveira e colaboradores (2019), dentre outros.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

No ensejo de pesquisas climatológicas apoiadas na abordagem geográfica, que preconiza (pelo menos a preocupação com) a compreensão do ritmo e da gênese do clima e que preza pela utilização da realidade dos extremos em detrimento do uso das abstrações das médias, se propõe a presente proposta de investigação no contexto de iniciação científica, que visa, sobretudo, fornecer subsídios no que concerne ao excepcionalismo da ocorrência, frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos na área em apreço.

Assim, tem-se por objetivo geral analisar a variabilidade e a tendência dos elementos precipitação e temperatura do ar em Goiânia-GO, tendo como base uma série temporal de 58 anos (1961 a 2019), sob o aporte de técnicas estatísticas e do uso de índices de eventos extremos propostos pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM).

2. Metodologia

Além da usual e constante revisão bibliográfica, acerca dos temas basilares da pesquisa – como climatologia geográfica, eventos extremos e o uso do Rclimindex, os procedimentos metodológicos da pesquisa se voltaram essencialmente à compilação, tratamento, representação e análise de dados secundários.

Foram utilizados dados diários de precipitação, de temperatura máxima e de temperatura mínima, registrados entre 1961 a 2019 pela estação convencional principal de Goiânia administrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A estação está localizada dentre as coordenadas 16°40'23" de latitude sul e 49°15'50" de longitude oeste, no Setor Central de Goiânia, numa área de intensa urbanização, verticalização e fluxo de veículos.

Para a identificação dos eventos extremos, foram empregados os índices desenvolvidos pelo *Expert Team On Climate Change Detection, Monitoring and Indices* (ETCCDMI), vinculado à Organização Mundial de Meteorologia (OMM), para monitoramento e identificação de mudanças climáticas (BENAVIDES; MÁRQUEZ; MORENO, 2007). Dentre os 28 índices propostos, dos quais 11 se relacionam com a precipitação e 17 com a temperatura do ar, foram utilizados 10, indicados no Quadro 1, a seguir.



Quadro 1 – Índices de eventos extremos utilizados no estudo

Índice	Descrição
PRCPTOT	Precipitação total anual
CDD	Dias consecutivos secos
CWD	Dias consecutivos úmidos
R20mm	Número de dias com precipitação \geq que 20 mm
RX1day	Quantidade máxima de precipitação em um dia
RX5day	Quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos
TXx	Maior temperatura máxima anual
TNn	Menor temperatura mínima anual
TX90p	Porcentagem anual de dias em que temperatura máx. > percentil 90
TN90p	Porcentagem anual de dias em que temperatura mín. > percentil 90

Fonte: próprios autores.

Os dados foram organizados em planilha Excel, sendo realizadas as adequações exigidas para sua inserção na extensão Rclimdex – do programa R, como a substituição dos valores inexistentes para “-99.9” (ZHANG; YANG, 2004). Após o processamento dos dados e cálculo dos índices, o software gera planilhas e gráficos, sendo estes utilizados para a descrição dos eventos extremos de Goiânia, neste estudo.

3. Resultados e discussão

3.1 Variabilidade e tendência de precipitação em Goiânia

O índice PRCPTOT (precipitação total anual), conforme representado pela Figura 1, apresentou uma tímida tendência positiva, porém com baixa significância estatística (p -value 0,736), ao longo da série temporal analisada. A média anual de precipitação calculada foi de 1.584,40mm, e a mediana de 1.600mm. O maior valor de precipitação anual registrado foi de 2.039,70mm, registrado no ano de 1982, seguido por outros valores também consideráveis nas décadas seguintes, a saber: 1.911,60mm, 1.894,90mm e 1.885,2mm, nos anos de 1992, 2005 e 2012, respectivamente. O menor registro de precipitação total foi 1.054,30mm, em 1963, seguido pelo registro de 1.085,80mm, em 2007 – o que denota uma regular distribuição



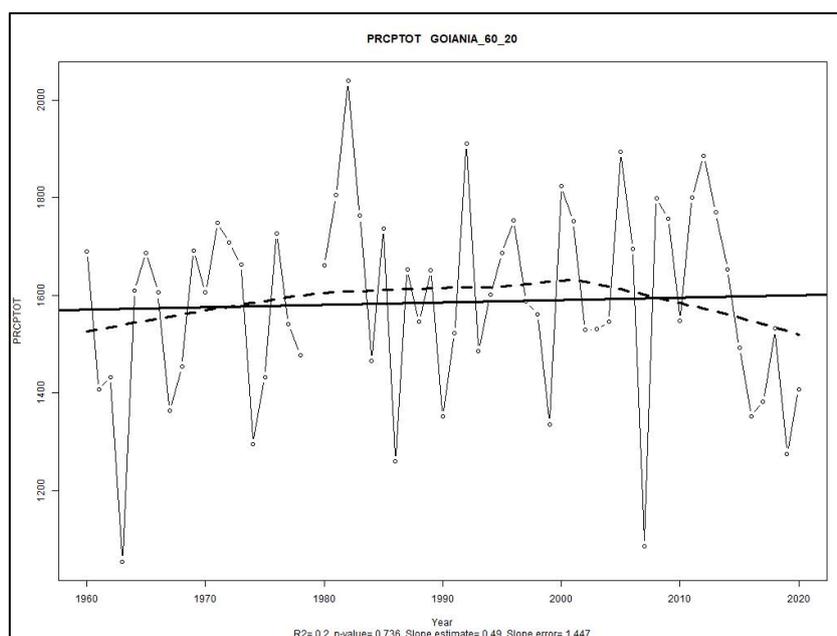
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

dos menores registros de precipitação total ao longo da série de dados e, portanto, uma clara variabilidade do ritmo das chuvas em Goiânia.

Figura 01 - PRECPTOT: precipitação total anual em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.

Para o índice CDD (dias consecutivos secos), como visto pela Figura 2, há tendência positiva, especialmente após a década de 1980, contudo, também com pouca significância estatística (p -value 0,16). Logo no início da série temporal em estudo, em 1961, há um alto registro de 156 dias anuais consecutivos sem chuva, ainda na década de 60 verificam-se valores de 138 e 135 dias anuais, exatamente nos anos de 1963 e 1969, respectivamente.

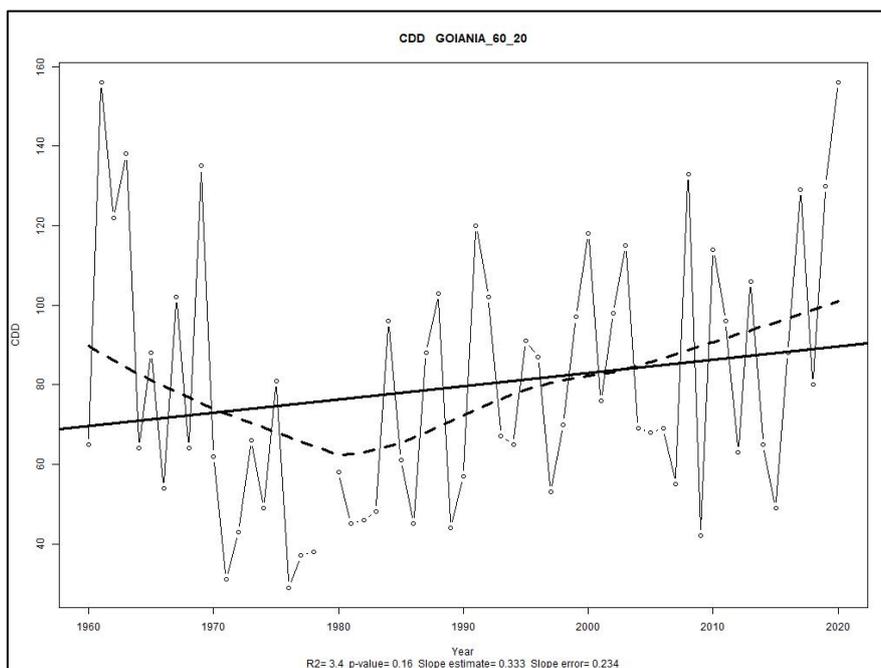


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 - CDD: dias consecutivos secos em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.

A partir de então, a variabilidade deste índice se manteve sobre um certo patamar, relativamente próximo da média (79 dias secos por ano). Todavia, valores elevados voltam a ser registrados após a década de 1990, conforme visto em 1991, com registro de 120 dias consecutivos sem chuva; 2008, com 133; 2019, com 130; e 2017, com 129. O menor registro da série temporal foi de 29 dias consecutivos secos, verificado no ano de 1976, seguido por três ocorrências também bastante irrisória de dias consecutivos sem precipitação no ano nesta mesma década, conforme visto em 1971, com 31 dias; 1977, com 37 dias; e 1978, com 38 dias.

No caso do índice CWD (dias consecutivos úmidos), representado pela Figura 3, percebe-se uma suave tendência positiva, também de baixa significância, na quantidade de dias consecutivos com chuvas durante o ano. Visto que em termos médios este valor é de 10 dias, e que o maior registro é de 18 dias, em 1982, e o menor de 0, em 1979, a quantidade de dias consecutivos úmidos apresenta pouca variabilidade em Goiânia.

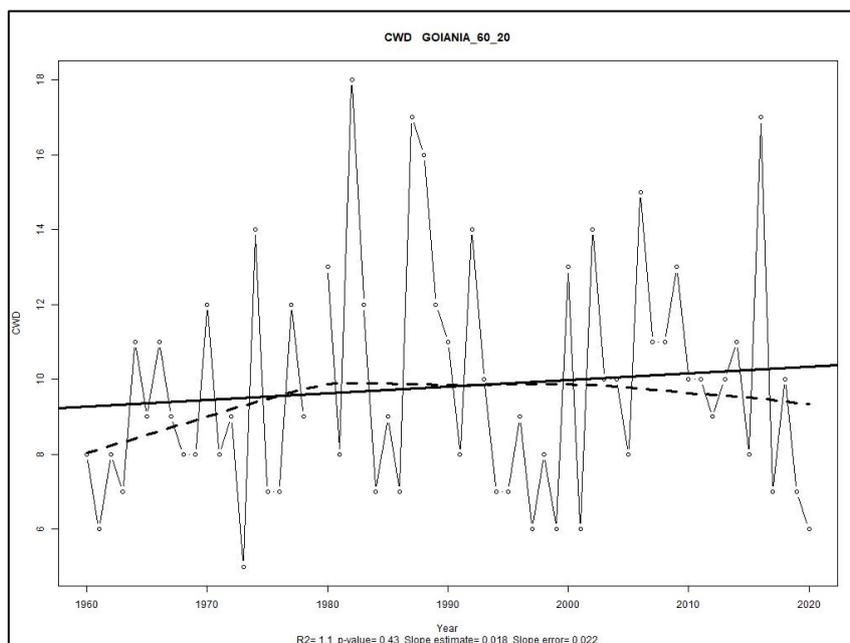


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 03 - CWD: dias consecutivos úmidos em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.

No tocante ao índice R20mm (número de dias com chuvas acima de 20mm), a Figura 4 demonstra uma irrisória tendência positiva, com suave incremento nas três primeiras décadas, acompanhado com diminuição nas três décadas seguintes. Enquanto a média indica a quantidade de 26 dias com chuvas acima de 20mm por ano, observa-se registro mínimo de 16 dias, no ano de 2007, e maior registro de 35 dias, no ano de 1981. Apesar de poder ser considerado como pouco, volumes de precipitação abaixo de 20mm são capazes de deflagrarem eventos de alagamento e inundações em Goiânia, conforme apontado por Rego e Barros (2014), ao indicarem eventos nos dias 27/03/96 e 29/12/00, possivelmente como também influência dos eventos de precipitação de dias anteriores, que deixaram o solo saturado.

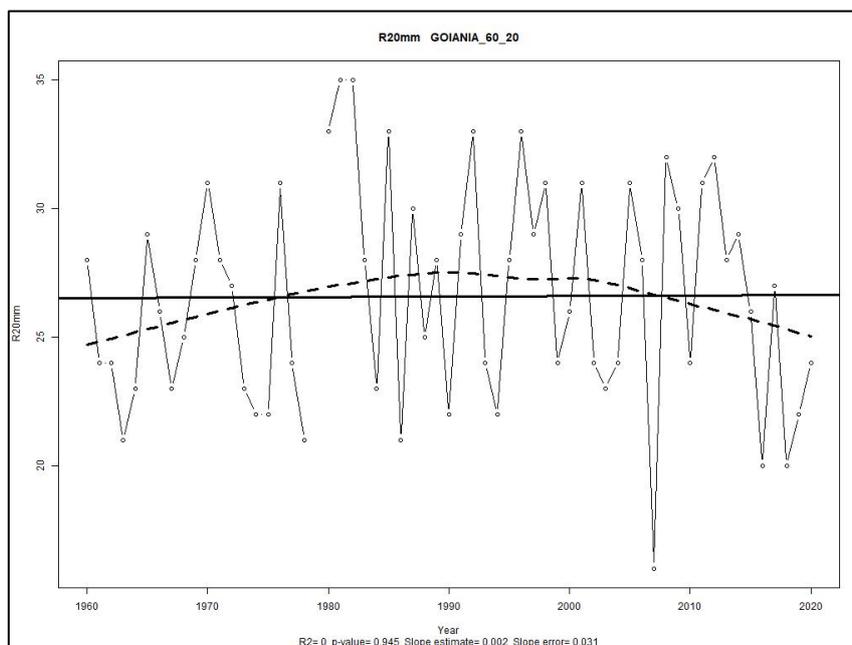


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04 - R20 mm: Número de dias com precipitação \geq que 20 mm em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.

Para o índice RX1day (quantidade máxima de precipitação em 1 dia) e o RX5day (quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos), indicados pela Figura 5 e 6, respectivamente apresentados na sequência, percebem-se tendências positivas, porém, ambas com pouca significância estatística. No caso da quantidade máxima de precipitação em um dia em cada ano da série temporal, o maior registro foi de 136,6mm para o mês de dezembro no ano de 2005 – conforme também apontado por Nascimento, Lima e Cruz (2019), e o menor foi 51,3mm, em novembro de 2007, e a média se mantém em 81,7mm. No caso da quantidade de precipitação em 5 dias consecutivos, o valor médio foi 150mm, com maior registro de 254,8mm, em 1972, e o menor de 85,3mm, em 1967.

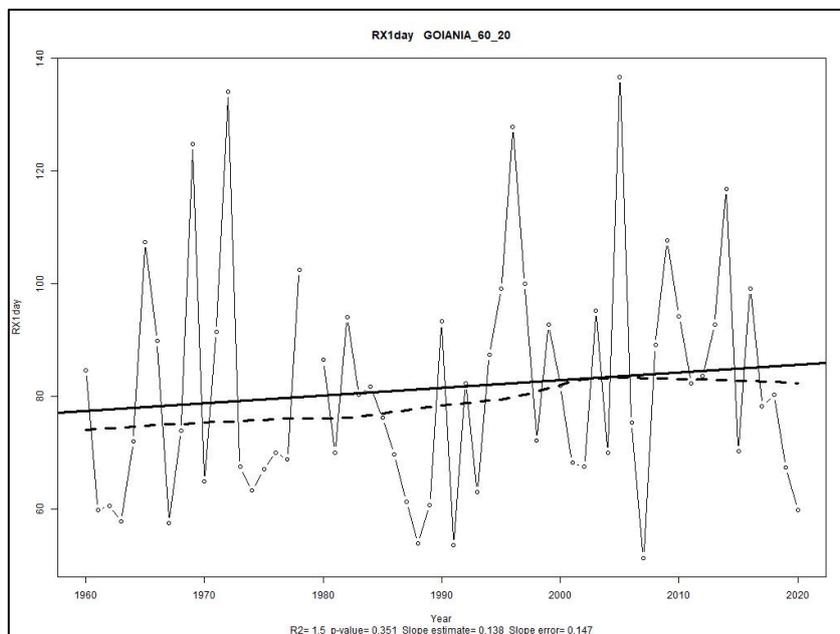


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

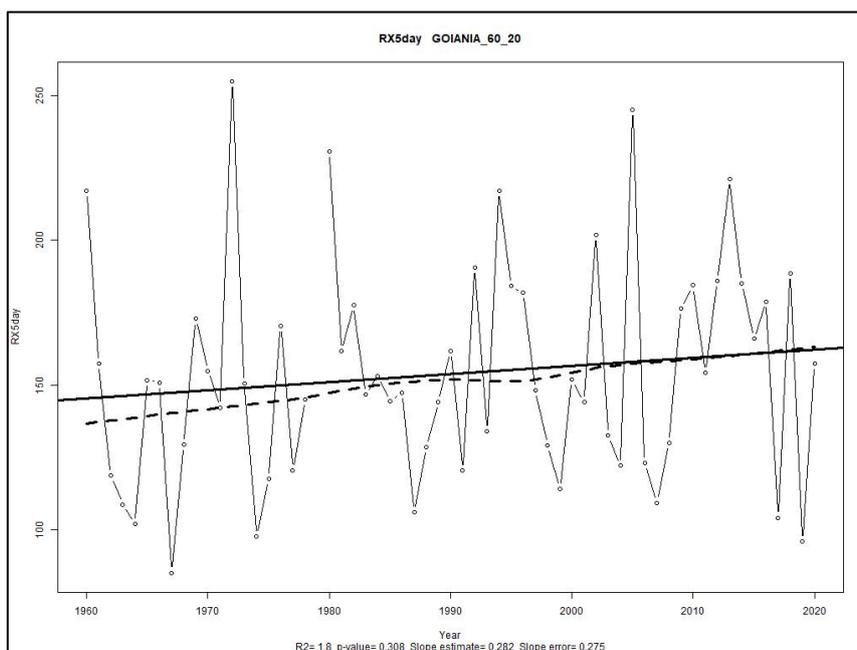
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 05 - RX1day: Quantidade máxima de precipitação em um dia em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.

Figura 06 - RX5day: Quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

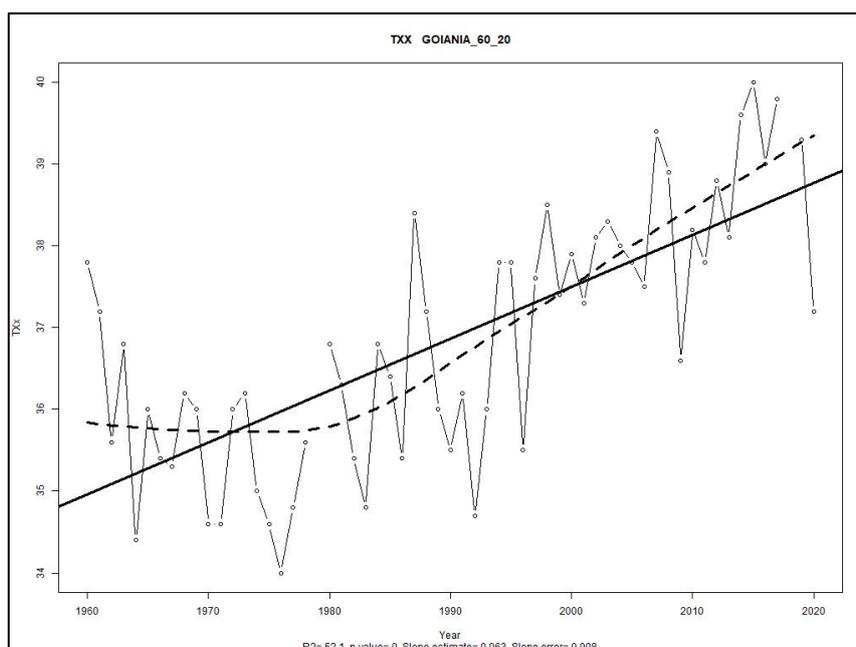
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tais valores são extremamente preocupantes, seja em um único dia ou em cinco dias consecutivos, propiciando condições de solo saturado e consequente maior direcionamento do escoamento hídrico superficial para os vales de fundo, especialmente em áreas de elevada impermeabilização da superfície, quando se observam as repercussões de tais eventos pluviométricos na deflagração de enchentes, inundações e alagamentos, ocasionando problemas de mobilidade urbana e até mesmo perda de bens e de vidas da população – diversas vezes registrados nos jornais locais de Goiânia.

3.2 Variabilidade e tendência de máxima e mínima temperatura do ar em Goiânia

Para o índice T_X (maior temperatura máxima anual), pela Figura 7 observa-se uma tendência positiva, acentuada e de alta significância estatística, especialmente a partir da década de 1980. Com valor médio de 35,5°C, o maior valor de temperatura máxima no ano foi de 40°C, registrado no mês outubro de 2015 – mesmo evento extremo de temperatura máxima encontrado para Goiânia por Nascimento, Lima e Cruz (2019) –, sendo o menor valor de temperatura máxima anual de 34°C, verificado para janeiro de 1976.

Figura 07 - T_X: maior temperatura máxima anual em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.



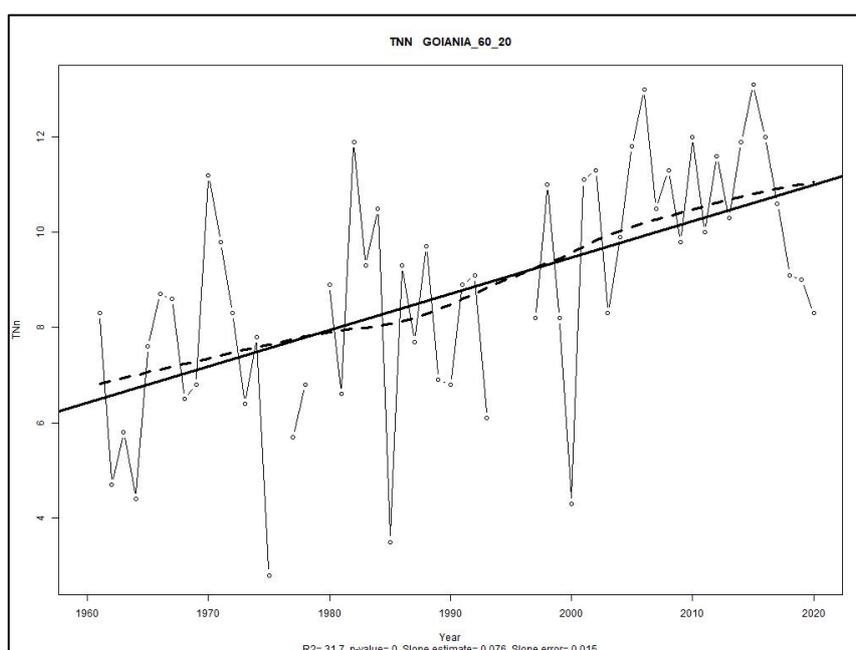
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

No tocante ao índice TNn (menor temperatura mínima anual), pela Figura 8 também se observa tendência positiva com alta significância estatística – o que retrata incremento tanto das temperaturas máximas quanto das mínimas ao longo da série temporal analisada – algo também apontado por Luiz (2012), para Goiânia. A média calculada para a menor temperatura mínima anual foi de 8°C, com o menor registro de 2,8°C, em julho de 1975, e o maior de 13,1°C, em junho de 2015.

Figura 08 - TNn: menor temperatura mínima anual em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.

O índice TX90p (porcentagem anual de dias em que temperatura máxima > percentil 90, ou seja, porcentagem de dias quentes) também apresenta uma tendência positiva considerável, com alta significância estatística (Figura 9), indicando que até meados da década de 1990 a quantidade de noites quentes representavam menos de 15% do ano, com anos registrando nenhum dia com temperatura máxima maior que o percentil 90 – isto é, sem dias quentes, passando a porcentagens superiores a este patamar, e alcançando até 82% do ano com dias quentes, conforme visto em 2016.

No que diz respeito ao índice TN90p (porcentagem anual de dias em que temperatura mínima > percentil 90 – ou seja, porcentagem de noites quentes), percebe-se a mesma



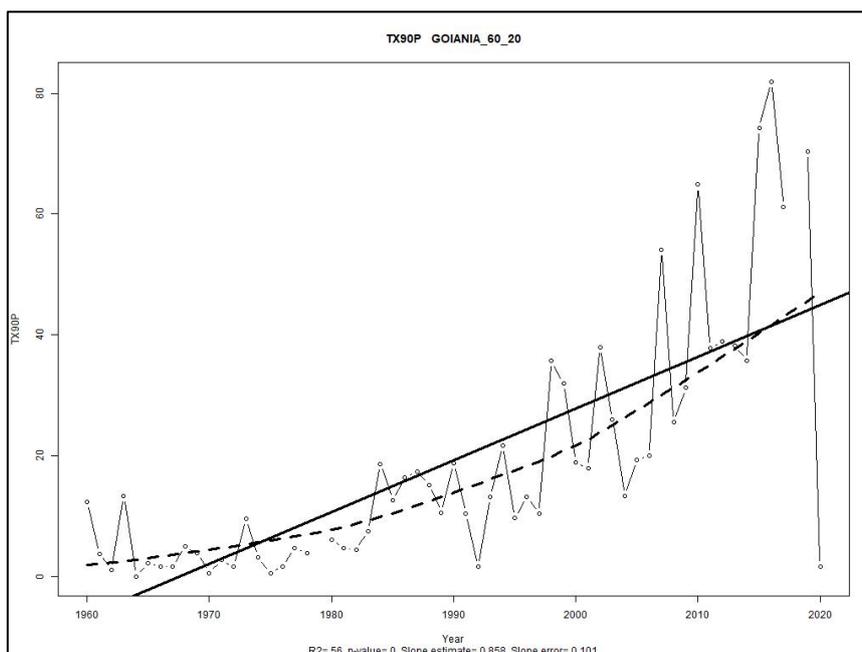
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

condição de porcentagem de dias quentes: tendência positiva de alta significância estatística (Figura 10), o que indica de que tanto os dias quanto as noites estão ficando mais quentes. Ao longo da série temporal, observa-se que a porcentagem de noites quentes apresenta um suave aumento entre as décadas de 1960 e 1980, com redução na década seguinte, 1990 – não ultrapassando os 13% de noites quentes durante o ano. A partir desta última década há um incremento considerável, chegando a registrar 63,7% do ano com noites quentes em 2016, enquanto que a média é de 19%.

Figura 09 - TX90p: Porcentagem anual de dias em que temperatura máxima > percentil 90 (dias quentes) em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.

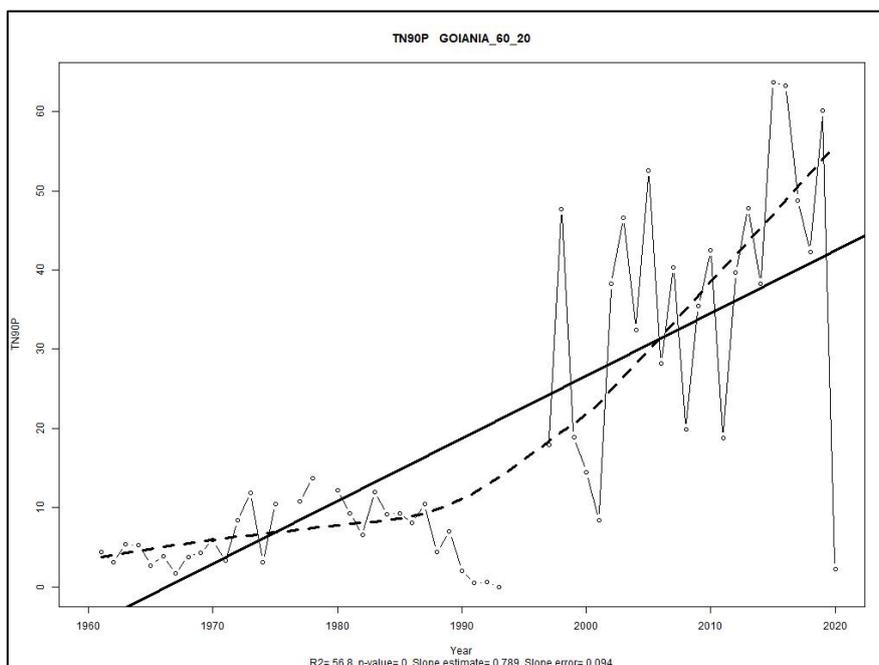


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 10 - TN90p: Porcentagem anual de dias em que temperatura mínima > percentil 90 (noites quentes) em Goiânia-GO (1961 a 2019)



Fonte: INMET, organizado pelos próprios autores.

Em linhas gerais, percebe-se que os índices de extremos climáticos relacionados ao elemento precipitação (PRCPTOT, CDD, CWD, R20mm, RX1day E RX5day) apontam uma tímida tendência positiva, contudo, sem significância estatística, conforme também constatado por Luiz (2012) e Nascimento (2016), ao considerarem a variabilidade das chuvas como algo inerente, em torno de anos secos e chuvosos. Por sua vez, condição diferente é observada diante dos índices extremos relacionados à temperatura do ar (TXx, TNn, TX90p e TN90p), pelo quais observa-se tendência positiva acentuada e de alta significância estatística, o que aponta para mudanças nos elementos temperatura máxima e mínima do ar, conforme também apontado por Luiz (2012).

4. Considerações finais

O uso de índices de extremos climáticos propostos pela OMM e calculados no presente trabalho a partir do Rclimdex se mostrou eficaz para a identificação da variabilidade do clima, especialmente oportunos para a identificação de tendências de incremento ou queda



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

dos elementos climáticos – que, no caso de Goiânia, se mostraram coerentes e correlatos ao que se apresenta na bibliografia, em apontar variabilidade inerente das precipitações e nítido incremento das temperaturas máximas e mínimas ao longo da série temporal analisada.

Assim, tais dados devem ser publicizados e utilizados pelos gestores públicos, pois eles são capazes de trazer danos severos a sociedade, principalmente a comunidades mais sensíveis, mais sujeitas a enchentes, alagamentos, inundações e ondas de calor, além, obviamente, dos prejuízos advindos da pecuária e da agricultura.

Convém destacar as dificuldades operacionais no tocante à organização dos dados conforme exigido para inserção do programa, e também no que diz respeito ao próprio uso do Rclimindex, que demandaram um bom tempo do cronograma de execução da investigação.

Por fim, como desdobramento da pesquisa proposta como iniciação científica, encontra-se em desenvolvimento o cálculo de tais índices para outras localidades do estado de Goiás e do Distrito Federal – no intuito de prover a interpolação e comparação espacial das tendências (positivas ou negativas) e dos registros extremos encontrados.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor, no contexto do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

6. Referências

ASSIS, J. M. O. de; SOBRAL, M. do C. M.; SOUZA, W. M. de. Análise de Detecção de Variabilidades Climáticas com Base na Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 3, p. 630-645, nov. 2012.

BARRETO, R. **Identificação de áreas susceptíveis a eventos extremos de chuva no Distrito Federal**. 2008. 162 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Gestão Ambiental e Territorial) – Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Brasília, 2008.

BENAVIDES, H. O.; MÁRQUEZ, R. M.; MORENO, G. H. **Análisis de índices de extremos climáticos para colombia usando el RCLIMDEX**. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM: 2007.

BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos de 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, p. 9-22, 2006.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CARVALHO, M. E. S.; MENDONÇA, F. de A.; PINTO, J. E. de S. S.; BRAZIL, J. L. S. Eventos extremos de precipitação e impactos socioambientais urbanos: Aracaju de 1986 e 2015. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 12., 2016, Goiânia, Anais..., Goiânia, SBCG, 2016. p. 1430-1443.

CORREIA FILHO, W. L. F.; LUCIO, P. S.; SPYRIDES, M. H. C. Caracterização dos extremos de precipitação diária no Nordeste do Brasil. **Boletim Goiano de Geografia** (Online). Goiânia, v. 36, n. 3, p. 539-554, set./dez, 2016.

DEUS, R. M. M. de.; NASCIMENTO, D. T. F. Como a mídia tem noticiado os eventos climáticos extremos no estado Goiás. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2016, São Luís. Anais..., São Luís: AGB, 2016. p. 38-48.

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F. de A. Eventos pluviiais extremos em Curitiba (Paraná): entre antigos problemas e novos desafios. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17., 2017, Campinas. Anais..., Campinas: Unicamp, 2017. p. 1919-1931.

LUIZ, G. C. **Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados**: estudo de caso - município de Goiânia-GO. 2012. 246 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, 429-440, 2013.

MARENGO, J.A et al. **Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – Impactos sociais e econômicos**. Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE. Centro de Ciências do Sistema Terrestre - Edição Especial. 2009.

NASCIMENTO, D. T. F. **Chuvas no Estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica**. 2016. 202 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, 2016.

NASCIMENTO, D. T. F.; LIMA, L. V. V.; CRUZ, V. P. Episódios e gênese dos eventos climáticos extremos em Goiânia-GO. **Caderno de Geografia**, v.29, n.57, p. 583-608, 2019.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

OLIVEIRA, T. A. de; TAVARES, C. de M. G.; FERREIRA, C. de C. M.; SANCHES, F. Aplicação dos índices de extremos pluviométricos em Juiz de Fora-MG. In: SEMINÁRIO DO PPGEU-UFJF, 7., Juiz de Fora, **Anais [...]**, 2019.

REGO, T. L.; BARROS, J. R. Alagamentos e inundações em Goiânia: uma análise a partir da imprensa local e dos registros da defesa civil. **Revista Formação**, n. 21, v. 1, p. 170-185, 2014.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SANCHES, G. R.; VECCHIA, S. A. F.; SOUZA, H. P.. Comportamento e distribuição das chuvas na região de São Carlos/SP a partir de dados de estações climatológicas no período de 1993-2014. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 14, n. 01, p. 89 -111, 2020.

SANTOS, L. A. R. dos; LUCIO, P. S.; REBELLO, E. R. G.; BALBINO, H. T.; FORTES, L. T. G.; SALES, N. D. de; DINIZ, F. de A. COSTA, M. C. G.; FERREIRA, D. B.; SALVADOR, M. A. LEANDRO, I. V.; PAULA, T. P. de. Caracterização de extremos climáticos utilizando o software Rclimdex. Estudo de caso: sudeste de Goiás. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, FLORIANÓPOLIS - SC. Anais....., Florianópolis: CBM, 2006.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Avaliação das tendências das Temperaturas em Recife – PE: Mudanças Climáticas ou variabilidade? **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 462-472, 2009.

ZHANG, X.; YANG, F. **RClimDex** (1.0). User Guide. Ontario: [s.n.], 2004



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NO ESTADO DE GOIÁS E DISTRITO FEDERAL

RAMONIELLY MALAQUIAS MOREIRA DE DEUS¹
DIEGO TARLEY FERREIRA NASCIMENTO²

RESUMO

Os eventos climáticos extremos são registrados em todo país e mundo. Estiagens, chuvas intensas, ondas de calor e extremos de frio podem estar associados a fenômenos como El Niño-Oscilação Sul (ENOS), ou mesmo relacionados ao contexto das mudanças climáticas globais e locais. Tais eventos se tornam mais preocupantes quando passíveis de ocorrerem em locais ou comunidade mais sensíveis à variação dos elementos climáticos, sejam em populações desprovidas de meios de se protegerem ou mesmo em locais que dependem economicamente do tempo e do clima, como é o caso do estado de Goiás, que tem a base da sua economia voltada à agropecuária. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo analisar os eventos climáticos extremos do estado de Goiás e Distrito Federal, considerando os dados diários de temperatura do ar, precipitação pluvial e umidade do ar registrados por 14 estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram identificados os valores e as datas de ocorrência dos eventos climáticos extremos, tendo registros de temperatura máxima de 42,4°C em Aragarças (15/10/2000), temperatura mínima de - 1°C em Jataí (26/07/1988), precipitação diária de 179,2mm em Aragarças (19/03/1974) e umidade relativa do ar alcançando os 9% na cidade de Goiás (19/08/2009).

Palavras-chave: Eventos extremos; Climatologia; Goiás; Distrito Federal.

ABSTRACT

Extreme weather events are recorded across the country and the world. Droughts, intense rains, heat waves and extremes of cold can be associated with phenomena such as El Niño-Oscilação Sul (ENOS), or even related to the context of global and local climate changes. Such events become more worrying when they are likely to occur in places or communities that are more sensitive to the variation of climatic elements, whether in populations that lack the means to protect themselves or even in places that depend economically on weather and climate, as is the case of the state. Goiás, which has its economy based on agricultural production. The present work aims to analyze the extreme weather events in the state of Goiás and the Federal District, considering the daily data of temperature, humidity and precipitation registered by 14 conventional meteorological stations of the National Institute of Meteorology (INMET). The values and dates of occurrence of extreme climatic events were identified, with records of maximum temperature of 42.4°C in Aragarças (10/15/2000), minimum temperature of - 1°C in Jataí (7/26/1988), precipitation of 179.2mm in Aragarças (19 / 03/1974) and relative air humidity reaching 9% in the city of Goiás (19/08/2009).

Keywords: Extreme events; Climatology; Goiás; Distrito Federal.

¹ Licenciada em Geografia, Universidade Estadual de Goiás, nielly-go@hotmail.com

² Doutor em Geografia e Professor, Universidade Federal de Goiás, diego_nascimento@ufg.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

Grande atenção deve ser dada à ocorrência de eventos climáticos extremos, geralmente relacionados a episódios com registro de elevados ou ínfimos valores dos elementos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, velocidade do vento etc.) ou à ocorrência de fenômenos ou eventos associados (ondas de calor ou de frio, estiagens, chuvas intensas, tornados, furacões etc.) (ARMOND; SANT'ANNA NETO, 2017).

Os eventos climáticos extremos são causados por um gama de fatores, desde as mudanças climáticas globais, perpassando por fenômenos regionais (como o El Niño-Oscilação Sul, Oscilação Decadal do Pacífico ou Oscilação de Madden-Julian) e mesmo às condições geográficas locais (i.e., urbanização).

Sejam causados por fatores globais, regionais ou locais, os eventos climáticos extremos demonstram as vulnerabilidades e os riscos às perdas e danos aos sistemas sociais, econômicos e naturais, como verificado na ocorrência da grande seca na Amazônia (2005), das enchentes na Bacia do Rio Madeira (2014) e das secas no Nordeste (2012 e 2015) e Sudeste (2014 e 2015).

Os eventos extremos se tornam ainda mais preocupantes quando passíveis de ocorrerem em locais ou em comunidade mais sensíveis a variação dos elementos climáticos, sejam em populações desprovidas de meio de se protegerem ou mesmo em locais que dependem economicamente do tempo e do clima, como é o caso do estado de Goiás que tem a base da sua economia voltada na produção agropecuária.

Além dos eventuais problemas inerentes a perdas materiais e de vidas (!!!), Cassol e Bohner (2012) ressaltam que vários são os prejuízos econômicos decorrentes dos eventos climáticos extremos, como as perdas na produção agrícola, o risco de morte das criações pecuária, diminuição da vazão da água dos corpos hídricos, etc.

Kostopoulo e Jones (2005) complementam que, regularmente, jornais têm veiculado notícias sobre prejuízos econômicos, danos materiais e perdas de vidas devido a eventos climáticos extremos. A título de exemplo, em um estudo voltado especificamente para o estado de Goiás, Deus e Nascimento (2016) apresentaram 67 reportagens verificadas ao longo de três anos de publicação de um jornal de grande circulação regional, sendo a maioria das reportagens relacionadas à chuvas extremas, com relatos tanto na capital quanto em



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

idades de médio e pequeno porte, conforme ilustrado pelas matérias indicadas pelas Figuras 1 e 2 a seguir.

Figura 1 - Notícia divulgada em 26 de novembro de 2015 a respeito de enchente causada por chuva extrema e conseqüente transtorno no trânsito da Marginal Botafogo, em Goiânia-GO.



Fonte: O Popular. Disponível em: <http://www.opopular.com.br/editorias/vida-urbana/marginal-botafogo-est%C3%A1-alagada-1.995907>

Figura 2 – Notícia divulgada em 27 de janeiro de 2016 acerca da cheia do Rio das Almas causa por chuva intensa, em Pirenópolis-GO.



Fonte: O Popular. Acessado em: <http://www.opopular.com.br/editorias/vida-urbana/confira-a-cheia-do-rio-das-almas-em-imagens-1.1028597>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

É justamente nessa perspectiva que diversos estudos têm sido desenvolvidos com a intenção de identificar e analisar os eventos climáticos extremos, a exemplo do que pode ser conferido em Vicente (2005), Zamparoni (2010), Milanez e Fonseca (2011) e Fernandes e Anunciação (2012) – entre tantos outros. Voltados à ocorrência de eventos extremos de precipitação no estado de Goiás e no Distrito Federal, destacam-se os estudos desenvolvidos por Marcuzzo e Romero (2013) e Barreto (2008), respectivamente. Ainda, constam os trabalhos elaborados por Santos et al. (2006), para o sudoeste goiano, e por Deus e Nascimento (2018), especificamente para a cidade de Iporá-GO.

Assim, o objetivo do trabalho foi o de identificar os eventos climáticos extremos no território compreendido pelo estado de Goiás e Distrito Federal, apresentando a distribuição espacial dos valores mais extremos registrados para os elementos temperatura do ar, precipitação pluvial e umidade relativa do ar.

2. Metodologia

2.1 Localização e breve caracterização da área em estudo

A área em estudo compreende o estado de Goiás e o Distrito Federal, localizados na Região Centro-Oeste – Figura 3. De acordo com a estimativa realizada para 2020 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), esse território apresenta uma população total de 10.168.689 habitantes, dos quais 70% estão em Goiás (7.113.540) e o restante no Distrito Federal (3.055.149).

A vegetação predominante na região é o Cerrado, cuja principal característica fisionômica é a presença de pequenos arbustos e árvores de médio porte, com galhos retorcidos e raízes profundas. Na região sul do estado de Goiás são encontradas pequenas faixas de vegetação representativa do bioma Mata Atlântica.

O relevo é caracterizado pela presença de planaltos, chapadas e serras na maior parte da área em estudo, com média altimétrica de 634m acima do nível do mar, variando desde os 183m, na depressão do Rio Araguaia (à oeste e noroeste), e alcançando os 1.672m, nos chapadões da região da Chapada dos Veadeiros (no nordeste).

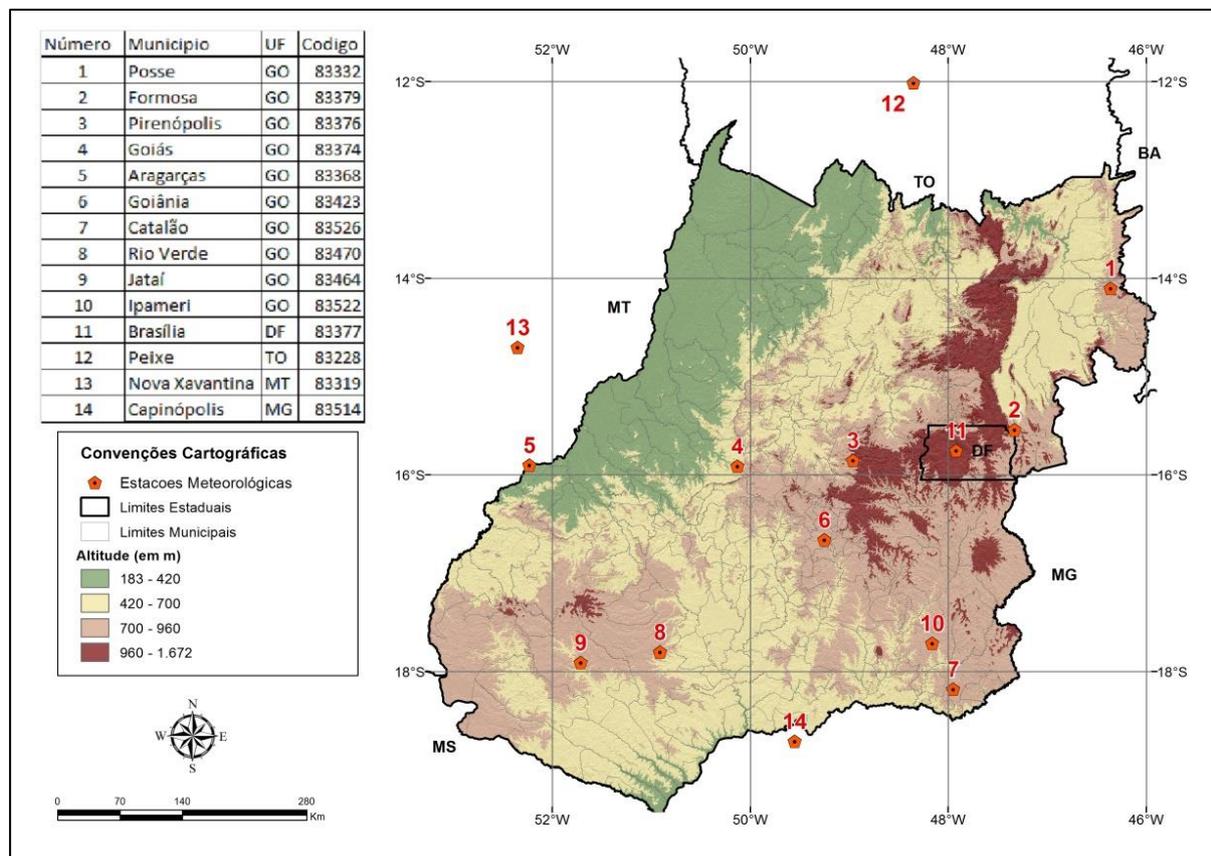


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 3 – Localização do estado de Goiás e Distrito Federal.



Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento.

Segundo Nimer (1979), a região que contempla o estado de Goiás e Distrito Federal tem o predomínio do Tropical Brasil Central quente e semi-úmido. Segundo o autor, a temperatura média anual para essa tipologia climática é de 22°C, sendo 24°C para o mês mais quente e 18°C para o mais frio, com a precipitação anual variando entre 1.500 e 1.750 mm, sendo período de estiagem representado por até cinco meses, referente aos meses de maio a setembro – sendo os meses de dezembro a fevereiro o trimestre consecutivo mais chuvoso.

Nascimento (2016) e Nascimento e Oliveira (2020) lembram que o clima da área em apreço é controlado por sistemas equatoriais, tropicais e polares, individualizados pelas massas de ar Equatorial continental, Tropical Atlântica e Polar Atlântica, que predominam no



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

quadro sinótico e condicionam os tipos de tempo durante as duas estações bem definidas, o verão/primavera quente e chuvoso e inverno/outono seco e com temperaturas mais amenas.

2.2 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos abarcaram, inicialmente, a revisão bibliográfica acerca da temática. Em seguida, se procedeu à coleta de dados diários de temperatura mínima e máxima, precipitação pluvial e umidade relativa do ar das 14 estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) situadas no estado de Goiás, Distrito Federal e entorno – indicadas pelo Quadro 1 e especializadas também no mapa da Figura 3.

Quadro 1 – Estações meteorológicas utilizadas e série temporal considerada para cada uma.

Cidade	Código	Altitude (m)	Série temporal	Anos
Posse	83332	825m	01/11/1975 a 31/12/2016	41
Formosa	83379	935m	01/01/1961 a 31/12/2016	55
Pirenópolis	83376	740m	17/02/1977 a 31/12/2016	39
Goiás	83374	512m	01/01/1961 a 31/12/2016	55
Aragarças	83368	345m	01/05/1970 a 31/12/2016	46
Goiânia	83423	741m	01/01/1961 a 31/12/2016	55
Catalão	83526	840m	01/01/1961 a 31/12/2016	55
Rio Verde	83470	774m	01/11/1971 a 31/12/2016	45
Jatai	83464	662m	24/11/1978 a 31/12/2016	38
Ipameri	83522	772m	11/02/1977 a 31/12/2016	39
Brasília	83377	1.159m	21/08/1961 a 31/12/2016	55
Peixe	83228	242m	01/05/1975 a 31/12/2016	41
Nova Xavantina	83319	316m	05/08/1987 a 31/12/2016	29
Campinápolis	83514	620m	01/05/1970 a 31/12/2016	46

Fonte: próprios autores.

Foram utilizadas as estações meteorológicas convencionais por apresentarem séries de temporais de dados mais extensas e consistentes. Contudo, vale destacar os diferentes



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

intervalos da série temporal, haja vista ter sido considerada a data de começo de registro em cada estação, sendo mais longas as séries temporais oriundas das estações de Brasília, Catalão, Formosa, Goiânia e Goiás (55 anos) e a mais curta de Nova Xavantina (29 anos).

Posteriormente, os dados compilados foram organizados num arquivo tabular desenvolvido pelo software Excel, manipulados e tratados com vistas a identificação dos valores extremos e da data de ocorrência dos extremos climáticos temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação e umidade para cada estação. A definição do que é “extremo” levou em consideração o maior (para a temperatura máxima e precipitação) e o menor (para a temperatura mínima e umidade relativa do ar) registro verificado ao longo de toda série temporal para cada estação.

Logo, foi feita a representação cartográfica da variação espacial dos registros extremos de temperatura do ar, precipitação e umidade do ar no território do estado de Goiás e Distrito Federal, sendo empregado o software ArcGIS 10.1. Convém destacar que nos referidos mapas, foram indicados os maiores/menores registros verificados em cada estação ao longo de sua série temporal, independente da data de ocorrência.

3. Resultados e discussão

3.1 Eventos extremos associados à temperatura do ar (máxima e mínima)

No que se refere aos eventos climáticos extremos associados à temperatura máxima do ar, o maior valor registrado foi 42,4°C em Aragarças-GO (14/10/2000), seguido pelos valores de 42,3°C em Nova Xavantina-MT (06/10/2015), 41,9°C em Goiás-GO (25/09/2015), 41,5°C em Peixe-TO (22/10/2015) e 41,3°C em Campinápolis-MG (17/10/2015) – Quadro 2. O menor valor referente aos extremos de temperatura máxima foi de 36,4°C, registrado em Brasília-DF (18/10/2015) – o que evidencia a tipologia de um clima tropical da área em estudo, com elevadas temperaturas.

Quadro 2 – Maior valor de temperatura máxima e menor valor de temperatura mínima do ar.

Estação	Temperatura Máxima (°C)		Temperatura Mínima (°C)	
	Maior valor	Data	Menor valor	Data
Posse – GO	38,4	04/10/2015	11,2	04/08/1980
Formosa - GO	39	30/11/1961	3,9	18/07/1975



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Pirenópolis – GO	39,4	28/10/2008	4,1	18/07/2000
Goiás – GO	41,9	25/09/2015	1,9	02/02/2016
Aragarças - GO	42,4	14/10/2000	4	18/07/1975
Goiânia – GO	40	18/10/2015	2,6	10/07/1994
Catalão - GO	38,6	31/01/1996	2,8	09/06/1985
Rio Verde - GO	39,5	19/10/2007	0,7	18/07/2000
Jataí – GO	39,5	19/10/2015	- 1	26/07/1988
Ipameri – GO	38,9	20/10/2015	1	21/07/1981
Brasília - DF	36,4	18/10/2015	1,6	18/07/1975
Peixe – TO	41,5	22/10/2015	10,4	02/08/1988
Nova Xavantina - MT	42,3	06/10/2015	1	02/10/1998
Capinópolis - MG	41,3	17/10/2015	1	18/07/1975

Fonte: próprios autores, com base no INMET.

Com exceção das estações de Formosa-GO, Pirenópolis-GO, Aragarças-GO, Catalão-GO e Rio Verde-GO, a maioria das estações apresentou os eventos de temperatura máxima no ano de 2015 – o que pode ser indicativo do ano que houveram maiores temperaturas na área em estudo. Entre as 14 estações analisadas, 11 apresentaram o valor máximo de temperatura máxima do ar no mês outubro (primavera), e outras ocorrendo em setembro, novembro ou janeiro (o primeiro mês referente ao começo da primavera e os demais representativos do verão), reforçando a sazonalidade das temperaturas mais elevadas na primavera e verão.

Conforme indicado pelo mapa da Figura 4, os maiores valores de temperatura máxima do ar podem ser verificados na porção oeste, noroeste, sudoeste e sul do estado de Goiás – coincidente com as menores altitudes do relevo, inferiores a 700 m. Por sua vez, os menores valores de temperatura máxima do ar são vistos à leste de Goiás – onde ocorrem as maiores altitudes, superiores a 960 m, o que reforça a altitude como importante fator regulador da temperatura.

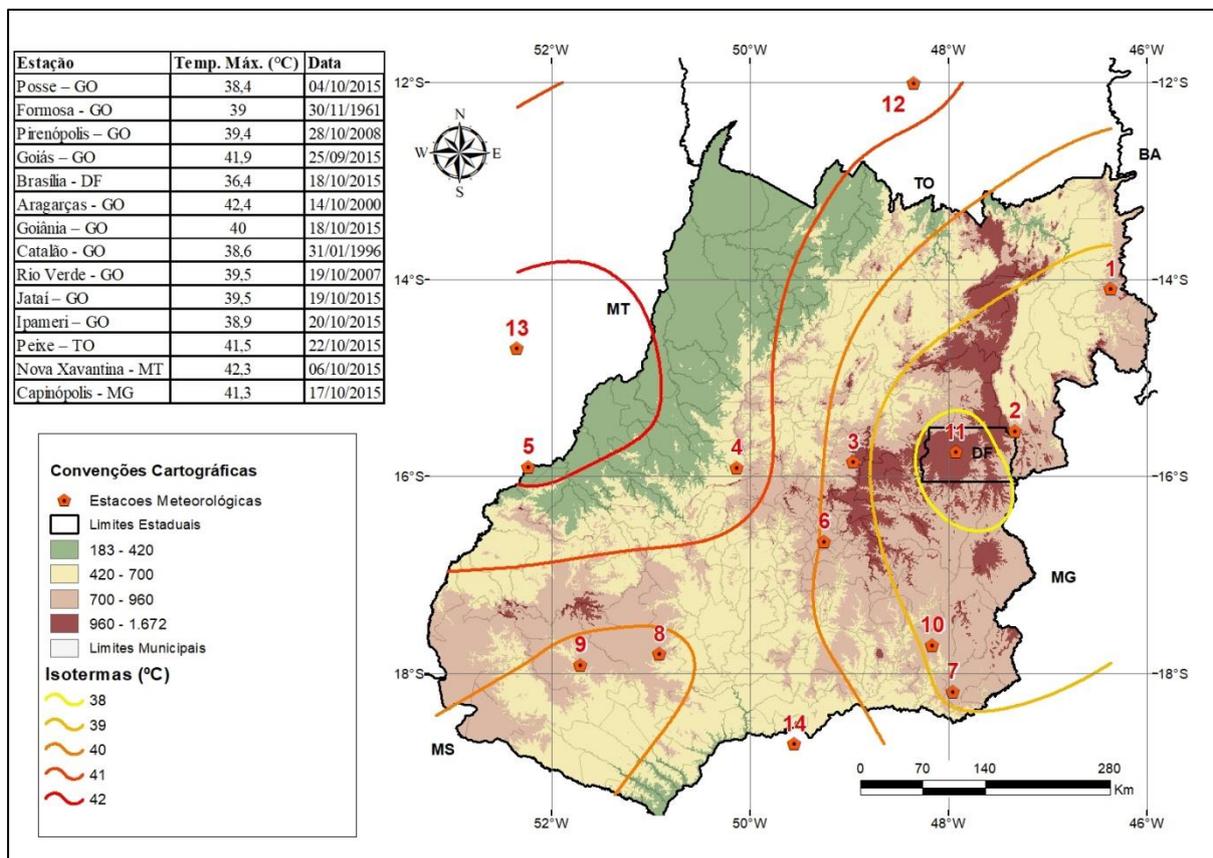


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 4 – Eventos climáticos extremos associados à temperatura máxima do ar.



Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento.

Com relação aos eventos climáticos extremos associados às temperaturas mínimas, o menor valor foi de -1°C para a estação de Jataí-GO (26/07/1988), seguido pelos registros de $0,7^{\circ}\text{C}$ em Rio Verde-GO (18/07/2000) e 1°C verificado nas estações de Capinópolis-MG (18/07/1975), Ipameri-GO (21/07/1981) e Nova Xavantina-MT (02/10/1998). O maior valor de temperatura mínima foi de $11,2^{\circ}\text{C}$, registrado em Posse-GO (04/08/1980).

Em exceção às estações de Rio Verde-GO, Pirenópolis-GO e Goiás-GO, as demais estações demonstraram eventos extremos de temperaturas mínimas anterior à década de 2000, o que pode estar associado à elevação das temperaturas mínimas, conforme apontado por Nascimento, Santos e Barros (2011) e Luiz (2012), em estudos específicos para a estação meteorológica de Goiânia.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Outro detalhe que vale ser frisado é que o mês de julho concentra a ocorrência dos menores valores de temperatura mínima do ar em 9 das 14 estações meteorológicas, mês esse característico do inverno. Porém alguns eventos também ocorreram nos meses de agosto e junho (inverno), e mesmo em fevereiro (verão) ou novembro (primavera) – possivelmente associado à incursão de frentes frias à região.

Pela Figura 5 é possível perceber que os menores valores de temperatura mínima se situam nas regiões sudoeste, sul e, sudeste de Goiás – áreas que funcionam como calhas topográficas para entrada e deslocamento de frentes e massas de ar de origem polar, conforme apontado por Nascimento (2016) e Nascimento e Oliveira (2020).

Os eventos climáticos extremos de temperatura do ar, sejam relacionados à temperatura máxima ou mínima do ar, são responsáveis por ocasionar prejuízos na agricultura e na pecuária, e desconforto térmico da população – com repercussões diversas relacionadas à saúde e ao bem-estar, sobretudo em crianças, idosos e comunidades mais sensíveis.

Os limites apontados para o conforto térmico estão entre 22°C e 25°C, estando os registros abaixo de 5°C condicionados à sensação térmica muito fria, com extremo estresse fisiológico ao frio, e acima de 34°C condicionados à sensação térmica muito quente, com estresse fisiológico de falha na termoregulação (MASTER/IAG/USP, 2017). Assim, vale destacar que todos os registros de eventos extremos de temperatura máxima encontraram-se acima dos 34°C e quase a maioria dos registros de eventos extremos de temperatura mínima esteve abaixo dos 5°C.

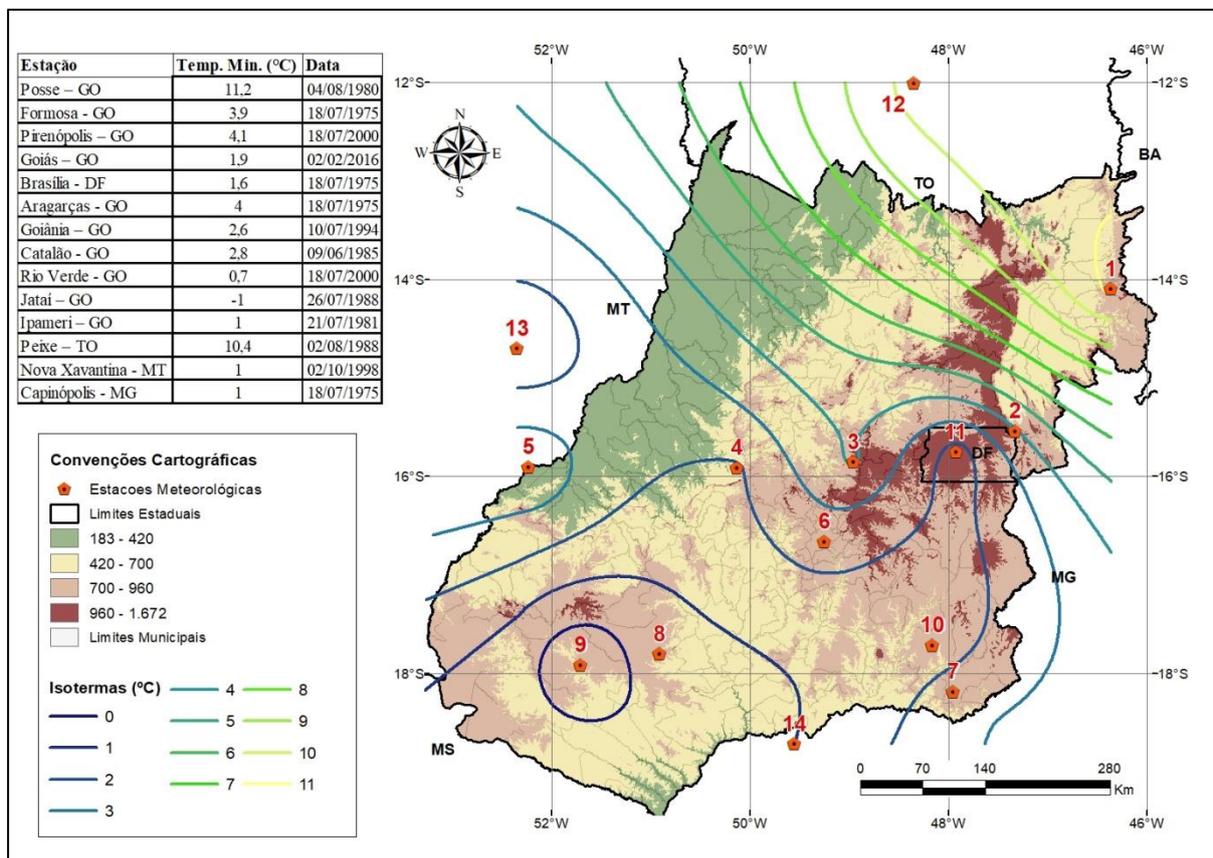


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 5 - Eventos climáticos extremos associados à temperatura mínima do ar.



Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento.

Por sua vez, quando considerados os eventos climáticos extremos de temperatura mínima, 9 das 14 estações apresentaram registros em anos com atuação do fenômeno La Niña (Aragarças-GO, Brasília - DF, Capinópolis - MG, Catalão - GO, Formosa - GO, Jataí - GO, Peixe - TO, Pirenópolis - GO e Rio Verde - GO), enquanto que apenas em duas estações os registros são verificados em anos com atuação de El Niño (Goiás-GO e Nova Xavantina-MT).

3.2 Eventos extremos associados à precipitação e umidade relativa do ar

Pelo Quadro 3 é possível destacar os eventos extremos de precipitação, com registros diários alcançando os 179,2mm, em Aragarças-GO (19/03/1974); 174mm, em Posse-GO (10/04/1994); 169,7mm, em Goiás-GO (21/04/1992); 169mm, em Nova Xavantina-



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MT (08/11/2010) e; 167,3mm, em Pirenópolis-GO (17/12/1989), e o menor valor partindo dos 124,6mm, em Formosa-GO (01/02/1992). Ressalta-se que tais valores extremos chegam a alcançar a metade do que é esperado para todo o mês, considerando a média mensal de precipitação.

Quadro 3 – Valores máximos de precipitação (mm) e mínimos de umidade relativa do ar (%).

Estação	Precipitação (mm)		Umidade relativa do ar (%)	
	Maior valor	Data	Menor valor	Data
Posse – GO	174	10/04/1994	21,2	04/09/2004
Formosa - GO	124,6	01/02/1992	17	06/09/2011
Pirenópolis – GO	167,3	17/12/1989	18	11/09/2008
Goiás – GO	169,7	21/04/1992	9	19/08/2009
Aragarças - GO	179,2	19/03/1974	19,5	07/09/2011
Goiânia – GO	136,6	09/12/2005	18,2	21/09/2007
Catalão - GO	132,4	26/01/1970	24,2	21/09/2007
Rio Verde - GO	149,9	10/12/1978	18,5	26/09/2004
Jataí – GO	161,3	24/02/1979	15,5	27/09/2004
Ipameri – GO	131,2	10/02/1992	21,2	21/09/2007
Brasília - DF	132,8	15/11/1963	15,7	06/09/2011
Peixe – TO	137,7	20/04/1996	28	31/08/2010
Nova Xavantina - MT	169	08/11/2010	33	10/09/2013
Capinópolis - MG	156,8	18/02/1980	22	07/09/2011

Fonte: próprios autores, com base no INMET.

Interessante destacar que apenas em metade das 14 estações (Formosa-GO, Pirenópolis-GO, Goiânia-GO, Catalão-GO, Rio Verde-GO, Ipameri-GO e Capinópolis-MG) os maiores valores de precipitação são verificados nos meses do trimestre chuvosos (dezembro a fevereiro), indicando a ocorrência desses eventos extremos de precipitação anterior ou posterior ao período chuvoso, o que intensifica os danos causados por esses eventos, responsáveis por causar prejuízos econômicos devido aos danos e perdas materiais devido a ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos, e mesmo perda de vidas. Obviamente,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

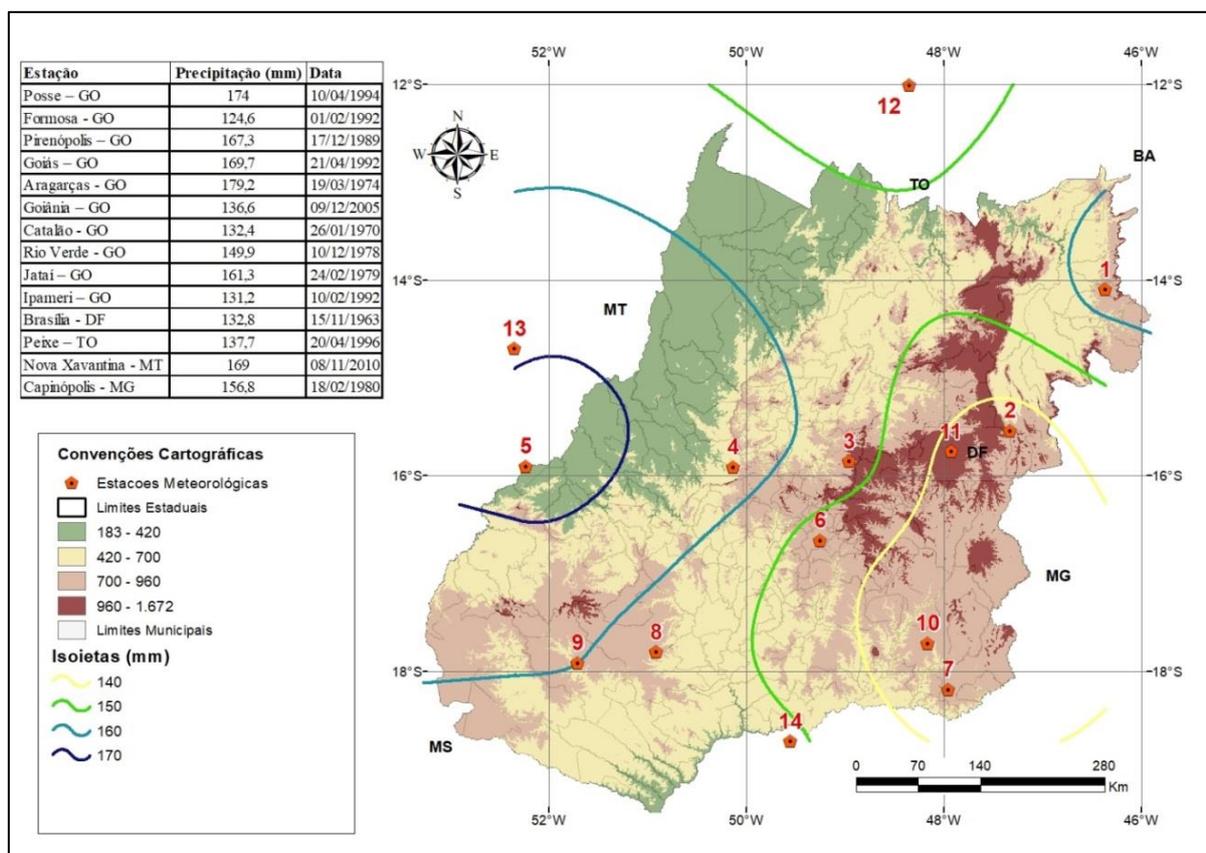
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

tais consequências poderiam ser amenizadas caso houvesse maior atuação dos gestores no planejamento e ordenamento urbano, especialmente no que diz respeito a grande impermeabilização do solo em áreas urbanas.

A Figura 6 indica a distribuição espacial dos maiores valores de precipitação, pela qual é possível perceber que os maiores registros se situam na porção oeste, sudoeste e noroeste de Goiás, caminho preferencial de entrada e deslocamento dos principais sistemas atmosféricos produtores de chuva na região: a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a massa equatorial continental (mEc) (NASCIMENTO, 2016; NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2020). Ainda, vale ser destacada a ocorrência de sistemas convectivos, formados em pequena escala e responsáveis por chuvas intensas.

Figura 6 - Eventos climáticos extremos associados à precipitação.



Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os eventos climáticos extremos relacionados aos menores valores de umidade relativa do ar apresentam registros alarmantes, conforme o valor de 9% em Goiás-GO (19/08/2009), 15,5% em Jataí-GO (27/09/2004), 15,7% em Brasília-DF (06/09/2011), 17% Formosa-GO (06/09/2011) e 18% em Pirenópolis-GO (11/09/2008) – Quadro 3. Vale destacar que as duas primeiras estações apresentam níveis críticos de umidade relativa do ar, ao passo que a primeira estação demonstra registro condizente a um estado de emergência, quando é recomendado não praticar nenhum esporte, trabalho braçal, aulas de educação física, coleta de lixo, entregas dos correios e evitar aglomerações

A distribuição espacial dos menores valores de umidade relativa do ar demonstra as regiões centrais, sudoeste e leste do estado de Goiás como aquelas que concentram os registros mais alarmantes, com destaque as estações de Goiás, Goiânia e Brasília, que rotineiramente tem reportagens relatando agravos de saúde em populações idosas e em crianças, principalmente relacionados a problemas respiratórios (DEUS; NASCIMENTO, 2016) – Figura 7.

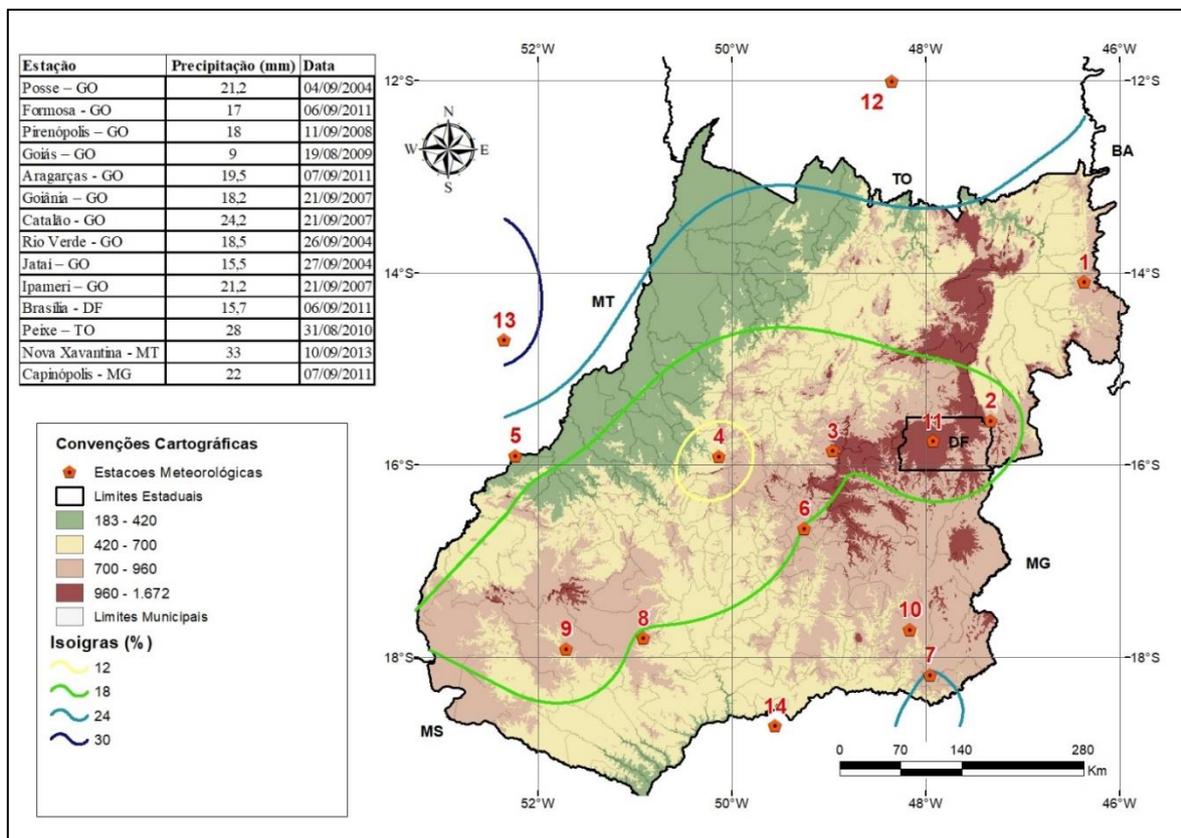


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 7 – Eventos climáticos extremos associados à umidade relativa do ar.



Elaboração: Diego Tarley Ferreira Nascimento.

As ocorrências desses registros tão baixos podem estar relacionadas à ausência de cobertura vegetal e corpos hídricos extensos na área em estudo, não havendo, portanto, a liberação local de umidade para a atmosfera, apenas aquela transportada pelas massas de ar e sistemas atmosféricos oriundos da Região Amazônia (ZCAS e mEc).

4. Considerações finais

Foram apresentados os eventos climáticos extremos relacionados à temperatura máxima e mínima do ar e à precipitação, indicando a data de ocorrência e a sua distribuição espacial no estado de Goiás, com registros de temperatura máxima de 42,4°C em Aragarças (15/10/2000), temperatura mínima de -1°C em Jataí (26/07/1988), precipitação diária de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

179,2mm em Aragarças (19/03/1974) e umidade relativa do ar alcançando os 9% na cidade de Goiás (19/08/2009).

Além das implicações sociais relacionadas ao desconforto térmico, agravos de saúde, perdas materiais e distúrbio no trânsito, os eventos climáticos extremos causam ainda grandes prejuízos à agropecuária, devendo ser levado em consideração perante o planejamento urbano e ambiental. Esses fenômenos meteorológicos não são novidade em Goiânia, no Brasil e no mundo, contudo atenta-se para a severidade e gravidade dos mesmos, sobretudo em populações menos assistidas.

5. Referências

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidades para uma abordagem geográfica do clima no município de Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 13, v. 20, p. 5-28, 2017.

BARRETO, R. **Identificação de áreas susceptíveis a eventos extremos de chuva no Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Territorial) – Universidade de Brasília, Departamento de Geografia, Brasília, 2008. 162p.

CASSOL, P. B.; BOHNER, T. Os eventos climáticos e a sua indissociabilidade na saúde e na economia global. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 653-657, 2012.

DEUS, R. M. M.; NASCIMENTO, D. T. F. Como a mídia tem noticiado os eventos climáticos extremos no estado Goiás. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2016, São Luís. Anais do ENG, 2016. p. 1-10.

DEUS, R. M. M.; NASCIMENTO, D. T. F. Os eventos climáticos extremos de Iporá (GO) registrados entre 2013 e 2017. In: NASCIMENTO, D. T. F.; GONÇALVES, R. J. de A. **Águas do Cerrado: gestão, usos e conflitos**. Goiânia: Editora Kelps, 2018.

FERNANDES, E. F. L.; ANUNCIAÇÃO, V. S. Impactos de eventos climáticos extremos e seus reflexos na cidade de Aquidauana-MS. **Rev. Geonorte** (Ed. Esp.), v. 1, p. 707-20, 2012.

KOSTOPOULO, E., JONES, P. D. *Assesment of climate extremes in the Eastern Meditterreanean*. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 89, p. 69-85, 2005.

LUIZ, G. C. **Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados**: estudo de caso - município de Goiânia-GO. 2012. 246 f. **Tese** (Doutorado em Geotecnia) -Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, 429 - 440 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MASTER/IAG/USP. Distribuição das zonas de conforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas. Disponível em: <<http://www.masterantiga.iag.usp.br/conforto/>>. Acesso em: 30 julho. 2017.

MILANEZ, B.; FONSECA, I. F. Justiça climática e eventos climáticos extremos: uma análise da percepção social no Brasil. **Revista Terceiro Incluído**, v. 1, n. 2, p. 82-99, 2011.

NASCIMENTO, D. T. F. **Chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica**. 2016. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

_____; OLIVEIRA, I. J. de. Os sistemas atmosféricos atuantes e responsáveis pela gênese das chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 747-771, 2020.

_____; SANTOS, N. B. F. dos; BARROS, J. R. Evolução da temperatura do ar em Goiânia-GO (1961-2009). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 2011, João Pessoa-PB. Anais do IV SIC, 2011.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

SANTOS, L. A. R. et al. Caracterização de extremos climáticos utilizando o software Rclimindex. Estudo de caso: sudeste de Goiás. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, FLORIANÓPOLIS - SC. ANAIS DO XIV CBMET, 2006.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas**. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas-SP, 2004.

ZAMPARONI, CAGP. Eventos climáticos extremos. **Gazeta Digital**, v. 24, n. 08, 2010.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

TIPOS DE TEMPO PARA TURISMO DE SOL E PRAIA – APLICAÇÃO DE METODOLOGIA AO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL

ERIKA COLLISCHONN¹
RICARDO BRANDOLT²

RESUMO

Este artigo aborda a relação entre clima e turismo na perspectiva da sucessão dos tipos de tempo. Focado no turismo de sol e praia, buscou-se inicialmente na literatura, referências teórico-metodológicas para mensurar a potencialidade turística do meio atmosférico em diferentes escalas espaciais, do regional ao local, com o objetivo de realizar-se um estudo de caso: a análise do potencial climático-turístico de diferentes setores (norte, médio e sul) do litoral do Rio Grande do Sul. A análise se realiza através da aplicação do método dos tipos de tempo proposto por Besancenot, Mounier e Lavenne (1978) que definem nove tipos de tempo. Foram utilizados dados de estações meteorológicas automáticas e/ou convencionais de Torres, Tramandaí, Mostardas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e do Programa “Previsão de Recurso Mundial de Energia” do Centro de Pesquisa Langley da NASA. As análises foram realizadas no Programa Excel® para os períodos mais quentes do ano de 2017 a 2020. Como resultado, obteve-se que os litorais médio e sul apresentaram, no geral, menor número de dias com precipitação que o litoral norte, porém, nestes setores há mais dias de vento, o que torna o lazer a beira mar menos agradável. Como fatores estáticos do clima, o estudo comprova o efeito da escarpa do Planalto Arenito-Basáltico como diferenciador do clima no litoral norte, já o efeito da presença de grandes corpos d’água interiores no litoral médio e sul merecem ainda estudo mais detalhado.

Palavras-chave: Tipos de tempo; Turismo de sol e praia; Regionalização.

ABSTRACT

This article addresses the relationship between climate and tourism from the perspective of the succession of weather types. Focused on sun and beach tourism, methodological references were initially sought in the literature to measure the touristic potential of climate at different spatial scales, from regional to local, with the aim of conducting a case study: the analysis of the climatic-tourist potential of different sectors (north, middle and south) of the coast of Rio Grande do Sul. The analysis is carried out through the application of the method of daily weather types proposed by Besancenot, Mounier and Lavenne (1978) that define nine types. Data from automatic or conventional meteorological stations Torres, Tramandaí, Mostardas, Rio Grande and Santa Vitória do Palmar, (INMET), and from the “Global Energy Resource Forecasting” Program of NASA's Langley Research Center, were used. The analyzes were carried out in the Excel® Program for traditional summer periods from December 2017 to March 2020. As a result, it was found that the medium and south coastlines presented, in general, fewer days with precipitation than the north coast, in these sectors there

¹ Doutora, Universidade Federal de Pelotas, ecollischonn@gmail.com

² Mestre, Universidade Federal de Pelotas, brandolt.ric@hotmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

are more windy days, which makes leisure by the sea less pleasant. As static factors of the climate, the study proves the effect of the escarpment of the Sandstone-Basaltic Plateau as a differentiator of the climate in the north coast. Since the effect of the presence of large inland bodies of water in the middle and south coast deserve even more detailed study.

Keywords: Weather types; Beach tourism; Regionalization.

1. Introdução

O Ministério do Turismo (2006), para fins de formulação de políticas públicas, adota o termo “Turismo de Sol e Praia”, para o segmento que se constitui das atividades turísticas relacionadas à recreação, entretenimento ou descanso em praias, em função da presença conjunta de água, sol e calor. O culto do “sol/mar” tem ensejado a exploração das potencialidades das condições atmosféricas mais propícias à recreação a beira mar.

O Rio Grande do Sul na condição de estado mais meridional do Brasil se diferencia no contexto macroclimático do país. Situado na zona de clima subtropical úmido, da porção leste dos continentes, tem características mesotérmicas, maior amplitude térmica anual e chuvas distribuídas ao longo de todo o ano, sem a ocorrência de período seco definido. Com relação ao regime climático, pode-se dizer que os sistemas polares são os grandes dinamizadores do clima regional, em interação com os sistemas tropicais.

O litoral deste estado compreende uma porção territorial de aproximadamente 622 km de extensão, de orientação NE-SW, que vai da foz do Rio Mampituba, no limite com o estado de Santa Catarina, ao norte (29°19'32"S e 49°42'47"O), até a foz do Arroio Chuí, na fronteira com a República Oriental do Uruguai (33°44'37"S e 53°22'13"O).

Na formação histórico-cultural do Rio Grande do Sul, a porção litorânea é de fundamental importância visto que foi porta de entrada para os acontecimentos que moldaram as atividades econômicas e culturais deste estado. Atualmente, se encontram incorporadas a este território, importantes ligações (rodoviárias, fluviais e marítimas) com outros estados e países vizinhos; mas o que mais se destaca é que, dos anos 1970 em diante, nesta porção do estado, se ampliaram em número e em população, tanto temporária quanto permanente, as cidades constituídas em grande parte por segundas residências voltadas para o turismo de sol e praia.

Apesar desta intensificação do uso e de ocupação do solo, ainda não se realizaram estudos referentes a dimensão do potencial climático para o turismo desta faixa litorânea. Os



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

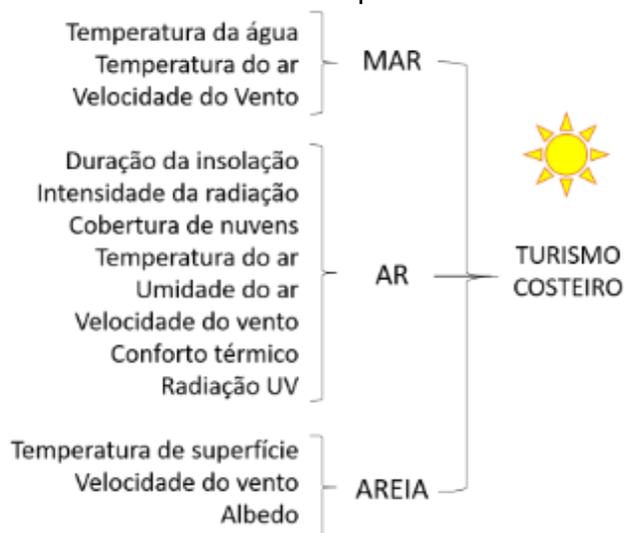
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

estudos existentes se voltam para a oferta turística ou à monitoramento do número de visitantes e dos gastos por estes efetuados, mais especificamente ao litoral norte do deste estado. Por sua vez, em climatologia as regionalizações realizadas para esta Unidade da Federação têm uma perspectiva mais relacionada a produção agrícola (MACHADO, 1950; MOTA, 1951, CAMARGO, 1991; MALUF, 2000; MATZENAUER, RADIN e ALMEIDA, 2011) e não ao turismo de sol e praia. Rossato (2011) fez uma proposição de classificação climática com viés mais geográfico, mas ainda há muito a compreender no zoneamento do clima para o litoral deste estado com vistas ao turismo de sol e praia.

As características do tempo e do clima dificilmente impedem completamente as atividades humanas a beira mar, mas constituem um fator financeiro importante se vistas à luz do turismo. Matzarakis (2006) apresentou um quadro síntese dos requisitos ligados ao tempo e ao clima que definem as condições para o turismo de sol e praia (Figura 1).

Figura 8 – Relação entre os elementos do tempo e do clima e o turismo de sol e praia



Fonte: Modificado de MATZARAKIS (2006).

Desde a década de 1960, esforços têm sido empreendidos na definição de uma métrica adequada para o “clima favorável” do ponto de vista do turista com indicadores que possam ajudar os investidores a escolher onde desenvolver novos destinos ou ajudar os operadores turísticos ou turistas a planejar suas atividades.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Excepcional no Brasil foi o estudo de Barbiéri (1981), orientado por Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, que analisou variações diárias dos elementos meteorológicos, em diferentes porções do litoral fluminense. Barbiéri constatou que “as condições atmosféricas habituais, sobretudo aquelas a nível de ‘tipos de tempo’, que se definem por certos tipos de circulação atmosférica, exercem um papel relevante e, ao mesmo tempo, se tornam praticamente fundamentais na programação do turismo-lazer (p.161).

Besancenot (1990) também sustenta que, na relação clima-turismo, só índices calculados a partir de dados diários são válidos para reconstituir o ambiente climático real, tanto que Besancenot, Mounier e Lavenne (1978) desenvolveram uma metodologia, partindo da sucessão dos tipos de tempo que, apesar de não descartar a importância da circulação atmosférica, concebe tipos de tempo mais a partir daquilo que é observado e sentido (bom tempo seco e ensolarado, mau tempo chuvoso e frio, etc). Para Viegneau, 2003, p. 21, o tipo de tempo segundo estes autores é uma concepção mais fisionômica (climatologia analítica), uma síntese da combinação de elementos climáticos que não incorpora o tipo de circulação (condição sinótica).

Besancenot, Mounier e Lavenne (1978) propuseram sua classificação para a zona bioclimática do mediterrâneo, com nove tipologias diárias de tempo, sete dos quais favoráveis à prática de recreação ao ar livre (mesmo que incluam um leve grau de desconforto) e dois desfavoráveis ao lazer ao ar livre. Esta metodologia de tipos de tempo combina os parâmetros diários: luz do sol (horas), cobertura de nuvens (octas), precipitação (duração ou quantidade), temperatura máxima, velocidade do vento (m / s) e pressão de vapor (hPa). Os limites de cada parâmetro foram obtidos, inicialmente, a partir da observação do comportamento dos veranistas no litoral europeu (depois, adaptados a diferentes locais do mundo), considerando também como base limiares bioclimáticos.

Esta metodologia foi aplicada ao litoral do Rio Grande do Sul com o objetivo de identificar diferentes ambiências climáticas para o turismo de sol e praia.

2. Metodologia

Para a classificação de ambiência climática para o turismo costeiro, proposto por Besancenot, Mounier e Lavenne (1978), foram utilizados dados horários do período mais propício ao veraneio (dezembro a março) dos últimos 3 verões 2017-2018, 2018/2019 e



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2019/2020 para cinco estações do INMET: Torres, Tramandaí, Mostardas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar. Também foram usados dados das estações de Porto Alegre e Pelotas para análises de contexto e preenchimento de alguma falha.

Tabela 8 - Estações meteorológicas utilizadas.

Código OMM	Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Ano de Instalação
83948	Torres	-29.350359°	-49.733263°	8	1913
86988	Porto Alegre	-30.053536°	-51.174766°	41	1909
86995	Rio Grande	-32.078780°	-52.167738°	5	2001
86998	Santa Vitória do Palmar (Barra do Chuí)	-33.742297°	-53.372218°	7	1912
86993	Pelotas	-31.802550°	-52.406895°	13	1888
86990	Tramandaí	-30.010268°	-50.135887°	5	2008
86994	Mostardas	-31.248279°	-50.906279°	4	2008

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2018).
Organização: Ricardo Brandolt.

A variável tensão de vapor, necessária para a mesma classificação, também não se obtém diretamente no INMET, mas pode ser inferida com base na temperatura máxima e a umidade relativa mínima do dia, como será explicado na próxima seção. Velocidade do vento foi uma das variáveis que apresentou muitas falhas de dados para estas estações meteorológicas consideradas, por isso, optou-se por utilizar os dados obtidos a partir de sensores remotos do Programa “Previsão de Recurso Mundial de Energia” (POWER) do Centro de Pesquisa Langley da NASA (LaRC), financiado pelo Programa de Ciências da Terra / Ciências Aplicadas da NASA (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>). Este projeto que foi iniciado para aprimorar o Banco de dados SSE (*Surface meteorology and Solar Energy*) anteriormente existente, acabou criando novos conjuntos de dados a partir de novos sistemas de satélite e dados de modelagem de previsão.

Além dos dados diários de velocidade máxima do vento (10m) esta plataforma forneceu os de radiação total incidente na superfície (radiação solar global total). Este último dado foi usado para estimar horas de sol brilhante por dia (n), através de programação



incorporada à uma planilha do Excel por Snyder (2001) denominado Wton 1.01. Para a utilização desta planilha é preciso informar, inicialmente, a localização da estação e o ano desejado, para que o programa possa calcular o número máximo de horas diárias de insolação astronômicamente previstas (N) para a latitude informada. Depois entra-se com os dados da radiação solar global total incidente no dia, em MegaJoules por metro quadrado por dia, para estimar horas de sol brilhante por dia (n).

A definição da classificação da ambiência atmosférica para o turismo balneário de Besancenot, Mounier e Lavenne (1978), adota os critérios insolação (I) ou nebulosidade (N), precipitação (P), temperatura (T), velocidade do vento (V) e tensão de vapor (\bar{U}).

A tensão de vapor (\bar{U}) foi inferida com base na temperatura máxima e a umidade relativa mínima do dia, do seguinte modo. Primeiramente, a partir da fórmula empírica denominada Equação de Tétens, chegou-se à tensão de saturação. Posteriormente, levando em conta que umidade relativa - UR obtém-se da divisão entre a tensão momentânea de vapor e a tensão de saturação e conhecido o valor de UR, obteve-se o valor da tensão de vapor.

O quadro (Figura 2) apresenta o esquema criado para a classificação proposto por Besancenot, Mounier e Lavenne (1978), com os limiares de cada classe:

Figura 2 – Esquema de classificação dos tipos de tempo proposto por Besancenot et al. (1978).

Tipo/Variável	I	P	T	V	\bar{U}
Tipo 1	≥ 9 h	=0 mm	$25^{\circ}\text{C} \leq T < 33^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 2	≥ 9 h	=0 mm	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 25^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 3	≥ 9 h	=0 mm	$16^{\circ}\text{C} \leq T < 18^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 4	$3 \text{ h} \leq I < 9 \text{ h}$	=0 mm	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 33^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 5	≥ 3 h	$1 \text{ mm} \leq P \leq 1 \text{ mm}$	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 33^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 6a	≥ 9 h	=0 mm	$\geq 18^{\circ}\text{C}$	< 12 m/s	$25 \text{ mb} \leq \bar{U} < 31,3 \text{ mb}$
Tipo 6b	≥ 9 h	=0 mm	$\geq 33^{\circ}\text{C}$	< 12 m/s	$< 31,3 \text{ mb}$
Tipo 7	≥ 9 h	=0 mm	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 33^{\circ}\text{C}$	$8 \text{ m/s} \leq V < 12 \text{ m/s}$	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 8		$1 \text{ mm} \leq P \leq 5$	-	$\geq 12 \text{ m/s}$	
Tipo 8b	< 3 h	$> 5 \text{ mm}$	-	-	-

Fonte: Besancenot et al. (1978). Organização: Ricardo Brandolt.

Com base nestes limiares foram criadas rotinas no Excel® visando transformar os dados brutos das cinco variáveis nas classificações dos 10 tipos diários de tempo. O resultado desta classificação além de permitir a comparação entre estações meteorológicas permitiu a comparação de uma mesma estação de um ano para outro. Por fim, empreendeu-se um



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

procedimento talvez um pouco mais trabalhoso, porém mais seguro, fundado nos tipos de tempo diários para a estação estival, que será apresentado na seção seguinte.

3. Resultados e discussão

A aplicação dos parâmetros definidos por Besancenot et al (1978) na delimitação dos tipos de tempo diário resultou na distribuição para o período estival na qual constam sempre cinco balneários: Torres (TOR), Tramandaí (TRA), Mostardas (MOS), Rio Grande (RG) e Santa Vitória do Palmar (SVP). Os três períodos são: 1- de dezembro de 2017 a março de 2018, 2- de dezembro de 2018 a março de 2019 e 3- de dezembro de 2019 a março de 2020 (figura 3). No primeiro período a precipitação durante os quatro meses (dez a mar) no litoral norte esteve próxima da NC/1981-2010, já no extremo sul não chegou à metade da normal. No segundo período, a precipitação acumulada dos quatro meses também esteve próxima a normal em Torres enquanto na divisa com o Uruguai foi 21% maior que a normal. Já no verão de 2019/2020 ocorreu menos chuva em ambos os extremos: 54% da NC em Torres e 39,2% em Santa Vitória.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 3 – Distribuição das classificações dos tipos de tempo diário.

Período 1						Período 2						Período 3					
	TOR	TRA	MOS	RG	SVP		TOR	TRA	MOS	RG	SVP		TOR	TRA	MOS	RG	SVP
03-dez-2019	5	2	7	1	7	03-dez-2019	8	5	5	7	5	03-dez-2019	1	1	7	7	7
04-dez-2019	8	2	8	5	8	04-dez-2019	8	5	7	7	2	04-dez-2019	2	2	7	7	7
05-dez-2019	8	8	8	5	5	05-dez-2019	8	5	5	5	7	05-dez-2019	8	8	8	8	8
06-dez-2019	8	8	8	5	5	06-dez-2019	8	5	5	5	7	06-dez-2019	8	8	8	8	8
07-dez-2019	8	8	8	5	5	07-dez-2019	8	5	5	5	7	07-dez-2019	8	8	8	8	8
08-dez-2019	5	5	1	1	1	08-dez-2019	8	5	5	5	7	08-dez-2019	8	8	8	8	8
09-dez-2019	8	2	8	8	8	09-dez-2019	8	5	5	5	7	09-dez-2019	8	8	8	8	8
10-dez-2019	8	2	8	8	8	10-dez-2019	8	5	5	5	7	10-dez-2019	8	8	8	8	8
11-dez-2019	8	2	8	8	8	11-dez-2019	8	5	5	5	7	11-dez-2019	8	8	8	8	8
12-dez-2019	8	2	8	8	8	12-dez-2019	8	5	5	5	7	12-dez-2019	8	8	8	8	8
13-dez-2019	8	2	8	8	8	13-dez-2019	8	5	5	5	7	13-dez-2019	8	8	8	8	8
14-dez-2019	8	2	8	8	8	14-dez-2019	8	5	5	5	7	14-dez-2019	8	8	8	8	8
15-dez-2019	8	2	8	8	8	15-dez-2019	8	5	5	5	7	15-dez-2019	8	8	8	8	8
16-dez-2019	8	2	8	8	8	16-dez-2019	8	5	5	5	7	16-dez-2019	8	8	8	8	8
17-dez-2019	8	2	8	8	8	17-dez-2019	8	5	5	5	7	17-dez-2019	8	8	8	8	8
18-dez-2019	8	2	8	8	8	18-dez-2019	8	5	5	5	7	18-dez-2019	8	8	8	8	8
19-dez-2019	8	2	8	8	8	19-dez-2019	8	5	5	5	7	19-dez-2019	8	8	8	8	8
20-dez-2019	8	2	8	8	8	20-dez-2019	8	5	5	5	7	20-dez-2019	8	8	8	8	8
21-dez-2019	8	2	8	8	8	21-dez-2019	8	5	5	5	7	21-dez-2019	8	8	8	8	8
22-dez-2019	8	2	8	8	8	22-dez-2019	8	5	5	5	7	22-dez-2019	8	8	8	8	8
23-dez-2019	8	2	8	8	8	23-dez-2019	8	5	5	5	7	23-dez-2019	8	8	8	8	8
24-dez-2019	8	2	8	8	8	24-dez-2019	8	5	5	5	7	24-dez-2019	8	8	8	8	8
25-dez-2019	8	2	8	8	8	25-dez-2019	8	5	5	5	7	25-dez-2019	8	8	8	8	8
26-dez-2019	8	2	8	8	8	26-dez-2019	8	5	5	5	7	26-dez-2019	8	8	8	8	8
27-dez-2019	8	2	8	8	8	27-dez-2019	8	5	5	5	7	27-dez-2019	8	8	8	8	8
28-dez-2019	8	2	8	8	8	28-dez-2019	8	5	5	5	7	28-dez-2019	8	8	8	8	8
29-dez-2019	8	2	8	8	8	29-dez-2019	8	5	5	5	7	29-dez-2019	8	8	8	8	8
30-dez-2019	8	2	8	8	8	30-dez-2019	8	5	5	5	7	30-dez-2019	8	8	8	8	8
31-dez-2019	8	2	8	8	8	31-dez-2019	8	5	5	5	7	31-dez-2019	8	8	8	8	8
01-jan-2020	8	2	8	8	8	01-jan-2020	8	5	5	5	7	01-jan-2020	8	8	8	8	8
02-jan-2020	8	2	8	8	8	02-jan-2020	8	5	5	5	7	02-jan-2020	8	8	8	8	8
03-jan-2020	8	2	8	8	8	03-jan-2020	8	5	5	5	7	03-jan-2020	8	8	8	8	8
04-jan-2020	8	2	8	8	8	04-jan-2020	8	5	5	5	7	04-jan-2020	8	8	8	8	8
05-jan-2020	8	2	8	8	8	05-jan-2020	8	5	5	5	7	05-jan-2020	8	8	8	8	8
06-jan-2020	8	2	8	8	8	06-jan-2020	8	5	5	5	7	06-jan-2020	8	8	8	8	8
07-jan-2020	8	2	8	8	8	07-jan-2020	8	5	5	5	7	07-jan-2020	8	8	8	8	8
08-jan-2020	8	2	8	8	8	08-jan-2020	8	5	5	5	7	08-jan-2020	8	8	8	8	8
09-jan-2020	8	2	8	8	8	09-jan-2020	8	5	5	5	7	09-jan-2020	8	8	8	8	8
10-jan-2020	8	2	8	8	8	10-jan-2020	8	5	5	5	7	10-jan-2020	8	8	8	8	8
11-jan-2020	8	2	8	8	8	11-jan-2020	8	5	5	5	7	11-jan-2020	8	8	8	8	8
12-jan-2020	8	2	8	8	8	12-jan-2020	8	5	5	5	7	12-jan-2020	8	8	8	8	8
13-jan-2020	8	2	8	8	8	13-jan-2020	8	5	5	5	7	13-jan-2020	8	8	8	8	8
14-jan-2020	8	2	8	8	8	14-jan-2020	8	5	5	5	7	14-jan-2020	8	8	8	8	8
15-jan-2020	8	2	8	8	8	15-jan-2020	8	5	5	5	7	15-jan-2020	8	8	8	8	8
16-jan-2020	8	2	8	8	8	16-jan-2020	8	5	5	5	7	16-jan-2020	8	8	8	8	8
17-jan-2020	8	2	8	8	8	17-jan-2020	8	5	5	5	7	17-jan-2020	8	8	8	8	8
18-jan-2020	8	2	8	8	8	18-jan-2020	8	5	5	5	7	18-jan-2020	8	8	8	8	8
19-jan-2020	8	2	8	8	8	19-jan-2020	8	5	5	5	7	19-jan-2020	8	8	8	8	8
20-jan-2020	8	2	8	8	8	20-jan-2020	8	5	5	5	7	20-jan-2020	8	8	8	8	8
21-jan-2020	8	2	8	8	8	21-jan-2020	8	5	5	5	7	21-jan-2020	8	8	8	8	8
22-jan-2020	8	2	8	8	8	22-jan-2020	8	5	5	5	7	22-jan-2020	8	8	8	8	8
23-jan-2020	8	2	8	8	8	23-jan-2020	8	5	5	5	7	23-jan-2020	8	8	8	8	8
24-jan-2020	8	2	8	8	8	24-jan-2020	8	5	5	5	7	24-jan-2020	8	8	8	8	8
25-jan-2020	8	2	8	8	8	25-jan-2020	8	5	5	5	7	25-jan-2020	8	8	8	8	8
26-jan-2020	8	2	8	8	8	26-jan-2020	8	5	5	5	7	26-jan-2020	8	8	8	8	8
27-jan-2020	8	2	8	8	8	27-jan-2020	8	5	5	5	7	27-jan-2020	8	8	8	8	8
28-jan-2020	8	2	8	8	8	28-jan-2020	8	5	5	5	7	28-jan-2020	8	8	8	8	8
29-jan-2020	8	2	8	8	8	29-jan-2020	8	5	5	5	7	29-jan-2020	8	8	8	8	8
30-jan-2020	8	2	8	8	8	30-jan-2020	8	5	5	5	7	30-jan-2020	8	8	8	8	8
31-jan-2020	8	2	8	8	8	31-jan-2020	8	5	5	5	7	31-jan-2020	8	8	8	8	8
01-fev-2020	8	2	8	8	8	01-fev-2020	8	5	5	5	7	01-fev-2020	8	8	8	8	8
02-fev-2020	8	2	8	8	8	02-fev-2020	8	5	5	5	7	02-fev-2020	8	8	8	8	8
03-fev-2020	8	2	8	8	8	03-fev-2020	8	5	5	5	7	03-fev-2020	8	8	8	8	8
04-fev-2020	8	2	8	8	8	04-fev-2020	8	5	5	5	7	04-fev-2020	8	8	8	8	8
05-fev-2020	8	2	8	8	8	05-fev-2020	8	5	5	5	7	05-fev-2020	8	8	8	8	8
06-fev-2020	8	2	8	8	8	06-fev-2020	8	5	5	5	7	06-fev-2020	8	8	8	8	8
07-fev-2020	8	2	8	8	8	07-fev-2020	8	5	5	5	7	07-fev-2020	8	8	8	8	8
08-fev-2020	8	2	8	8	8	08-fev-2020	8	5	5	5	7	08-fev-2020	8	8	8	8	8
09-fev-2020	8	2	8	8	8	09-fev-2020	8	5	5	5	7	09-fev-2020	8	8	8	8	8
10-fev-2020	8	2	8	8	8	10-fev-2020	8	5	5	5	7	10-fev-2020	8	8	8	8	8
11-fev-2020	8	2	8	8	8	11-fev-2020	8	5	5	5	7	11-fev-2020	8	8	8	8	8
12-fev-2020	8	2	8	8	8	12-fev-2020	8	5	5	5	7	12-fev-2020	8	8	8	8	8
13-fev-2020	8	2	8	8	8	13-fev-2020	8	5	5	5	7	13-fev-2020	8	8	8	8	8
14-fev-2020	8	2	8	8	8	14-fev-2020	8	5	5	5	7	14-fev-2020	8	8	8	8	8
15-fev-2020	8	2	8	8	8	15-fev-2020	8	5	5	5	7	15-fev-2020	8	8	8	8	8
16-fev-2020	8	2	8	8	8	16-fev-2020	8	5	5	5	7	16-fev-2020	8	8	8	8	8
17-fev-2020	8	2	8	8	8	17-fev-2020	8	5	5	5	7	17-fev-2020	8	8	8	8	8
18-fev-2020	8	2	8	8	8	18-fev-2020	8	5	5	5	7	18-fev-2020	8	8	8	8	8
19-fev-2020	8	2	8	8	8	19-fev-2020	8	5	5	5	7	19-fev-2020	8	8	8	8	8
20-fev-2020	8	2	8	8	8	20-fev-2020	8	5	5	5	7	20-fev-2020	8	8	8	8	8
21-fev-2020	8	2	8	8	8	21-fev-2020	8	5	5	5	7	21-fev-2020	8	8	8	8	8
22-fev-2020	8	2	8	8	8	22-fev-2020	8	5	5	5	7	22-fev-2020	8	8	8	8	8
23-fev-2020	8	2	8	8	8	23-fev-2020	8	5	5	5	7	23-fev-2020	8	8	8	8	8
24-fev-2020	8	2	8	8	8	24-fev-2020	8	5	5	5	7	24-fev-2020	8	8	8	8	8
25-fev-2020	8	2	8	8	8	25-fev-2020	8	5	5	5	7	25-fev-2020	8	8	8	8	8
26-fev-2020	8	2	8	8	8	26-fev-2020	8	5	5	5	7	26-fev-2020	8	8	8	8	8
27-fev-2020	8	2	8	8	8	27-fev-2020	8	5	5	5	7	27-fev-2020	8	8	8	8	8
28-fev-2020	8	2	8	8	8	28-fev-2020	8	5	5	5	7</						



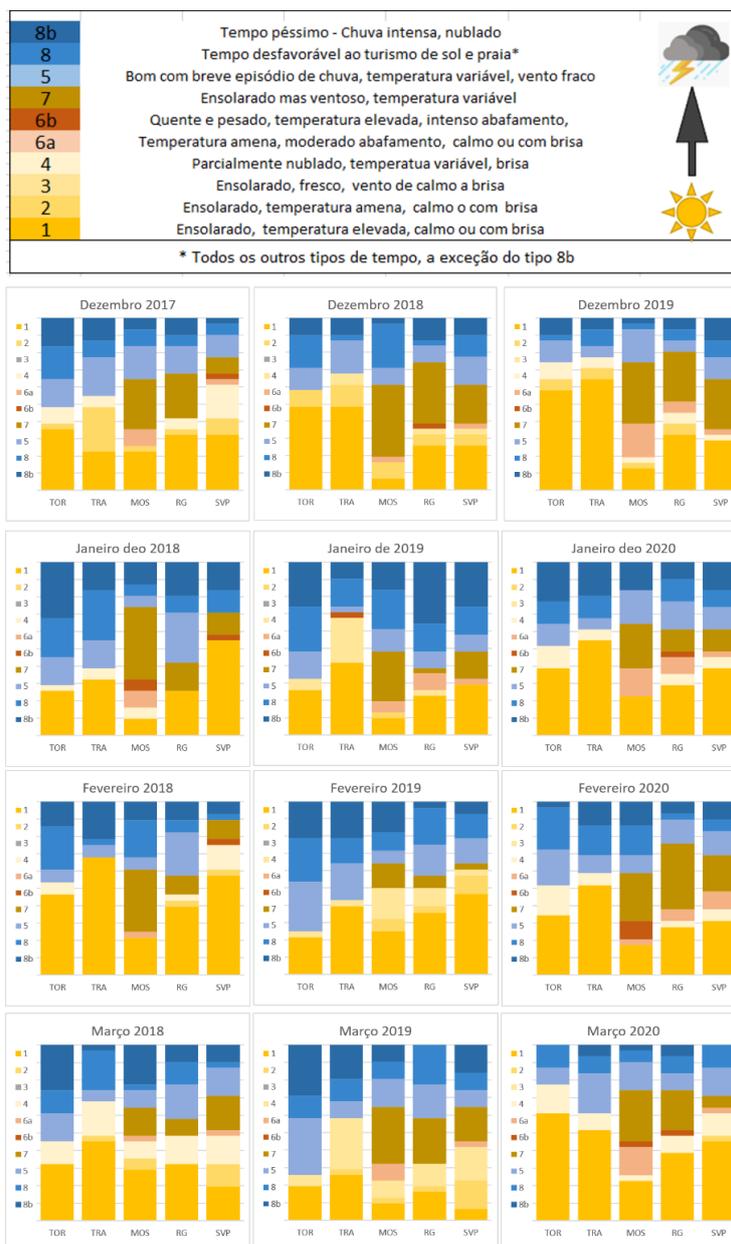
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A figura 4 sintetiza os tipos climáticos propostos por Bensancenot et al (1978) e a distribuição mensal destes, para os períodos analisados: tons em amarelo são os mais propícios ao turismo de sol e praia, tons avermelhados indicam abafamento, o tom areia indica muito vento e os tons em azul, presença menor ou maior de chuva no período.

Figura 4– Distribuição dos tipos de tempo diário para os cinco balneários.



Organização: Brandolt, 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Com base na classificação adotada, constata-se que em Torres e Tramandaí raramente ocorreu o tipo de tempo 7 (ensolarado com muito vento); já em Mostardas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar este tipo foi bem frequente. Em Mostardas, em todos os três anos analisados, esta tipologia foi a mais frequente para o período estival analisado. Já os tipos de tempo com ocorrência de precipitação (tipo 5, 8 e 8b), no geral, foram mais frequentes em Torres e Tramandaí.

Os três períodos se diferenciam na participação de cada tipo de tempo. No primeiro período houve muitos dias com alguma precipitação pluviométrica ao longo do litoral, no entanto, a frequência deste tipo de tempo diminui nas estações meteorológicas no litoral médio e sul. Nestas, apesar dos menores registros de precipitação, aumenta a frequência de dias em que é possível desfrutar do turismo de sol e praia com certo grau de desconforto, devido a presença de ventos moderados a fortes ou por sensações de abafamento oriundas da análise da tensão de vapor.

O segundo período apresenta distribuição semelhante ao primeiro, diferenciando-se na redução de dias com Tipo 1 em todas as estações, com maior expressão em Mostardas e Santa Vitória do Palmar. Neste período a tendência de quanto mais ao sul melhores as condições de praia se mantém devido a maior frequência de dias precipitação em Torres neste período. Nota-se aí, como valores totais médios mensais e sazonais podem ser enganadores, porque Santa Vitória do Palmar neste período teve precipitação 20% superior a sua média, chegando a valores similares ao do litoral norte no conjunto dos meses do verão. No entanto, esta precipitação ocorreu de forma concentrada em alguns dias. No dia 3 de janeiro de 2019, por exemplo, a precipitação foi de 80mm num só dia.

O terceiro período foi o que apresentou as melhores classificações dos tipos de tempo para as práticas de turismo de sol e praia. Além da baixa frequência dos dias com precipitação acima de 5mm, que favoreceram principalmente os municípios de Torres e Tramandaí, foi nítido o acréscimo de dias ventosos nas classificações dos municípios de Mostardas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar. Percebe-se que ainda com ventos moderados, o Tipo 7 apresenta limites com insolação acima de 9 horas por dia e tensão de vapor moderada, fatores ainda suportados para as práticas aqui analisadas.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

De acordo com a aplicação das metodologias selecionadas para compreender a dinâmica espacial e temporal dos elementos meteorológicos mais importantes para o desfrute do turismo de sol e praia, pode-se delimitar setores nos quais determinadas características se sobressaem às outras, como o fator da intensidade dos ventos. Esta variável não apresenta valores relevantes nas análises propostas para os municípios do litoral norte do estado, com certeza pela influência exercida pela escarpa do planalto arenito-basáltico que se estendem para sul até o município de Osório (mesma latitude de Tramandaí). Este cenário de transição entre um litoral aparentemente protegido pelo relevo (norte) apresenta marcada mudança de comportamento nos registros de vento no litoral médio (Mostardas), que apresenta maiores valores médios, como no litoral sul (importante determinante apesar de ventos menos expressivos que Mostardas). A maior frequência de ventos fortes, pode ser inferida dos extensos campos de dunas que se encontram no setor intermediário do litoral sulriograndense. A presença de extensa área plana da Laguna dos Patos a oeste, inclusive denominada “Mar de dentro” contribui para um comportamento do vento similar ao que se encontra no mar.

Nesta mesma perspectiva, entende-se ser de igual maneira importante a presença da escarpa na maior precipitação encontrada no litoral norte, principalmente na estação meteorológica de Torres. No que diz respeito às classificações de tipo de tempo diários, aqueles com precipitação ocorrem com maior frequência no litoral norte (Torres e Tramandaí) no período estival; podem também ocorrer com mesma frequência dos demais setores do litoral, porém dificilmente apresenta valores inferiores.

A análise dia a dia, empreendida neste trabalho, a partir do proposto por Bensancenot et al (1978) comprova que o conceito de tipo de tempo, que já foi tão caro aos geoclimatólogos, como já disseram Mendonça e Danni-Oliveira (2007), tem ainda muito a nos dizer, principalmente no que se refere a produzir diretrizes referentes aos padrões e configurações da atmosfera que se relacionem as atividades turísticas nos lugares.

A continuidade da pesquisa, conduz a uma análise temporal mais ampla destes dados diários, que abranja também anos caracterizados como de El Niño ou de La Niña. Também se pretende segmentar os períodos analisados quinzenalmente com o objetivo de verificar qual quinzena tem sido mais propícia em cada uma das localidades analisadas. A



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

realização de análise rítmica para estes mesmos períodos, conforme proposto por Monteiro e aplicada por Barbiéri (1981) tornariam o trabalho ainda mais completo. Por fim, estes estudos ainda poderiam ser complementados com um calendário climático turístico anual para as diferentes zonas no Litoral do Rio Grande do Sul.

5. Referências

BARBIÉRI, E. O fator climático nos sistemas territoriais de recreação. **Revista Brasileira de Geografia**, na.43, n2, p. 143-332, abr/jun, 1981.

BESANCENOT, Jean-Pierre, MOUNIER, J.; de LAVENNE, F. Les conditions climatiques du tourisme litoral. **Norois**, n. 99, 1978 pp. 357-382.

BESANCENOT, Jean-Pierre. **Climat et tourisme**. Paris: Masson, 1990.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Segmentação do Turismo: Marcos Conceituais**. Brasília: Ministério do Turismo, 2006. Disponível em <turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/>. Acesso em mar 2020.

INMET, 2016. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>. Acesso em 2019.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MATZARAKIS, Andreas. Weather- and Climate-Related Information for Tourism. **Tourism and Hospitality Planning & Development**, Vol. 3, No. 2, August 2006, p. 99–115.

MATZENAUER, Ronaldo; RADIN, Bernadete; ALMEIDA, Ivan Rodrigues de. (Ed.). **Atlas Climático: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio; Fundação Estadual de Pesquisa. Agropecuária (FEPAGRO), 2011.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MORENO, José Alberto. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

MOTA, Fernando Silveira da. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13, n.2, 1951. Rio de Janeiro, p. 275-284.

NASA Prediction of Worldwide Energy Resources. POWER Project Data Sets <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ROSSATO, M. S. Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, Tendências e Tipologia. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 253p, 2011.

SNYDER, Richard L. **Wton 1.01** - Converts Solar Radiation to Hours of Bright Sunshine. Version 1.01- Nov. 2001. UC Davis Biometeorology Group. Disponível em <<http://biomet.ucdavis.edu/biomet/Radiation/Wton.htm>. Acesso em abril 2020.

VIGNEAU, J.P. Un siècle de “Type de temps”- Epistemologie d’un concept ambigu. **Norois**, nº 191, 2004/2, p. 17-27.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

PERFORMANCE DAS SIMULAÇÕES DO CMIP6 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

CÁSSIA GABRIELE DIAS¹
MICHELLE SIMÕES REBOITA²

RESUMO

Este estudo avalia a destreza de 46 modelos do *Coupled Model Intercomparison Project - Phase 6* (CMIP6) em simular a precipitação e a temperatura do ar a 2 metros de altura na região da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) entre 1996 e 2014. As simulações foram comparadas com a análise da precipitação do *Global Precipitation Climatology Project Version 1.2* (GPCP) e com a temperatura da reanálise ERA5 do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*. A metodologia se baseia no cálculo de medidas estatísticas entre os dados do GPCP/ERA5 e simulados. As séries temporais sazonais das simulações mostram vieses muito próximos de zero, principalmente, para a variável temperatura do ar. Porém, em termos de variabilidade temporal, segundo o índice de concordância de Willmott, as simulações mostram menor destreza. Em geral, os modelos que apresentam melhor desempenho em representar o clima da BHSF são: BCC-CSM2-MR, CESM2-WACCM, MRI-ESM2-0, CMCC-CM2-SR5, E3SM-1-1, CESM2-FV2, CAMS-CSM1-0, TaiESM1, EC-Earth3-Veg e FIO-ESM-2-0.

Palavras-chave: CMIP6; Variáveis atmosféricas; Validação.

ABSTRACT

This study assesses the ability of 46 models from *Coupled Model Intercomparison Project - Phase 6* (CMIP6) in simulating precipitation and the air temperature at 2 meters height in the region of the San Francisco River (BHSF) Basin from 1996 to 2014. The simulations were compared with the precipitation analysis of the *Global Precipitation Climatology Project Version 1.2* (GPCP) and with the air temperature of the *European Center for Medium-Range Weather Forecasts ERA5* reanalysis. The methodology is based on the calculation of statistical measures between GPCP/ERA5 and simulated data. The seasonal time series of the simulations show biases closer to zero, mainly for the air temperature. However, in terms of temporal variability, the simulations show less skill, according to Willmott's concordance index. In general, the models with better performance in representing the BHSF climate are: BCC-CSM2-MR, CESM2-WACCM, MRI-ESM2-0, CMCC-CM2-SR5, E3SM-1-1, CESM2-FV2, CAMS-CSM1-0, TaiESM1, EC-Earth3-Veg and FIO-ESM-2-0.

Keywords: CMIP6; Atmospheric variables; Validation.

¹ Mestre, Universidade Federal de Itajubá, cassia_dias08@hotmail.com

² Professora Doutora, Universidade Federal de Itajubá, reboita@unifei.edu.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF) localiza-se em partes das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, estende-se por quase 2.900 km abrangendo mais de 500 municípios, o que constitui uma área de drenagem de 638.323 km² (cerca de 7,5% da área total do Brasil; MMA, 2006; SILVEIRA et al., 2016; CASTRO, PEREIRA, 2019; TORRES et al., 2020).

A BHSF se divide em quatro sub-bacias, que apresentam características distintas em relação ao clima, solo e vegetação (TORRES et al., 2020): (a) Alto São Francisco (cerca de 40% da área da BHSF), no sudoeste de Minas Gerais (MG), que abrange a nascente do rio na Serra da Canastra até os municípios de Pirapora e Montes Claros; (b) Médio São Francisco (39% da área da BHSF), que compreende o município de Pirapora até Remanso na barragem de Sobradinho, no interior da Bahia (BA); (c) Sub-médio São Francisco (17% da área da BHSF), de Remanso até Paulo Afonso (BA), constituindo-se na divisa natural entre BA e Pernambuco (PB), até alcançar o limite com Alagoas (AL); e (d) Baixo São Francisco (5% da área da BHSF), que corresponde ao trecho a partir do município de Paulo Afonso até a foz no oceano Atlântico, localizada entre os estados de AL e Sergipe (SE) (MMA, 2006; TORRES et al., 2020; CBHSF, 2021). De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF, 2021), a diversidade ambiental da BHSF é expressiva, abrangendo quatro biomas: a Caatinga, o Cerrado, frações de Mata Atlântica, além do ecossistema estuarino do rio.

As características climáticas na BHSF são diversificadas. No Alto São Francisco o clima é tropical semi-úmido e temperado em alguns locais, no Médio São Francisco o clima é tropical semi-árido, no Sub-Médio São Francisco o clima é semi-árido, e no Baixo São Francisco é tropical semi-úmido (CBHSF, 2021). De acordo com Pereira et al. (2007), a cabeceira da bacia apresenta maior precipitação média anual, que decresce em direção à foz até a divisa entre o Sub-médio e Baixo São Francisco, voltando a aumentar nas proximidades do litoral em decorrência da influência oceânica. Cerca de 54% do território da BHSF se localiza no Semi-árido, com registro de períodos críticos de estiagem, e desde 2013, essa bacia vem enfrentando condições hidrometeorológicas adversas, com vazões e precipitações abaixo da média, com consequências nos níveis de armazenamento dos reservatórios ali instalados (CBHSF, 2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A importância nacional da BHSF reside nos múltiplos usos das águas do rio, como abastecimento doméstico e industrial, dessedentação de animais, lazer, irrigação, piscicultura, geração de energia hidrelétrica, navegação (transporte), uso turístico e no projeto de integração (transposição das águas do rio São Francisco à várias bacias localizadas nos estados do Ceará, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte) (SILVEIRA et al., 2016; CASTRO, PEREIRA, 2019). De acordo com Silveira et al. (2016), mais de 330 mil hectares da BHSF são dedicados à agricultura intensa, representando cerca de 11% da agricultura irrigada total do Brasil e, a energia hidrelétrica gerada na bacia tem um potencial maior que 10.500 MW, o que atende cerca de 13 milhões de habitantes da região. Entre os principais reservatórios do rio São Francisco, para controle de sua vazão e/ou geração de energia hidrelétrica, estão as Três Marias (MG), Sobradinho (BA), Paulo Afonso (BA), Itaparica (BA) e Xingó (localizado entre os estados de AL e SE).

Devido à importância da BHSF para o suprimento de água e para diversas atividades econômicas é importante conhecer o sinal da tendência de projeções climáticas nesta região. Entretanto, qualquer estudo do clima futuro com modelos climáticos necessita de uma avaliação da performance desses modelos em simular o clima do período presente (também chamado de histórico). Como a modelagem numérica do clima é uma área que necessita de muitos recursos financeiros para a infraestrutura computacional, há projetos internacionais que criam protocolos e disponibilizam as simulações/projeções de Modelos Climáticos Globais (MCGs). O projeto mais relevante em âmbito internacional é o *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP), criado em setembro de 1995, com o objetivo de coordenar experimentos de MCGs, através da criação de protocolos, e disponibilizar as simulações/projeções num formato padronizado, o que facilita e viabiliza as análises de multi-modelos (EYRING et al., 2016). O CMIP está na sua sexta fase (CMIP6) e inclui mais de 40 MCGs até o momento.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é identificar os MCGs que melhor representam o clima presente da BHSF em termos de precipitação e temperatura do ar a 2 metros, a fim de utilizar as projeções do clima futuro desses modelos em estudos aplicados (energéticos, agrícolas etc.). A BHSF é integrante do projeto internacional “Análise da pressão hidrológica com base em Modelos Globais”, estabelecido entre Brasil e Suécia (CONFAP-WATER-JPI), do qual este estudo faz parte.

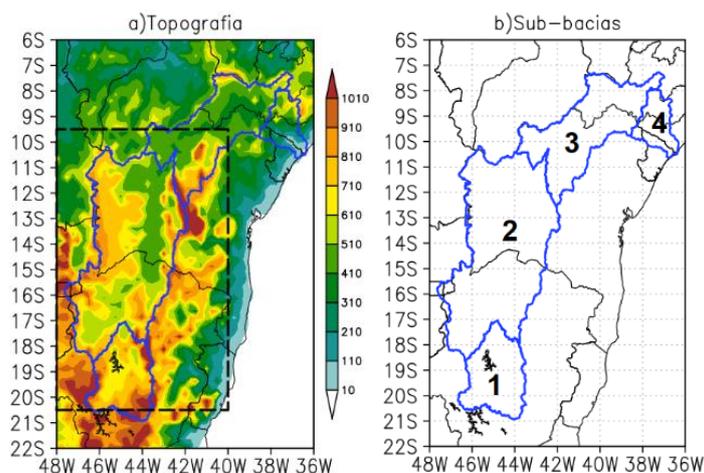


2. Metodologia

2.1 Identificação dos melhores modelos

São avaliadas para a BHSF (**Fig. 1**) as variáveis atmosféricas temperatura do ar a 2 metros de altura (T2m) e precipitação, de 46 MCGs (indicados nas **Figuras 2 e 3**) do CMIP6 (EYRING et al., 2016), no período de dezembro de 1996 a novembro de 2014. O domínio estudado compreende as longitudes de 48°O a 40°O e as latitudes de 21°S a 10°S (caixa tracejada em preto na **Fig. 1a**). As simulações/projeções do CMIP6 estão disponíveis gratuitamente aos usuários no website do *Earth System Grid Federation* (ESGF; <https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip6/>).

Figura 1 – a) Topografia da região da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHSF). O contorno em azul delimita a BHSF e a caixa preta tracejada a área usada para calcular as estatísticas. b) Sub-bacias: Alto (1), Médio (2), Sub-Médio (3) e Baixo (4) São Francisco.



A precipitação simulada é avaliada através de estatísticas comparativas com a análise do *Global Precipitation Climatology Project Version 1.2* (GPCP), com resolução horizontal de 1° (HUFFMAN et al., 2001). Já a T2m é comparada com a reanálise ERA5 do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), com resolução horizontal de 0,25° (HERSBACH et al., 2019). Em relação às estatísticas, para a região em estudo são calculadas as médias espaciais anuais e sazonais das simulações e GPCP/ERA5, sendo as estações do ano definidas como DJF (dezembro, janeiro e fevereiro), MAM (março, abril e maio), JJA (junho, julho e agosto) e SON (setembro, outubro e novembro). Com essas séries



temporais, calcularam-se o viés e o índice de concordância de Willmott (d). O viés é dado pela média climatológica simulada pelo modelo (S) menos a média climatológica do GPCP/ERA (O) (Eq.1). O índice d (WILLMOTT, ROBESON, MATSUURA; 2011), é calculado pela equação (2).

$$\text{Viés} = S - O \quad \text{Eq. 1}$$

$$d = 1 - \frac{\sum_1^N (S_i - O_i)^2}{\sum_1^N (|S_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \quad \text{Eq. 2}$$

$$r = \frac{\sum_1^N (O_i - O)(P_i - P)}{\sqrt{[\sum_1^N (P_i - P)^2 \sum_1^N (O_i - O)^2]}} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde N é o número de anos em estudo, S_i é o valor climatológico simulado; O_i é o valor climatológico do GPCP/ERA5. O índice d é uma medida que varia de 0 (nenhuma concordância) a 1 (concordância perfeita entre as séries temporais). As estatísticas são calculadas na área da caixa tracejada em preto mostrada na **Figura 1a**. Para facilitar a análise dos resultados, as estatísticas são apresentadas em *heatmaps* (**Figuras 2 e 3**).

2.2 Ensembles

Tendo em vista que trabalhar com dados de modelos exige grande capacidade computacional, também é objetivo deste estudo, construir um *ensemble* com 10 membros, baseado na identificação dos modelos com melhor performance em reproduzir o clima da região da BHSF, e comparar com o *ensemble* formado por todos os 46 modelos. Se o *ensemble* com 10 modelos possuir resultado similar ao do *ensemble* com mais membros, nos estudos para o clima futuro, pode-se economizar espaço em máquina e tempo de processamento através da utilização de apenas 10 membros. Nessa etapa do estudo, para ser possível a construção de mapas mostrando a diferença entre os *ensembles* e os dados do GPCP/ERA (viés) e o índice d, todos os conjuntos foram interpolados para uma grade regular de 1° de resolução horizontal com o método bi-linear.

Também são calculados o viés e o coeficiente de correlação espacial (r; Eq. 3) de ambos os *ensembles* com os dados do GPCP/ERA5. O coeficiente r mede o grau da correlação entre os valores das simulações com os observados. Pode assumir valores entre



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

-1 e 1, que indicam, respectivamente, perfeita anticorrelação e perfeita correlação, e zero indica que não há correlação entre as séries de dados (SILVEIRA et al., 2016). Hinkle et al. (2003) indica que os intervalos de correlação podem ser interpretados da seguinte forma: intervalo de 0,91 a 1,0 (-0,91 a -1,0) indica correlação positiva (negativa) muito alta; de 0,71 a 0,9 (-0,71 a -0,9) correlação positiva (negativa) alta; de 0,51 a 0,7 (-0,51 a -0,7) correlação positiva (negativa) moderada; de 0,31 a 0,5 (-0,31 a -0,5) correlação positiva (negativa) fraca e de 0,0 a 0,3 (0,0 a -0,3) representa correlação positiva (negativa) muito fraca.

3. Resultados e discussão

3.1 Análise estatística

De acordo com Flato et al. (2013), o viés aceitável em validação da T2m simulada é de até 2°C. No presente estudo, os modelos que apresentam vieses, em módulo, menores do que 2°C em períodos sazonais e anual são (**Fig. 2a**): ACCESS-CM2, BCC-CSM2-MR, BCC-ESM1, CESM2, CESM2-WACCM, CESM2-WACCM-FV2, CIESM, CMMCC-CM2-HR4, CMCC-CM2-SR5, E3SM-1-0, E3SM-1-1, E3SM-1-1-ECA, FGOALS-f3-L, FGOALS-g3, FIO-ESM-2-0, GISS-E2-1-G, GISS-E2-1-H, IPSL-CM6A-LR, KACE-1-0-G, MRI-ESM2-0, SAM0-UNICON e TaiESM1. Vale destacar que os vieses de JJA mostram que todos os modelos tendem a subestimar a T2m, exceto os modelos BCC-ESM1, KACE-1-0-G e MIROC6, que apresentaram as seguintes superestimativas, 1,21; 0,96 e 0,45 °C, respectivamente. Com relação aos períodos, o modelo que apresentou menor viés em °C para o verão foi o NorCPM1 (-0,01), para o outono o GISS-E2-1-H (-0,13), para o inverno o ACCESS-ESM1-5 (0,22), para a primavera o EC-Earth3-AerChem (0,09) e para o período anual o CESM2-WACCM-FV2 (-0,01). Já o índice d (**Fig. 2b**), estatística que é mais sensível às variações interanuais, mostra que nenhum modelo consegue representar com valores próximos a 1 em todas as estações do ano em estudo. No verão, o maior índice d ocorre no modelo FIO-ESM-2-0 (com 0,49), no outono no modelo CESM2-WACCM (com 0,55), no inverno no modelo BCC-CSM2-MR (com 0,49), na primavera no modelo CESM2 (com 0,60) e considerando o período anual no modelo GISS-E2-1-H (com 0,60). Em geral, de acordo com as duas estatísticas, os modelos que melhor reproduzem as características da T2m na BHSF são: BCC-CSM2-MR, CESM2, CESM2-WACCM, CIESM, CMCC-CM2-SR5, FIO-ESM-2-0, GISS-E2-1-G, GISS-E2-1-H, MRI-ESM2-0, SAM0-UNICON e TaiESM1.



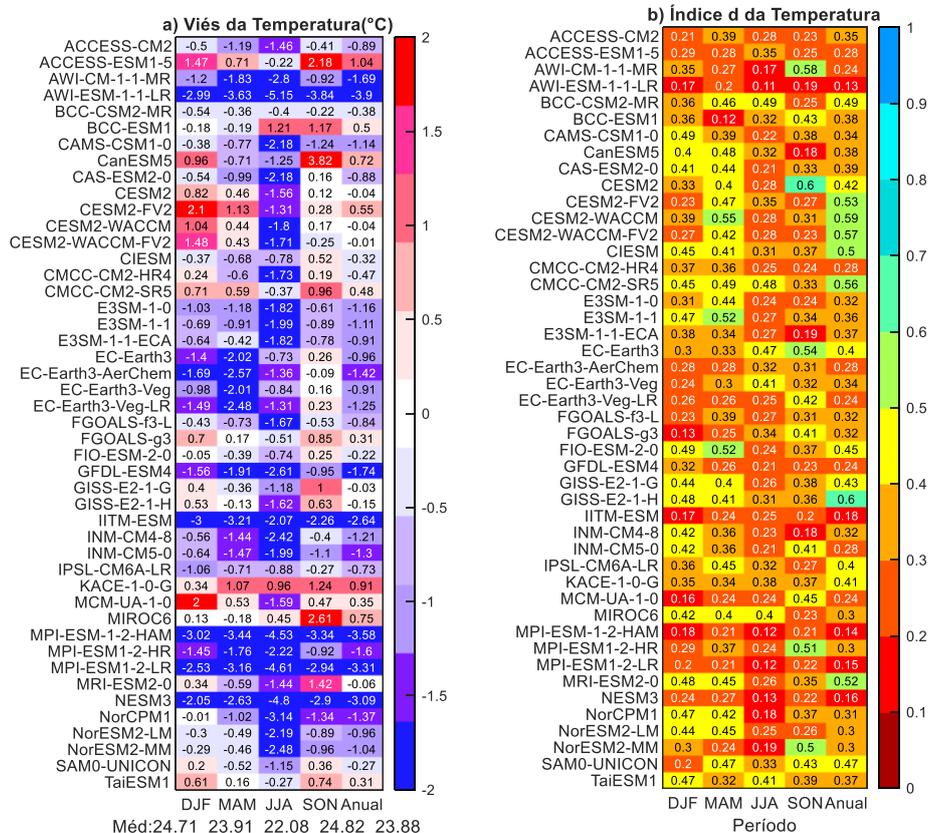
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Apesar de não serem encontrados na literatura trabalhos que validem os modelos do CMIP5 focando exatamente na BHSF, pelos trabalhos que incluem toda a América do Sul e/ou globo é possível fazer algumas comparações com os resultados obtidos aqui. Dufresne et al. (2013) analisaram o viés na climatologia da temperatura do ar média anual (período de 1961-1990) simulado pelos modelos IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR e IPSL-CM5B-LR do CMIP5. Os modelos IPSL-CM5A-LR e IPSL-CM5B-LR mostraram para a região em estudo subestimativas da ordem de -1,5 a 1,5°C e o IPSL-CM5A-MR vieses da ordem de -2,5 a 2,5°C. Já os modelos BCC-CSM1.1m e BCC-CSM1 do (CMIP5), analisados por Wu et al. (2019) para o período de 1986 a 2005 mostraram vieses da ordem de -2 a 3°C. Os modelos do CMIP6, comparados com o do CMIP5, possuem menor viés (em módulo) - (última coluna da **Fig. 2a**) - indicando uma melhor performance do projeto mais atual.

Figura 2 – a) Viés b) Índice de concordância de Willmott (d). Para a temperatura do ar a 2 metros (°C) da BHSF, período de 12/1996 a 11/2014, simulada e da ERA5.





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

De acordo com Giorgi e Mearns (1999), os valores aceitáveis de erro/viés nas simulações de precipitação de MCGs estão na faixa de 5 a 30%. Partindo desta premissa, no caso em estudo os valores limites de 30% da precipitação correspondem a $\pm 1,81$ mm/dia para o verão, $\pm 0,89$ para o outono, $\pm 0,10$ para o inverno, $\pm 0,95$ para a primavera e $\pm 0,93$ para o período anual. Desta forma, os modelos que melhor representam a climatologia da precipitação, de acordo com o viés (**Fig. 3a**) são: ACCESS-ESM1-5, CAMS-CSM1-0, CAS-ESM2-0 e NorESM2-MM. Já, por estação do ano, o modelo que apresenta menor viés em mm/dia no verão é o GISS-E2-1-G (0,01), no outono o ACCESS-ESM1-5 (-0,01), no inverno o CESM2-WACCCM (0), na primavera o MPI-ESM-1-2-HAM (0,03) e para o período anual o AWI-CM-1-1-MR (-0,01).

Em alguns casos, embora os modelos não apresentem vieses próximos a zero, o índice d (**Fig. 3b**) mostra boa performance, o que indica que o modelo consegue representar melhor a variação interanual do que a média climatológica, como é o caso dos modelos EC-Earth3-Veg-LR e MPI-ESM1-2-LR. Portanto, considerando as duas estatísticas, de forma geral, os modelos indicados para o estudo da precipitação são: ACCESS-ESM1-5, BCC-CSM2-MR, CAMS-CSM1-0, CESM2-FV2, CESM2-WACCCM, E3SM-1-0, E3SM-1-1, EC-Earth3-Veg, EC-Earth3-Veg-LR, FGOALS-g3, MPI-ESM1-2-LR, MRI-ESM2-0 e TaiESM1.

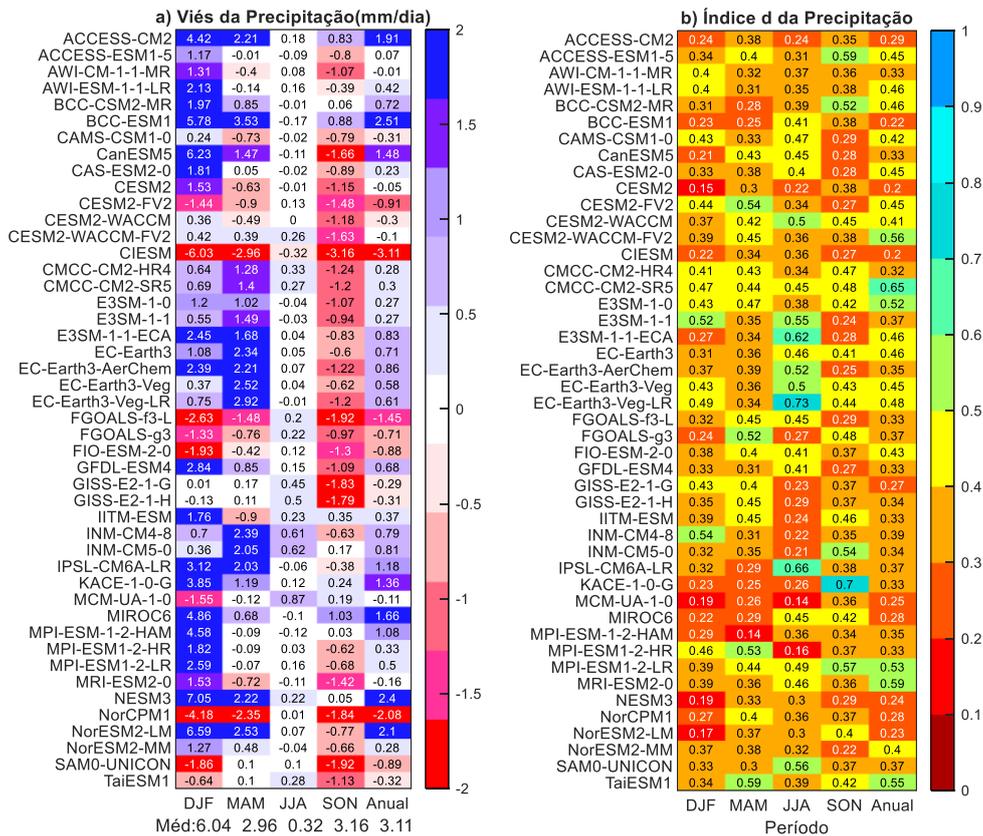


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 3 – a) Viés b) Índice de concordância de Willmott (d). Para a precipitação (mm/dia) da BHSF, período de 12/1996 a 11/2014, simulada e do GPCP.



Wu et al. (2019) também analisaram a precipitação para o período anual. Os modelos BCC-CSM1 e BCC-CSM1.1m (CMIP5) mostraram vieses da ordem de -1,5 a 4 mm/dia. Assim como para a T2m, a precipitação simulada pelos modelos do CMIP6, comparados com a do CMIP5 (analisada por Wu et. al. 2019), possuem vieses menores (em módulo), (última coluna da Fig. 3a), confirmando que o projeto mais atual apresenta uma melhor performance.

3.2 Análise da média e do viés climatológico da temperatura do ar a 2 metros

Antes de avaliar o viés dos ensembles dos 10-CMIP6-MCGs e dos 46-CMIP6-MCGs, é analisado o padrão climatológico dos mesmos, a fim de verificar qual dos ensembles mais se aproxima ao padrão espacial dos dados do GPCP/ERA5. Na Figura 4, ambos os



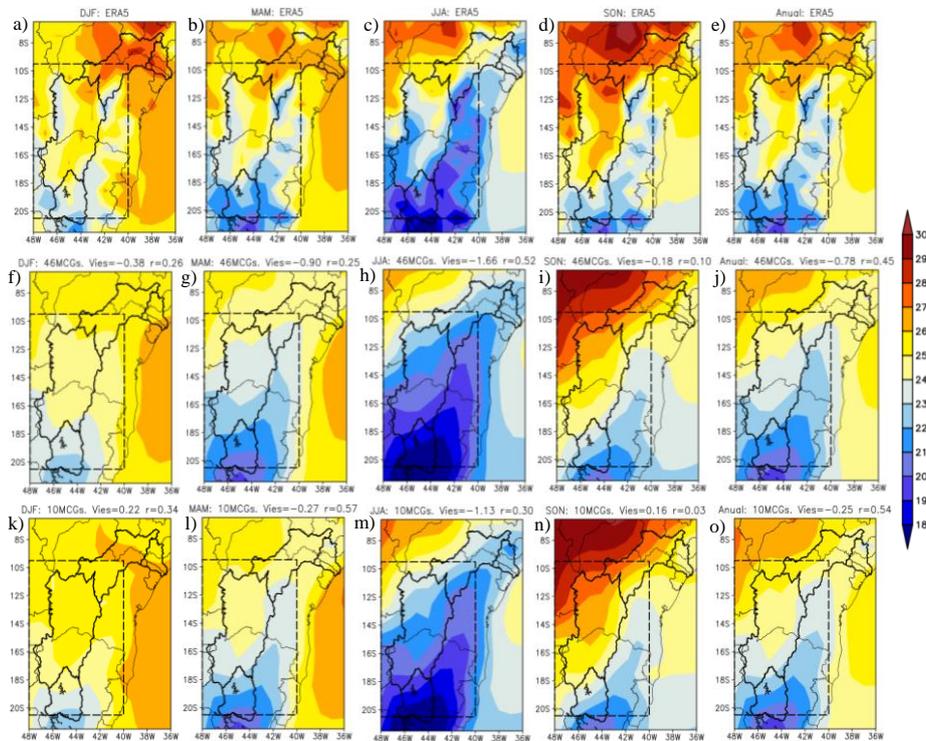
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ensembles para a T2m mostram padrão similar ao da ERA5, mas, em geral, o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs tem uma performance ligeiramente melhor em todas as estações do ano.

Figura 4 – Climatologia sazonal e anual da T2m (°C), período de 12/1996 a 11/2014. A linha 1 representa a reanálise ERA5: a) DJF, b) MAM, c) JJA, d) SON e e) anual. A segunda linha o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs: f) DJF, g) MAM, h) JJA, i) SON e j) anual, e a terceira linha o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs: k) DJF, l) MAM, m) JJA, n) SON e o) anual. A BHSF está delimitada pela linha preta em negrito. A caixa tracejada em preto é o domínio utilizado para calcular as estatísticas: viés e índice r.



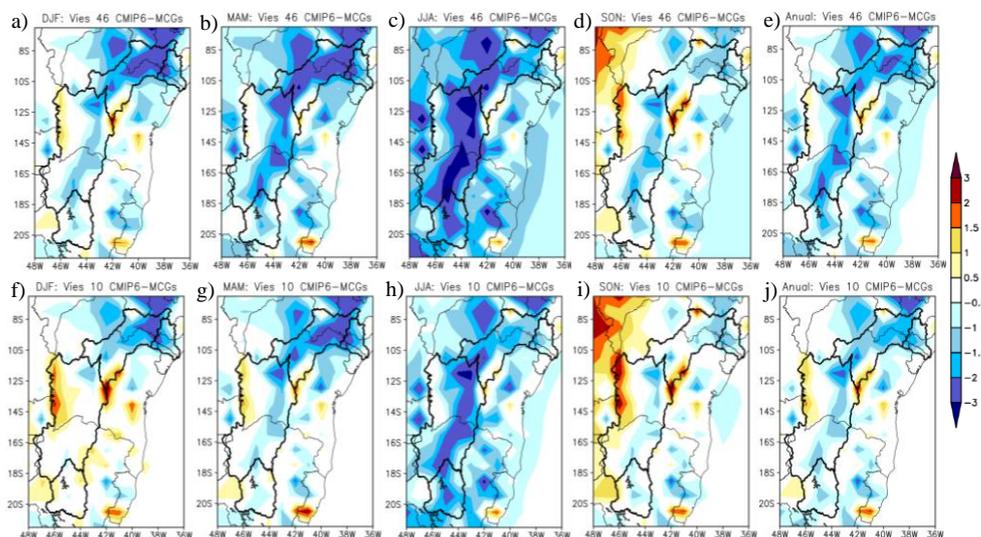
O coeficiente de correlação r (que se encontra junto a cada título na **Figura 4**), obtido para o domínio delimitado pela caixa preta tracejada (mesmo domínio usado para as estatísticas da seção 3.1), mostra que, de acordo com as faixas de correlação sugeridas por Hinkle et al. (2003), o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs possui correlação muito fraca para os períodos de DJF ($r=0,26$; **Fig. 4f**), MAM ($r=0,25$; **Fig. 4g**) e SON ($r=0,10$; **Fig. 4i**), moderada em JJA ($r=0,52$; **Fig. 4h**) e fraca no período anual ($r=0,45$; **Fig. 4j**). Já o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs possui correlação fraca para DJF ($r=0,34$ **Fig. 4k**), moderada para MAM ($r=0,57$; **Fig. 4l**), muito fraca para JJA ($r=0,30$; **Fig. 4m**) e SON ($r=0,03$; **Fig. 4n**), e moderada



para o período anual ($r=0,54$; **Fig. 4o**). O viés calculado para a área da caixinha tracejada preta (também escrito junto de cada título da **Figura 4**) é menor em todos os períodos para o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs. Portanto, essas estatísticas indicam uma performance ligeiramente melhor do *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs.

Os vieses da T2m do *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs (**Figuras 5f-j**) apesar de apresentarem o mesmo padrão dos vieses do *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs (**Figuras 5a-e**), mostram-se mais reduzidos na BHSF (região delimitada pelo contorno em negrito), o que indica uma melhor performance para a área em estudo. Vale destacar que em grande parte dessa área, o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs (**Fig. 5j**) apresentam vieses entre $-0,5$ e $0,5^{\circ}\text{C}$, mostrando que esta seleção de MCGs consegue representar ainda melhor a temperatura do que um modelo individual ou o *ensemble* dos 46 MCGs do CMIP6.

Figura 5 – Viés sazonal e anual da T2m ($^{\circ}\text{C}$) para o período de 12/1996 a 11/2014. A primeira linha representa o viés do *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs e a segunda linha o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs. A BHSF está delimitada pela linha preta em negrito.



3.3 Análise da média e do viés climatológico da precipitação

Na **Figura 6** verifica-se que ambos os *ensembles* representam a climatologia da precipitação com padrão similar. Em DJF, os *ensembles* (**Fig. 6f,k**) superestimam a precipitação principalmente na região do Sub-médio e Médio São Francisco, porém o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs (**Fig. 6k**) mostra menores subestimas e viés menor em 1,11



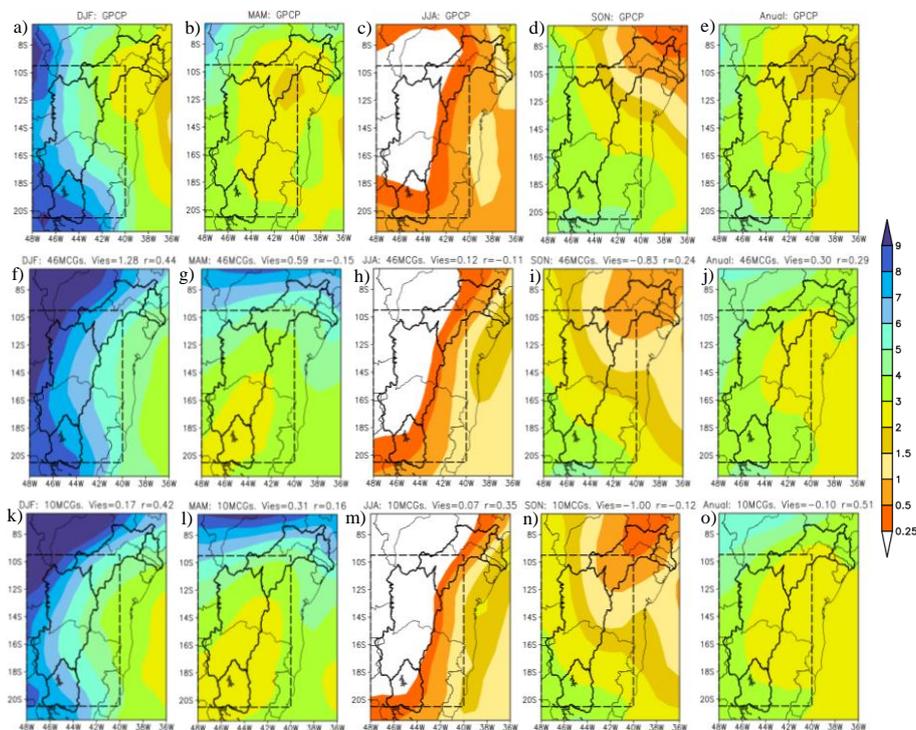
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mm/dia comparado ao *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs (**Fig. 6f**), confirmando sua melhor performance. Em MAM os *ensembles* (**Fig. 6g,i**) não conseguem representar o mesmo padrão do GPCP, superestimando a precipitação na região norte do domínio. Em JJA ambos os *ensembles* (**Fig. 6h**) mostram padrão e intensidade de precipitação similar, apresentando boa performance para o domínio em estudo. Em SON os *ensembles* (**Fig. 6i,n**) apresentam subestimativas de ~ 1 mm/dia para quase toda a região se comparado ao GPCP (**Fig. 6d**). Já no período anual ambos os *ensembles* (**Fig. 6j,o**) têm subestimativas no setor sudoeste em ~ 1 mm/dia e superestimativas no nordeste da região em 1 mm/dia. Por outro lado, os *ensembles* apresentam padrão similar ao GPCP e ao resultado encontrado por Flato et al. (2013), utilizando os modelos do CMIP5 para o período de 1980 a 2005.

Figura 6 – Climatologia sazonal e anual da precipitação (mm/dia) para o período de 12/1996 a 11/2014. A linha 1 representa a análise do GPCP: a) DJF, b) MAM, c) JJA, d) SON e e) anual. A segunda linha o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs: f) DJF, g) MAM, h) JJA, i) SON e j) anual, e a terceira linha o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs: k) DJF, l) MAM, m) JJA, n) SON e o) anual. A BHSF está delimitada pela linha preta em negrito. A caixa tracejada em preto é o domínio utilizado para calcular as estatísticas: viés e índice r.





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os valores de correlação (r ; escritos junto aos títulos da **Fig. 6**) foram calculados no domínio delimitado pela caixa tracejada em preto, para o *ensemble* dos 10 e dos 46-CMIP6-MCGs. Seguindo os intervalos definidos por Hinkle et al. (2003), tem-se que em DJF a correlação em ambos os *ensembles* ($r=0,44$; **Fig. 6f** e $r=0,42$; **Fig. 6k**) para a região é fraca. Em MAM a correlação de ambos os *ensembles* é muito fraca $r=-0,15$; **Fig. 6g** e $r=0,16$; **Fig. 6l**). Em JJA a correlação é muito fraca para o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs ($r=-0,11$; **Fig. 6h**) e fraca para o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs ($r=0,35$; **Fig. 6m**). Em SON a correlação é muito fraca para ambos os *ensembles* ($r=0,24$; **Fig. 6i** e $r=-0,12$; **Fig. 6n**). E, por fim, no período anual a correlação é muito fraca para o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs ($r=0,29$; **Fig. 6j**) e moderada para o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs ($r=0,51$; **Fig. 6o**). Estes resultados sugerem que o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs apresentou melhor performance para a região do que o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs.

O viés da precipitação (**Fig.7**) mostra que os *ensembles* têm padrões similares em todas as estações do ano, entretanto para DJF o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs (**Fig.7f**) apresenta menor viés no extremo norte do Estado de MG e BA e uma área maior de subestimativa de precipitação (de $-0,5$ a -1 mm/dia) a sudeste do estado de MG se comparado ao *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs (**Fig. 7a**). Em MAM o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs (**Fig. 7g**) mostra menores valores de vieses na região nordeste de MG e sul da BA, do que o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs (**Fig. 7b**), mas há uma área pouco maior de subestimativas entre $-0,25$ e -1 mm/dia a sudoeste de MG e superestimava de até 1 mm/dia maior do que o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs (**Fig. 7b**) no centro do Estado do Piauí (PI). Em JJA ambos os *ensembles* (**Fig. 7c** e **7h**) mostram vieses próximos a zero em toda a região, exceto no estado do Espírito Santo (ES) onde os vieses são da ordem de $0,5$ a 1 mm/dia. Em SON ambos os *ensembles* (**Fig. 7d** e **7i**) subestimam a precipitação entre $-0,5$ e -2 mm/dia em uma faixa que se estende de noroeste a sudeste da região em estudo. Já no período anual, o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs (**Fig. 7j**) mostra subestimativas para toda MG enquanto o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs (**Fig. 7e**) apenas para a região sudoeste de MG. Já na área central do Estado da BA o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs (**Fig. 7j**) apresentou menores vieses ($-0,25$ a $0,25$ mm/dia).

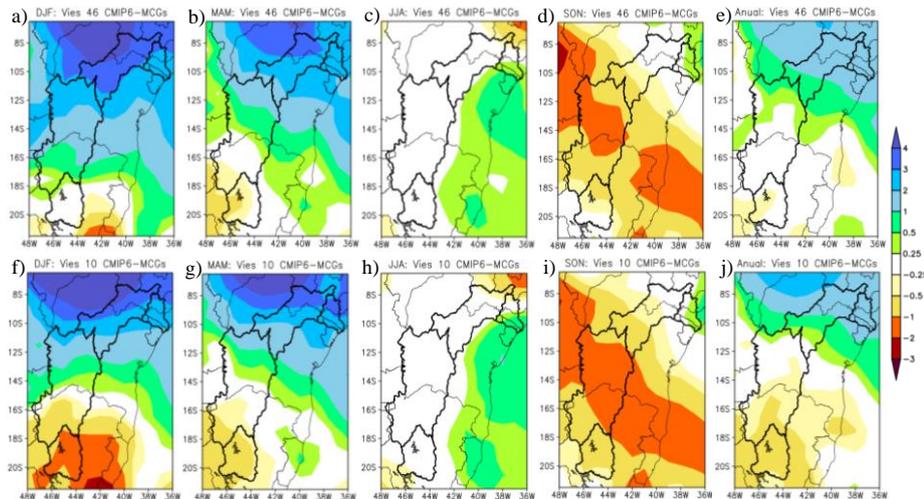


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 7 – Viés sazonal e anual da precipitação (mm/dia) para o período de 12/1996 a 11/2014. A primeira linha representa o viés do *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs: a) DJF, b) MAM, c) JJA, d) SON e e) anual, e a segunda linha o viés do *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs: f) DJF, g) MAM, h) JJA, i) SON e j) anual. A BHSF está delimitada pela linha preta em negrito.



Gulizia e Camilloni (2015) analisam o *ensemble* da precipitação de 19 MCGs do CMIP5, entre 1960-1999, para DJF, JJA e período anual. Em DJF, os resultados obtidos pelos autores apresentam um padrão similar a ambos *ensembles* do atual estudo (Fig. 7a,f), mas apresentam erros maiores, na região Nordeste do Brasil chega a mais e 250%. Já para JJA o CMIP5 indica superestimativas de até 300% da precipitação observada, mostrando que os *ensembles* do CMIP6 (Fig. 7c,h) representam mais realisticamente o clima para este período, com vieses menores. Na média espacial, o viés para o *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs é de 0,12 mm/dia, enquanto o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs é de 0,07 mm/dia. Para o período anual, o *ensemble* do CMIP5 mostra padrão similar ao resultado obtido pelos *ensembles* deste estudo, entretanto, seus vieses chegam a erros de até 125% para o norte da região Nordeste do Brasil, mostrando que o CMIP6 apresenta melhor destreza para a região, onde seus vieses não ultrapassam os 3 mm/dia para esta região. Guimarães et al. (2013) analisaram na região nordeste brasileira, a precipitação do *ensemble* dos modelos CESM1-CAM5, CESM1-BCG, CCSM4, HadGEM2-AO, HadGEM2-CC, HadGEM2-ES, NorESM1-M, NorESM1-ME, GFDLESM2G, BNU-ESM, CanESM2, MIROC-ESM e MIROC-ESM-CHEM, no período de 1985 a 2005. Para DJF, os resultados mostram vieses de -4 a 3 mm/dia, em MAM de -3 a mais de 4 mm/dia, em JJA subestimativas de até -2 mm/dia e em SON subestimativas de até



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

-3,5 mm/dia. Isso mostra que o CMIP6 apresenta vieses menores, entre -2 e 4 mm/dia para DJF, -1 e 4 mm/dia para MAM, -0,5 e 1 mm/dia para JJA, -2 a 0,5 mm/dia para SON. Já com relação ao resultado do CMIP5 (25 modelos; de 1850 a 2005) do estudo de Tian e Dong (2020), os autores analisaram apenas o viés médio anual da precipitação climatológica. O CMIP5 apresentou vieses na faixa de -0,5 a 2 mm/dia. No estudo atual, o viés do *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs (**Fig. 7e**) também é nesta mesma faixa, mas apresenta uma grande área com vieses de -0,25 a 0,25 mm/dia, onde o CMIP5 apresentou valores de 1 a 1,5 mm/dia. Para o *ensemble* dos 10-CMIP6-MCGs (**Fig. 7j**), o viés é de -1 a 3 mm/dia, mas há uma grande área com vieses de -0,5 a 0,5 mm/dia, onde o CMIP5 apresentou valores de 1 a 1,5 mm/dia. Portanto, na comparação do CMIP6 com o CMIP5, é possível inferir que o viés na BHSF é menor no CMIP6 e, portanto, que esse tem melhor performance em simular o clima da região.

4. Considerações finais

Neste estudo analisou-se estatisticamente a performance de 46 simulações de GCMs do CMIP6, no período de dezembro de 1996 a novembro de 2014, em reproduzir a climatologia da precipitação e temperatura do ar na BHSF. Em geral, os valores do índice d não apresentaram resultados tão próximos de 1, mostrando que os modelos têm menor habilidade em representar as variações interanuais. Com relação à T2m, os modelos que apresentam melhor desempenho são: BCC-CSM2-MR, CESM2, CESM2-WACCM, CIESM, CMCC-CM2-SR5, FIO-ESM-2-0, GISS-E2-1-G, GISS-E2-1-G, MRI-ESM2-0, SAM0-UNICON e TaiESM1. Já com relação à precipitação, os modelos com melhor desempenho são: ACCESS-ESM1-5, BCC-CSM2-MR, CAMS-CSM1-0, CESM2-FV2, CESM2-WACCM, E3SM-1-0, E3SM-1-1, EC-Earth3-Veg, EC-Earth3-Veg-LR, FGOALS-g3, MPI-ESM1-2-LR e MRI-ESM2-0 e TaiESM1.

Diante dos resultados do viés e do índice de Willmott, conclui-se que os modelos que melhor representam a T2m, nem sempre são os que melhor representam a precipitação, exceto pelos modelos BCC-CSM2-MR, CESM2-WACCM, MRI-ESM2-0 e TaiESM1, que mostram boa performance para ambas as variáveis. Levando em consideração ambas as estatísticas e com base nos resultados obtidos pelos *ensembles*, para estudos futuros que englobarão as duas variáveis recomenda-se o *ensemble* com os 10 modelos: BCC-CSM2-



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MR, CESM2-WACCM, MRI-ESM2-0, CMCC-CM2-SR5, E3SM-1-1, CESM2-FV2, CAMS-CSM1-0, TaiESM1, EC-Earth3-Veg e FIO-ESM-2-0. Esses conseguiram melhorar a performance das variáveis climáticas para a região em estudo, se comparado ao *ensemble* dos 46-CMIP6-MCGs.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CMIP6, ESGF, ECMWF e GPCP pelos dados utilizados neste estudo e ao CNPq e FAPEMIG (CONFAP-Water-JPI) pelo apoio financeiro.

6. Referências

CASTRO, C.N.de; PEREIRA, C.N. **Revitalização da Bacia hidrográfica do rio São Francisco histórico, diagnóstico e desafios**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea. 372 p., 2019. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9351/1/Revitalizacao%20da%20bacia%20hidrografica%20do%20rio%20s%C3%A3o%20francisco.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CBHSF- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **A Bacia**. Disponível em: <<https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>>. Acesso em: 09 mar. 2021.

DUFRESNE, J.L.; FOUJOLS, M.A.; DENVIL, S.; et al. Climate change projections using the IPSL-CM5 Earth System Model: from CMIP3 to CMIP5. **Climate Dynamics**, v.40, p. 2123-2165, 2013.

EYRING, V.; BONY, S.; MEEHL, G.A.; SENIOR, C.A.; STEVENS, B.; STOUFFER, R.J.; TAYLOR, K.E. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization, **Geoscientific Model Development**, v.9, p. 1937-1958, 2016.

FLATO, G.; et al. Evaluation of Climate Models. In: Climate Change. (2013). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

GIORGI, F.; MEARNS, L.O. Introduction to special section: regional climate modeling revisited. **Journal of Geophysical Research**, v.104, n. D6, p. 6335-6352, 1999.

GULIZIA, C.; CAMILLONI, I. Comparative analysis of the ability of a set of CMIP3 and CMIP5 global climate models to represent precipitation in South America. **International Journal of Climatology**, v.35, n.4, p. 583-595, 2014.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

GUIMARÃES, S.O.; COSTA, A.A.; SALES, D.C.; VASCONVELOS JÚNIOR, F.das.C. Projeções de precipitação dos modelos do CMIP5 para o cenário RCP8.5 sobre o nordeste brasileiro. **Revista Ciência e Natura**. Ed. Especial. p. 573-576, 2013.

HERSBACH, H.; BELL, B.; BERRISFORD, P.; et al. ERA5 monthly averaged data on single levels from 1979 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.24381/cds.f17050d7>. Acesso em: 03 jan 2021.

HINKLE, D.E.; WIERSMA, W.; JURIS, S. G. Applied Statistics for the Behavioral Sciences. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin, 756 p., 2003.

HUFFMAN, G. J.; ADLER, R.F.; MORRISSEY, M. M.; BOLVIN, D. T.; CURTIS, S.; JOYCE, R.; MCGAVOCK, B.; SUSSKIND, J. Global Precipitation at One-Degree Daily Resolution from Multisatellite Observations. **Journal of Hydrometeorology**, v.2, p. 36-50, 2001.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da região hidrográfica do São Francisco**. Brasília: MMA. 148 p., 2006. Disponível em: https://www.creasp.org.br/biblioteca/wp-content/uploads/2012/11/161_publicacao03032011023538.pdf. Acesso em: 09 mar. 2021.

PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.da.; et al. Estudo do Comportamento Hidrológico do rio São Francisco e seus Principais Afluentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.6, p. 615-622, 2007.

SILVEIRA, C.da.S.; SOUZA FILHO, F.de.A.de; MARTINS, E.S.P.R.; et al. Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: Uma análise para precipitação e temperatura. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.21, n.2, p. 416-428, 2016.

TIAN, B.; DONG, X. The Double-ITCZ Bias in CMIP3, CMIP5, and CMIP6 Models Based on Annual Mean Precipitation. **Geophysical Research Letters**, v.47, p. 1-11, 2020.

TORRES, F.L.R.; FERREIRA, G.W.S.; KUKI, C.A.A.; VASCONCELLOS, B.T.C.; FREITAS, A.A.; SILVA, P.N.; SOUZA, C.A.; REBOITA, M.S. Validação de diferentes bases de dados de precipitação nas Bacias Hidrográficas do Sapucaí e São Francisco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.27, n.16, p. 368-404, 2020.

WILLMOTT, C. J.; ROBESON, S. M.; MATSUURA, K. A refined index of model performance. **International Journal of Climatology**, v.32, n.13, p. 2088-2094, 2011.

WU, T.; LU, Y.; FANG, Y.; et al. The Beijing Climate Center Climate System Model (BCC-CSM): the main progress from CMIP5 to CMIP6. **Geoscientific Model Development**, v.12, n.4, p. 1573-1600, 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CLASSIFICAÇÃO DOS EVENTOS DE ONDA DE FRIO EM SANTA CATARINA

MAIKON PASSOS AMILTON ALVES¹
RAFAEL BRITO SILVEIRA²
JOÃO AFONSO ZAVATTINI³

RESUMO

Os extremos de temperatura geram repercussões notáveis em diferentes locais da Terra e em distintos setores da sociedade, tais quais: saúde pública, agropecuária, setor energético, turismo, entre outros. No Brasil, a região Sul é aquela mais acometida pelas ondas de frio (OdF), obviamente, por sua posição subtropical e por alguns fatores geográficos, especialmente pelo relevo e suas altitudes consideráveis. Nesta ótica, o estado de Santa Catarina (SC) é um dos mais afetados no país e, de forma sabida, apresenta anualmente eventos de frio rigorosos para os padrões brasileiros. O objetivo da presente pesquisa foi o de propor uma classificação das OdF em SC a partir de suas intensidades. O método utilizado identificou as OdF com base em limites diários considerando o percentil 10 ($p10$) da temperatura mínima do ar absoluta, centrado numa janela de 15 dias (sete dias antes, o dia em questão e os sete dias posteriores). Os limiares mais extremos de intensidade usados para classificar as OdF foram verificados nos setores mais frios do estado, como em São Joaquim, Caçador e Major Vieira. Contrariamente, os setores costeiros de Florianópolis e Itajaí exibiram os limiares menos rigorosos. Tais aspectos estão diretamente atrelados aos fatores geográficos altitude e maritimidade.

Palavras-chave: Extremo de temperatura; Percentil; Classificação.

ABSTRACT

Temperature extremes generate notable repercussions in different places on Earth and in different sectors of society, such as: public health, agriculture, livestock, energy sector, tourism, among others. In Brazil, the South is the region most affected by cold waves (OdF), obviously, due to its subtropical position and some geographical factors, especially the relief and its considerable altitudes. In this sense, the state of Santa Catarina is one of the most affected in the country and, as is well known, annually presents rigorous cold events by Brazilian standards. The objective of this research was to propose a classification of OdF in SC based on their intensities. The method used identified the OdF based on daily limits considering the 10th percentile ($p10$) of the minimum absolute air temperature, centered on a 15-day window (seven days before, the day in question and the seven days after). The most extreme thresholds of intensity used to classify the OdF were found in the coldest sectors of the state, as in São Joaquim, Caçador and Major Vieira. In contrast, the coastal sectors of Florianópolis and Itajaí exhibited less stringent thresholds. Such aspects are directly linked to the geographical factors of altitude and maritimity.

¹ Doutor em Geografia, Laboratório de Climatologia Aplicada da UFSC, maiconpassos@gmail.com

² Doutor em Geografia, Laboratório de Climatologia Aplicada da UFSC, rafaelbsilveirageo@gmail.com

³ Livre Docente em Climatologia, PPGG / UFSC (Florianópolis), zavattini@hotmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Extreme temperature; Percentile; Classification.

1. Introdução

Com a crescente percepção das mudanças climáticas globais e com a maior consciência das populações aos desastres relacionados ao clima, especialmente concernentes aos extremos de temperatura como as ondas de frio (OdF) e as ondas de calor (OdC), passou-se a se preocupar mais com os efeitos adversos em importantes setores da sociedade, como na saúde (e.g. Carson et al., 2006; Murara et al., 2010; Gasparrini et al., 2015; Silveira et al., 2018; Silveira, 2020) e na agricultura (e.g. SEZERINO, 1982; SELUCHI, MARENGO, 2000; MENDONÇA, ROMERO, 2012; BARBOSA, SANTOS, 2014; ALVES, 2020).

As OdF ocorrem em diversos locais do planeta Terra, no entanto, o frio é mais frequente nas áreas extratropicais. Entretanto, por vezes, assim como em 2010 na América do Sul (AS), as OdF podem ser capazes de alcançar latitudes baixíssimas, arrefecendo em mais de 10°C a temperatura de regiões de clima equatorial (MENDONÇA; ROMERO, 2012). Lu et al. (2015), a nível global, ao mapearem o risco de uma população ser afetada por uma OdF, evidenciam que o Brasil está entre os principais países, atrás somente da China, Índia, Estados Unidos, Rússia, Paquistão e Bangladesh.

Passando para uma análise climática regional, evidencia-se que os eventos de OdF são relativamente frequentes em Santa Catarina (SC) e, não ocasionalmente, acarretam uma série de transtornos à sociedade catarinense (ALVES, 2020). Um exemplo a ser citado é a OdF de julho de 2000, um evento consideravelmente intenso e duradouro, que se estendeu entre os dias 12 e 20 do mês mencionado. No período em questão, os sistemas polares atuaram de maneira enfática, com o avanço da massa polar atlântica (mPa) evidente. Não por acaso, nos nove dias de atuação da referida OdF, registraram-se recordes de temperatura mínimas em diversos municípios de SC, além de casos de geadas em todas as regiões catarinenses e ocorrência de neve em algumas localidades.

De forma similar, há como citar a intensa e abrangente OdF registrada em julho de 2013, especificamente, entre os dias 22 e 26 de julho. Tal OdF atuou sobre o continente sulamericano ocasionando neve em vários municípios da região Sul. Em SC a neve foi



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

registrada em 126 municípios, aproximadamente 64% de todos os municípios do estado (FERNANDES et al., 2016).

Para a região subtropical da América do Sul, em especial, Santa Catarina, é durante o inverno que se sucedem, via-de-regra, as massas de ar polar de maior rigorosidade (PEZZA, AMBRIZZI, 2005; ESCOBAR, 2007; MENDONÇA, ROMERO, 2012; ALVES, 2020). Contudo, apesar da constância e intensidade da mPa serem consideravelmente reduzidas, nota-se sua atuação durante o verão, com declínio de temperatura bem-marcado, em associação a passagem de um sistema frontal (MONTEIRO, 1963; RODRIGUES, 2003). Evidentemente, se a intensidade da mPa está reduzida, as OdF no verão são de fraca intensidade.

Assim, os eventos de OdF mais intensos são os que causam as grandes repercussões e os impactos em vários setores da sociedade, do mesmo modo que são os mais abordados do ponto de vista da pesquisa climática, não só para Santa Catarina, mas para boa parte do Brasil e da América do Sul. Diante do exposto, como contributo aos estudos vinculados aos extremos de temperatura, a presente pesquisa tem por objetivo propor uma classificação das ondas de frio em Santa Catarina, a partir das intensidades.

2. Metodologia

2.1 Ondas de Frio em Santa Catarina

Nesta pesquisa aproveitar-se-á o resultado da metodologia de detecção de OdF aplicada por Alves (2020) para o período de 01/04/1988 a 30/11/2016 (totalizando 10.461 dias de observação), a partir de 12 estações meteorológicas convencionais em Santa Catarina (Figura 01).

Notadamente, a costa norte catarinense é o setor que ficou sem representatividade por conta da ausência de uma estação meteorológica com série de dados robusta (Figura 01).

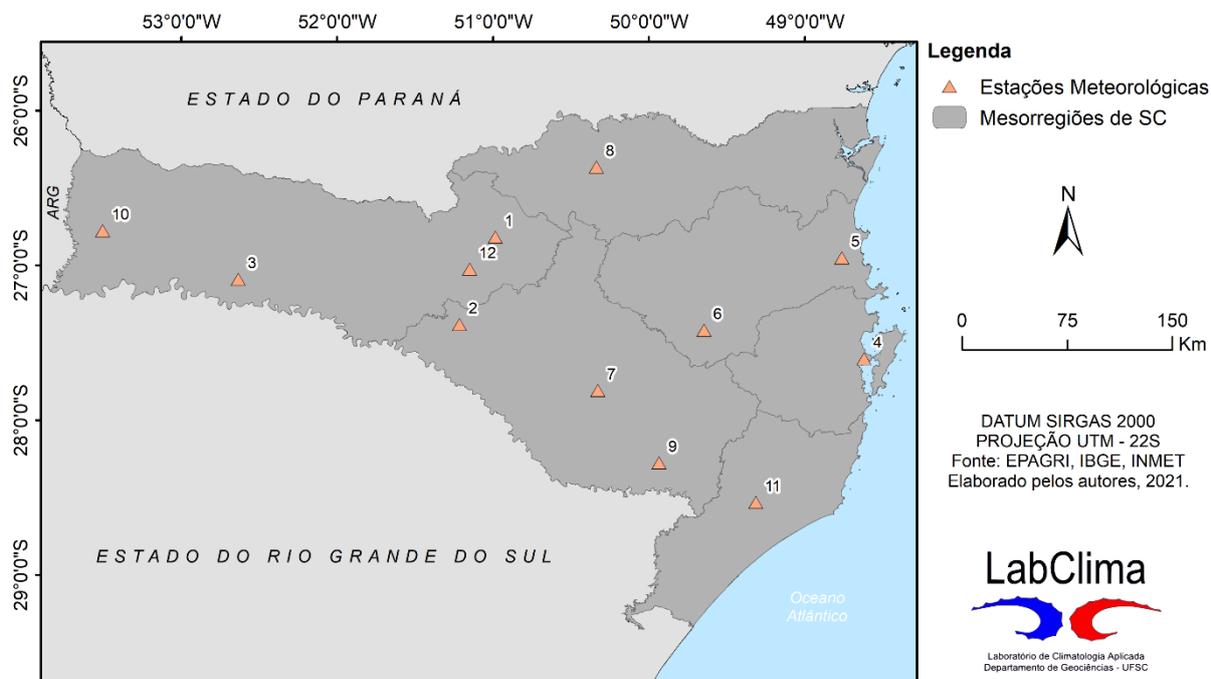


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 09 - Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Informações das estações meteorológicas utilizadas no estudo também podem ser verificadas no Quadro 01, tais quais: instituição responsável e altitude, por exemplo.

Quadro 01 - Informações das estações meteorológicas convencionais utilizadas no estudo

ID	Estação/Local	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Instituição Responsável	Código da Estação
1	Caçador - SC	-26,819444	-50,985833	945	Epagri	60
2	Campos Novos - SC	-27,383611	-51,216111	946	INMET	83887
3	Chapecó - SC	-27,090833	-52,634167	679	Epagri	108
4	Florianópolis (São José) - SC	-27,603056	-48,620833	2	INMET	83897
5	Itajaí - SC	-26,951389	-48,762500	5	Epagri	183
6	Ituporanga - SC	-27,418889	-49,646389	475	Epagri	191
7	Lages - SC	-27,808611	-50,327778	937	INMET	83891
8	Major Vieira - SC	-26,365000	-50,337222	765	Epagri	515
9	São Joaquim - SC	-28,275833	-49,935000	1415	INMET	83920
10	São Miguel Do Oeste - SC	-26,776389	-53,504167	700	Epagri	361
11	Urussanga - SC	-28,532222	-49,315000	48	INMET	83923
12	Videira - SC	-27,025000	-51,150000	774	Epagri	442

Fonte: Adaptado de Alves (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A técnica empregada identifica as OdF com base em limites diários que consideram o percentil 10 (p_{10}) da temperatura mínima do ar absoluta (T_{min}), centrado numa janela de 15 dias (sete dias antes, o dia em questão e os sete dias posteriores). Esse procedimento proporciona uma amostragem de até 435 observações para o cálculo do limiar climatológico diário (p_{10}). Outra característica importante deste método é a determinação de uma duração mínima de três (03) dias consecutivos para identificação da OdF. O autor caracterizou os eventos a partir dos parâmetros frequência (Frq), duração (D), intensidade (Int) e severidade média (Sm).

2.2 Classificação das Ondas de Frio

As ondas de frio foram classificadas a partir das intensidades encontradas por Alves (2020) para Santa Catarina. Deste modo, torna-se relevante expor a definição deste parâmetro que será aqui analisado. A intensidade (Int) das OdF é expressa pela média da temperatura mínima absoluta do ar, conforme revelado na Equação 01:

$$Int = \frac{1}{D} (\sum_i^D (T_{min})_i) \quad (\text{Eq. 01})$$

As intensidades encontradas foram submetidas à técnica dos “quartis” (percentis), proposta por Pinkayan (1966) e divulgada no Brasil principalmente por Xavier e Xavier (1999).

A escolha do parâmetro Int ($^{\circ}\text{C}$) para classificação das OdF em SC deve-se ao fato desta utilizar somente a variável temperatura em sua definição, o que admite a possibilidade de comparação entre eventos, independentes da estação de ocorrência, demonstrando a real magnitude do frio. As “ordens quartílicas” utilizadas nessa pesquisa (Quadro 02) foram $Q = 0,25$; $Q = 0,50$; $Q = 0,75$; $Q = 100$. Desta forma, as OdF podem ser classificadas nas seguintes categorias: Forte: $Int \leq Q(0,25) - 25\%$; Moderada: $Int > Q(0,25)$ e $\leq Q(0,50) - 25\%$; Fraca: $Int > Q(0,50)$ e $\leq Q(0,75) - 25\%$; e Muito Fraca: $Int > Q(0,75) - 25\%$.

Quadro 02 - Classificação das OdF à partir da intensidade (Int) e suas ordens quartílicas

Classificação de uma OdF	Quartis
Forte (F)	$Int \leq Q(0,25)$



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Moderada (M)	$Int > Q(0,25) \text{ e } \leq Q(0,50)$
Fraca (F)	$Int > Q(0,50) \text{ e } \leq Q(0,75)$
Muito Fraca (MF)	$Int > Q(0,75)$

Fonte: Adaptado de Alves (2020).

3. Resultados e discussão

Considerando o parâmetro *Int* (°C) das OdF encontradas em SC, foi possível estabelecer uma classificação dos eventos por meio dos quartis, com base nas categorias *Forte*, *Moderada*, *Fraca* e *Muito Fraca*.

O Quadro 03 exhibe os valores estabelecidos para classificação da OdF em SC, quando da sua ocorrência. Os limites inferiores ao 1° quartil das intensidades (*Forte*) apresentam os valores mais baixos nas regiões mais frias do estado. As estações de São Joaquim ($Int \leq -1,8^\circ\text{C}$), Caçador ($Int \leq -1,5^\circ\text{C}$) e Major Vieira ($Int \leq -1,4^\circ\text{C}$) apresentam os menores patamares, ou seja, para uma OdF ser classificada como *Forte* os valores de intensidade devem ser menores ou iguais aos exibidos na categoria de *Int Forte* (Quadro 03).

Quadro 03 - Classes de intensidades (°C) estabelecidas com base no quartis para as OdF em SC

Estações	Forte	Moderada	Fraca	Muito Fraca
	$Int \leq Q(0,25)$	$Int > Q(0,25) \text{ e } \leq Q(0,50)$	$Int > Q(0,50) \text{ e } \leq Q(0,75)$	$Int > Q(0,75)$
Caçador	$\leq -1,5$	$> -1,5 \text{ } Int \leq 2,2$	$> 2,2 \text{ } Int \leq 8,7$	$> 8,7$
Campos Novos	$\leq 1,1$	$> 1,1 \text{ } Int \leq 5,1$	$> 5,1 \text{ } Int \leq 10,7$	$> 10,7$
Chapécó	$\leq 1,9$	$> 1,9 \text{ } Int \leq 5,4$	$> 5,4 \text{ } Int \leq 11,2$	$> 11,2$
Florianópolis	$\leq 7,1$	$> 7,1 \text{ } Int \leq 11,5$	$> 11,5 \text{ } Int \leq 16,7$	$> 16,7$
Itajaí	$\leq 5,7$	$> 5,7 \text{ } Int \leq 9,8$	$> 9,8 \text{ } Int \leq 15,3$	$> 15,3$
Ituporanga	$\leq 1,5$	$> 1,5 \text{ } Int \leq 6,1$	$> 6,1 \text{ } Int \leq 11,4$	$> 11,4$
Lages	$\leq 0,4$	$> 0,4 \text{ } Int \leq 4,7$	$> 4,7 \text{ } Int \leq 9,8$	$> 9,8$
Major Vieira	$\leq -1,4$	$> -1,4 \text{ } Int \leq 2,5$	$> 2,5 \text{ } Int \leq 9,5$	$> 9,5$
São Joaquim	$\leq -1,8$	$> -1,8 \text{ } Int \leq 1,7$	$> 1,7 \text{ } Int \leq 6,4$	$> 6,4$
São Miguel do Oeste	$\leq 3,0$	$> 3,0 \text{ } Int \leq 5,9$	$> 5,9 \text{ } Int \leq 11,6$	$> 11,6$
Videira	$\leq -0,7$	$> -0,7 \text{ } Int \leq 4,1$	$> 4,1 \text{ } Int \leq 9,9$	$> 9,9$
Urussanga	$\leq 3,2$	$> 3,2 \text{ } Int \leq 7,3$	$> 7,3 \text{ } Int \leq 12,6$	$> 12,6$

Florianópolis e Itajaí expõem os limiares menos rigorosos, $Int \leq 7,1^\circ\text{C}$ e $Int \leq 5,7^\circ\text{C}$, respectivamente. O mesmo ocorre para as outras categorias de classificação (*Moderada*, *Fraca* e *Muito Fraca*), cujas localidades costeiras também apresentaram valores de *Int* pouco rigorosos em relação às demais regiões de SC (Quadro 03). Observa-se que a altitude



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

determina as áreas mais frias do estado, sendo o principal fator geográfico responsável pelo grau de intensidade das ondas de frio. Por outro lado, a ação termorreguladora do oceano (maritimidade) possui papel nos menores rigores das áreas costeiras.

No que tange às temperaturas do ar, os limiares da *Int* representaram o padrão esperado para os climas regionais de SC, climas estes fortemente influenciados pela altitude (MONTEIRO, 2007; AGUIAR, MENDONÇA, 2014; FRITZONS et al., 2016). As regiões localizadas nas áreas de maior altitude apresentaram os mais rigorosos limiares de intensidade. Ressalta-se que, neste caso, quanto mais baixa a temperatura mais intensa será a OdF.

Peluso Jr. (1991) e Fritzens et al. (2016) também destacam a altitude como o principal fator geográfico na distribuição das temperaturas em SC. Todavia, existem outros fatores que também interferem na variação de temperatura no estado, como a maritimidade, a continentalidade, a latitude, a vegetação e as ocorrentes marítimas (e.g. MONTEIRO, 2007; GRIMM, 2009; AGUIAR, MENDONÇA, 2014; MONTEIRO, SILVA, 2017; ALVES, MINUZZI, 2018). Tais fatores estão diretamente ligados às características dos sistemas atmosféricos e das massas de ar, inclusive, influenciando em suas trajetórias (MONTEIRO, 1958, 1963; MONTEIRO, SILVA, 2014).

Através da representação espacial da classificação das *Int* (°C) (Figura 02), torna-se mais evidente ainda a influência da altitude nos valores de intensidade e, por conseguinte, na temperatura em suas diferentes categorias. Um exemplo da influência topográfica nas classes de *Int* das OdF pode ser vista ao comparar-se os limiares das estações de São Joaquim (1.415 m de altitude) e Florianópolis (2 m de altitude). Para o município serrano uma OdF com *Int* > 6,4°C é considerada *Muita Fraca*, ao passo que em Florianópolis a mesma pode ser classificada como *Forte* (Figura 02, Quadro 03). Isto evidencia regiões distintas do ponto de vista climático e relativiza toda a subjetividade intrínseca (maior ou menor sensação de frio).

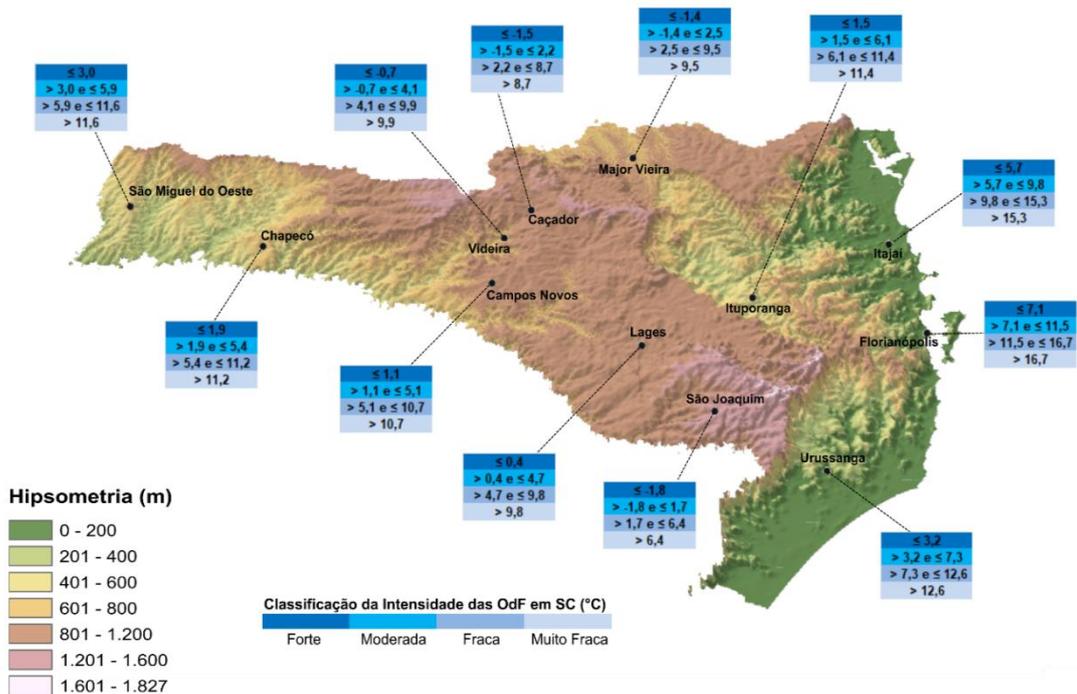


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 010 - Classificação das intensidades (°C) instituídas com base no quartis para as Odf em SC



Para Monteiro e Silva (2014), o relevo catarinense por sua configuração em relação a sua área total (23,8% de planícies abaixo de 300 m; 56,2% de planaltos entre 300 e 900 m e 20,4% de serras acima de 900 m) assume importância na temperatura, em razão das mudanças que ocorrem na atuação dos sistemas atmosféricos ao se deslocarem pelas unidades de relevo, com efeito relevante para a temperatura a sotavento das encostas.

Farias (2012) utilizando a técnica dos quartis no monitoramento das variáveis chuva e temperatura (máxima e mínima) em 23 estações meteorológicas da região Sul do Brasil, sendo quatro em SC, obteve os menores valores de temperatura mínima absoluta do ar em localidades de altas altitudes e em quase todas as latitudes, com destaque para as áreas mais ao sul. Contudo, o autor salienta que as classificações de períodos secos, normais, chuvosos, bem como de períodos quentes, normais e frios, na região Sul do Brasil são decorrentes de fatores tanto de grande escala como de escala regional, ou ainda, uma combinação de fenômenos em ambas as escalas.

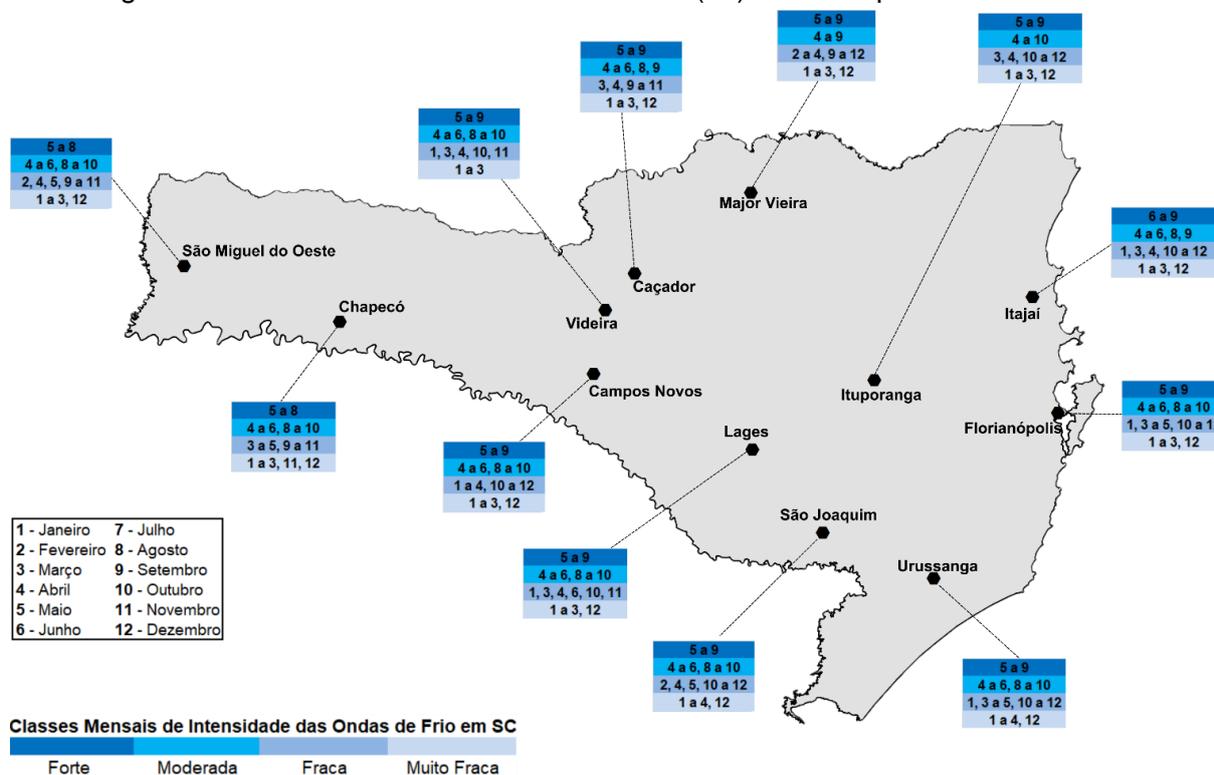


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 011 - Classes mensais de intensidade (Int) das OdF para Santa Catarina



A Figura 03 representa a distribuição espacial das classes de *Int* referentes aos meses do ano, em localidades espalhadas pelo estado de SC. Nota-se que as OdF rotuladas como de *Forte* intensidade (azul escuro) sucedem entre os meses de maio a setembro. Os eventos da classe *Moderada* ocorrem ao longo dos meses de abril a novembro, abrangendo boa parte do outono e primavera. As consideradas de *Fraca Int* ocorrem em qualquer época do ano; diferentemente das OdF classificadas como *Muito Fracas*, que se distribuem, em sua maioria, nos meses de verão. Exceções devem ser consideradas para Urussanga e São Joaquim, em que se registraram OdF *Muito Fracas* também em abril; além destes locais, também em Chapecó, por conta dos episódios ocorridos em novembro (Figura 03).

Estas evidências corroboram o mencionado noutras referências bibliográficas, cujos autores apontam para fluxos polares mais intensos desde o final do outono até o começo da primavera (MONTEIRO, 1963; CASTRO et al., 1995; MONTEIRO, 2007). Este padrão segue, similarmente, o que Monteiro (1963) indicou sobre tais períodos para o Sul do Brasil, isto é,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

que a segunda metade da estação antecessora e a primeira metade da estação sucessora ao verão ou ao inverno denotam peculiaridades térmicas das estações ligadas aos solstícios.

Baseados na classificação das OdF para SC, entre 1988 e 2016, através do parâmetro da *Int*, alguns eventos são mais notáveis e, por isto, optou-se por ordená-los (Tabela 01) abarcando as OdF mais intensas de toda a série, e considerando a abrangência espacial do evento no estado. A partir da classificação estabelecida, constata-se que as OdF de maior intensidade (*Fortes*) encontram-se, todas, nos meses inverniais, especificamente, nos meses de julho (12 a 20/07/2000; 28/07 a 02/08/1990; 22 a 26/07/2013 e; 04 a 07/07/2011) e agosto (02 a 04/08/1991).

Tabela 09 - Classificação das OdF mais intensas (*Fortes*) estabelecidas com base nos quartis para as OdF em SC

Intensidade	Ranking	Data de Início	Data Final
Forte	1°	12/07/2000	20/07/2000
	2°	02/08/1991	04/08/1991
	3°	28/07/1990	02/08/1990
	4°	22/07/2013	26/07/2013
	5°	04/07/2011	10/07/2011

Obs.: a classificação das intensidades da OdF em SC levou em consideração a abrangência espacial do evento.

As intensidades seguiram o habitual para o clima de Santa Catarina no âmbito das temperaturas, com o inverno exibindo os maiores valores, em especial o mês de julho (MONTEIRO, 2007). É no inverno que se sucedem as massas de ar polar de maior intensidade sobre o Sul do Brasil (MONTEIRO, 1963; SATYAMURTY et al., 1990; MARENGO et al., 1997; CAVALCANTI, KOUSKY, 2009; MENDONÇA, ROMERO, 2012; MURARA, FUENTES, 2014;).

Os eventos de maior intensidade (Tabela 01) foram os que causaram grandes repercussões e impactos em vários setores da sociedade, assim como foram os mais abordados do ponto de vista da pesquisa climática, não só para Santa Catarina (Fernandes et al., 2016; EPAGRI, 2000; Vera, Vigliarolo, 2000), mas, para boa parte do Brasil e da América do Sul (e.g. Marengo et al., 1997; Seluchi, Marengo, 2000; Lupo et al., 2001; Mendonça, Romero, 2012; Barbosa, Santos, 2014; Viana, Herdies, 2018), sendo que três



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

desses eventos são mais longínquos (julho de 1990 e de 2000, agosto de 1991) e dois outros mais recentes (julho de 2011 e de 2013).

4. Considerações finais

Os limiares mais extremos de intensidade usados para classificar as OdF (*Forte, Moderada, Fraca e Muito Fraca*), de forma esperada, foram encontrados nos setores mais frios do estado, como na localidade de São Joaquim, no planalto serrano; de Caçador, no meio oeste, e de Major Vieira, no planalto norte.

Opostamente, os setores costeiros de Florianópolis e Itajaí apresentaram os limiares menos rigorosos. Tais aspectos estão diretamente vinculados aos fatores geográficos altitude e maritimidade.

É durante os meses inverniais, em especial o de julho, que ocorrem as OdF de intensidade acentuada, ao passo que as de fraca intensidade podem ser registradas em qualquer época do ano, inclusive no verão.

5. Referências

AGUIAR, D.; MENDONÇA, M. Climatologia das geadas em Santa Catarina. In: **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais**, Florianópolis: GEDN/UFSC, p. 762-773, 2014.

ALVES, M.P.A. **Ondas de frio em Santa Catarina**: impactos no cultivo de maçã no município de São Joaquim. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geociências, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 176 p., 2020.

ALVES, M.P.A.; MINUZZI, R.B. Climatologia das ondas de frio inverniais em Santa Catarina -Brasil. **Revista de Geografia** (Recife), v. 35, n. 3, p. 308-323, 2018.

BARBOSA, H.; SANTOS, F. Episódio de onda de frio em cidade de clima tropical: estudo de caso de Presidente Prudente, São Paulo (Brasil). **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, nº 6, p. 23-43, 2014.

CARSON, C.; HAJAT, S.; ARMSTRONG, B.; WILKINSON, P. Declining vulnerability to temperature-related mortality in London over the 20th century. **American Journal of Epidemiology**, v. 164, n. 1, p. 77-84, 2006.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CASTRO, A.L.C.; CALHEIROS, L.B.; CUNHA, M.I.R.; BRINGEL, M.L.N.C. **Manual de desastres naturais**. Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria Especial - Defesa Civil. Novembro, v. 1, 1995.

CAVALCANTI, I.F.A.; KOUSKY, V.E. Frentes frias sobre o Brasil. *In: Tempo e Clima no Brasil*, 1 ed., Cavalcanti I.F.A et al. (orgs), São Paulo, Brasil, Oficina de Textos, 135-147, 2009.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Nota Meteorológica**: a semana mais gelada da história em Santa Catarina - julho de 2000. 2000.

ESCOBAR, G. Padrões sinóticos associados a ondas de frio na cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 2, p. 241-254, 2007.

FARIAS, C.S. **Uso da técnica dos quantis do monitoramento da precipitação e da temperatura do ar na Região Sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) -Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - Campina Grande, 81 p., 2012.

FERNANDES, L.G.; ALVES, M.P.A.; ZAMPARETTI, A.; FUENTES, M.V.; BITENCOURT, D.P. Abrangência espacial da neve em Santa Catarina, Brasil, nos dias 22 e 23 de julho de 2013. **Ciência e Natura**, v. 38, p. 360-370, 2016.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L.E.; WREGGE, M.S. Relação entre altitude e temperatura: uma contribuição ao zoneamento climático no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 80-92, 2016.

GASPARRINI, A.; GUO, Y.; HASHIZUME, M.; LAVIGNE, E.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J.; TOBIAS, A.; TONG, S.; ROCKLÖV, J.; FORSBERG, B.; LEONE, M.; SARIO, M. BELL, M.L.; GUO, Y.L.; WU, C.; KAN, H.; YI, S.; COELHO, M.S.Z.S.; SALDIVA, P.H.N.; HONDA, Y.; KIM, H.; ARMSTRONG, B. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. **The Lancet**, v. 386, p. 1-7, 2015.

GRIMM, A.M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. *In: Tempo e Clima no Brasil*, 1 ed., Cavalcanti I.F.A et al. (orgs), São Paulo, Brasil, Oficina de Textos, 2009.

LU, L.; WANG, Z.; SHI, P. Mapping cold wave risk of the World. *In: World atlas of natural disaster risk*. Berlin: Springer, p. 189-207, 2015.

LUPO, A.R.; NOCERA, J.J.; BOSART, L.F.; HOFFMAN, E.G.; KNIGHT, D.J. The occurrence of cyclonic and anticyclonic cold surges. **Mon. Weather Rev.**, 129, 1021-1041, 2001.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MARENGO, J. A.; CORNEJO, A.; OYAMBURO, N. C.; CAVALCANTI, I. F. A. Estudo de caso da primeira massa de ar frio em 1996 no sul do Brasil. Observações e resultados do modelo de Circulação Geral da Atmosfera do CPTEC/COLA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 12, p 09-24, 1997.

MENDONÇA, M.; ROMERO, H. Ondas de frio, índices de oscilação e impactos socioambientais das variabilidades climáticas de baixa frequência na América do Sul. **Revista Acta Geográfica**, v. 2, p.185-185, 2012.

MONTEIRO, C.A.F. Santa Catarina: a circulação atmosférica e os tipos de tempo. In: **Atlas geográfico de Santa Catarina**. Departamento Estadual de Geografia e Cartografia. Florianópolis: DEGC/SC, p. 37-52, 1958.

_____. **O clima da região Sul**. Geografia do Brasil, Grande Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, p. 117-169, 1963.

MONTEIRO, M.A. **Dinâmica atmosférica e caracterização dos tipos de tempo na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 224 p., 2007.

MONTEIRO, M.; SILVA, P.V. Clima. In: ROCHA, Isa de Oliveira. (Org.). **Atlas Geográfico de Santa Catarina**. 1ed., Florianópolis: UDESC, v. 2, p. 69-90, 2014.

_____. Fatores estáticos e dinâmicos na formação do clima de Santa Catarina. **CADERNOS GEOGRÁFICOS** (UFSC), v. 36, p. 27-36., 2017.

MURARA P.G.; FUENTES, M.V. Neve. In: HERRMANN, M. L. P. (org). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**: período de 1980 a 2010. 2. ed. atual. e rev. - Florianópolis: IHGSC/Cadernos Geográficos, 219 p., 2014.

MURARA, P.G.; COELHO, M.S.Z S.; AMORIM, M.C.C.T. Análise da influência meteorológica nas internações por doenças cardiovasculares. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 32, p. 53- 65, 2010.

PELUSO Jr., V.A. **Aspectos geográficos de Santa Catarina**. Florianópolis: FCC Editora - Editora da UFSC, 1991.

PEZZA, A.B.; AMBRIZZI, T. Cold waves in South America and freezing temperatures in Sao Paulo: historical background (1888-2003) and cases studies of cyclone and anticyclone tracks. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 1, p. 141-158, 2005.

PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of wet and dry years over a large, continental area. Fort-Collins: Colorado State University, **Hydrology Papers**, 12. 54 p., 1966.

RODRIGUES, M.L.G. **Uma climatologia de frentes frias no litoral de catarinense com dados de reanálise do NCEP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 75 p., 2003.

SATYAMURTY, P.; FERREIRA, C.C.; GAN, M.A. Cyclonic vortices over South America. **Tellus**, 42A, p. 194-201, 1990.

SELUCHI, M.; MARENGO J. Tropical-Mid latitude exchange of air masses during summer and winter in South America: climatic aspects and extreme events. **International Journal of Climatology**, v. 20, p. 1167-1190, 2000.

SEZERINO, M.L. **As condições climáticas e o cultivo da maçã em São Joaquim - Santa Catarina**. Dissertação (Mestre em Ciências) – UNESP, 1982.

SILVEIRA, R.B. **Clima e doenças respiratórias em Santa Catarina - Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geociências, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 177 p., 2020.

SILVEIRA, R.B.; MENDONÇA, M.; FRANKE, A.E.; BITENCOURT, D.P. Impactos das ondas de frio sobre a saúde pública no município de São Joaquim, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 249-266, 2018.

VERA, C.S.; VIGLIAROLO, P.K. A diagnostic study of cold - air outbreaks over South America. **Mon. Weather Rev.**, 128, p. 3 - 24, 2000.

VIANA, L.P.; HERDIES, D.L. Estudo de caso de um evento extremo de incursão de ar frio em julho de 2013 sobre a Bacia Amazônica Brasileira. **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol. 33, n. 1, p. 27-39, 2018.

XAVIER, T.M.B.; XAVIER, A.F.S. Caracterização de períodos secos ou excessivamente chuvoso no estado do Ceará através da técnica dos quantis: 1964-1998. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14, n. 2, p. 63-78, 1999.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CAPACIDADE ADAPTATIVA DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: UMA ANÁLISE COM BASE NO SOFTWARE SISVUCLIMA

BIANCA NUNES CALADO¹
ALINE RAMOS DE SOUSA²
MARIA CLEOFÉ VALVERDE³

RESUMO

Diante da vulnerabilidade de populações e ecossistemas aos efeitos adversos da mudança no clima, faz-se necessário a ampliação do campo de estudo que abordam a Capacidade Adaptativa (CA) de populações e ecossistemas. Em 2014, a Fundação Oswaldo Cruz desenvolveu o Sistema de Vulnerabilidade Climática (SisVuClima), um software capaz de avaliar a vulnerabilidade da população à mudança do clima para seis estados brasileiros, um desses é o Espírito Santo. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo aprofundar nos condicionantes que se relacionam com a CA dos municípios do estado do Espírito Santo frente aos impactos da variabilidade climática extrema. A CA foi avaliada através do chamado Índice de Capacidade Adaptativa (ICA) disponível no software SisVuClima. Os resultados obtidos para a classificação da CA entre os 78 municípios do estado do Espírito Santo, apresentou um padrão heterogêneo de distribuição, estando 46% dos municípios com Boa CA e 41% com Média CA. A análise por microrregiões identificou a Metropolitana e Nordeste com Boa e Média CA. Considerando os cenários climáticos futuros, as microrregiões de Caparaó e Centro Oeste apresentaram uma maior vulnerabilidade climática para o cenário ICC 8.5 (RCP8.5), sendo que nestas microrregiões se concentram grande parte dos municípios que apresentaram Baixa CA devido à deficiência em estruturas de geração de emprego e renda, educação, saúde (no número de leitos hospitalares) e a gestão de riscos para desastres. É importante analisar as componentes que contribuem para tal classificação, permitindo que governantes efetuem melhorias através de políticas públicas para minimizar os impactos e vulnerabilidades.

Palavras-chave: Capacidade Adaptativa; Estado do Espírito Santo; Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

In view of the vulnerability of populations and ecosystems to the adverse effects of climate change, it is necessary to expand the field of study that addresses the Adaptive Capacity (AC) of populations and ecosystems. In 2014, the Oswaldo Cruz Foundation developed the Climate Vulnerability System (SisVuClima), a software capable of assessing the population's vulnerability to climate change for six Brazilian states, one of them is Espírito Santo. In this context, this work aims to deepen the conditions that relate to the CA of the municipalities of

¹ Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do ABC, bianca.calado@aluno.ufabc.edu.br

² Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal do ABC, aline.sousa@ufabc.edu.br

³ Professora Doutora, Universidade Federal do ABC, maria.brambila@ufabc.edu.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

the state of Espírito Santo in the face of the impacts of extreme climatic variability. AC was assessed using the so-called Adaptive Capacity Index (ICA) available in the SisVuClima software. The results obtained for the classification of AC among the 78 municipalities in the Espírito Santo, presented a heterogeneous pattern of distribution, being 46% of the municipalities with a Good AC and 41% with Average AC. The analysis by microregions identified Metropolitan and Northeast with Good and Medium CA. Considering future climate scenarios, the micro-regions of Caparaó and Centro Oeste showed greater climatic vulnerability for scenario ICC 8.5 (RCP8.5), and these microregions are concentrated in a large part of the municipalities that Low CA due to the deficiency in job creation structures and income, education, health (number of hospital beds) and disaster risk management. It is important to analyze the components that contribute to the classification, allowing government officials to make improvements through public policies to minimize impacts and vulnerabilities.

Keywords: Adaptive capacity; Espírito Santo state; Climate changes.

1. Introdução

Dadas as características da própria variabilidade natural do clima, as mudanças climáticas constituem uma realidade não tão recente assim, intensificadas pelas atividades humanas do presente e do passado. Apesar do crescente reconhecimento dos impactos causados pelas alterações no clima, os estudos que abordam a capacidade adaptativa (CA) de populações e ecossistemas em detalhes, representam um campo de investigação relativamente novo. Visto que a sua análise envolve diferentes perspectivas disciplinares e epistemológicas para a compreensão dos fatores que tornam vulneráveis populações às mudanças climáticas, como fatores biofísicos, sociais, geográficos e econômicos (BRAGA et. al.2006; LEMOS et al., 2016). Com isso, a construção da CA requer uma combinação de arranjos que abordem os déficits estruturais (capacidade genérica), com os riscos relacionados ao clima (capacidade específica), para que assim seja diminuída a vulnerabilidade (LEMOS, et. al. 2016).

Quando avaliadas essas dimensões, deixa-se evidente sob quais condições a adaptação ocorre, principalmente do ponto de vista socioeconômico. Permitindo à tomadores de decisão que se utilizem dessas informações, como opções de respostas para o planejamento de cenários futuros diante dos impactos das mudanças climáticas. No entanto, tais respostas comumente, concentram-se apenas em mudanças instantâneas, desconsiderando os efeitos transitórios ou da variabilidade climática para a adoção de mecanismos de adaptação (SMIT e SMITHERS 1997).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O conceito de capacidade adaptativa às mudanças climáticas está amplamente relacionado com as interações homem-ambiente. Logo, a CA refere-se ao potencial ou habilidade de um sistema, região ou comunidade de se adaptar aos efeitos ou impactos das mudanças climáticas (BURTON, 1996). Assim nota-se, que a capacidade adaptativa é um elemento importante de adaptação de longo prazo às mudanças climáticas, visto que as características que a constituem, estão relacionadas à fatores econômicos, sociais, políticos e institucionais, que por sua vez, facilitam ou restringem o desenvolvimento e implantação de medidas adaptativas (SMIT e WANDEL, 2006; ANDRADE, 2017; SIDERS, 2019).

Para se discutir as estratégias de adaptação faz-se necessário conhecer os sistemas mais afetados pelos impactos das mudanças climáticas e os tipos de impactos a que estão sujeitos (FRITZSCHE, K. *et. al.* 2017), em especial as condições de vida da população em questão e de infraestrutura, entre outros, onde seja possível aferir as condições efetivas de enfrentamento dos riscos. Existem muitos caminhos para promover o aumento da capacidade adaptativa da população, segundo Ramos (2015), o desenvolvimento do conhecimento científico pode ser um destes.

Em 2014, a Fundação Oswaldo Cruz em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, desenvolveu o Sistema de Vulnerabilidade Climática¹ (SisVuClima), um software capaz de avaliar a vulnerabilidade da população à mudança do clima para seis estados brasileiros: Amazonas, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Paraná e Pernambuco. Um dos propósitos do SisVuClima, é possibilitar o planejamento de ações à médio e longo prazo com o intuito de reduzir os impactos da mudança do clima e aumentar a capacidade de adaptação da população, bem como fornecer subsídios para a implementação e acompanhamento de políticas públicas voltadas para a adaptação da população à mudança do clima (FIOCRUZ, 2020).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo aprofundar nos condicionantes que se relacionam com a CA dos municípios do estado do Espírito Santo frente aos impactos da variabilidade climática extrema. A CA será avaliada através do chamado Índice de Capacidade Adaptativa (ICA) disponível no *software* SisVuClima.

¹ <http://www.sisvuclima.com.br/>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O estado do Espírito Santo possui poucos estudos que analisam os impactos das mudanças climáticas e as suas vulnerabilidades socioeconômicas. Porém, destaca-se a pesquisa de Santos et al., (2019) que através da construção e aplicação de um índice de vulnerabilidade humana à mudança do clima para o Espírito Santo, identificaram que a microrregião Noroeste do estado apresenta vulnerabilidade muito extrema, e essa situação foi atribuída as características sociodemográficas, econômicas e ambientais.

O aprofundamento nas condicionantes que impedem a adaptação à variabilidade extrema do clima e às mudanças climáticas no Espírito Santo, auxiliará na identificação dos setores que necessitem de prioridades na elaboração, implementação e acompanhamento de ações de políticas públicas voltadas para a população do estado.

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

O estado do Espírito Santo é uma das 27 unidades federativas do Brasil e está localizado na região Sudeste. Com uma área de 46.095,583 km² e uma população estimada de 4.064.052 pessoas (estimativa para 2020) distribuídas em seus 78 municípios, sua densidade demográfica é de 76,25 hab/km² segundo censo do IBGE de 2010 (IBGE, 2020). A sua capital, Vitória, está localizada na região metropolitana, umas das 10 microrregiões (Caparaó, Central Sul, Litoral Sul, Sudoeste Serrana, Metropolitana, Central Serrana, Centro Oeste, Rio Doce, Noroeste e Nordeste) de planejamento que compõe o estado (SANTOS et al., 2019), de acordo com a Lei n° 9.768, de 20 de dezembro de 2011. A Figura 1 abaixo apresenta a localização dos municípios do Espírito Santo.

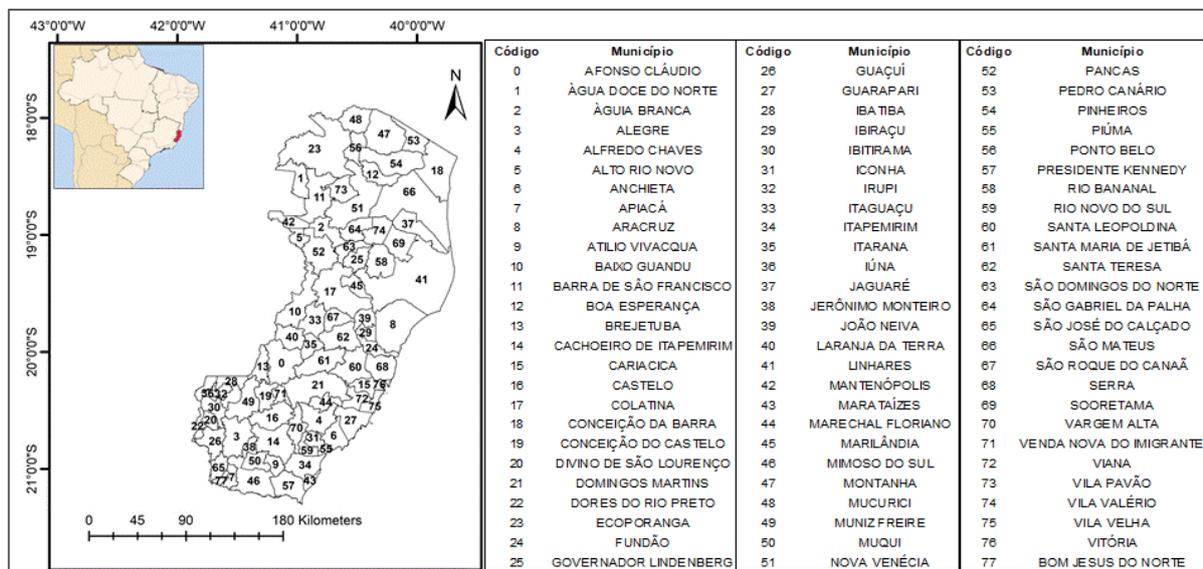


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 - Localização Geográfica do estado do Espírito Santo e divisão municipal.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

2.2. Dados e Métodos

Os dados analisados nesta pesquisa são provenientes do *software* SisVuClima, e encontram-se disponível ao público, uma vez que possui acesso aberto (FIOCRUZ, 2020). Para calcular e compor a Capacidade Adaptativa (CA), o Índice de Capacidade Adaptativa (ICA) foi utilizado, que por sua vez, é composto a partir do conjunto dos seguintes subíndices e indicadores:

a) Índice de Estruturas Socioeconômicas (IES): com os indicadores de emprego e renda; educação e saúde, condensados através do índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM);

b) Índice de Instituições, Infraestruturas e Serviços para Adaptação (IA_{adap}): os indicadores são a existência de instituições de segurança nos municípios (Defesa Civil Municipal, Bombeiros, Guarda Municipal), Gestão de Risco (alertas de desastres e planos de contingência), e Número de leitos hospitalares por habitantes por município, Consórcios Intermunicipais e porcentagem de cobertura da atenção básica;

c) Índice de Organização Sociopolítica (IOS): Existência de instituições, serviços e conselhos nas áreas de meio ambiente, assistência e desenvolvimento social, saneamento



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

básico, emprego e trabalho, habitação, transporte, desenvolvimento urbano e direitos humanos.

Além disso, foram utilizados dois Índices de Cenários Climáticos (ICC): RCP4.5 (ICC 4.5) e RCP8.5 (ICC 8.5), também disponibilizados pelo SisVuClima. Esses índices foram construídos com base em indicadores de temperatura (temperatura máxima - T. Máx e temperatura mínima - T. Mín) e precipitação (número de dias secos consecutivos - CDD, precipitação total anual - P.Tot., precipitação máxima em cinco dias consecutivos – RX5day e precipitação anual para o valor diário maior que o 95º percentil) (FIOCRUZ, 2020). No contexto de mudanças climáticas, os cenários RCPs¹ foram elaborados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC para o quinto relatório de avaliação (AR5). O RCP8.5 pode aquecer a atmosfera em até 4°C até o final do século 21 (VAN VUUREN et al., 2011). Logo, o RCP4.5 assume um cenário de aquecimento menos severo, quando comparado ao RCP8.5.

Adicionalmente, foram utilizados dados mensais e anuais de precipitação e temperatura do município de Vitória, capital do estado de Espírito Santo, tendo como fontes o Instituto capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER)².

O cálculo da Capacidade Adaptativa envolveu seis etapas distintas: a) atribuição de valor a CA inversamente proporcional ao ICA, ou seja, 1 para 0; b) categorização dos municípios de acordo com a sua respectiva Microrregião; c) obtenção da média aritmética do ICA para cada Microrregião e posterior; d) classificação categórica do ICA e da CA conforme média aritmética obtida; e) subtração do valor inteiro 1 (100) pelo valor do ICA obtido na etapa c); f) o valor encontrado foi convertido para porcentagem e assim classificado de acordo com as variáveis para o valor da CA.

É importante destacar que a escala aplicada para todos os índices e indicadores do SisVuClima varia de 0 a 1, a qual segue a escala de vulnerabilidade, isto é, quanto maior o ICA, maior é o índice de vulnerabilidade (SANTOS et. Al., 2019). Assim, como o objetivo da presente pesquisa é avaliar a Capacidade Adaptativa (CA) do Espírito Santo frente às

¹ RCPs “Representative Concentration Pathways” são cenários de emissões que representam os diferentes caminhos de concentrações de Gases do efeito Estufa (GEE), identificadas a partir de forçantes radioativas antrópicas medidas em watts por m² por ano, para projeções até 2100 (VAN VUUREN et al., 2011).

² Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/>



mudanças climáticas, foi analisado o ICA e todos os seus indicadores de forma inversa, ou seja, quanto maior o ICA, menor é a CA. Dessa forma, foi estabelecida a seguinte escala detalhado na Tabela 01. Desta classificação, foi estabelecido que com 70% ou mais dos municípios do Espírito Santo apresentando uma classificação de “Muito Boa”, o estado se enquadraria do mesmo modo, o que significa que teria uma Muito Boa CA, para o enfrentamento as mudanças climáticas e as suas variabilidades extremas. A mesma análise foi aplicada para as microrregiões do estado.

Tabela 01– Classificação do Índice de Capacidade Adaptativa (ICA) e da Capacidade Adaptativa (CA)

Classificação	ICA	CA
0 – 0,29	Baixa	Muito Boa
0,30 – 0,59	Média	Boa
0,60 – 0,89	Alta	Média
0,90 – 1	Extrema	Baixa

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de Nascimento, 2014. (2021).

Para a manipulação estatística dos dados e apresentação dos resultados, utilizou-se como ferramenta computacional, o editor de planilhas Microsoft Excel e o sistema de informação geográfica QGIS.

3. Resultados e Discussão

3.1 Condições climáticas do Espírito Santo e suas variabilidades

Apresentam-se as condições climáticas da capital do Espírito Santo, Vitória, a climatologia sazonal das temperaturas ($T_{máx}$ e $T_{mín}$) e precipitações para o período de 1984-2014 (30 anos) mostram que as maiores temperaturas e precipitações ocorrem no período de verão. Em média a temperatura apresenta uma amplitude térmica aproximada de $7,8^{\circ}\text{C}$, entre o mês mais quente (fevereiro) e o frio (julho). Por outro lado, os meses mais chuvosos são novembro (230 mm) e dezembro (215 mm).

A Figura 2 ilustra a variabilidade interanual das temperaturas ($T_{máx}$ e $T_{mín}$) e precipitações para o período de 1984-2019 (35 anos), sendo importante a sua análise, no contexto de mudanças climáticas. Observa-se na Figura 2a as variabilidades com uma tendência de aumento na $T_{máx}$, destacando-se o ano de 2015 como o mais quente de toda



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

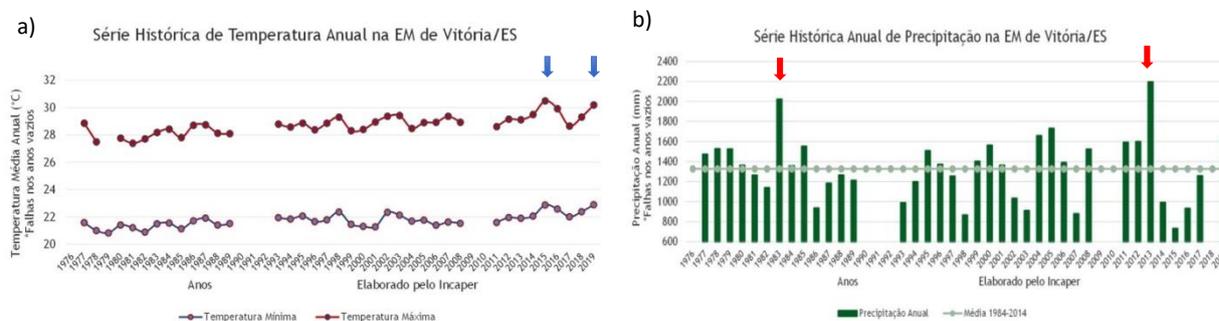
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

a série, sendo o ano de 2019 o segundo mais quente (setas azuis). A chuva anual mostra muita variabilidade ano após ano, sem tendência definida de aumento ou diminuição, com o maior acumulado anual no ano de 2013, seguido pelo ano de 1983. As setas vermelhas indicam os anos mais chuvosos (Figura 2b).

Devido ao estado do Espírito Santo pertencer à região sudeste do Brasil e essa se enquadrar na Influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e também ter o oceano determinando seus sistemas pluviométricos, em termos climatológicos, principalmente nos meses de Dezembro à Março, é que se tem as maiores chuvas. E são nesses meses que situações de impactos em proporções ambientais na sociedade brasileira de origem hidrológica são agravadas, principalmente em períodos considerados normais que se intensificam em um curto espaço de tempo, fazendo com que o estado seja afetado com o excesso de chuva tornando-se vulnerável pela exposição constante acrescida com o crescimento desordenado das cidades (ARAÚJO & ROSA, 2014).

O estudo de Regoto et al., (2018) direcionado aos extremos de precipitação no Espírito Santo, indica que há tendências para um aumento de precipitação diária acumulada (cinco dias consecutivos – RX5day) e frequência de aumento dessas ocorrências, distribuídas pelo estado, principalmente nas localidades Sul e Central, que já possuem características de serem as mais úmidas do estado, assim como o prolongamento no número de dias secos consecutivos (CDD), o que indica, segundo os autores, uma má distribuição das chuvas ao longo do ano.

Figura 02 – Série histórica anual de temperatura (a) e precipitação (b) do Município de Vitória no Espírito Santo, no período de 1976-2019.



Fonte: INCAPER (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

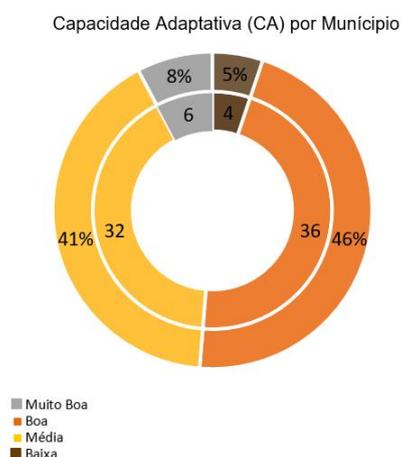
3.2 Análise da capacidade adaptativa (CA) às mudanças climáticas nos municípios

Os resultados obtidos para a classificação da CA entre os 78 municípios do estado do Espírito Santo, apresentou um padrão heterogêneo de distribuição, estando 46% dos municípios com uma Boa CA (Figura 3a e b). Semelhante a este valor, foram os municípios que apresentaram Média CA, com 41% (Figura 3), e apenas 8% dos municípios apresentaram uma CA Muito Boa, sendo estes: Cachoeiro de Itapemirim, Colatina, Anchieta, Vitória, Aracruz e Venda Nova do Imigrante, e correspondem as microrregiões: Central Sul, Centro-Oeste, Litoral Sul, Metropolitana, Rio Doce, Sudoeste Serrana, respectivamente.

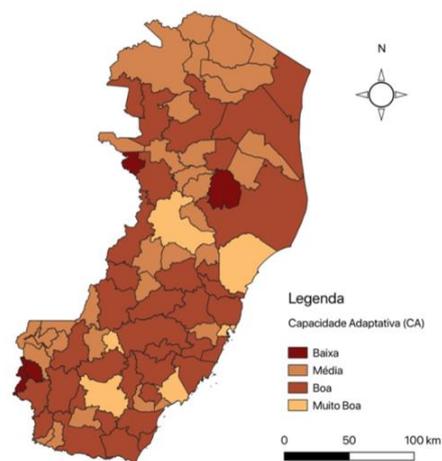
É importante ressaltar as componentes que tornam essas cidades com essa característica, pois permitirá aos governantes e representantes municipais que sejam aplicadas também às demais cidades da sua microrregião as melhorias para se alcançar uma Muito Boa CA em todo o estado. As principais componentes que contribuem para essa classificação em todos os municípios citados são as estruturas de geração de emprego e renda, cobertura de atenção básica para a saúde e segurança. Com destaque para Vitória e Aracruz que apresentaram um bom índice de estrutura e qualidade na educação. No entanto, deste grupo de municípios, Venda Nova do Imigrante, Aracruz e Anchieta, no quesito saúde, especificamente no número de leitos hospitalares se mostrou baixo, o que necessita de muita atenção com ações voltadas para sanar essa deficiência.

Figura 03 - Capacidade Adaptativa (CA) (a) dos municípios e (b) do estado do Espírito Santo

a)



b) Capacidade Adaptativa (CA) do estado do Espírito Santo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Por outro lado, 5% dos municípios apresentaram Baixa CA, sendo eles: Divino de São Lourenço, Alto Rio Novo, Dolores do Rio Preto e Rio Bananal. Estes municípios possuem em comum, a necessidade de promover ações de melhoria em estruturas relacionadas à geração de emprego e renda, educação, saúde e gestão de riscos para desastres. Uma pesquisa conduzida pelo Núcleo de GeoSaúde do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, concluiu que a maior parte dos leitos para internações estão disponíveis na capital Vitória e na RMGV¹, e que 30% dos municípios não possuem leitos hospitalares para internação que atenda a população (UFES, 2020), sobrecarregando assim alguns municípios em situações de necessidade extremas.

Analisando todo o estado do Espírito Santo (Figura 3b), verificou-se que houve dispersão dos resultados da classificação de CA entre os municípios, ou seja, nenhuma das classificações adotadas ultrapassou a porcentagem de 70%, que permitisse estabelecer uma única classificação. Assim, pode-se afirmar que a CA do estado oscila entre Boa e Média, pois as porcentagens foram muito próximas (Figura 3a). Os municípios que apresentaram Boa CA têm a contribuição do Índice de Estruturas Socioeconômicas, especificamente no emprego, renda e saúde, seguindo o IFDM. Também o IAdap contribuiu, principalmente na cobertura de atenção básica e na existência de instituições de gestão de risco para alertas de desastres e planos de contingência. Porém, houve muita deficiência no número de leitos por habitantes segundo os consórcios intermunicipais de saúde.

A análise por microrregiões (Tabela 02) identificou as microrregiões Metropolitana e Nordeste com CA Boa e Média, respectivamente, pois mais de 70% dos municípios pertencentes a microrregião, se enquadraram nessa classificação. A microrregião Metropolitana comporta o município de Vitória que apresentou uma Muito Boa CA. Outras duas microrregiões que apresentaram entre 60% e 63% dos seus municípios com Boa CA, foram a Central Serrana e Central Sul (Tabela 02), porém não superaram os 70%. As outras microrregiões oscilaram entre Boa e Média CA.

¹ Região Metropolitana da Grande Vitória.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 02 - Classificação da Capacidade Adaptativa (CA) nas microrregiões do Espírito Santo.

Microrregiões	Escala de Capacidade Adaptativa - CA			
	Muito Boa	Boa	Média	Baixa
Caparaó	0%	36%	45%	18%
Central Serrana	0%	60%	40%	0%
Central Sul	13%	63%	25%	0%
Centro-Oeste	10%	30%	50%	10%
Litoral Sul	13%	63%	25%	0%
Metropolitana	14%	71%	14%	0%
Nordeste	0%	22%	78%	0%
Noroeste	0%	43%	57%	0%
Rio Doce	17%	33%	33%	17%
Sudoeste Serrana	14%	57%	29%	0%

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Os municípios que apresentaram Baixa CA, e por isso merecem mais atenção, se localizam nas microrregiões de Caparaó, Centro Oeste e Rio Doce. Rio Doce é a microrregião mais heterogênea, pois, apresenta um município com Baixa CA (Rio Bananal), e também apresenta o município de Aracruz com Muito Boa CA. Um comportamento parecido é observado na microrregião Centro-Oeste.

Caparaó destaca-se, pois é a única microrregião que apresenta dois municípios com baixa CA: Divino São Lourenço e Dolores de Rio Preto, o que compromete a vulnerabilidade para toda a microrregião, como encontrado por SANTOS et al., (2019), sugerindo que esforços de adaptação às mudanças climáticas precisam ter maior prioridade nesta região. Baixa capacidade adaptativa, atingem municípios com baixo desempenho em estruturas socioeconômicas, conforme observa-se no Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) para as áreas de Emprego & Renda, Educação e Saúde, grande maioria dos municípios apresentam de baixo a moderado estágio de desenvolvimento para estas áreas (FIRJAN, 2018; SANTOS et al., 2019).

Considerando que no ES, 84,2% da sua população está localizada em região urbanizada (MS, 2012), e que em 60 anos, ou seja, de 1950 a 2010, a população do Espírito Santo triplicou por Km² (IBGE, 2010), e as condições climáticas estejam sofrendo alterações, especificamente com tendências de aumento nas temperaturas anuais máximas e mínimas (Figura 2a) e com tendências de extremos de precipitação (REGOTO et. al., 2018) no estado. Eventos de dias e noites mais quentes aumentando significativamente em contraste com dias e noites mais frias em muitos locais do mundo (IPCC, 2013), e principalmente no Brasil onde



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

a tendência de um clima mais úmido esteja proeminente, entender o que torna um estado ou um País com uma Baixa a Média CA pode fornecer subsídios para uma melhoria no planejamento de respostas e prevenção direcionadas às políticas públicas, segundo argumenta Braga et. al (2006). O planejamento de ações voltadas à criação de resiliência social se faz necessário no nosso país, principalmente, pois regiões como Sul, Sudeste e Nordeste enfrentam emergências relacionadas a desastres naturais como desastres hidrológicos e de seca (ARAÚJO & ROSA, 2014).

Araújo & Rosa (2014), declaram que os impactos de eventos extremos são maiores em comunidades mais vulneráveis, principalmente pelo desenvolvimento tardio com processos de crescimento econômico e urbanização que levaram a ocupação de áreas sem qualquer planejamento. Com isso, o Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2018) tem mapeado e monitorado as condições de moradia e indicadores sociais no ES e apresentou em 2018 uma síntese com a qualidade das moradias, onde notou-se um aumento no adensamento excessivo nas comparações entre 2016 e 2017, o indicador passou de 3,8% para 4,6% em todo o território. A análise permitiu mapear que a ocorrência de adensamento excessivo é maior na faixa etária dos 0 aos 14 anos com 9,6% para todo o território, evidenciando, que a concentração do indicador na faixa etária mais jovem é caracterizada mais vulnerável e necessita de maior atenção na política pública de habitação. Esses dados apresentados pela IJSN (2018), são de total importância para fortalecer a CA do estado, principalmente, pois o déficit habitacional demonstra problemas sociais e específicos de habitação e reflete problemas na qualidade de vida de uma população de baixa renda, que enfrenta maiores intempéries com a defasagem de infraestrutura básica, tais como transporte público, abastecimento de água, saneamento (VIANA, *et al*, 2019), assistência e desenvolvimento social, emprego e trabalho, habitação e desenvolvimento urbano dentre outros (FIOCRUZ, 2020).

No que se refere à análise dos índices de cenários climáticos (ICC) para os diferentes cenários de emissões RCP4.5 (ICC 4.5) e RCP8.5(ICC 8.5), a Figura 4a mostra a distribuição espacial por município para o cenário de emissões 4.5, e a classificação do índice oscila entre 0 e 0,33. Os municípios com valor zero, que denotam a cor branca na Figura 4a se categorizam dentro da faixa de menos vulneráveis aos extremos climáticos, e são aproximadamente 21 municípios que se localizam no setor leste e noroeste e estão



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

espalhados em diferentes microrregiões. Dentre eles, se encontram os municípios de Aracruz e Vitória que apresentaram CA Muito Boa, e em princípio estariam mais preparados para os impactos das mudanças climáticas. Mas também, se encontra o município de Alto Rio Novo que apresentou Baixa CA.

Já, os outros municípios com cor laranja claro ($ICC\ 4.5 = 0,167$) começam a ser suscetíveis aos extremos climáticos, e se destacam os municípios de Divino de São Lourenço e Dolores do Rio Preto como os mais expostos a esse cenário ICC4.5, pois já apresentavam uma Baixa CA. Observando alguns poucos municípios (Figura 4a), destacados na cor laranja mais escuro, dentro deles se encontram uma grande porcentagem de municípios da microrregião Central Sul, sendo um deles Cachoeiro de Itapemirim que apresentou Muito Boa CA, o que em princípio o torna mais apto para lidar com as mudanças climáticas. Para essa escala de ICC 4.5 os maiores perigos seriam as chuvas concentradas em cinco dias consecutivos (RX5day), os anos com dias muito úmidos (R95p), e em alguns municípios já mostram um aumento no número de dias secos consecutivos (CDD).

O cenário climático mais extremo, o ICC 8.5 (Figura 4b) mostrou uma escala maior, comparado com o cenário 4.5 (Figura 4a) concentrando-se na escala 0,3 até 1,0. Não existem mais municípios com menor vulnerabilidade, os maiores índices se concentram no setor oeste e sul do ES. Sendo nestas regiões que se encontram os municípios com Baixa CA. Ainda na região sul, o município de São José do Calçado, localizado na microrregião de Caparaó, com CA Boa, apresentou o maior valor na escala de vulnerabilidade climática. Uma característica marcante deste cenário, além dos episódios de chuvas em curto período (RX5day) é o incremento no número de dias secos consecutivos (CDD) e ao incremento da temperatura máxima e mínima, refletindo-se em uma condição mais seca e quente para esse cenário extremo.

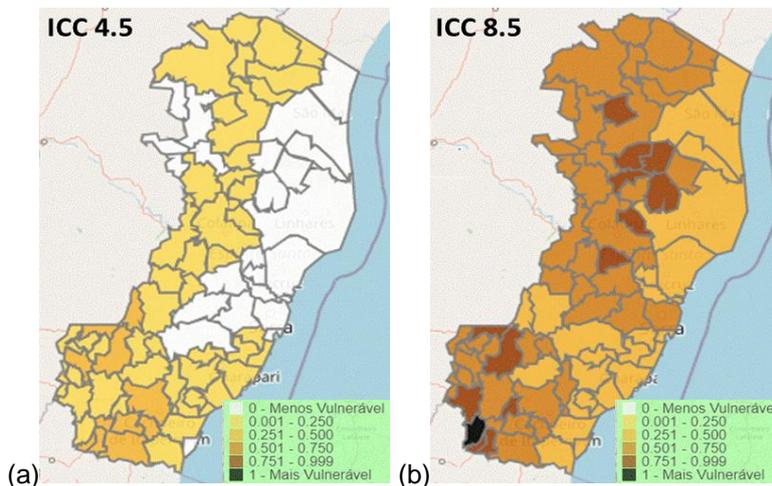


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04 – Índices de Cenários Climáticos (ICC): (a) RCP4.5 e (b) RCP8.5 para os municípios do estado do Espírito Santo.

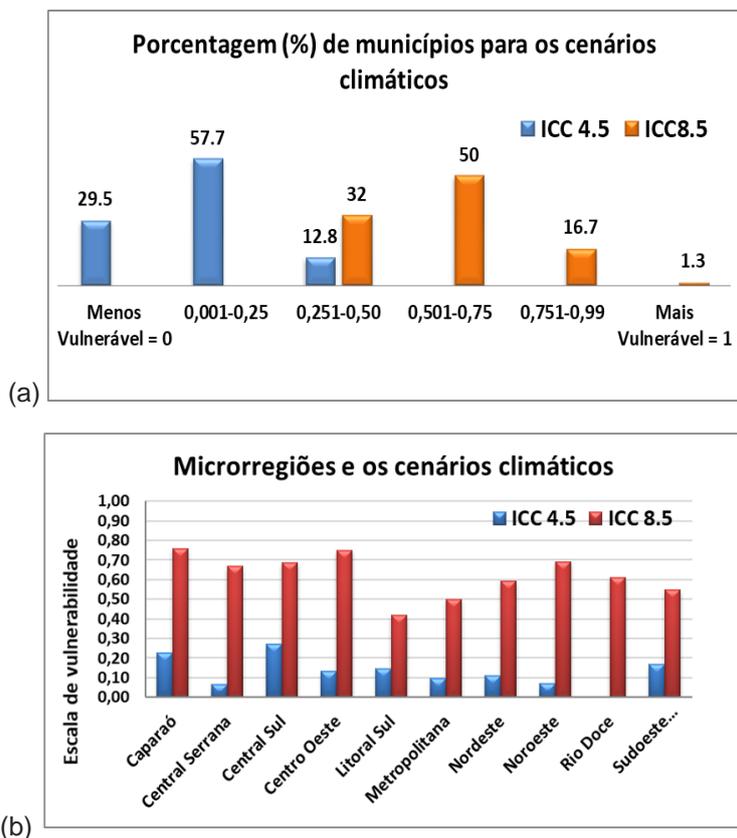


Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado do *software* SisVuClima (2021).

A Figura 5(a) sintetiza em porcentagem a quantidade de municípios de todo o estado de ES, para os ICC 4.5 e ICC 8.5, considerando a escala de vulnerabilidade climática. Enquanto no cenário ICC 4.5 uma porcentagem de 57,7% municípios mostra um índice menor, e o 29,5% uma menor vulnerabilidade climática, para o cenário ICC 8.5, o panorama muda e metade dos municípios (50%) alcançam índices acima de 0,501 e 16,7% próximo a apresentar uma alta vulnerabilidade climática. A análise por microrregiões (Figura 5b) para os cenários climáticos identifica Caparaó e Centro Oeste como aquelas de maior vulnerabilidade climática para o cenário ICC 8.5. Já para um cenário menos extremo ICC 4.5, se destaca a microrregião Central Sul, seguido por Caparaó.



Figura 05 – Porcentagem (%) de (a) municípios do ES e as escalas dos índices ICC 4.5 e ICC8.5 e (b) Microrregiões do ES e as escalas de vulnerabilidade climática para ICC 4.5 e ICC 8.5



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Por tanto, fortalecer as microrregiões que apresentam Baixa e Média CA se faz necessário para um enfrentamento climático tanto de baixo impacto quanto em condições severas, principalmente com as mudanças já evidenciadas nos cenários apresentados nesta pesquisa, ICC 4.5 e ICC 8.5, onde as temperaturas podem chegar a 4°C até o fim desse século (VAN VUUREN et al., 2011), e a construção de planejamento de respostas adequadas para a sociedade ser resiliente a estas mudanças contribuirá para o aumento na Capacidade Adaptativa dos municípios e consequentemente do estado.

4. Considerações finais

A principal contribuição que este estudo traz, trata-se do mapeamento da capacidade adaptativa dos municípios do estado do Espírito Santo sob a perspectiva climática. Em que,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de modo geral, os resultados demonstram valores bem heterogêneos para a capacidade adaptativa dos municípios, além disso, apresentam-se diferentes até dentro de uma mesma microrregião. Aprofundar-se no que torna a população capixaba mais bem adaptada para o enfrentamento dos impactos das mudanças climáticas, bem como, a contribuição para que os municípios apresentem baixa CA, tais como baixo índice de Emprego & Renda, Educação, Saúde, instituições de segurança e gestão de risco, cobertura de atenção básica além de organizações sociopolíticas disponíveis, torna-se essencial para que o estado consiga alcançar a capacidade adaptativa de 70% de seus municípios e assim diminuir a vulnerabilidade da população, tendo como base a região metropolitana de Vitória. Além de fornecer subsídios que direcionem o enfrentamento às mudanças climáticas já proeminente, direcionando, uma melhor prevenção e um planejamento de adaptação adequado aos tomadores de decisão.

5. Referências

ANDRADE, H. V. de. Mapeamento das Políticas Estaduais de Adaptação das Cidades às Mudanças Climáticas no Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 2, p. 24-49, 2017. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/rga/article/view/4358>>. Acesso em: 02 de Jan. de 2021.

ARAUJO, R. O.; ROSA, T. C. S. Vulnerabilidade socioambiental e redução do risco de desastres: o papel do Estado do Espírito Santo (Brasil). **Ambiente. soc.**, São Paulo, v. 17, n. 4, pág. 117-132, Dec. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2014000400007&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 23 de Mar. de 2021.

BRAGA. T. M.; OLIVEIRA. E. L.; GIVISIEZ. G. H. N. 2006. Avaliação de Metodologias de Mensuração de Riscos e Vulnerabilidade social e desastres naturais associados à mudança climática. **São Paulo em Perspectiva**. Vol. 20. Nº 1 (2006). p. 81-95.

BURTON, I. The Growth of Adaptation Capacity: practice and policy. In: Adapting to climate change., **New York, NY**, p. 55-67, 1996. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8471-7_6. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4613-8471-7_6#citeas>. Acesso em: 29 de Dez. de 2020.

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz. Manual Sistema de Vulnerabilidade Climática – **SisVuClima**. Disponível em: <http://www.sisvuclima.com.br/visualizar_mapa/ica/30-11-2017/40be5b34-deae-45d4-b0ac-9ad1c638ebde/ICA/>. Acesso em: 18 de Nov. de 2020.

FIRJAN. **IFDM, Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal**. C2018. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/ifdm/consulta-ao-indice/>>. Acesso em: 20 de Fev. de 2021.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

FRITZSCHE, K. et al. The Vulnerability Sourcebook: Concept and Guidelines for Standardised Vulnerability Assessments. **Bonn and Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)**, 2014. Disponível em: <<https://unisalzburg.elsevierpure.com/de/publications/the-vulnerability-sourcebook-concept-and-guidelines-for-standardi>>. Acesso em: 10 de Jan. de 2021.

IBGE. Cidades e Estados. Espírito Santo.Código:32. **Densidade demográfica**. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/#:~:text=Notas%3A,entre%20munic%C3%ADpios%20na%20fronteira%20interes>>. Acesso em: 12 de Fev. de 2021.

IJSN, Instituto Jones dos Santos Neves. Síntese dos indicadores sociais do Espírito Santo - PNAD 2017. Análise das condições de moradia no Espírito Santo. **Vitória, ES**, 2018. 42p. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/component/attachments/download/6262>>. Acesso em: 12 de Mar. de 2021.

INCAPER, Coordenação de Meteorologia. Disponível em: <<https://meteorologia.incaper.es.gov.br/>>. Acesso em 19 de Dez. de 2020.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. **The Physical Science Basis – Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>>. Acesso em: 12 de Fev. de 2021.

LEMOS, M.C.; LO, Y.-J.; NELSON, D.R.; EAKIN, H.; BEDRAN-MARTINS, A.M., 2016. Linking development to climate adaptation: Leveraging generic and specific capacities to reduce vulnerability to drought in NE Brazil. **Global Environmental Change** 39, 170–179.. doi:10.1016/j.gloenvcha.2016.05.001.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **IDB, Índice de Dados Básicos – Brasil – 2012**. 2013. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2012/matriz.htm>>. Acesso em: 12 de Fev. de 2021.

NASCIMENTO, José Antônio Sena do. Elementos Metodológicos para a Avaliação da Vulnerabilidade a Eventos Climáticos Extremos na Amazônia: O caso da Bacia do Rio Acre. In: RIBEIRO, Marta F.; FREITAS, Marcos A. V.; ROSA, Luiz Pinguelli (Org.). Vulnerabilidade e ações de adaptação dos recursos hídricos às mudanças climáticas no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. Cap. 3. p. 53-97.

RAMOS, M, C. Políticas Públicas de Adaptação às Mudanças Climáticas em Face das Populações Vulneráveis e da Justiça Climática. Dissertação (Mestrado em Direito) - **Universidade Presbiteriana Mackenzie**, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://tede.mackenzie.br/jspui/handle/tede/1145>>. Acesso em: 05 de Jan. de 2021.

REGOTO. P., DEREZYNSKI. C., SILVA. W.L., SANTOS. R., CONFALONIERI. U. 2018. Tendências de Extremos de Precipitação para o Estado do Espírito Santo. Trends in Extreme Precipitation over Espírito Santo State - Southeast Brazil. **Anuário do Instituto de**



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Geociências - **UFRJ**. Vol. 41. Nº 1 (2018). p. 365-381. DOI:
https://doi.org/10.11137/2018_1_365_381.

SANTOS, R. B. et al. Construção e Aplicação de um Índice de Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima para o Contexto Brasileiro: A Experiência do Estado do Espírito Santo. **Saúde e Sociedade**, v. 28, p. 299-321, 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/sausoc/article/view/160284/154629>>. Acesso em: 22 de Dez. de 2020.

SIDERS, A. R. Adaptive Capacity to Climate Change: A synthesis of concepts, methods, and findings in a fragmented field. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 10, n. 3; p. e573, 2019. <https://doi.org/10.1002/wcc.573>.

SISVUCLIMA. **Organização Sociopolítica**. Disponível em: <http://www.sisvuclima.com.br/visualizar_mapa/conselho_consortio/30-11-2017/40be5b34-deae-45d4-b0ac-9ad1c638ebde/Organiza%C3%A7%C3%A3o%20Sociopol%C3%ADtica/>. Acesso em: 22 de Dez. de 2020.

SMIT, B. & WANDEL, J. Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability. **Global environmental change**, v. 16, n. 3, p. 282-292, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378006000410>>. Acesso em: 02 de Jan. de 2021.

SMITHERS, J. & SMIT, B. Human Adaptation to Climatic Variability and Change. In: **Global environmental change**, v. 7, n. 2, p. 129-146, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(97\)00003-4](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(97)00003-4). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378097000034>>. Acesso em: 03 de Jan. de 2021.

VAN VUUREN, D.P. et al. The representative concentration pathways: An overview. **Clim. Change**. 109, p. 5–31, 2011.

VIANA, R. M; et. al. 2019. Carências Habitacionais no Brasil e na América Latina: o papel do ônus excessivo com aluguel urbano / Housing needs in Brazil and Latin America: the role of the urban rental affordability stress. **Caderno de Geografia**. v. 29 n. 56 (2019): Janeiro a Março de 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n56p287>>. Acesso em: 11 de Mar. de 2021.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

EFEITO DAS ONDAS DE CALOR NA INTENSIDADE DAS ILHAS DE CALOR: ESTUDO DE CASO PARA A REGIÃO METROPOLINA DE SÃO PAULO – SETEMBRO DE 2020

MARÍA CLEOFÉ VALVERDE¹

RESUMO

As ondas de calor (OC) no ano de 2020 foram os eventos mais extremos que ocorreram em escala global segundo a Organização Mundial de Meteorologia, e o Brasil foi um dos países que experimentou os impactos das altas temperaturas. O objetivo da pesquisa é analisar a influência da OC na intensidade da ilha de calor atmosférica (IC) para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Para isso, dois eventos de OCs foram analisados com base na temperatura máxima de 17 pontos distribuídos pela RMSP. A IC foi analisada para o mês de setembro de 2020 e primeiros dias de outubro. Os resultados identificaram a primeira OC (10/09/2020 até 14/09/2020) como de intensidade média com uma duração de cinco dias, e durante esse período a IC se apresentou com uma intensidade que variou de forte ($\Delta T = 6^{\circ}\text{C}$ a $9,9^{\circ}\text{C}$) para extrema ($\Delta T = >10^{\circ}\text{C}$) no período da tarde, noite e até de madrugada, persistindo com essa intensidade por até nove horas consecutivas em alguns dias. Na segunda OC (30/09/2020 até 02/10/2020) classificada como extrema, com duração de três dias, a IC foi menos intensa, e apenas no primeiro dia, no horário das 19h se classificou como extrema, nos outros dois dias da OC, a IC foi de intensidade forte. A OC extrema teve uma abrangência espacial maior que a primeira OC, pois, se estendeu além da RMSP, fazendo que as regiões mais afastadas e consideradas como rurais se apresentem menos frias, o que pode ter amenizado a intensidade da IC.

Palavras-chave: Onda de Calor; Ilha de Calor; Região Metropolitana de São Paulo.

ABSTRACT

Heat waves (HW) in the year 2020 were the most extreme events that occurred on a global scale, according to the World Meteorological Organization, and Brazil was one of the countries affected with its impacts. The objective of the research is to analyze the influence of HW on the intensity of the atmospheric heat island (HI) for the Metropolitan Region of São Paulo (MRSP). For this, two HW were analyzed based on the maximum temperature of 17 points distributed by the MRSP. The HI was analyzed for the month of September and October. The results identified the first HW (09/10/2020 to 09/14/2020) as of moderate intensity with a duration of five days, and during this period the HI was strong ($\Delta T = 6^{\circ}\text{C} - 9.9^{\circ}\text{C}$) and extreme ($\Delta T \geq 10^{\circ}\text{C}$) in the afternoon, night and dawn, with the duration of ΔT in up to nine consecutive hours. In the second HW (09/30/2020 to 10/2/2020) classified as extreme, the HI was less intense, and only on the first day it was classified as extreme, on the other two days, the HI was of strong intensity. The extreme HW had a greater spatial coverage than the first, as it

¹ Professora Doutora do curso de graduação de Engenharia Ambiental e Urbana e do curso de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal do ABC, maria.brambila@ufabc.edu.br.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

extended beyond the RMSP, causing the most distant regions, considered as rural, to also have high temperatures, which alleviated the intensity of the HI.

Keywords: Heat Waves; Heat Island; Metropolitan Region of São Paulo.

1. Introdução

As ondas de calor (OCs) são fenômenos atmosféricos extremos de tempo e clima que originam impactos negativos na saúde da população e em diversos sistemas ambientais. Por esse motivo, apesar de uma OC ser um evento atmosférico, ela não pode ser avaliada sem referência aos impactos humanos (ROBINSON, 2001). A frequência desses eventos tem aumentado consideravelmente nestas últimas décadas, e tem sido mais intenso em algumas regiões do planeta, como na Austrália (TRANCOSO et al., 2020) e norte dos Estados Unidos (LAU e NATH, 2012), com impactos catastróficos.

A Organização Mundial de Meteorologia (OMM) define uma OC como: “um evento quente, incomum, extremo (de temperatura máxima – $T_{máx}$, mínima – $T_{mín}$ e média - $T_{méd}$ diária) em uma região, que persiste pelo menos dois dias consecutivos, durante o período quente do ano, detectado com base nas condições climatológicas locais e com condições térmicas registradas acima de limites determinados” (WMO - TT-DEWCE, 2016).

No Brasil, inúmeros estudos para a identificação e avaliação do fenômeno OC têm sido realizados (BITENCOURT et al., 2016; REIS et al., 2019; LIMA et al., 2007; FANTE e NETO, 2015), considerando desde a escala territorial de país até a escala municipal, com o intuito de determinar o limiar de temperatura que possa identificar o fenômeno.

Bitencourt et al., (2016), para o estudo da OC, dividiu o Brasil em três áreas, uma delas abaixo do limite latitudinal de 15°S (que inclui as regiões Sudeste, Sul e parte sul do Centro Oeste), que em geral é influenciada por sistemas meteorológicos transientes; e duas outras áreas, que são influenciadas pela climatologia tropical, sendo estas, o Nordeste do Brasil, e a Amazônia mais o Centro Oeste. Para a área abaixo da latitude de 15°S , onde a RMSP está inserida, o limiar da OC foi de $34,7^{\circ}\text{C}$ com uma persistência média de 4,7 dias. Reis et al., (2019) identificaram as OCs, na região subtropical do Brasil, com base no percentil 90th das anomalias da $T_{máx}$ diária. Na sub-região que compreende o estado de São Paulo, e conseqüentemente a RMSP, os autores encontraram uma intensidade média da OC de $38,7^{\circ}\text{C}$ com persistência média de 8,4 dias.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Por outro lado, a ilha de calor (IC) é um fenômeno do clima urbano, que ocorre em áreas urbanas, geralmente nas áreas centrais das cidades, nas quais se concentram as maiores temperaturas, seja do ar ou da superfície. De modo geral, a diferença de temperaturas, ao longo do dia, em áreas mais e menos urbanizadas, se dá pela diferenciação no padrão de ocupação do solo, índice de pavimentação das vias, materiais de construção utilizados nos processos de urbanização, intensidade de espaços verdes, entre outros (OKE, 1987; LOPES, 2016; VALVERDE et al., 2020).

A IC é um fenômeno presente nas grandes metrópoles e cidades, como é o caso da RMSP, seus municípios e sub-regiões (BARROS e LOMBARDO, 2016; AMORIM, 2019; VALVERDE et al., 2020; SILVA JUNIOR et al., 2020). O estudo de Lombardo (1985), um dos pioneiros no Brasil, identificou o fenômeno de IC no município de São Paulo, e verificou diferenças de até 10°C entre as temperaturas do centro urbano e áreas periféricas de caráter rural. Também, é demonstrado que as áreas com poucos espaços verdes apresentaram maiores temperaturas de superfície, o que implica na relação direta entre o uso e ocupação do solo e a intensidade do fenômeno (BARROS & LOMBARDO, 2016).

Silva Junior et al., (2020) através de um estudo de modelagem da RMSP, utilizando o modelo regional WRF/Chem identificaram a intensidade da IC, com diferenças máximas que oscilam entre 4°C a 6°C na comparação entre área urbana e rural.

Ressalta-se, que a IC, diferentemente de uma OC, pode ser considerada um fenômeno quase permanente das grandes metrópoles. Já uma OC é um evento atmosférico episódico que afeta áreas urbanas ou rurais devido a sua abrangência espacial. Assim, apesar da OC e IC terem sido muito estudadas individualmente, esses eventos podem atuar em conjunto, aumentando e potencializando os seus impactos.

Zscheischler et al., (2018) advertem que é possível a existência de “evento composto” acontecendo num contexto de ocorrência de extremos, isto é, podem ocorrer inundações, incêndios, ondas de calor e secas como resultado de uma combinação de processos físicos interagindo em várias escalas espaciais e temporais, ocorrendo simultaneamente ou não. Ainda os autores mencionam que muitos métodos tradicionais de avaliação de risco climático normalmente consideram apenas um fator e/ou risco de cada vez, potencialmente levando à subestimação do risco, já que os processos que causam eventos extremos geralmente interagem e são dependentes espacial e/ou temporalmente.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Um exemplo de “evento composto” são as secas e as OCs, que quando ocorrem simultaneamente como eventos combinados, causam perda agrícola, mortalidade florestal e escassez de água potável (Miralles, et al., 2019). Da mesma forma um evento composto de IC e OC pode promover um excesso de mortalidade principalmente no seio da população mais idosa e vulnerável (Son et al., 2016).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é compreender, qual é o efeito composto da interação das OC e IC na RMSP. Quando eventos de OC acontecem, qual é a resposta da IC, em termos de intensidade? Existe uma alteração na intensidade da IC?

Segundo o levantamento bibliográfico realizado, no Brasil ainda são muito poucos os estudos que abordam os efeitos e interação desses dois eventos OC e IC, pois abrangem escalas espaciais e temporais diferentes, no âmbito das ciências atmosféricas e climáticas.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende a RMSP e a sub-região do ABC Paulista. A RMSP é composta por 39 municípios, tem uma extensão de 7.946,84 km² e possui uma população de 21.571,281 habitantes, segundo estimativa populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. A área urbanizada compreende 2016,2 km² e a sua densidade demográfica é 2.714,45 hab./km² (IBGE, 2018). A RMSP também é subdividida em seis sub-regiões (Figura 1), oficializada conforme a lei complementar 1139, de 16 de junho de 2011.

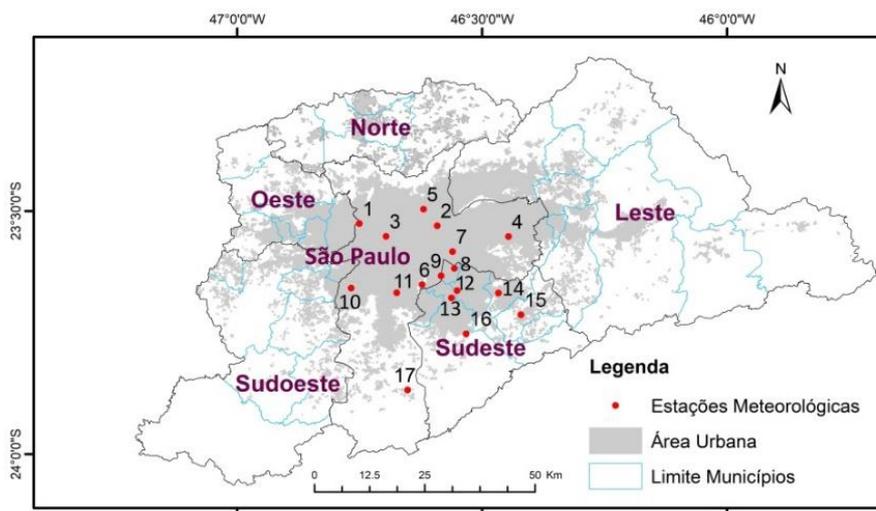


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 – Região Metropolitana de São Paulo, com os seus respectivos municípios e as suas seis sub-regiões. Os pontos vermelhos representam a localização de 17 estações meteorológicas



Fonte: O autor.

O ABC Paulista está constituído por sete municípios e parte da sua área apresenta uma massa urbana densamente construída com grande densidade populacional e outra parte constituída por áreas de proteção ambiental, onde se encontra a Represa Billings. Este contraste do espaço permite inferir características diferenciadas do clima urbano da região.

2.2 Dados e Métodos

Foram utilizados dados horários de temperatura do ar de dezessete estações meteorológicas automáticas (EMA) espalhadas na RMSP (Figura 1), para os meses de setembro e outubro de 2020. Na Tabela 02 são especificados os nomes de cada uma das estações com as suas numerações (Figura 1). As EMAs são administradas pelo Centro de Gerenciamento de Emergência Climáticas da cidade de SP, pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, pelo Instituto de Astronomia, Geociência e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – USP (IAG/USP), pelo Instituto Nacional de Meteorologia e pela Universidade Federal do ABC (UFABC). Complementarmente foram utilizados campos de circulação de vento, temperatura máxima e média, provenientes do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, para o mês de setembro de 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para a identificação do início e duração da OC na região de estudo, utilizou-se o limiar definido por Diniz et al., (2020) estimado com base nos dados de temperatura do ar da estação meteorológica do IAG/USP localizado no Parque de Ciência e Tecnologia da USP, na cidade de São Paulo, para o período de 1996-2016, e para o período quente (setembro até março). Na identificação da OC, Diniz et al., (2020) consideraram um período mínimo de três dias consecutivos com $T_{máx}$ acima do limiar percentil 90 (90th) da série de dados da temperatura máxima diária, adicionalmente os autores calcularam o limiar com base no percentil 95th e 98th.

Tabela 01 – Intensidade e duração da Onda de Calor para a região de São Paulo

Fonte de dados	Período	Intensidade (°C)			Duração (dias)		
		90th	95th	98th	90th	95th	98th
observados do IAG/USP	1996-2016	33,6	34,3	34,8	5	4	5
	Intervalo de confiança	±1,2	±1,1	±1,2	±3	±3	±4

Fonte: Diniz et al., 2020.

Com base nos percentis identificadores da OC (Tabela 01), criou-se uma escala de intensidade, como segue:

OC de intensidade moderada: $90th \leq T_{máx} < 95th$

OC de intensidade forte: $95th \leq T_{máx} \leq 98th$

OC de intensidade Extrema: $T_{máx} > 98th$

Para a identificação e intensidade (ΔT) da ilha de calor (IC) utilizou-se a formulação proposta por Oke (1987) com base no ciclo diurno, onde $\Delta T(u,r)$ corresponde à diferença de temperatura horária entre uma área urbana (T_u) e rural (T_r) ou menos urbanizada:

$$\Delta T(u,r) = T_u - T_r \quad (1)$$

A T_r , no presente estudo, correspondeu as temperaturas horárias dos locais ou municípios da RMSP que se encontram na periferia e/ou mais próximos a áreas de proteção ambiental e/ou corpos de água (represas). Alguns municípios da RMSP, como por exemplo,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

São Paulo (SP) e São Bernardo do Campo (SBC), apresentam em sua extensão territorial, no setor sul desses municípios, bairros com características rurais e de preservação ambiental, como é o caso dos bairros Parelheiros (em SP) e Riacho Grande (em SBC).

3. Resultados e discussão

3.1 Condições atmosféricas globais e regionais para o mês de setembro de 2020

O Relatório da OMM sobre o Estado do Clima Global para o ano de 2020 demonstra que a temperatura média global em 2020 foi a segunda mais quente registrada no planeta, desde o início das observações (WMO, 2020). Já, setembro de 2020 foi considerado o mês mais quente¹ relativo ao valor médio do período de 1880-1920, para o mesmo mês, inclusive comparado com 2016, considerado o ano mais quente na média global.

No Brasil, o mês de setembro de 2020 também foi muito quente, a Figura 2a, mostra a temperatura máxima média mensal e quando comparado com a climatologia (Fig. 2b) é visível a diferença em grande parte do território brasileiro, com destaque para a região do centro oeste, e parte dos estados de São Paulo (SP) e Rio de Janeiro, como mostra o campo das anomalias, que superaram os 5,1°C nessas regiões (Fig. 2c).

O campo de circulação atmosférica dessa condição anômala de temperatura, esteve associado à uma intensa circulação anticiclônica que perdurou ao longo do mês de setembro. A Figura 3 mostra os campos de circulação, desde a superfície até os níveis altos, para o dia 30/09, no qual se identificou o início da ocorrência da OC na RMSP. No campo de 250 hPa (Fig. 3a) observa-se a circulação anticiclônica em grande parte da região central e sudeste do Brasil. Porém, são nos níveis médios (500 hPa) (Fig. 3b) onde o anticiclone está melhor configurado, com centro no estado de SP e sul de Minas Gerais. No nível de superfície (1000 hPa), o anticiclone dentro de continente não é mais visível, porém a alta do Atlântico Sul se encontra mais deslocada para o litoral da região do Sudeste.

¹ <http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/Emails/September2020.pd>

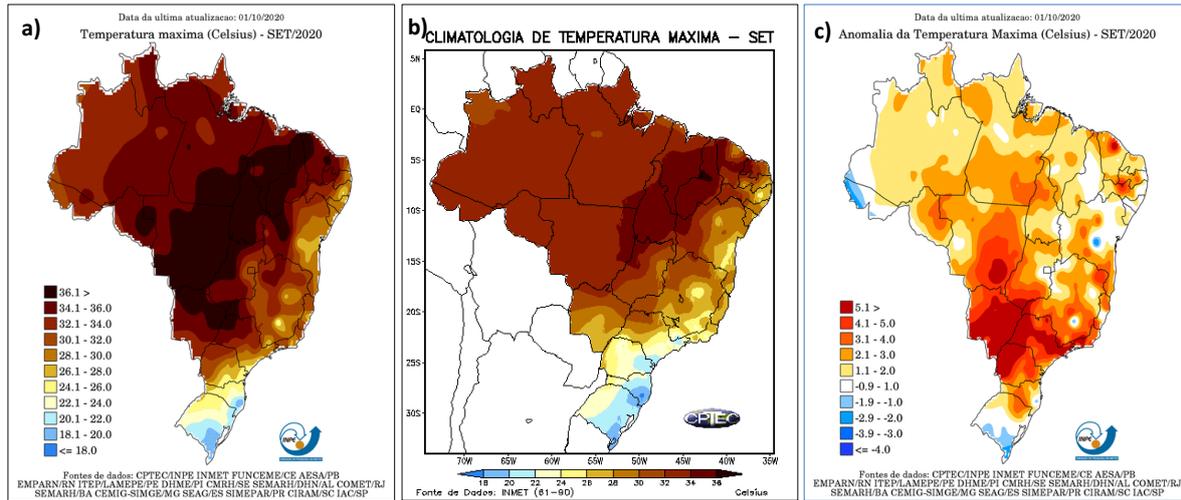


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

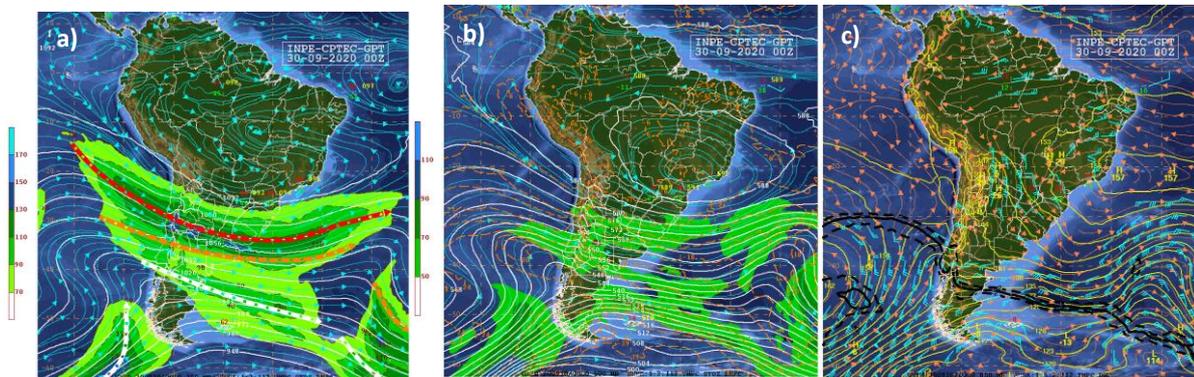
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2 – Campo da temperatura máxima para o mês de setembro de 2020 (a), campo climatológico da temperatura máxima para o período de 1961-1990 (b) e anomalia da temperatura máxima para o mês de setembro de 2020 (c).



Fonte: www.cptec.inpe.br

Figura 3 – Mapas da circulação de vento e linhas de corrente para o dia 30/09/2020 para o nível de 250 hPa (a), 500 hPa (b) e superfície em 1000 hPa (c).



Fonte: www.cptec.inpe.br

A circulação anticiclônica quase estacionária, caracterizada por uma massa de ar seca e subsidente se estendeu em grande parte das regiões Centro Oeste, Sudeste, e parte do sul da Amazônia e através da subsidência, secou e esquentou a atmosfera originando as altas temperaturas que provocaram a onda de calor. Para os eventos que são estudados, cada OC se manifestou de forma diferente no que se refere à intensidade da Tmáx.



3.2. Identificação da Onda de Calor e Ilha de Calor na RMSP

Foram identificados dois eventos de OC no mês de setembro de 2020, que ocorreram nos períodos 10/09/2020 a 14/09/2020 e 30/09/2020 a 02/10/2020. O último evento se prolongou até os primeiros dias de outubro. A identificação foi baseada no limiar de 90th da T_{máx} (33,6°C), como explicado na metodologia. Isto é, nos dias nos quais se registraram valores de T_{máx} iguais ou maiores que 33,6 °C, e ainda persistindo no mínimo por três dias consecutivos, considerou-se a ocorrência da OC. A Tabela 02 mostra os valores de T_{máx} dos pontos monitorados na RMSP (Fig. 1) para a primeira OC, identificando através de cores as intensidades segundo a sua classificação. Ainda, incluiu-se a T_{máx} de um dia antes e após o evento para identificar o início e o fim do fenômeno.

Tabela 02 – Temperatura horária máxima de pontos localizados na RMSP para o período de 09/09/2020 – 15/09/2020, identificando o início e fim da OC. As cores seguem a classificação de intensidade da OC.

Pontos Monitorados/Códigos	Evento de Onda de Calor						
	09/09	10/09	11/09	12/09	13/09	14/09	15/09
Lapa (1)	29,96	32,48	32,48	33,32	34,05	32,01	21,25
Mooca (2)	29,28	34,25	33,87	34,35	33,03	33,14	21,58
Pinheiros (3)	31,17	33,79	34,64	34,28	34,86	33,5	21,30
Itaquera (4)	30,1	34,87	35,26	35,77	33,83	34,33	21,33
Mirante de Santana (5)	29,3	33,0	32,8	33,8	32,9	32,2	20,9
IAG/USP (6)	27,4	33,0	32,6	33,7	32,6	32,2	19,4
Vila Prudente (7)	28,42	33,34	33,42	33,87	32,76	32,48	19,34
São Caetano do Sul (8)		34,6	34,4	35,2	34,2	33,7	20,4
Ipiranga (9)	28,1	33,67	33,51	34,24	33,11	32,63	18,94
Campo Limpo (10)	28,21	32,99	33,38	33,4	33,35	32,05	18,59
Diadema (11)	26,47	33,8	33,68	34,13	33,51	32,97	18,35
Santo André (12)	27,2	32,5	33,1	33,3	32,4	31,8	
São Bernardo do Campo (13)	26,62	32,79	32,48	33,51	32,52	31,39	17,98
Mauá(14)	25,88	32,52	32,15	33,38	32,36	32,03	17,66



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ribeirão Pires (15)	24,92	33,27	30,58	34,01	32,53	32,46	17,16
Riacho Grande – SBC (16)	23,04	32,22	28,79	33,4	33,74	31,53	16,1
Parelheiros (17)	23,63	31,8	30,8	33,02	32,78	31,48	16,5

OC moderada 90th (33,6°C) ≤ T_{máx} < 95th (34,3°C)

OC forte 95th (34,3°C) ≤ T_{máx} ≤ 98th (34,8°C)

OC Extrema T_{máx} > 98th (34,8°C)



A ordem dos postos monitorados na Tabela 02 está de norte a sul, e se observa que os pontos localizados ao norte e na área central da RMS (Mooca, Pinheiros e Itaquera) apresentem os maiores valores de T_{máx}, e se enquadram nos limites do percentil, o que identifica o evento, com tempo de duração que varia de acordo ao ponto monitorado. Em Itaquera, região central da cidade de SP, o evento teve uma duração de cinco dias, a OC foi extrema entre os dias 10/09 até 12/09. Esse episódio de OC se estendeu espacialmente até o setor norte dos municípios de São Caetano do Sul (4 dias de duração) e Diadema (3 dias de duração). Alguns municípios não atingiram o valor do P90th (33,6°C) com persistência mínima três dias, e outros ficaram abaixo de 33,6°C. Sendo áreas urbanas, fatores como impermeabilização, áreas verdes ou até corpos de água influenciam na intensidade da temperatura de um local para outro.

Outra informação que merece destaque é o declínio da T_{máx} após o término da OC, onde a diferença dos pontos monitorados entre os dias 14/09 e 15/09 oscilou entre 10,8°C (Lapa) e 14,6°C (Diadema). O declínio esteve associado, segundo o Boletim Técnico do CPTEC¹, a um sistema frontal que avançou pela faixa leste do Sudeste até o litoral sul do Rio de Janeiro, e que na sua retaguarda trouxe um anticiclone pós-frontal, que favoreceu ventos de leste/sudeste, deixando o tempo com nuvens e chuva fraca, principalmente na faixa litorânea de SP influenciando na queda das temperaturas.

O segundo evento ocorrido no período 30/09/2020 até 02/10/2020, foi extremo, tanto em intensidade quanto em abrangência espacial, pois todos os pontos monitorados apresentaram T_{máx} acima do percentil 98th durante os três dias de duração (Tabela 03). No dia 02/10, se registraram os mais altos valores de T_{máx}, superando os 37°C. Na EMA de Itaquera e São Caetano do Sul a T_{máx} foi de 38,4°C. Um dia após o término do evento (3/10), a diferença entre as T_{máx} oscilou entre 7,8°C e 13,6°C. Segundo o Boletim Técnico do

¹ <http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CPTEC¹, nesse dia um sistema frontal avançou pela faixa leste do Sudeste do Brasil e trouxe mudanças nas condições de tempo, com aumento de nuvens, chuva, vento e queda de temperatura, o que amenizou o tempo quente e seco no estado de SP. A OC extrema atingiu grande parte da região central e sudeste do Brasil, que segundo o INMET², essa foi uma OC histórica que provocou recordes de temperatura, no estado de SP, como foi o caso de Presidente Prudente que registrou 40,7°C no dia 30/09. Em Mato Grosso do Sul, tanto no município de Água Clara como em Coxim, a máxima alcançou os 44,1°C.

Tabela 03 – Temperatura horária máxima dos pontos monitorados na RMSP para o período de 29/09/2020 – 03/10/2020, identificando o início e fim da OC.

Pontos Monitorados	29/09/2020	Evento de Onda de Calor			03/10/2020
		30/09/2020	01/10/2020	02/10/2020	
Lapa (1)	25,13	35,98	35,76	36,39	26,83
Mooça (2)	25,22	37,08	37,2	37,7	28,45
Pinheiros (3)	26,01	36,7	37,49	37,78	28,13
Itaquera (4)	26,14	36,43	37,82	38,38	25,57
Mirante de Santana (5)	25,7	36,4	36,7	36,6	28,2
IAG/USP (6)	23,5	35,9	36,2	36,6	24,1
Vila Prudente (7)	23,33	36,95	36,42	37,06	27,67
São Caetano do Sul (8)	24,1	37,8	38	38,4	28,2
Ipiranga (9)	22,86	36,65	37,03	37,38	25,96
Campo Limpo (10)	22,8	36,42	36,35	37,04	27,1
Diadema (11)	20,78	37,28	36,33	37,59	26,25
Santo André (12)		35,8	35,9	36,4	26,1
São Bernardo do Campo (13)	21,46	36,43	35,88	36,77	25,27
Mauá (14)	20,42	34,97	35,66	36,08	25,53
Ribeirão Pires (15)	21,3	35,58	36,29	37,03	23,34

¹ <http://tempo.cptec.inpe.br/boletimtecnico/pt>

² <https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas#>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Riacho Grande – SBC (16)	19,43	35,65	34,86	36,04	28,2
Parelheiros (17)	21,58	35,48	35,18	36,48	22,73
OC moderada	90th (33,6°C) ≤ T _{máx} < 95th (34,3°C)				
OC forte	95th (34,3°C) ≤ T _{máx} ≤ 98th (34,8°C)				
OC Extrema	T _{máx} > 98th (34,8°C)				

Para a análise da Ilha de Calor Atmosférica (IC) foram selecionados dois pontos representativos para o cálculo da sua intensidade (ΔT). Considerando a RMS, os pontos selecionados foram Mooca e Parelheiros (Fig. 1 - Tabela 02), cada um deles representativos da área urbana propriamente dita, e da área periférica (representando a área rural circundante) localizada ao sul da RMS, respectivamente. Parelheiros¹ é um distrito da zona sul do município de SP, sendo que a totalidade de seu território está situada em área de proteção aos mananciais e a região compreende remanescentes de Mata Atlântica com grande parte de sua mata nativa e com biodiversidade preservada. Sua rede hídrica contempla as bacias hidrográficas de Capivari, Guarapiranga e Billings.

Na Tabela 04 apresentam-se as intensidades da IC na escala horária, para o período 9/09/2020 até 03/10/2020, que compreendem os dois eventos de OCs. As cores diferenciam a classificação das intensidades da IC. Observa-se a existência da IC ao longo de todo o período (ΔT positivo) com intensidade maior, preferencialmente, no período da tarde e noite (12h até 23h). Constata-se que as maiores intensidades da IC, consideradas como forte (6°C a 9,9°C) e extremas (>10°C) aconteceram tanto durante os dias de ocorrência de OC como em outros períodos também. Nos dias 16/09 (13,7°C) e 17/09 (14,6°C) se obtiveram os valores mais altos do ΔT .

¹ <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/parelheiros/historico/index.php?p=411>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 04 – Intensidade (ΔT) da Ilha de Calor Atmosférica (IC) para a RMSP com base na escala horária (Hora Local) e para o período de 09/09 até 03/10 de 2020. As cores indicam a classificação na intensidade das IC. IF é ilha de frescor.

Dias	Horas																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
09/set	2.9	2.9	2.9	2.7	2.8	2.7	3.0	3.7	3.7	3.6	1.4	2.2	3.3	4.5	8.6	9.6	6.3	4.2	3.3	3.2	3.0	2.8	3.0	2.8
10	2.9	2.8	2.4	2.3	2.0	2.0	1.8	2.0	1.4	2.0	2.5	1.7	1.7	1.6	1.8	2.5	2.2	9.2	10.2	9.8	8.8	4.4	4.5	4.9
11	4.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0	3.8	3.6	2.3	2.9	3.2	3.7	2.6	6.1	7.4	9.8	11.4	10.9	10.1	9.1	8.1	7.9	6.7
12	6.2	5.6	5.5	4.5	4.9	5.4	4.1	1.7	1.3	1.7	1.6	1.1	1.1	1.3	1.3	2.5	4.5	7.9	9.6	8.3	8.0	8.2	8.8	7.9
13	7.0	7.1	7.4	6.1	5.6	5.5	5.8	6.4	3.9	2.5	2.3	1.3	0.1	-0.7	-0.4	2.9	5.2	7.4	6.4	6.3	5.9	5.5	5.9	6.2
14	6.6	5.7	6.1	5.7	6.1	5.8	5.5	3.1	1.9	1.5	1.6	0.1	1.3	1.0	1.7	5.8	12.7	7.1	5.5	3.4	3.3	4.3	3.5	3.5
15	3.4	3.2	3.7	3.8	4.2	4.2	4.4	3.9	3.2	3.4	3.4	4.0	5.0	5.5	5.2	4.5	4.2	3.4	3.3	3.2	3.0	2.8	2.8	3.0
16	3.1	3.2	3.2	2.9	3.0	3.0	2.3	1.1	-0.1	0.1	0.7	1.0	1.1	5.3	13.2	13.7	8.4	5.4	4.5	3.8	3.5	4.2	4.3	4.4
17	4.5	4.6	4.5	5.3	5.0	4.8	3.3	1.4	1.3	0.5	8.7	14.6	10.6	6.6	5.9	7.5	9.7	4.1	3.1	3.8	4.1	3.6	3.6	3.7
18	3.9	4.3	4.6	4.2	3.8	3.5	4.9	4.4	3.0	2.7	1.0	4.2	5.9	3.8	2.7	3.5	5.5	7.1	7.8	7.4	7.2	6.8	5.6	5.4
19	4.3	3.7	3.9	3.3	3.6	3.7	4.4	2.0	0.6	1.5	2.0	2.0	3.7	5.1	5.4	5.6	6.6	5.4	4.8	5.1	5.5	5.4	5.8	4.8
20	3.6	3.8	3.6	3.5	3.7	3.4	3.4	3.4	3.0	2.6	4.0	3.7	3.4	3.4	3.6	3.1	3.7	3.7	3.8	3.5	2.9	2.3	2.6	3.1
21	3.1	3.3	2.9	2.6	3.0	2.9	2.6	2.8	2.2	2.4	3.2	4.7	4.9	3.4	3.4	3.0	3.4	2.8	2.5	3.0	2.7	2.6	2.6	2.4
22	2.7	2.9	2.5	2.3	2.3	1.9	1.8	3.0	3.2	2.5	3.0	2.4	3.2	3.0	3.9	3.5	2.9	3.1	2.6	2.5	2.5	2.4	2.3	2.2
23	2.0	2.1	2.1	2.3	2.1	2.2	2.4	3.0	2.9	2.7	3.3	3.8	4.1	5.5	5.7	4.6	3.9	3.6	3.2	3.6	3.2	3.3	3.4	3.3
24	3.1	2.9	2.7	2.9	2.9	3.2	2.1	-0.7	-1.4	-2.5	0.8	2.2	5.9	9.3	6.9	3.9	2.9	3.1	3.3	4.1	4.5	4.1	4.5	5.2
25	5.5	5.5	5.2	5.5	5.6	5.5	4.8	1.6	0.9	-0.9	-0.3	1.6	4.5	4.5	3.9	3.7	3.6	6.6	7.6	7.5	7.0	7.0	6.8	6.9
26	6.1	6.2	6.0	5.6	5.1	5.3	4.0	2.1	-0.4	-0.4	0.6	2.5	2.0	4.3	4.8	5.1	5.3	5.7	6.1	5.8	5.9	6.2	7.1	6.4
27	4.6	4.4	3.3	3.9	3.8	3.6	1.8	0.4	0.5	0.7	1.6	0.8	1.5	1.4	2.1	1.7	3.4	4.0	4.0	4.8	4.2	8.4	9.5	3.9
28	4.0	4.5	4.3	4.1	3.1	2.9	2.7	1.7	0.6	3.3	5.9	8.0	3.8	3.1	5.2	3.7	4.5	3.8	4.3	3.7	3.8	3.6	3.8	4.0
29	4.5	3.9	3.3	2.0	2.1	2.2	2.7	2.8	3.4	2.6	3.7	3.9	3.1	5.0	5.9	5.2	3.7	3.1	3.2	3.2	3.4	2.9	3.1	3.2
30	2.9	2.5	2.1	2.0	1.9	1.9	1.7	1.6	0.9	0.4	-0.2	1.9	1.9	2.1	1.5	7.1	8.4	5.1	10.4	4.1	3.2	3.5	3.8	4.1
01/out	2.8	2.9	2.5	2.7	2.6	2.6	1.9	1.2	1.5	1.1	0.9	1.8	1.9	1.7	2.1	1.5	1.5	5.0	6.7	7.5	8.1	6.3	7.5	7.6
2	6.5	5.0	0.7	1.1	4.6	4.7	3.2	4.1	3.4	2.5	1.5	1.0	1.3	0.8	1.6	9.3	1.7	4.3	7.5	7.2	7.2	7.4	7.7	5.7
3	5.7	6.6	8.2	4.3	3.5	3.7	3.7	4.1	4.2	6.6	6.7	5.5	6.4	5.1	5.9	4.6	3.8	3.2	3.1	3.2	3.1	2.9	3.0	3.5

IF média = $-2,1^{\circ}\text{C}$ até $-4,0^{\circ}\text{C}$ IC média = $2,1^{\circ}\text{C}$ – 4°C IC extrema = $>10^{\circ}\text{C}$
 IF fraca = -2°C até 0°C IC moderada = $4,1^{\circ}\text{C}$ – $5,9^{\circ}\text{C}$
 IC fraca = $0,1^{\circ}\text{C}$ – 2°C IC forte = 6°C – $9,9^{\circ}\text{C}$

No primeiro evento de OC também se registraram intensidades extremas da IC, mas, a diferença evidente durante os períodos de OC, em relação aos outros dias, foi a duração da intensidade (entre forte e extrema) que permaneceu até nove horas consecutivas, como foi o caso do dia 11/09 (das 16h às 24h), e a persistência dessa classificação (entre forte e extrema) ao longo de todo o evento de OC. Além disso, as intensidades fortes se prolongaram de um dia para outro, em horários da madrugada, como foi o caso dos dias 12/09, 13/09 e 14/09. No segundo evento de OC (30/09 até 02/10), considerado o mais extremo, as intensidades da IC não chegaram a ser tão altas, mesmo estando classificadas como forte. Só no dia 30/09 às 19h o valor do ΔT foi de $10,4^{\circ}\text{C}$, considerado como extremo. Nos dias 1/10 e 2/10 a intensidade da IC foi forte ao longo da noite e madrugada, oscilando entre $6,3^{\circ}\text{C}$ e $9,3^{\circ}\text{C}$. Para esta OC de duração mais curta, também se observou a duração do ΔT forte em



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

até seis horas (01/10 das 19h até 24h) e a persistência dessa condição ao longo dos dias: 01/10 e 02/10 (Tabela 04).

A análise sub-regional foi realizada para o ABC Paulista, e para o cálculo do ΔT foram selecionados dois pontos, São Caetano do Sul (Fig. 1 – Tabela 02), setor norte do ABC Paulista, local altamente adensando, e Riacho Grande¹, localizado ao sul da área urbana de SBC, próximo a uma área de preservação ambiental e da represa Billings.

Tabela 05 - Intensidade da Ilha de Calor Atmosférica (IC) para a região do ABC Paulista, com base na escala horária (Hora Local) e para o período do 30/09 até 03/10 de 2020. As cores indicam a classificação na intensidade das IC. IF é ilha de frescor.

Dias	Horas																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
09/set	2.4	2.5	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.5	2.7	1.8	1.2	2.8	5.4	7.5	10.6	8.3	4.9	3.5	2.3	2.2	2.3	2.4	1.9	2.0
10	2.2	2.2	2.3	2.0	1.6	1.5	1.6	0.8	0.6	0.8	2.0	2.4	2.8	2.7	2.4	2.0	1.1	7.7	9.0	8.3	7.2	3.8	2.9	2.7
11	2.1	2.4	2.4	2.6	2.1	2.0	1.9	1.6	2.4	1.7	1.4	2.6	2.8	6.5	9.0	10.5	11.4	10.2	3.3	2.5	0.8	1.1	0.8	1.0
12	0.5	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	0.1	-0.6	0.6	1.3	1.8	2.5	2.8	2.5	2.5	1.0	1.9	5.2	6.3	4.9	2.0	1.5	4.2	6.3
13	5.5	3.8	4.5	4.9	4.4	3.6	1.5	-1.8	-0.8	0.8	1.2	1.7	2.3	1.3	0.5	2.6	3.5	5.2	3.2	1.9	1.0	0.7	1.4	-0.2
14	-0.8	-0.5	-0.1			-0.5	-1.1	0.3	1.5	1.6	2.4	1.8	1.6	1.8	2.4	5.0	9.5	6.4	3.6	2.5	2.1	3.0	2.4	2.4
15	2.3	2.0	2.0	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	1.9	2.6	2.8	3.0	2.6	4.4	5.1	4.3	3.8	2.6	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	2.0
16	2.1	2.4	2.5	2.6	2.5	2.2	1.8	0.8	0.6	0.9	1.2	2.0	1.7	2.0	9.9	12.2	6.6	4.7	3.3	2.6	2.5	2.3	2.4	1.7
17	2.0	0.8	1.3	1.5	1.1	0.9	0.9	0.0	0.2	0.3	0.4	12.2	9.4	7.5	4.9	6.4	6.3	5.8	2.5	2.3	2.8	2.6	2.5	2.0
18	1.9	2.1	1.8	1.8	1.0	0.3	0.9	1.6	1.3	1.3	1.0	2.0	2.9	1.4	2.7	1.5	2.9	4.0	2.4	3.5	2.9	0.4	0.8	0.6
19	1.6	1.5	0.7	1.1	1.2	1.0	0.8	0.1	-0.4	-0.9	0.5	0.8	1.2	3.2	5.7	4.7	3.8	4.3	3.3	3.2	3.6	3.6	4.4	3.9
20	2.6	2.6	2.7	2.5	2.6	2.6	2.5	2.9	2.5	2.2	2.7	2.4	3.1	2.8	2.5	2.0	2.3	2.5	2.5	2.3	1.5	1.6	1.3	1.5
21	1.7	2.0	2.0	2.0	1.8	1.2	1.6	1.0	1.4	1.8	1.6	2.7	3.7	2.5	2.7	2.1	1.8	1.8	1.8	2.0	1.9	1.4	1.8	1.5
22	1.5	1.5	1.8	1.6	1.6	1.4	1.5	1.3	2.1	1.9	1.8	2.4				2.8	2.6	2.2	2.0	1.6	1.5	1.5	1.6	1.6
23	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.5	1.5	1.7	2.4	3.4	3.1	4.1	3.8	4.7	4.3	4.1	3.7	3.4	2.8	2.8	2.4	2.2	2.2	2.3
24	2.4	2.5	2.9	2.7	2.2	1.8	1.5	-0.7	-1.6	-1.8	-0.4	1.1	4.4	7.7	6.6	4.8	2.6	2.8	3.4	2.7	3.1	2.9	2.7	2.4
25	2.4	2.8	1.7	1.6	1.4	1.3	0.6	-2.0	-1.6	-0.9	0.3	1.2	5.4	5.8	4.8	4.9	6.0	7.1	6.0	5.1	4.8	3.1	3.1	1.4
26	0.7	1.5	0.0	-0.5	1.3	-0.2	0.7	-1.8	-1.1	-0.7	0.5	1.9	1.6	6.1	6.7	5.3	2.6	4.1	2.7	2.0	1.1	1.8	1.8	1.6
27	2.1	0.9	0.6	0.0	0.2	0.6	-0.2	-0.9	0.2	0.6	1.7	2.6	2.8	3.3	3.1	2.9	2.6	2.6	1.9	0.7	0.2	1.6	9.2	3.7
28	2.7	2.5	2.4	1.9	1.4	1.3	1.4	0.8	1.5	0.6	2.0	8.6	2.1	3.1	2.4	2.7	2.0	2.7	2.1	1.7	1.2	1.4	2.2	3.3
29	2.6	3.1	2.6	1.8	1.6	1.7	1.8	2.1	2.4	2.5	2.2	3.4	4.0	5.3	5.0	4.2	3.4	2.3	2.1	2.0	2.1	2.4	2.4	2.2
30	2.2	1.9	2.0	1.9	1.8	1.7	1.2	-0.4	0.2	0.3	0.1	1.3	2.1	2.0	2.2	2.3	7.2	3.5	6.9	4.2	2.4	2.3	2.8	2.9
01/out	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.8	1.4	0.1	0.7	0.7	0.8	2.1	3.0	3.4	3.1	2.8	2.5	3.0	1.3	1.7	0.8	3.1	3.2	1.5
2	2.7	1.5	0.1	-2.5	-1.9	-1.1	-1.4	-0.6	0.8	1.6	2.5	2.5	2.6	3.0	2.4	2.5	2.1	2.6	2.9	2.2	1.6	0.5	0.7	2.2
3	1.3	1.1	5.9	3.8	2.2	2.5	2.4	2.0	0.8	1.2	3.6	4.3	4.7	2.9	4.4	4.2	2.8	2.5	1.7	1.7	1.8	1.7	1.9	2.2

IF média = -2,1°C até -4,0°C IC média = 2,1°C – 4°C IC extrema = >10°C
 IF fraca = -2°C até -0°C IC moderada = 4,1°C – 5,9°C
 IC fraca = 0,1°C – 2°C IC forte = 6°C – 9,9°C

A Tabela 05 mostra as intensidades da IC, e para o primeiro evento de OC também se registraram ΔT na classificação de forte e extremo, sendo o maior valor de 11,4°C, no dia 11/09 às 17h. O tempo de duração do ΔT com essa classificação foi de três a cinco horas, e

¹ <https://www.saobernardo.sp.gov.br/subprefeitura-riacho-grande>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

somente foi observada durante os primeiros três dias (10/09 a 12/09). Nos outros dias o ΔT forte somente foi observado em dois horários.

No segundo evento de OC, apenas no primeiro dia (30/09) foram observados dois horários com ΔT forte, entre 6,9°C e 7,2°C. Nos outros horários e dias, especificamente no dia 2/10, em que se registraram as mais altas $T_{máx}$ (Tabela 03) em todos os pontos monitorados, a intensidade da IC foi considerada média, oscilando entre 0,8°C e 3,4°C durante os horários da tarde e noite. Ainda, nos horários da manhã, especificamente para o dia 2/10 os ΔT se mostraram negativos, identificando uma ilha de frescor (IF), de até média intensidade, o que demonstra que o ponto de Riacho Grande em SBC esteve mais quente que São Caetano do Sul nesses horários.

4. Considerações finais

No presente trabalho foi analisada a influência da OC na intensidade da IC na RMSP e no ABC Paulista, em dois eventos de OCs ocorridos nos períodos de 10/09 até 14/09 e 30/09/2020 até 02/10/2020. O primeiro evento de OC, classificado como de intensidade média teve duração de cinco dias, e o segundo, de curta duração (três dias) foi considerado extremo, devido os valores da $T_{máx}$ ultrapassarem os 37°C, em todos os locais monitorados da RMSP.

A IC foi identificada durante todo o mês de setembro e primeiros dias de outubro, e como um fenômeno do clima urbano, se constatou que é permanente e característico das regiões estudadas. Porém, quando associados a eventos atmosféricos de grande escala como é o caso de uma OC, as suas características de intensidade claramente mudaram. Para a OC de intensidade média, a IC se apresentou com intensidades de forte a extrema, ao longo de todos os dias de duração da OC. Além disso, essas intensidades se prolongaram durante o período da tarde, noite e até de madrugada em alguns dias. Para o caso da OC extrema, a IC diferentemente do outro evento, não se apresentou tão intensa. Só no dia 30/09 às 19h se classificou como extrema, porém a categoria forte persistiu nos três dias do evento, apesar de os valores do ΔT não terem sido tão altos como no primeiro evento. O evento de OC categorizado como extremo teve uma abrangência espacial muito maior e um campo de circulação de ventos e de temperaturas bem configurado (Fig.2 e Fig.3), por esse motivo, até regiões consideradas como menos densificadas e impermeabilizadas, além de estar próxima de represas, que apresentam temperaturas mais amenas, como foi o caso de Parelheiros (SP)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e Riacho Grande (SBC), também apresentaram temperaturas altas devido a OC extrema, o que influenciou na intensidade da IC ser menor em alguns horários, quando comparado com o primeiro evento de OC.

Outros eventos que relacionam a interação da OC e IC estão sendo investigados, de forma a verificar as diferenças encontradas, pois os impactos negativos na saúde e no conforto da população podem ser intensificados em um contexto de mudanças climáticas, uma vez que as ocorrências de OCs tendem a aumentar.

5. Referências

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. Esp., p. 22-46, 2019.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 1, p. 160-177, 2016. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2016.97783>.

BITENCOURT, D.P.; FUENTES, M.V.; MAIA, P.A.; AMORIM, F.T. Frequência, Duração, Abrangência Espacial e Intensidade das Ondas de Calor no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 506-517. 2016.

DINIZ, F. R.; GONÇALVES, F. L.; SHERIDAN, S. Heat Wave and Elderly Mortality: Historical Analysis and Future Projection for Metropolitan Region of São Paulo, Brazil. **Atmosphere**, v. 11, n. 9, p. 933, 2020. doi:10.3390/atmos11090933.

FANTE, K. P.; Sant'Anna Neto, J. L. ANÁLISE DAS ONDAS DE CALOR: DIFERENÇAS E SEMELHANÇAS ENTRE CIDADES LITORÂNEAS E CONTINENTAIS (SANTOS E VOTUPORANGA). **Revista Equador**, v. 4, p. 1168-1176, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (29 de agosto de 2018). «**Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data referência em 1º de julho de 2018**» (PDF). Consultado em 9 de julho de 2020.

LIMA, K.A. O.; MOURA, D.J.; NAAS, I.A.; PERISSINOTO, M. Estudo da Influência de Ondas de Calor sobre a Produção de Leite no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas (UNICAMP)**, v. 1, p. 65-77, 2007.

LOMBARDO, M.A. **Ilhas de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244 p.

LOPES, A. O sobreaquecimento das cidades. Causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. **Territorium**, n. 15, p. 39-52, 2016.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

LAU, N.C.; NATH, M.J. A model study of heat waves over North America: Meteorological Aspects and Projections for the Twenty-First Century. **Journal of Climate**, v. 25, p. 4761-4785, 2012.

MIRALLES, D.G.; GENTINE, P.; SENEVIRATNE, S.I.; TEULING, A.J. Land-atmospheric feedbacks during droughts and heatwaves: state of the science and current challenges. **Ann N Y Acad Sci**, v. 1436, n. 1, p.19-35, 2019. doi:10.1111/nyas.13912

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. Second Edition. Routledge London & New York. 435 pp. 1987.

REIS, C. S. N.; BOIASKI, N.T.; FERRAZ, S.E.T. Characterization and Spatial Coverage of Heat Waves in Subtropical Brazil. **Atmosphere**, v. 10, p. 284, 2019.

ROBINSON, P.J. On the definition of a heat wave. **J Appl Meteorol.**, v. 40, p.762–775, 2001.

SILVA JUNIOR, R. S.; MARTILLI, A.; SILVA, E.H.L. Efeito da Urbanização sobre a dispersão de poluentes e formação de ilha de calor. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 34-56, 2020.

SON, J.; GOUVEIA, N.; BRAVO, M.A.; FREITAS, C.U.; BELL, M.L. The impact of temperature on mortality in a subtropical city: effects of cold, heat, and heat waves in São Paulo, Brazil. **Int. J. Biometeorol.**, v. 60, n.1, p. 113-121. 2016.

TRANCOSO, R.; SYKTUS, J.; TOOMBS, N.; AHRENS, D.; WONG, K.K.; POZZA, R. D. Heatwaves intensification in Australia: A consistent trajectory across past, present and future. **Science of the Total Environment**, v. 742, p. 140521. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140521>.

VALVERDE, M.C.; COELHO, L. H.; CARDOSO A. O.; PAIVA JUNIOR, H.; BRAMBILA, R.; BOIAN, C.; MARTINELLI, P.; VALDAMBRINI, N. M. Urban climate assessment in the ABC Paulista Region of São Paulo, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 735, p. 139303, 2020.

WMO - World Meteorological Organization. **Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events** - TT-DEWCE, 11p. 2016. Access: <<https://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/opace/opace2/documents/DraftversionoftheGuidelinesontheDefinitionandMonitoringofExtremeWeatherandClimateEvents.pdf>>

WMO. **Provisional Report on the State of the Global Climate 2020**. Access 27/12/2020: <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate>

ZSCHEISCHLER, J. et al. Future climate risk from compound events. **Nat. Clim. Change**, v. 8, p. 469–477, 2018.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE DE TENDÊNCIA PARA PRECIPITAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DE ALTO PARAÍSO DE GOIÁS-GO, MONTE ALEGRE DE GOIÁS-GO E POSSE-GO

KAREN MYLLENE LIMA DE OLIVEIRA¹
RIVERTON HUGO PEREIRA SALES²
GISLAINE CRISTINA LUIZ³

RESUMO

O presente artigo apresenta análise descritiva da tendência do parâmetro climático precipitação pluvial para os municípios de Alto Paraíso, Monte Alegre - (período de 2008 a 2020) e Posse (período de 1990 a 2020), situados na região Nordeste do Estado de Goiás, a partir dos dados diários de chuva cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A partir dos dados diários foi realizada análise de tendência por meio de regressão linear simples. A análise permitiu constatar o coeficiente de determinação angular, com pouca significância estatística, apresentando tendência negativa, ou seja, tendência de diminuição das chuvas para os municípios estudados na região do Nordeste do Estado de Goiás. As informações obtidas neste trabalho possuem o potencial tanto para o de previsão das características da precipitação nos municípios estudados, servindo como subsídio para políticas públicas de planejamento regional quanto para o estudo do padrão de chuvas para os respectivos municípios. Além de atualizar o banco de dados de informações sobre o padrão da precipitação pluviométrica para a região nordeste de Goiás.

Palavras-chave: Climatologia Geográfica; Precipitação; Análise de tendência.

ABSTRACT

This article presents a descriptive analysis of the trend of the climatic parameter rainfall for the municipalities of Alto Paraíso, Monte Alegre – (period from 2008 to 2020) and Posse (period from 1990 to 2020), located in the Northeast region of the State of Goiás, from the daily rainfall data provided by the National Institute of Meteorology (INMET). From the daily data, trend analysis was performed by means of simple linear regression. The analysis allowed to verify the square determination coefficient, with little statistical significance, presenting a negative trend, that is, a tendency of decreasing rainfall for the municipalities studied in the Northeast region of the State of Goiás. The information obtained in this work has the potential both for forecasting the characteristics of precipitation in the municipalities studied, serving as a subsidy for public policies of regional planning as well as for the study of the rain pattern for the respective municipalities studied. In addition to updating the database of information on the pattern of rainfall for the northeastern region of Goiás.

¹ Acadêmica de Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Goiás, bolsista do PET Geografia. E-mail para contato: karenoliveira@discente.ufg.br

² Acadêmico de Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Goiás, bolsista do PET Geografia. E-mail para contato: riverton_sales@discente.ufg.br

³ Docente do Programa de Pós-graduação no Instituto de Estudos Socioambientais/UFG. E-mail para contato: gislaine@ufg.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Geographic Climatology; Precipitation; Trend analysis.

1. Introdução

Nas últimas décadas, muito se tem pesquisado acerca das variabilidades, tendências e mudanças climáticas e os impactos decorrentes no âmbito social, econômico e ambiental. Dentre os elementos climáticos, a precipitação se apresenta relevante em função da variabilidade espacial e temporal, sendo extremamente elevada nas regiões tropicais.

O 5º Relatório de Avaliação das Mudanças do Clima do Planeta de 2013 destaca a ideia de que com o aumento da temperatura média da superfície, as ocorrências de eventos extremos de precipitação nos continentes em latitudes médias e nas regiões tropicais provavelmente se tornarão mais intensos e frequentes até o fim do século XXI (IPCC, 2013).

Os relatórios do IPCC abordam as variações dos componentes do ciclo hidrológico, destacando que a precipitação e a evapotranspiração atuarão na distribuição de água no planeta de forma diferenciada, podendo levar para determinadas regiões acréscimos no volume de água, a partir dos eventos extremos, tornando mais frequente a ocorrência de chuvas torrenciais com potencial à deflagração de deslizamentos, de enchentes, de processos erosivos e de movimentos de massa (Mendonça, 2006).

A ação contra a mudança global do clima constitui um dos dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU. Dentre os objetivos preconizados pela ODS, especificamente o de número 13 - Ação contra a mudança global do clima – visa: "reforçar a resiliência e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais em todos os países (ONU, 2021)".

Nesse sentido, o monitoramento climático passou a ter grande repercussão no conhecimento científico, particularmente sob duas óticas: da previsão de perturbações dos elementos climáticos e da elaboração de planos de ação para os tomadores de decisões, uma vez instaurada a perturbação. O monitoramento no século XXI possibilitou novos produtos e ferramentas que combinados com a ação internacional, permitiu que cientistas em todo o mundo fornecessem aos tomadores de decisões dos governos e setores privados informações acuradas, mais rapidamente do que em qualquer outra época no passado (ZHANG et al, 2008).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

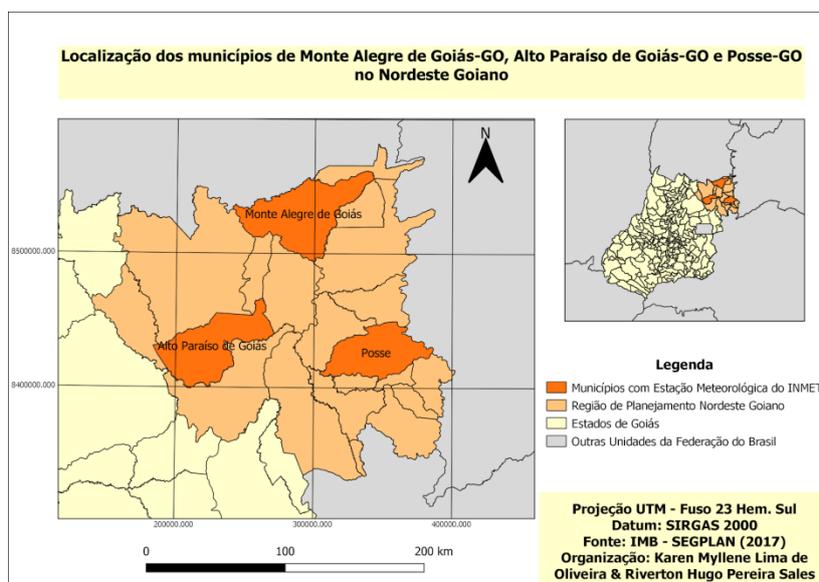
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ao considerar o contexto exposto e pelo fato da região do Nordeste Goiano possuir economia pautada nas atividades agropecuárias, apesar do elevado potencial turístico, entender o comportamento e o padrão da precipitação pluviométrica constitui uma ferramenta imprescindível ao planejamento e gestão, considerando tanto o viés econômico, como também por se tratar de municípios com menores taxas de desenvolvimento humano e produto interno bruto do Estado de Goiás, o que contribui para a vulnerabilidade da população diante dos eventos climáticos extremos, principalmente aqueles relacionados a chuvas intensas e os longos períodos de estiagem.

Este trabalho tem como objetivo analisar a tendência do parâmetro climático precipitação, contemplando os municípios do Nordeste Goiano que possuem estação meteorológica convencional e automática, pertencentes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e dessa forma, analisar a tendência pluviométrica para os três municípios localizados no Nordeste Goiano. A figura 1 apresenta a localização dos municípios de Monte Alegre de Goiás-GO, Alto Paraíso de Goiás-GO e Posse-GO.

Figura 1 - Mapa de Localização dos Municípios do Nordeste Goiano com Estações Meteorológicas do INMET



Fonte: IMB – SEGPLAN (2017). Elaborado pelos autores.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida conforme proposta conceitual e metodológica estruturada por Monteiro (1976), a partir do Sistema do Clima Urbano (S.C.U), considerando o subsistema hidrodinâmico.

Foi elaborado mapa de localização da área estudada a partir do *software* Qgis versão 2.18 (Figura 1). As informações diárias de precipitação, foram obtidas junto ao banco de dados do INMET a partir de estações meteorológicas convencionais (município de Posse-GO) e da estação meteorológica automática (municípios de Alto Paraíso de Goiás-GO e Monte Alegre de Goiás-GO), para os anos de 1990 a 2020.

A interpretação dos dados se deu de forma descritiva a partir da análise da tendência por regressão linear. A regressão linear busca identificar se ocorre manutenção, aumento ou diminuição nos valores trabalhados, no caso deste trabalho das características climáticas chuva, a partir de uma série temporal. Para tanto, informações diárias foram agrupadas em dados de precipitação mensal e posteriormente anual, com o objetivo de cobrir eventuais falhas. A somatória deu-se em forma de tabelas no *software* Excel, assim como na produção de tabelas e gráficos.

O método da regressão linear é baseado nos mínimos quadrados, que consistem no ajuste de uma reta a um determinado conjunto de pontos. Tal método utilizado por Christofolletti (1991) visa minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre os valores analisados e os valores correspondentes na reta de tendência, conforme a equação:

$Y = Y_{med} + m X$
Onde: X e Y são as variáveis e $m = \frac{\sum (XY)}{\sum X^2}$

A regressão linear possibilita o cálculo do coeficiente de determinação R^2 , o qual indica um valor que pode variar entre -1 a 1 e que mensura o nível de relação entre as variáveis. Quanto mais próximo de 1 o valor obtido estiver, mais intensa será a correlação e a tendência entre as variáveis são consideradas positivas, ou seja, há o aumento nos valores estudados. Por outro lado, quando menor e mais distante o valor obtido estiver de 1, menor é a correlação, o que indica tendência não observada, ou seja, não há correlação dos estudados. O teste determina o intervalo de confiança do coeficiente R^2 , sendo que se este



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

intervalo não inclui o valor zero, a tendência é significativa. O coeficiente de determinação explica a variação da precipitação média em relação ao tempo, obtido da reta ajustada aos dados.

Os dados da precipitação diários disponíveis no INMET das estações automáticas de Monte Alegre de Goiás e Alto Paraíso de Goiás contemplaram o período de 2008 a 2020. Somente a partir da estação convencional de Posse foi possível coletar dados de uma série histórica de 30 anos, considerando o período de 1990 a 2020. A tabela 1 apresenta as informações referentes à localização e características ambientais (altitude e uso do solo) como também das latitudes e longitudes das respectivas estações meteorológicas para os municípios estudados.

Tabela 1 - Caracterização das Estações Meteorológicas

Município	Alto Paraíso	Monte Alegre	Posse
Estação	Automática	Automática	Convencional
Latitude	14°07'59.52"S	13°15'00.17"S	14°05'20.89"S
Longitude	47°31'23.80"O	46°53'24.02"O	46°21'59.41"O
Altitude	1265m	560m	831m
Uso do solo	Pastagem	Pastagem	Urbano
Período	Jun. 2007- Jan. 2020	Jun. 2007- Jan. 2020	Jan. 1990 - Dez. 2019

Fonte: Google Earth (2020).

2.1 Área de estudo

Os municípios de Alto Paraíso de Goiás, Monte Alegre de Goiás e Posse, estão localizados na porção nordeste do Estado de Goiás. Possuem uma área total de 7.778,256 km², população estimada de 53.786 pessoas e densidade demográfica de 20,65 hab./km² (IBGE, 2017). O clima da região é caracterizado como Tropical Sazonal com invernos secos e verão quente (CARDOSO, MARCUZZO, BARROS, 2014). Segundo Costa *et al.* (2012), a precipitação pluviométrica anual fica em torno de 1529 mm. A região é drenada principalmente pelos rios Paranã e Maranhão, formadores do Tocantins (LATRUBESSE, 2006). De acordo com Oliveira (2014). O Nordeste Goiano apresenta em seus aspectos fitofisionômicos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

variações que vão desde formas florestadas (matas secas, de galeria ou ciliares) até formações tipicamente campestres (campos sujos, limpos ou rupestres), cujos limites nem sempre são bem definidos. Além das formações savânicas características do domínio, incorpora também outros tipos de vegetação com pouca expressividade espacial, mas ecologicamente muito importantes, como as veredas e os palmeirais. A Tabela 2 apresenta dados socioeconômicos dos três municípios estudados.

Tabela 2 - Caracterização socioeconômica dos municípios estudados

Município	Alto paraíso	Monte Alegre	Posse
População (2010)	6.885	7.730	31.419
IDHM (2010)	0,713	0,615	0,659
PIB 2017 (R\$ mil)	165.498	81.508	494.435
Índice de gini (2010)	0,66	0,61	0,55
Vertente econômica	Agropecuária e turismo	Agropecuária	Agropecuária

Fonte: IBGE, (2010); PNUD, (2010); Segplan/IMB, (2017).

Conforme pode ser observado a partir da Tabela 3, há o predomínio do agronegócio nos três municípios estudados. Com a construção de Brasília em 1950, o nordeste goiano recebeu a BR-020, fazendo surgir uma nova dinâmica econômica, como a pecuária intensiva, ligando a porção centro sul do estado de Goiás a porção norte o que favoreceu à intensificação das atividades agropecuárias e também o crescimento demográfico. As regiões próximas à rodovia federal passaram por um processo de expansão agrícola, que vem se intensificando principalmente a partir da década de 1990, reduzindo áreas de remanescentes, principalmente áreas ambientalmente favoráveis à agricultura, como as de relevo plano (PONCIANO, 2017).

Em decorrência dessa nova dinâmica, o município de Alto Paraíso de Goiás desenvolveu uma infraestrutura para explorar o turismo na Chapada dos Veadeiros, sendo assim possui o maior Índice de Desenvolvimento Humano Municipal IDMH, sendo 0,713 e o segundo maior PIB, dentre os municípios estudados, mesmo possuindo em números a menor população, porém possui a maior desigualdade apresentado pelo índice gini. O município de



Posse é o mais populoso e rico, enquanto o município de Monte Alegre de Goiás apresenta o menor PIB e IDHM.

Em decorrência das atividades econômicas desenvolvidas nos respectivos municípios, é importante compreender o padrão da precipitação, assim como os eventos extremos.

3. Resultados e discussão

A Tabela 3 apresenta os dados do volume de precipitação do total anual no município de Posse-GO, entre os anos de 1990 a 2020. A precipitação anual ao longo do período estudado variou entre 1885,9mm e 820,8mm, indicando variabilidade entre os anos de 1065,1mm para o período analisado. O ano de 2007, dentre os anos analisados, foi crítico por apresentar o menor volume total de precipitação nos 30 anos da amostra, respectivamente 820,8mm. Por outro lado, o ano de 1992, apresentou o maior volume total de precipitação, seguido do ano de 2006, respectivamente 1885,9mm e 1829,7mm. A média da precipitação para o período estudado foi de 1335,8mm. O volume total de precipitação para o período de 1990 a 2020 em Posse-GO foi de 41411,3mm.

Tabela 3 – Total Precipitação Anual (mm) no município de Posse - GO

Tabela 3 - Total Precipitação Anual (mm)			
Estação Meteorológica do Município de Posse-GO			
Ano	Posse	Ano	Posse
1990	1086,1	2006	1829,7
1991	1439,4	2007	820,8
1992	1885,9	2008	1423,3
1993	1081,9	2009	1679,3
1994	1700,5	2010	1253,4
1995	1241,5	2011	1497,2
1996	1253,9	2012	1160,4
1997	1427,8	2013	1461,5
1998	1351,4	2014	1298,5
1999	1482,6	2015	1095,5
2000	1636	2016	879,2
2001	1349,8	2017	1013
2002	1221,2	2018	1299,9
2003	1237,1	2019	1020,8
2004	1330,6	2020	1339,9
2005	1613,2	Σ	41411,3

Fonte: INMET, (2020). Elaborado pelos autores.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

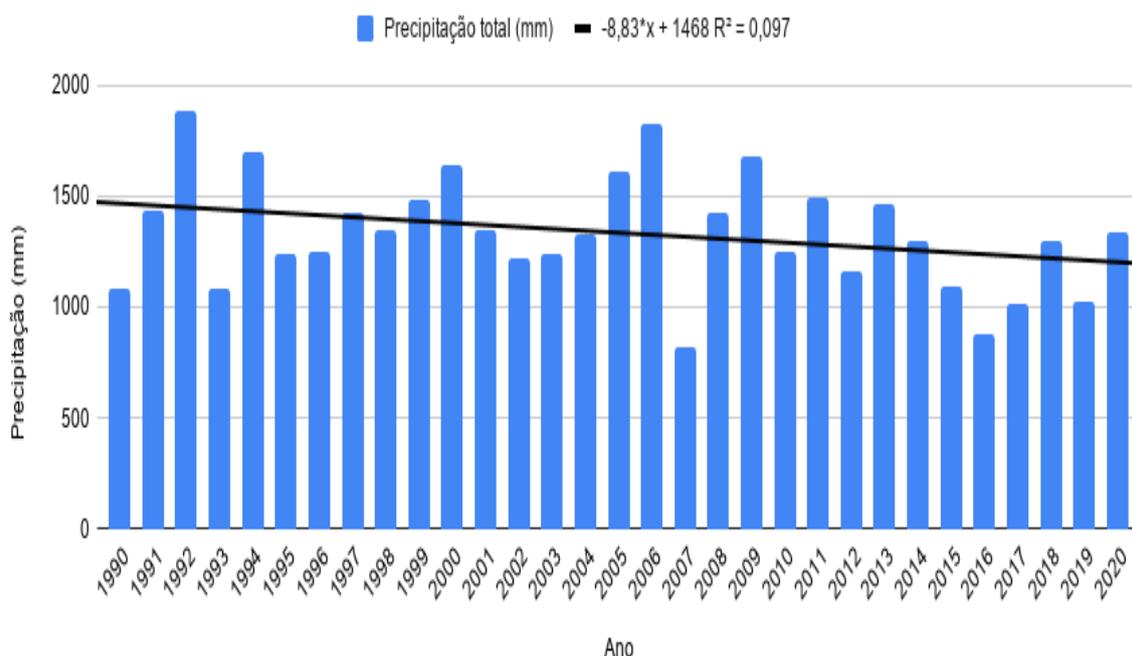
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Conforme o Gráfico 1 é possível observar a variabilidade interanual da precipitação para o município de Posse, indicada por anos que estão acima da média de precipitação anual para o período estudado que é de 1.335,8mm, especialmente os anos de 1992 - 1885,9mm e de 2006 - 1829,7mm e anos em que o volume total anual da precipitação ficou de forma significativa abaixo da média do período estudado, especialmente os anos de 1993, 2007 e 2016, respectivamente 1081,9mm; 820,8mm e 879,2mm.

Conforme pode ser observado a partir do Gráfico 1, o coeficiente de determinação $R^2=0,097$ indica tendência de pequeno decréscimo para a precipitação ao longo dos anos, indicando, apesar de pouca significância estatística, que o município de Posse - GO tem apresentado diminuição no volume total anual de chuva.

Figura 2 - Precipitação Anual Total no município de Posse - GO (1990 a 2020)

Gráfico 1: Posse-GO - Precipitação Anual Total 1990 a 2020



Fonte: INMET, (2020). Elaborado pelos autores.

A Tabela 4 apresenta os dados do volume de precipitação do total anual no município de Monte Alegre de Goiás-GO, entre os anos de 2008 e 2020. A precipitação anual ao longo do período estudado variou entre 1359,6mm e 512mm, indicando variabilidade entre os anos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de 1307,6mm para o período analisado. O ano de 2017, dentre os anos analisados, apresentou o menor volume total de precipitação nos 13 anos da amostra, respectivamente 512mm. Por outro lado, o ano de 2009, apresentou o maior volume total de precipitação, seguido do ano de 2008, respectivamente 1359,6mm e 1351,4mm. A média da precipitação para o período estudado foi de 998,7mm. O volume total de precipitação para o período de 2008 a 2020 em Monte Alegre de Goiás - GO foi de 12688,8mm.

Tabela 4 - Total Precipitação Anual (mm) em Monte Alegre de Goiás - GO

Tabela 4 - Total Precipitação Anual (mm)	
Estação Meteorológica do Município de Monte Alegre de Goiás-GO	
Ano	Monte Alegre de Goiás
2008	1351,4
2009	1359,6
2010	1178
2011	926,4
2012	924,8
2013	1026
2014	1240,8
2015	803,2
2016	361,2
2017	512
2018	660,8
2019	1046,4
2020	1298,2
Σ	12688,8

Fonte: INMET, (2020). Elaborado pelos autores.

Conforme Gráfico 2, é possível observar a variabilidade interanual da precipitação para o município de Monte Alegre de Goiás, indicada por anos que estão acima da média de precipitação anual para o período estudado (998,7mm), especialmente os anos de 2009 - 1359,6mm e de 2008 - 1351,4mm e anos em que o volume total anual da precipitação ficou de forma significativa abaixo da média do período, especialmente os anos de 2017, 2018 e 2012, respectivamente 512mm; 6060,8mm e 924,8mm. A maior variação de precipitação anual para o município de Monte Alegre de Goiás ocorreu no ano de 2018 (660,8 mm) para o

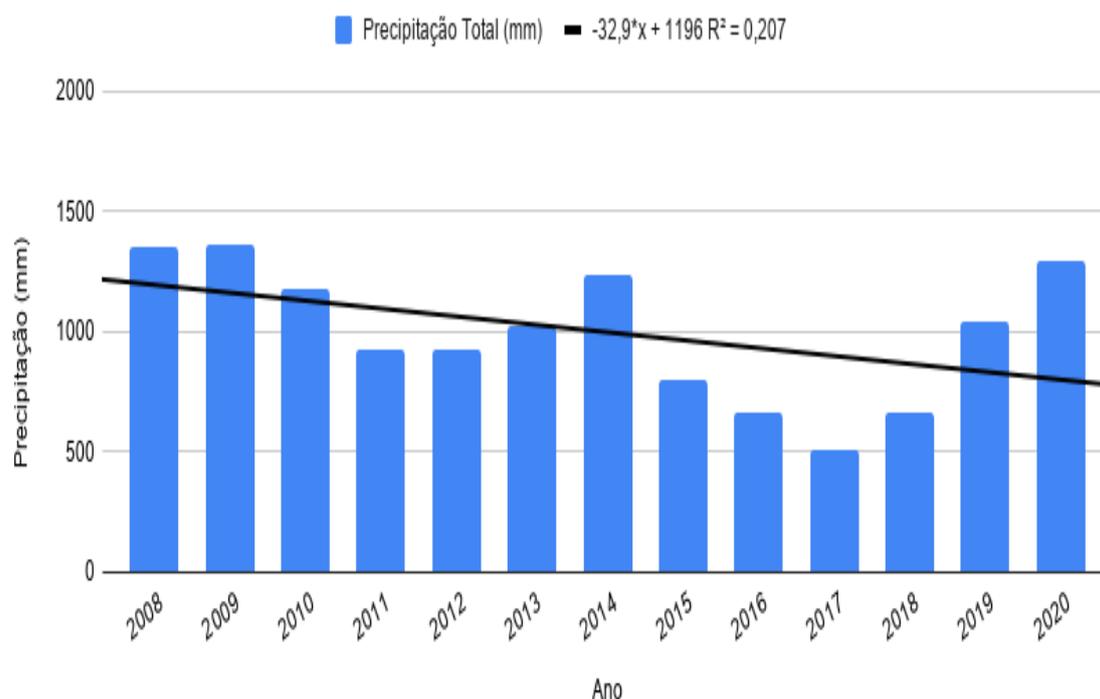


ano de 2020 (1298,2mm). Observa-se que entre os anos de 2008 e 2009 quase não houve alteração na precipitação na estação de Monte Alegre de Goiás.

Conforme pode ser observado a partir do Gráfico 2, o coeficiente de determinação $R^2=0,207$ indica tendência de decréscimo para a precipitação ao longo dos anos, indicando pequena tendência de diminuição da chuva, apesar de pouca significância estatística, que o município de Monte Alegre de Goiás-GO, o teste indica que há diminuição no volume total anual de chuva.

Figura 2 - Precipitação Anual Total em Monte Alegre de Goiás – 2008 a 2020

Gráfico 2: Monte Alegre de Goiás-GO - Precipitação Anual Total 2008 a 2020



Fonte: INMET, (2020). Elaborado pelos autores

A Tabela 5 apresenta os dados de precipitação do total anual no município de Alto Paraíso - GO, entre os anos de 2008 e 2020. A precipitação anual ao longo do intervalo estudado variou entre 1906,4mm e 687,8 mm, indicando variabilidade interanual de 1.248,6mm para o período. O ano de 2011 dentre os anos analisados, foi crítico por apresentar o menor volume total de precipitação nos 13 anos analisados, respectivamente 687,8mm. Em



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

contrapartida o ano de 2008, apresentou o maior volume total de precipitação, seguido do ano de 2013, respectivamente 1906,4mm e 1500,6mm. A média da precipitação para o período estudado foi de 1162,4mm. O volume total de precipitação para o período de 2008 a 2020 em Alto Paraíso de Goiás-GO foi de 15106,6mm.

Tabela 5 - Total Precipitação Anual (mm) em Alto Paraíso de Goiás – 2008 a 2020

Tabela 5 - Total Precipitação Anual (mm)		
Estação Meteorológica do Município de Alto Paraíso de Goiás-GO		
Ano	Alto Paraíso de Goiás	Monte Alegre de Goiás
2008	1906,4	1351,4
2009	1430,6	1359,6
2010	1266,8	1178
2011	687,8	926,4
2012	1277,2	924,8
2013	1500,6	1026
2014	861,2	1240,8
2015	918	803,2
2016	946	361,2
2017	726,8	512
2018	1268,8	660,8
2019	1286	1046,4
2020	1030,4	1298,2
Σ	14751,8	12612,2

Fonte: INMET, (2020). Elaborado pelos autores.

De acordo com o Gráfico 3, é possível verificar a variabilidade interanual da precipitação para o município de Alto Paraíso de Goiás - GO, indicada por anos que estão acima da média anual para o período, sobretudo os anos de 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2018 e 2019 com, respectivamente 1906,4mm, 1430,6mm, 1266,8mm, 1277,2mm, 1500,6mm, 1268,8mm, 1286mm. Os anos em que o volume total anual da precipitação se configurou abaixo da média do período foi especialmente os anos de 2011, 2014, 2015, 2016, 2017, 2020, respectivamente 687,8mm, 861,2mm, 918mm, 946mm, 726,8mm, 1030,4mm. A maior variação de precipitação anual para o município de Alto Paraíso de Goiás ocorreu no ano de 2011 (687,8mm) e, para o ano de 2012 (1277,2mm).

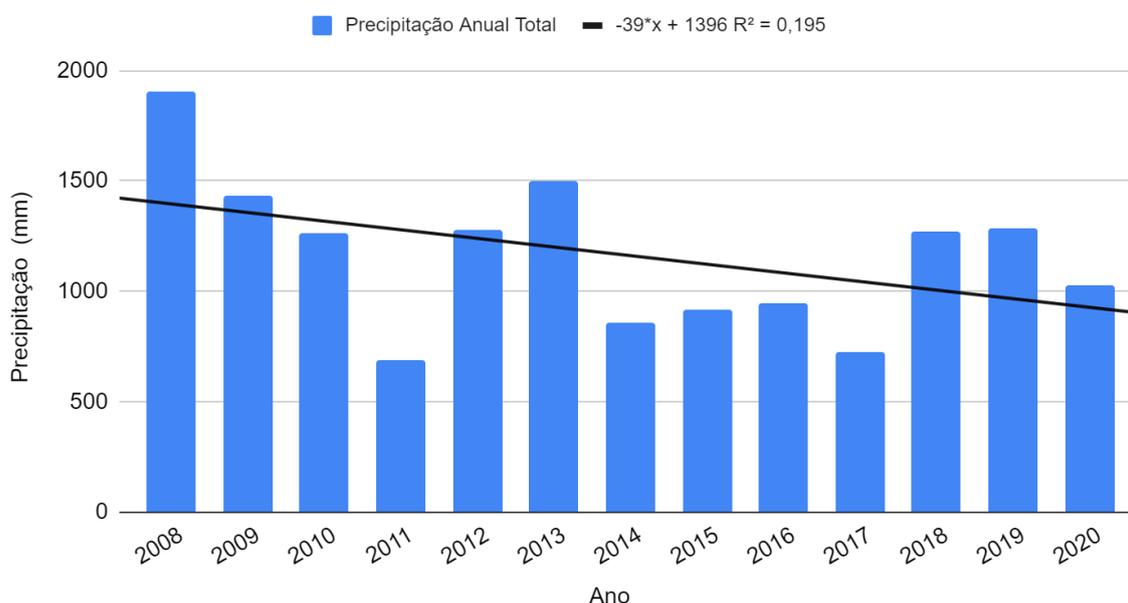
Conforme pode ser observado a partir do Gráfico 3, o coeficiente de determinação $R^2=0,195$ recomenda tendência de pequeno decréscimo para a precipitação ao longo dos



anos, indicando, que o município de Alto Paraíso de Goiás-GO tem apresentado diminuição no volume total anual de chuva.

Figura 3 - Precipitação Anual Total em Alto Paraíso de Goiás

Gráfico 3: Alto Paraíso de Goiás - Precipitação Anual Total (2008-2020)



Fonte: INMET, (2020). Elaborado pelos autores.

4. Considerações finais

Ao estudar a variabilidade dos municípios de Monte Alegre de Goiás-GO, Alto Paraíso de Goiás e Posse, situados no nordeste goiano, foi possível constatar a expressiva variabilidade interanual para todos os municípios analisados. A precipitação para o município de Posse-GO apresentou uma variabilidade de 820,8mm e uma média de 1335,8mm, sendo o coeficiente de determinação o menor valor entre os municípios considerados neste estudo, apresentando insignificância estatística.

No município de Monte Alegre de Goiás-GO, houve uma variabilidade na precipitação de 1307,6mm e uma média de 998,7mm, apresentando o maior coeficiente de determinação entre os municípios estudados, recomendando diminuição das chuvas ao longo dos anos. Já o município de Alto Paraíso de Goiás-GO, apresentou variabilidade interanual da precipitação em torno de 687,8mm e uma média de 1162,4mm, sendo o coeficiente de determinação



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

insignificante estatisticamente, mas, advertindo, pelo declínio da reta tendência, o decréscimo da precipitação para os anos estudados.

É importante considerar que os municípios estudados para a região nordeste goiano, há anos em que a precipitação total anual atinge valores inferiores a 1000mm de chuva, atingindo valores entre 500mm e 900mm, indicando forte tendência a períodos de longa estiagem e com retorno das chuvas. É importante considerar que as retas de tendências indicam tendência de decréscimo das chuvas considerando os totais anuais para os municípios estudados.

As informações obtidas e analisadas a partir deste trabalho servirão de subsídios para políticas públicas de gestão e planejamento regional, de forma a minimizar os efeitos dos eventos de chuva considerados extremos sobre a região nordeste do Estado de Goiás. Esta proposta irá contribuir com a atualização do banco de dados de informações sobre o padrão da precipitação pluviométrica para a região nordeste do Estado de Goiás, além de servir de complemento à compreensão da variação espacial e temporal das chuvas quanto às intensidades, duração e frequência, a serem obtidos na próxima etapa do desenvolvimento desta pesquisa.

5. Referências

COSTA, H.C. *et al.* **Espacialização e Sazonalidade da Precipitação Pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, n. 1, p. 87-100, 2012. Acesso em 17 jan 2021.

CARDOSO, M.R.D; MARCUZZO, F.F.N; BARROS, J.R. **Classificação Climática de Koppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal.** ACTA Geográfica, Boa Vista, v.8, n.16, jan/mar. de 2014. pp.40-55. Acesso em: 17 de jan 2021.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. **Estudo sobre a sazonalidade da precipitação na bacia do Piracicaba (SP).** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

COSTA, V. S. **A Luta pelo território: histórias e memórias do povo Kalunga.** 2013. 75 f. Monografia (Licenciatura em Educação do Campo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. **Censo demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017. **Resultado dos Dados Preliminares do Censo – 2017**. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidade@. Acesso em: 18 jan 2021.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 02 out. 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Summary for Policymakers**. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

LATRUBESSE, E.; CARVALHO, T. **Geomorfologia de Goiás e Distrito Federal**. Série Geologia e Mineração. Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração, 2006.

MENDONÇA, F. Aquecimento Global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, p.76-96, 2006.

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. 1976. 184f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, 1976.

MUNICÍPIOS, PNUD. **Ranking IDHM**. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-Municipios-2010.aspx>. Acesso em, v. 27, n. 12, p. 2014, 2010.

Nações Unidas. **Objetivos de desenvolvimento sustentável: ação contra a mudança global do clima**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/13>. Acesso em 16 jan. 2021.

OLIVEIRA, I. J. **Chapadões Descerrados: Relações entre Vegetação, Relevo e Uso das Terras em Goiás**. Boletim Goiano de Geografia, Goiânia/ GO, v.34, n.2, p. 311-336, maio/ago. 2014. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/31734>. Acesso em: 04 fev. 2021.

PONCIANO, T. A. **Dinâmica da estrutura da paisagem na microrregião do Vão do Paranã (GO)**. 2017. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

SEGPLAN/IMB. **Banco de dados estatísticos**. Goiânia, 2021. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/bde/>. Acesso em 17. Jan. 2021.

ZHANG, P. et al. A test of climate, sun, and culture relationships from an 1810-year Chinese cave record. **science**, v. 322, n. 5903, p. 940-942, 2008.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CARACTERIZAÇÃO E VARIABILIDADE CLIMÁTICA DE COARI/AM

LUCIOMAR DA SILVA ALMEIDA FILHO¹
NATACHA CÍNTIA REGINA ALEIXO²

RESUMO

A climatologia enquanto parte do conhecimento geográfico deve incorporar dois aspectos relevantes em suas análises: o domínio de instrumental tecnológico e a dimensão física e social na interpretação do clima (SANT'ANNA NETO, 2008). O objetivo deste trabalho é caracterizar e analisar temporalmente os elementos climáticos do município de Coari-Amazonas no período de 1970 a 2015. Para isso, partindo-se do referencial teórico da climatologia geográfica, foi realizada a coleta de dados de precipitação pluvial, temperatura máxima e mínima da estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Coari/AM, a partir disso, foi feito o tratamento estatístico dos dados, como preenchimento de falhas e aplicação de técnicas de análise descritivas. Os resultados mostraram a variabilidade anual da pluviosidade em Coari e o aumento do valor médio da temperatura mínima a partir de 1986 e nas temperaturas máximas a partir de 2001. Os dados de temperatura do ar tiveram aumento anual e mensal, apontando a necessidade de se discutir essas alterações intercambiáveis entre as diferentes escalas climáticas e as transformações do uso e cobertura da terra em escala local.

Palavras-chave: Climatologia Geográfica; Elementos Climáticos; Coari.

ABSTRACT

Climatology as part of geographic knowledge and must incorporate two aspects in its analysis, the domain of technological instruments and social dimension in the interpretation of the climate, therefore, taking the urban climate as a social construction is understood that the production of space is uneven and that the effects of the climate have repercussions in this way (SANT'ANNA NETO, 2008). The objective of this work was to characterize and analyze the climatic elements of Coari in the period from 1970 to 2015. The methodology includes the theoretical framework of geographical climatology and climate geography, the collection of rainfall data, maximum and minimum temperature of the INMET (National Institute of Meteorology) in the municipality of Coari/AM/Brazil, filling in gaps and employing descriptive techniques. The results show the rainfall recorded in Coari recorded years above the historical average and years that was below the average value, there was an increase in the average value of the minimum temperature since 1986 and in the maximum temperatures from 2001, the temperature data had a more interannual than monthly variation, the gradual increase in the average temperature values pointed to the need to discuss these changes as transformations in the land use of local, regional and global scale.

¹ Graduando em Geografia, Universidade Federal do Amazonas. E-mail: luciomar.almeida13@gmail.com

² Professora Doutora, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Amazonas. E-mail: natachaaleixo@yahoo.com.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Climatology; Climatic elements; Coari.

1. Introdução

A climatologia como parte do conhecimento geográfico deve incorporar nas suas análises o domínio de instrumental tecnológico e a dimensão social na interpretação do clima para que os estudos quantitativos sejam efetivados na contemporaneidade, compreendendo as heterogeneidades climáticas no Brasil em múltiplas escalas de análise e entender que a produção do espaço é desigual e que os efeitos de fenômenos climáticos são desiguais nas diferentes classes sociais, explanando as diferenças desses processos nos diferentes contextos socioespaciais (SANT' ANNA NETO, 2008).

Sorre (1943) considerou que ação de um elemento climático não depende apenas da sua intensidade anual, mas também da frequência e da sua duração, assim a caracterização dos elementos e da variabilidade climática é instrumento para compreensão das necessidades específicas do local ou região, que pode orientar políticas de planejamento ambiental e social. (SANT'ANNA NETO, 2001)

O progresso da ciência meteorológica tornou a caracterização dos tipos climáticos mais técnica e com dados quantitativos palpáveis, com a possibilidade de se observar a Terra em uma escala global, o clima ficou distante da ideia mecanicista de funcionamento de um universo regulado (MONTEIRO, 1991 citado por SANT'ANNA NETO, 2001).

O avanço da ampla discussão acadêmica sobre as alterações climáticas em escala global, levou a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) a diferenciar Mudança Climática e Tendência Climática, a Mudança é toda e qualquer inconstância climática, ou seja, aquilo que não possui uma estabilidade – seja qual for sua escala, natureza estatística ou causa física – observada em um longo período de tempo, a *Tendência Climática* é o aumento ou a diminuição lenta dos valores médios de dados de uma série de no mínimo 30 anos, que ocorre de forma linear ou não (OMM, 1992).

A análise de tendência em escala local e regional, como realizada por Fante e Sant'Anna Neto (2017) e Blain (2009) possibilitam o entendimento de como as transformações ocasionadas nos fatores geográficos do clima influenciam e até que ponto contribuem para modificação no clima viabilizando uma mensuração de impactos de ações nessas escalas,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

além disso, possibilita o entendimento de como a dinâmica global afeta regiões, bacias hidrográficas e cidades, propondo e redefinindo análises e ordenamentos territoriais.

No Brasil são diversas as aplicações de estudos de caracterização da variabilidade e tendência climática, em séries de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluvial e seus efeitos associados com a produção agrícola de culturas, saúde e cidades.¹

No estado do Amazonas os estudos têm se concentrado na capital Manaus, é fundamental expandir o entendimento a outras áreas do estado, especialmente municípios interioranos, para se avançar na construção do entendimento geográfico do clima na Amazônia evidenciando as suas especificidades (AB´SABER, 2003; ALEIXO, 2019; FISCH, et. al. 1998; SANT´ANNA NETO, 2008).

1.1 Área de estudo

O município de Coari localiza-se no estado do Amazonas, conforme o mapa 1, na mesorregião Centro Amazonense e microrregião de Coari, com 46 metros de altitude, sendo suas coordenadas Latitude: 4°5'6" S e Longitude: 63°8'30" O. Possui, população estimada de 85.910 habitantes em 2020 (IBGE, 2020).

¹ CAMARGO, M. B. P, et. al., 2005; FOLHES e FISCH, 2006; BLAIN, G. C., et. al., 2009; BRAIDO, L. M. H. e TOMMASSELI, J. T. G., 2010; BECKER, C. T., et. al., 2011; QUEIROZ, A. T. e COSTA, R. A., 2012; ROCHA e STUDART, 2014; ROCHA, J. V. C. e SANTOS, V. A., 2017; SANTOS, et. al., 2018; ALEIXO, N. C. R. e SILVA NETO, J. C. A., 2019; JUNGESI, A. H., et. al., 2019.

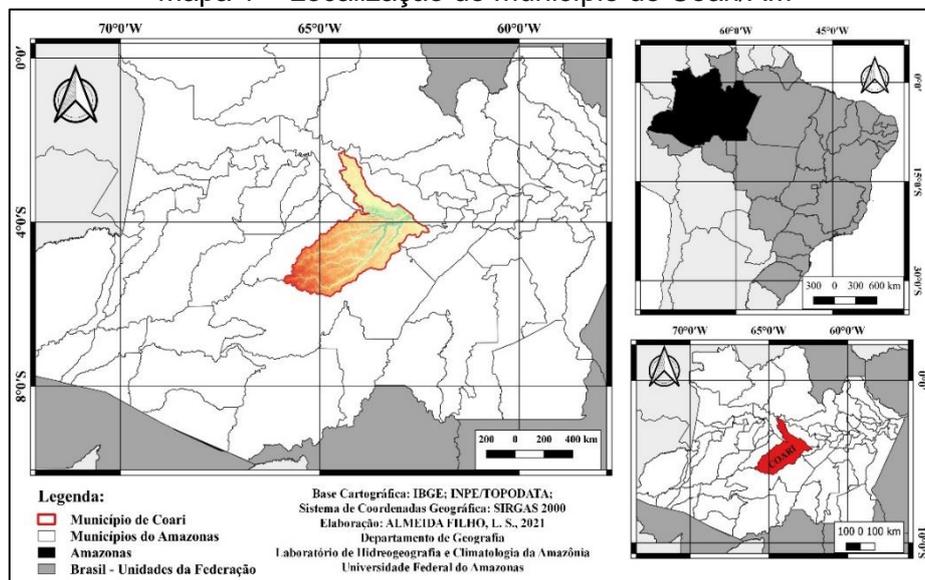


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Mapa 1 – Localização do município de Coari/AM



Fonte: IBGE, 2017; Organização: ALMEIDA FILHO, L. S., 2020.

2. Metodologia

A pesquisa baseou-se no referencial teórico da Climatologia Geográfica e em estudos aplicados de climatologia pelo país. Delineou-se como estudo transversal, analítico-descritivo.

Foram utilizados dados da Estação Convencional do INMET do município de Coari. Segundo o INMET, a operação da estação se iniciou em 1961, em alguns anos não há dados registrados outros possuem muito dados faltantes na série anual. Foi selecionada a série temporal que oferecesse homogeneidade nos dados, sendo assim foi definido o período de 1970 até 2015 para análise, excluindo-se os anos sem dados (1991 e 1992 para temperatura).

Foram coletados em escala temporal mensal dados de Temperatura Máxima, Mínima e Precipitação Pluvial, tabulados de acordo com os anos e meses, tornando possível a identificação de falhas. Além disso, foram feitas análises utilizando estatística descritiva como: valor máximo e mínimo, média, amplitude e desvio padrão.

2.1 Preenchimento de Falhas

O emprego de técnicas de preenchimento de falhas é utilizado em pesquisas climatológicas para contornar o problema de ausência de registros sem afetar a confiabilidade



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

das informações, em pesquisas onde a necessidade de uso de dados meteorológicos é comum o uso de técnicas de preenchimento de falhas¹.

Para o preenchimento de falhas de séries históricas é recomendado que se utilizem estações que se encontrem na mesma região ecoclimática e com mesma altitude (LEIVAS, et. al., 2005 citados por FANTE, 2014).

Para escolher o método que mais se adequasse foram testadas técnicas como a Ponderação Regional, Regressão Linear Simples e a utilização das médias para cada mês nos diferentes anos para preenchimento nos dados de Temperatura Máxima e Mínima.

Foram feitos testes de validade com cada uma das técnicas e optou-se pelo preenchimento por média de um período de no mínimo 10 anos (anterior ou posterior) dos dados da própria estação para temperatura do ar. Com essa técnica, o índice de determinação nos testes foi mais elevado, demonstrando associação e não ocasionou uma quebra na homogeneidade na série.

Os dados de precipitação pluvial apresentaram uma quantidade menor de falhas, o município de Coari conta com estações pluviométricas e fluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA) a estação utilizada para preenchimento das falhas de dados de chuva em alguns meses pela técnica de rebatimento é operada pela Companhia de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Irrigação (COHIDRO) nomeada Estação Barro Alto São Raimundo, na latitude -3,88 e longitude -63,79 que iniciou suas atividades em 31 de outubro de 1980.

3. Resultados e discussão

A precipitação pluviométrica é o principal elemento climático para se compreender o clima na Amazônia, a pluviosidade interfere nos demais elementos e compreender como ela se dispõe sazonalmente é relevante para os aspectos socioambientais neste contexto espacial.

A Amazônia possui uma precipitação pluvial média de 2300 mm por ano, vale frisar que esse valor não é absoluto e possui variações espaciais e temporais. Diferentes sistemas precipitantes de grande escala, sinótica e mesoescala atuam na região, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul, Linhas de Instabilidade, Alta da Bolívia, Sistemas Frontais e o

¹ ALEXANDRE, G. R., 2013; EISCHEID, et. al., 1995; FANTE, K. P., 2014; FERNANDEZ, 2007; MOSCATI, et. al., 2000; OLIVEIRA, et. al. 2010; PINTO, et. al., 1974; SANCHES, et. al., 2017.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mais importante deles para diferenciação temporo-espacial das chuvas a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Além disso, o fenômeno que contribui para a variabilidade das chuvas na região central da Amazônia, onde se localiza o município de Coari, é o El Niño Oscilação Sul (ENOS) fase quente e fria. O ENOS é um fenômeno oceano-atmosférico que ocorre na região do oceano pacífico tropical, se manifesta por meio do aquecimento anormal das águas (Anomalia Positiva) ou do resfriamento (Anomalia Negativa) que também é chamada de La Niña (CPTEC-INPE, 2020). Na Amazônia o fenômeno ENOS fase quente, contribui para alterações na célula de Walker, uma vez que seu ramo descendente se desloca para região dificultando a formação de nuvens de chuva, resultando em períodos onde historicamente são registrados os menores índices pluviométricos (FISCH et. al., 1998).

No período de 1970 a 2015, a pluviosidade registrada em Coari apresentou anos acima da média histórica de 2199,14 mm (1978; 1994; 2002; 2009; 2012) e anos em que a média anual esteve bem abaixo do valor médio (1979-1983; 1989-1992; 2003 e 2004; 2014 e 2015).

A Normal Climatológica do INMET (NBC 1961-1990) para Coari foi de 2069,0 mm a média histórica registrada está acima desse valor. Isso ocorreu principalmente devido aos eventos de El Niño, segundo dados da NOAA (2020) os anos de 1972, 1982, 1983, 1991, 1992, 1998, 2014 e 2015 apresentaram anomalia positiva e conforme Marengo e Nobre (2009), na Amazônia ocorreu a diminuição do volume de chuva em várias partes da região.

De maneira geral, a maioria dos anos manteve acumulado acima dos 2000 mm variando abaixo de 3000 mm, à exceção dos anos que apresentaram totais abaixo da média que acumularam índices menor que 2000 mm anuais. O gráfico 1 mostra os dados com relação à média histórica e a Normal Climatológica.

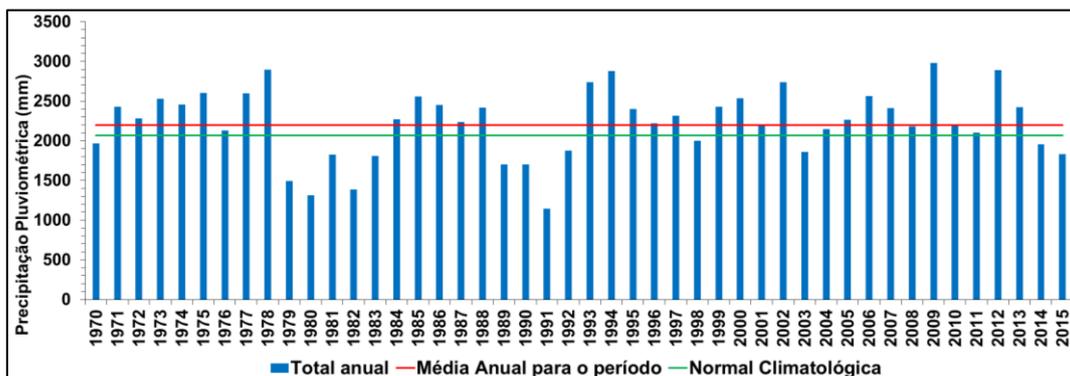


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

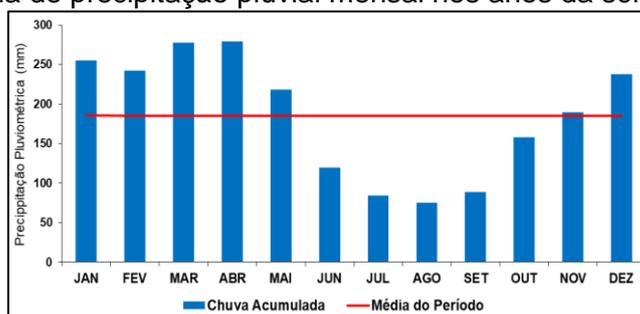
Gráfico 6 - Precipitação pluvial de 1970 a 2015, média histórica e a normal climatológica 1961-1990.



Fonte: INMET, Org. ALMEIDA FILHO, L. S. 2020.

De dezembro a maio os acumulados se mantiveram acima da média mensal da série de 185,38 mm e representam os meses chuvosos da série, conforme o gráfico 2, essa sazonalidade ocorre devido atuação em macro escala da ZCIT que influencia na variabilidade de chuva na região Norte e Nordeste do Brasil, a banda de nebulosidade possui um deslocamento Norte-Sul ao longo do ano, quando posicionada mais ao sul do globo favorece o aumento no volume de chuvas na região.

Gráfico 7 - Média de precipitação pluvial mensal nos anos da série de 1970-2015.



Fonte: INMET, Org. ALMEIDA FILHO, L. S. 2019.

No mês de março ela atinge seu limite máximo ao sul, após isso se desloca até atingir seu limite máximo para o norte, que acontece no período de inverno austral, a influência desse sistema meteorológico no clima de Coari é exemplificada no gráfico 2, em que os meses que



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

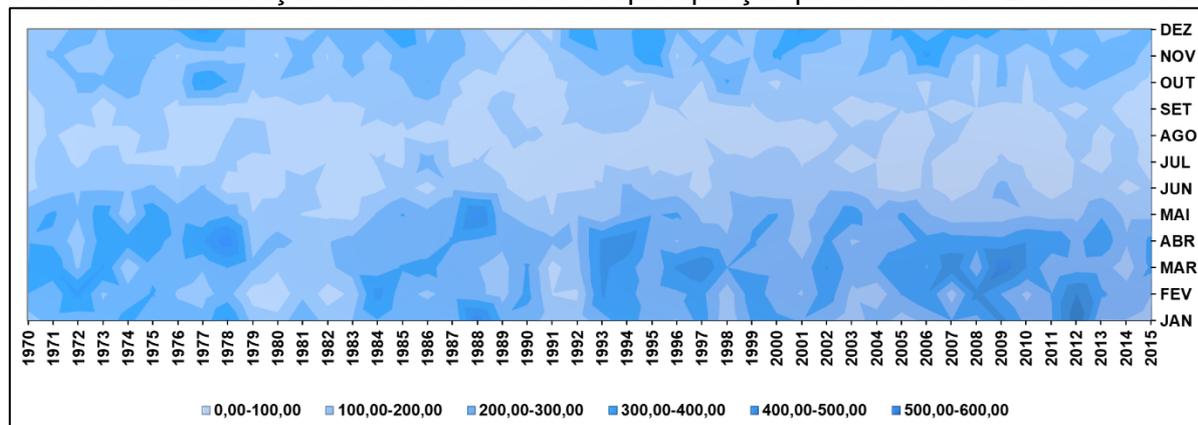
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

a ZCIT se posiciona mais ao norte a precipitação pluvial atinge seus menores acumulados (UVO; NOBRE, 1989).

A distribuição sazonal da precipitação pluvial verificou que os meses de junho até outubro registraram menor acumulado, são os meses correspondentes ao período seco, o mês de novembro apresentou-se como um mês transicional entre o período seco e chuvoso (Gráfico 2).

No mês de junho o município entra no período seco, com a diminuição dos totais de chuvas em junho, julho, agosto, setembro e o aumento inicia-se em outubro, já no mês de novembro ocorre um volume maior do total pluviométrico, ainda que seja considerado um mês transicional. Os meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril registraram valores acumulados acima de 185,38 mm média para série, sendo os meses de março e abril os mais chuvosos, 277,85 mm e 279,29 mm respectivamente. Agosto foi o mês mais seco da série com 74,96 mm de acumulado médio (Gráfico 3).

Gráfico 8 – Distribuição do total acumulado da precipitação pluvial de 1970-2015 em Coari.



Fonte: INMET, Org. ALMEIDA FILHO, L. S.

Do total médio da precipitação pluvial de Coari (2.225,15 mm), 13% ocorreu no mês de abril, sendo o mês mais chuvoso, seguido pelo mês de Março que representou 12% da ocorrência do total de chuva. Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro representam 11% cada um do total, o mês de maio 10%, novembro 9%, outubro 7%. Os meses de junho, julho, agosto e setembro representam 5%, 4%, 3% e 4% respectivamente, sendo os meses com menores índices pluviométricos (Gráfico 4).

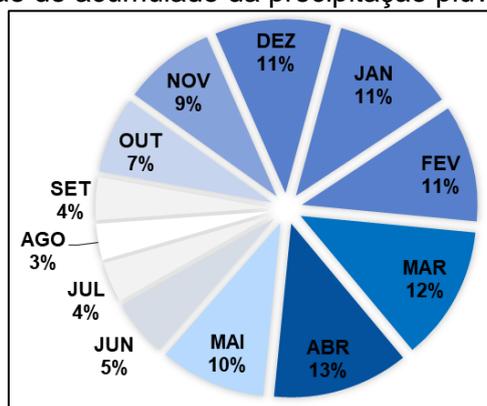


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

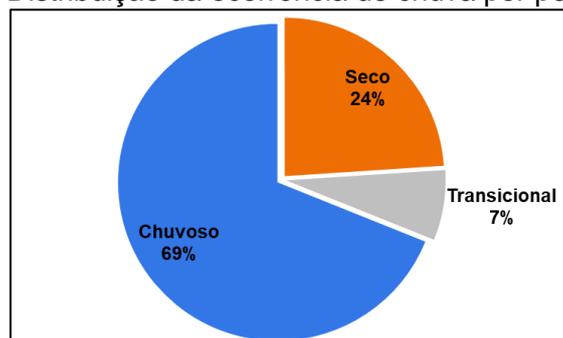
Gráfico 9 – Distribuição do acumulado da precipitação pluvial nos meses da série



Fonte: INMET, ALMEIDA FILHO, L. S. 2020.

A distribuição sazonal da chuva evidenciou que o maior percentual ocorreu no período chuvoso que compreende os meses de dezembro a maio (69%), o período seco que vai de junho a outubro é responsável por 24%, o mês transicional responde por 7% dos acumulados em Coari (Gráfico 5).

Gráfico 10 – Distribuição da ocorrência de chuva por período sazonal



Fonte: INMET, Org. ALMEIDA FILHO, L. S., 2020.

O cálculo do desvio padrão mostrou que os anos com desvios positivos são: 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1977, 1978, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1993, 1994, 1995, 1997, 1999, 2000, 2002, 2006, 2007, 2009, 2012 e 2013; e os anos com desvios negativos são:



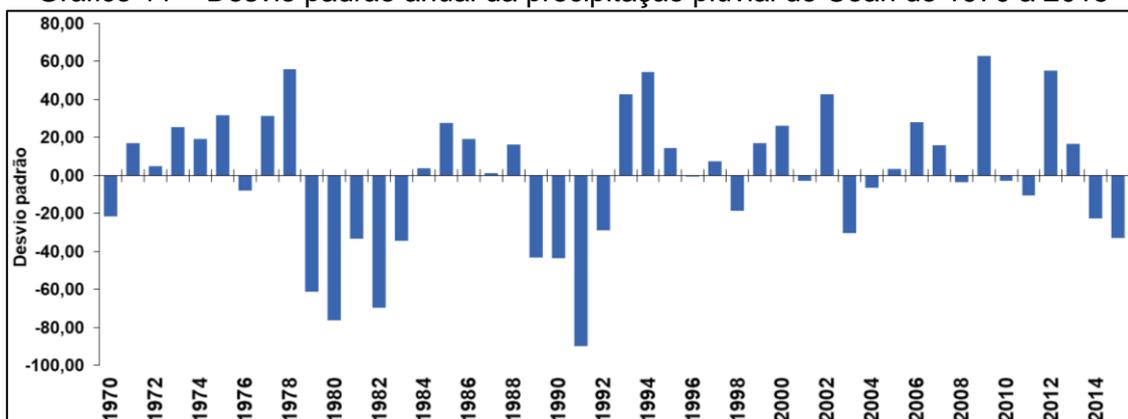
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1979, 1976, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1989, 1990, 1991, 1992, 1998, 2001, 2003, 2004, 2008, 2010, 2011, 2014 e 2015 (Gráfico 6).

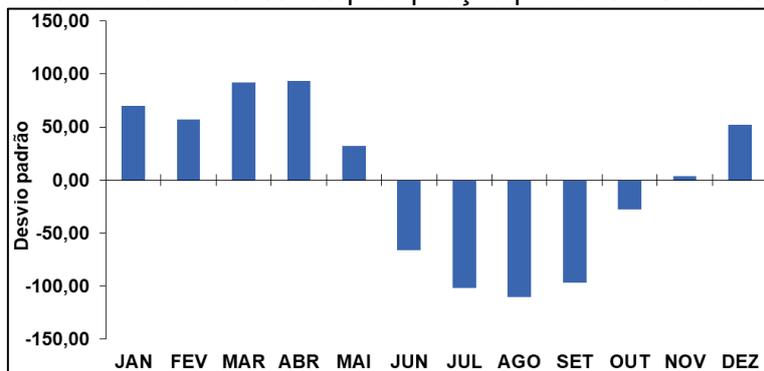
Gráfico 11 – Desvio padrão anual da precipitação pluvial de Coari de 1970 a 2015



Fonte: INMET. Organização: ALMEIDA FILHO, L. S., 2020.

O resultado do desvio padrão mensal expôs que de dezembro a maio os desvios positivos representaram o período sazonal chuvoso enquanto que de junho a outubro têm-se o período seco, o mês de novembro devido seu desvio positivo ser pequeno (4,06 mm) apresenta característica de transição (Gráfico 7).

Gráfico 12 – Desvio médio mensal da precipitação pluvial em Coari de 1970 a 2015



Fonte: INMET. Organização: ALMEIDA FILHO, L. S., 2020.

3.2 Temperatura



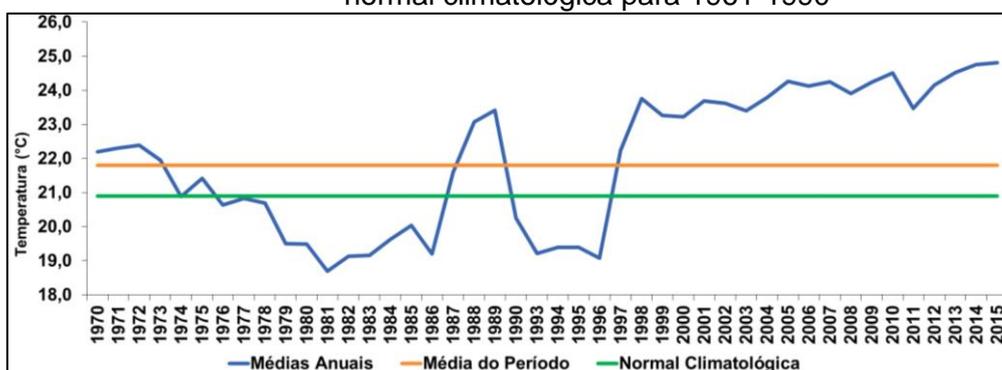
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A temperatura média mínima de Coari foi de 21,8°C e ao longo dos anos foi observado aumento do valor médio da temperatura mínima que ocorreu a partir de 1986 e é constante nos anos seguintes, após o ano de 1990 a temperatura mínima registrou valores acima da normal climatológica de 1961-1990 (20,9°C) atingindo os maiores registros em 2014 e 2015 quando é verificado temperatura de 24,8°C de média nos dois anos, há um período entre 1990 e 1996 em que os valores médios diminuem significativamente (Gráfico 8).

Gráfico 13 – Médias da temperatura mínima anual de 1970 a 2015 em relação à média e a normal climatológica para 1961-1990



Fonte: INMET, Org. ALMEIDA FILHO, L. S. 2020.

Ao longo dos meses as temperaturas mínimas oscilaram entre 21°C e 22,5°C, o meses de janeiro e julho registraram as menores médias 21,7°C nos dois meses e os meses de agosto (22,1°C), setembro (22,3°C) e outubro (22,3°C) os maiores valores médios de temperatura mínima (Gráfico 9).

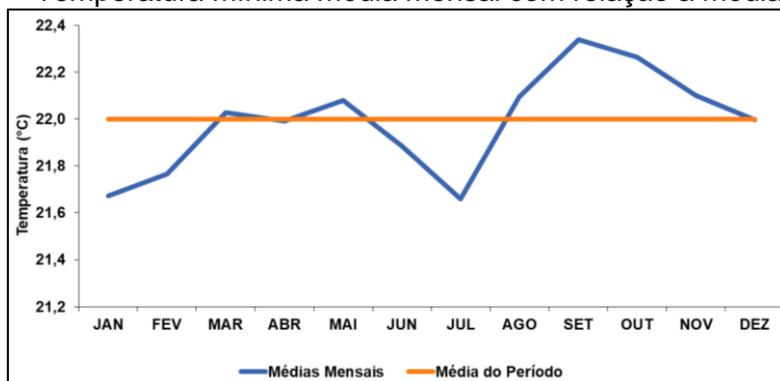


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 14 – Temperatura mínima média mensal com relação a média do período

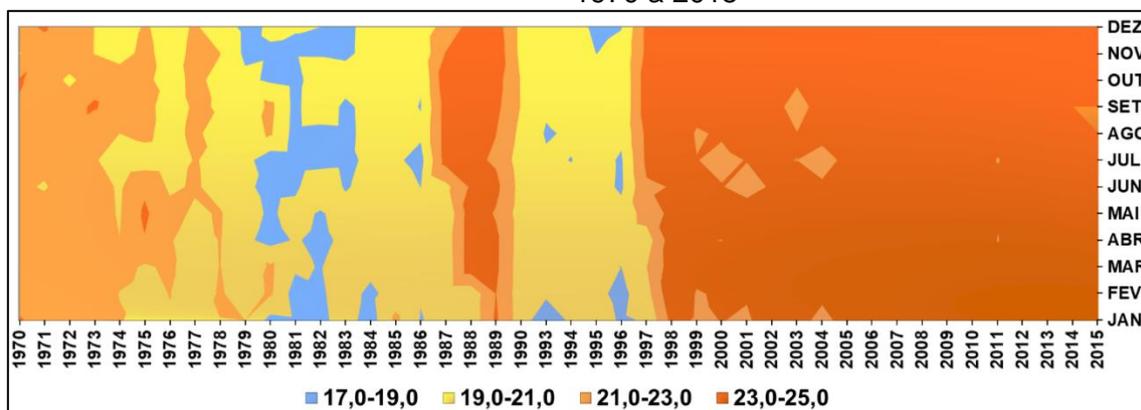


Fonte: INMET, Org. ALMEIDA FILHO, L. S. 2020.

Foi observado um aumento das temperaturas mínimas no ano de 1987 que ocorre a partir do mês de junho e se estende até o fim do ano, em 1989 esse aumento foi registrado ao longo de todos os meses, a partir de 1997 essa alta nas médias deixa de ser exceção e passa a ser constante até 2015 com alguns meses entre junho e setembro com valores abaixo dos 23°C (Gráfico 10).

Com relação á sazonalidade os menores valores médios mensais de temperatura mínima são observados entre os meses de outubro a janeiro (Gráfico 10).

Gráfico 15 – Distribuição da temperatura mínima mensal ao longo dos anos da série de 1970 a 2015



Fonte: INMET, ALMEIDA FILHO, L. S. 2020.



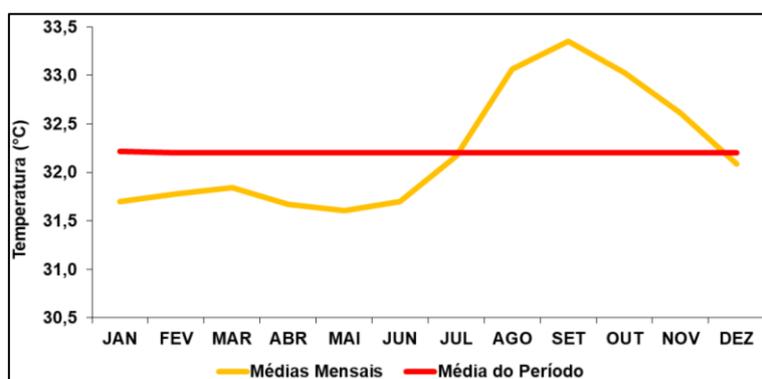
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A temperatura máxima média foi de 32,2°C, as temperaturas máximas ficaram acima da média mensal para o período (32,2°C) nos meses de julho a novembro, são os meses mais quentes, de dezembro á junho os valores registrados ficaram abaixo da média mensal, sendo os meses de abril e maio os meses com os menores valores, o mês de setembro foi o mês mais quente com média de 33,3°C de temperatura máxima, enquanto que maio apresentou temperatura máxima média menor com 31,6°C (Gráfico 11).

Gráfico 16 – Temperatura Máxima média mensal com relação à média do período



Fonte: INMET, Org. ALMEIDA FILHO, L. S. 2020.

A temperatura máxima anual variou entre 31°C e 33,7°C, a temperatura máxima média para a série anual foi de 32,2°C estando acima da normal climatológica que é de 31,9°C. Os anos de 2001 a 2015 demonstraram valores acima da média, sendo o ano de 2005 o mai quente e o ano de 1974 o menos quente (Gráfico 12).

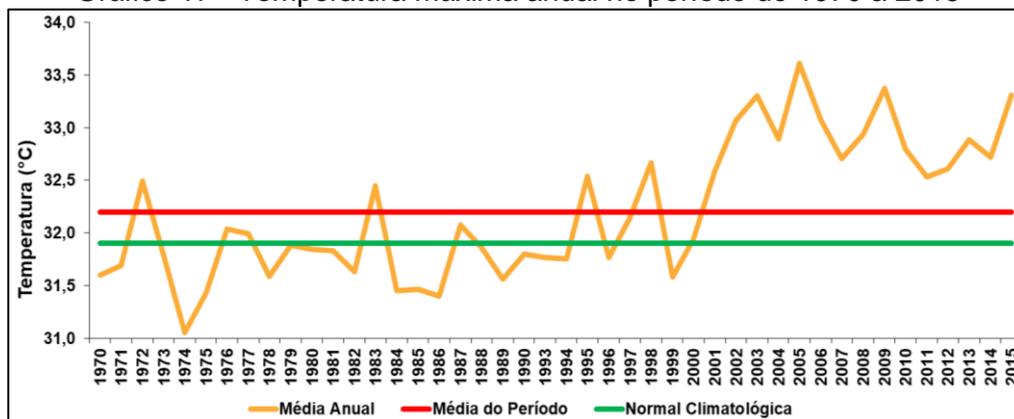


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

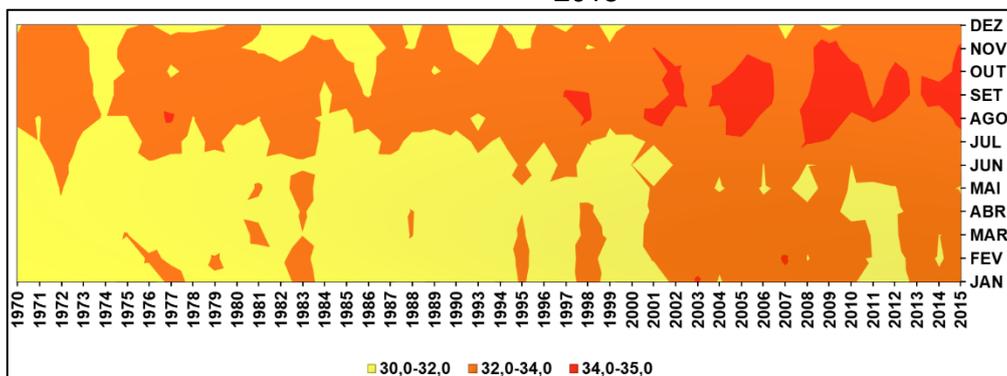
Gráfico 17 - Temperatura máxima anual no período de 1970 a 2015



Fonte: INMET, Org. ALMEIDA FILHO, L. S. 2020.

O aumento da temperatura máxima ocorreu nos meses de julho a novembro. Em dezembro há uma variação ao longo dos anos sendo registrados valores entre 30°C e 31°C, os meses de janeiro a junho são característicos pelas máximas mais amenas, observa-se que a partir de 2001 temperaturas acima dos 32°C tornam-se constantes e os meses que comumente são mais quentes, devido a sazonalidade, passam a registrar valores entre 33°C e 33,6°C (Gráfico 13).

Gráfico 18 – Distribuição da Temperatura Máxima Média mensal ao longo do período 1970-2015



Fonte: INMET, ALMEIDA FILHO, L. S. 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

A partir do tratamento estatístico dos dados da estação convencional de Coari/AM, foi verificado que a precipitação pluvial apresentou a variabilidade que lhe é característica sazonal e anualmente, com médias variando em torno dos 2000 mm e fenômenos como o ENOS favorecendo a diminuição ou aumento do acumulado anual.

Os meses de dezembro a maio corresponderam ao período sazonal chuvoso, enquanto os meses de junho a outubro foram característicos do período seco, o mês de novembro foi considerado transicional entre o período seco e chuvoso.

A temperatura mínima apresentou aumento dos valores médios a partir de 1986, a média anual constatada é de 21,8°C, e os valores mensais variaram entre 19,1°C e 24,8°C.

A série temporal da temperatura máxima acompanhou a variação característica da sazonalidade de Coari, porém, houve um aumento nos valores médios nos meses sazonalmente mais quentes a partir de 1997. A temperatura máxima média foi de 32,2°C e as médias mensais variaram entre 31,1°C e 33,4°C.

Essas diferenças apresentadas nos dados de temperatura podem estar associadas a uma tendência de aumento devido a fatores de macroescala ou ainda devido o surgimento de um microclima próximo à estação climatológica do município, ocasionada pelo crescimento da mancha urbana e da substituição das áreas verdes por áreas construídas, fato é que em ambos os casos estudos apurados são requeridos para constatação.

Pesquisas como esta elucidam problemas no monitoramento das variáveis meteorológicas que é realizado com precariedade no Brasil e menor densidade técnica e operacional na Amazônia, fato representado pelo alto número de falhas nos dados disponibilizados pelo INMET par Coari. Com isso, as técnicas de preenchimento de falhas aplicadas reforçam a necessidade de maior cobertura de estações na Amazônia central já que algumas delas requerem uso de dados de estações próximas e uma série homogênea é fundamental para a qualidade dos estudos em climatologia geográfica.

Sendo assim, a principal contribuição desta pesquisa se baseia em oferecer a caracterização das variáveis climáticas em Coari/AM, para que estudos que analisem questões climáticas integradas a fatores geográficos possam comparar e se beneficiar desses resultados, além de subsidiar diagnósticos relativos a problemáticas sociais e ambientais.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

AB'SÁBER, Aziz. **Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 2. ed.

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina; SILVA NETO, João Cândido André. Caracterização da precipitação pluviométrica do médio Solimões-AM. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, n. 31, v.13, jan/abr. de 2019. p. 104-120.

ALEXANDRE, Gladstone Rodrigues. **Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de belo horizonte a partir de métodos estatísticos e modelos climáticos**. 2009. 215 p. Dissertação de mestrado (Programa de pós-graduação em saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte/MG. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/REPA-82TJGL>.

BLAIN, Gabriel Constantino; KAYANO, Mary Toshie; SENTELHAS, Paulo Cesar; LULU, Jorge. Variabilidade da evapotranspiração relativa em Campinas (SP): Caracterização climática e análise de tendências. **Bragantina**, Campinas, v. 68, n. 2, 2009. p. 545-553.

CONTI, José Bueno. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: **Variabilidade e Mudanças Climáticas: Implicações Ambientais e Socioeconômicas**. Maringá: Eduem.2000. ISBN 85-85545-61-5. P. 17-28.

FANTE, Karime Pechutti. **Variabilidade da temperatura em áreas não metropolitanas do estado de São Paulo – Brasil no período de 1961 a 2011**. Presidente Prudente – SP; [s. n.]. Originalmente apresentada como Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo, 2014. 254 f.

FIGUEROA, Silvio Nilo; NOBRE, Carlos Afonso. 1990. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. *Climanálise*. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, 5(6):36-45.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **ACTA Amazônica**, v. 22, n. 2, 1998. p. 101-126.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

OMM (Organização Mundial de Meteorologia). **International Meteorological Vocabulary**. N° 182. 2nd Ed. 1992. ISBN 92-63-02182-1.

ROCHA, Sergio Rodrigues; STUDART, Ticiania Marinho de Carvalho. Caracterização das chuvas na cidade de Natal/RN com a aplicação da técnica dos Quantis (1986-2013). **Anais do XII SRHN** ISSN-2359-1900, 2014. Disponível em: <http://eventos.abrh.org.br/xiisrhn/anais/papers/PAP018441.pdf>. Acesso em: 16 de jan. de 2020, às 13h25min.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SANCHES, Fabio de Oliveira; FIALHO, Edson Soares; QUINA, Robson Rodrigues; Evidências de Mudanças Climáticas em Viçosa (MG). **Revista do Departamento de Geografia da USP**. São Paulo, V. 34, p. 122 – 136, ISSN 2236-2878, 2017.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Da climatologia Geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista ANPEGE**, v. 4, 2008. SANT'ANNA NETO, João Lima. **História da Climatologia no Brasil: Gênese, Paradigmas do Clima como Fenômeno Geográfico**. Tese de Livre-Docência. Presidente Prudente: FTC/UNESP. 2001.

SANTA'ANNA NETO, João Lima. ZAVATINI, João Afonso. **Variabilidade e Mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: EDUEM, 2000. 259p.

SUGUIO, Kenitiro. As mudanças paleoclimáticas da Terra e seus registros, com ênfase no quaternário. In: SANTA'ANNA NETO, João Lima. ZAVATINI, João Afonso. **Variabilidade e Mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: EDUEM, 2000. p. 29-50.

UVO, Cinthia Regina Bertacchi; NOBRE, Carlos Afonso. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. 1989. Parte I: A Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. **Climanálise**, Vol. 4, número 07, 34 – 40.

ZAVATTINI, João Afonso; BOIN, Marcos Norberto. **Climatologia Geográfica: Teoria e prática de pesquisa**. Campinas: Editora Alínea, 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CARACTERIZAÇÃO E VARIABILIDADE CLIMÁTICA BASEADA EM SÉRIES DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL DA CACHOEIRA – AM

THIAGO OLIVEIRA DOS SANTOS¹
VALDIR SOARES DE ANDRADE FILHO²
REBECA DOS SANTOS FRANÇA³
VINÍCIUS MACHADO ROCHA⁴

RESUMO

Neste estudo avaliou-se a variabilidade climática no município de São Gabriel da Cachoeira, utilizando dados de temperatura média compensada e precipitação total disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O recorte temporal analisado no estudo foi de 1961-2019. Utilizando estatística básica no software *Excel* foi produzida uma análise da temperatura e precipitação média, incluindo, máxima e mínima ao longo do período analisado. O recorte temporal foi dividido em décadas com o intuito de facilitar a leitura e interpretação dos dados. Comparando a média decadal de temperatura do ar 1961-1970/2011-2019, a temperatura apresentou um crescimento de 6%, o que pode ser associado ao avanço do processo de urbanização e a mudança de padrão no uso do solo. Ao analisar o comportamento da média decadal de precipitação 1961-1970/2011-2019, foi possível identificar um aumento de 9,8%. Tais resultados indicam condições climáticas quentes e também chuvosas no município de São Gabriel da Cachoeira (AM).

Palavras-chave: Temperatura; Precipitação; São Gabriel da Cachoeira-AM.

ABSTRACT

In this study, the climatic variability in the municipality of São Gabriel da Cachoeira was evaluated, using data of compensated average temperature and total precipitation provided by the National Meteorological Institute - INMET. The time frame analyzed in the study was 1961-2019. Using basic statistics in the Excel software, an analysis of temperature and average precipitation was produced, including, maximum and minimum over the analyzed period. The time frame was divided into decades in order to facilitate the reading and interpretation of the data. Comparing the average decadal air temperature 1961-1970 / 2011-2019, the temperature grew by 6%, which can be associated with the advancement of the urbanization process and the change in the pattern of land use. By analyzing the behavior of the 1961-1970 / 2011-2019 average decadal precipitation, it was possible to identify an increase of 9.8%. Such results indicate hot and rainy climatic conditions in the municipality of São Gabriel da Cachoeira (AM).

¹ Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Universidade do Estado do Amazonas, t.santos.720@gmail.com

² Doutor em Clima e Ambiente, Universidade do Estado do Amazonas, valdirsoares.vs@gmail.com

³ Graduanda em Química, Universidade Federal do Amazonas, beckcurls30@gmail.com

⁴ Doutor em Clima e Ambiente, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, vinimroch@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Temperature; Precipitation; São Gabriel da Cachoeira-AM.

1. Introdução

O estudo da variabilidade climática é parte importante das ciências atmosféricas e oceânicas. Parte dessa importância se deve ao fato de que a variabilidade climática causa sérios transtornos à economia e frequentemente provoca diversas formas de impacto social, além de atingir os ecossistemas naturais de maneira significativa. Importante parcela da comunidade científica tem se dedicado aos estudos e análises dentro deste tema, analisando a variabilidade do clima em relação a escala interanual, associada aos fenômenos El Niño/La Niña no oceano Pacífico Tropical, além da diferença térmica existente entre as seções ao norte e ao sul do Equador no Atlântico Tropical, assim como também a escala interdecenal (ciclos de 20-30 anos) e a escala de longo prazo (MARENGO e NOBRE, 2009).

A região norte está localizada na faixa equatorial, esta região é caracterizada pelas altas temperaturas e seus elevados índices pluviométricos. Os principais mecanismos que auxiliam na explicação desse elevado índice pluviométrico na região é a combinação existente da ação predominante da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, das brisas marítimas, da penetração de sistemas frontais de origem do sul do continente, e do vapor d'água fornecido pela Floresta Amazônica, também é necessário levar em consideração o fator climático da Cordilheira dos Andes. As precipitações são em sua grande maioria convectivas. As altas temperaturas existentes na região estão ligadas ao intenso fornecimento de radiação solar incidente na região norte (VIANELLO e ALVES, 2006).

De acordo com Fisch et al., 1998, os principais sistemas atmosféricos que atuam no tempo e no clima da região Amazônica são: a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, Linhas de Instabilidades – LI, Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM, Ondas de Leste e as Brisas Terrestres e Marítima. Parte importante destes sistemas estão conectados a formação de chuva na região, exercendo influência direta na estação chuvosa da região. A variação térmica sazonal se encontra na faixa de 1-2 °C, sendo que os valores médios se situam na faixa de 24 e 26 °C.

Estudos observacionais e estudos de modelagem (Nobre et al., 1991; Betts et al., 1997, 2000; Chase et al., 2000; Zhao et al., 2001), indicam que a mudança na cobertura vegetal pode ter um impacto considerável no clima regional e global. O debate científico tem



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

sido intenso e as atividades humanas têm ganhado cada vez mais destaque com relação a sua participação nessas alterações. O desenvolvimento de pesquisas dentro desta temática é benéfico para gestão de recursos hídricos, setor agrícola e saúde pública, uma vez que, o clima tem uma influência direta na maneira como a sociedade humana se organiza.

Estudos envolvendo modelagem computacional aplicada as pesquisas climáticas desenvolvidas por Nobre et al., (2014) e Marengo et al., (2009) abordaram as principais questões relacionadas às mudanças climáticas e o papel da Amazônia frente a essas mudanças. As pesquisas abordaram três principais aspectos, que são: as variações climáticas globais envolvendo causas naturais, as decorrentes de alterações no uso do solo e mudanças climáticas globais provocadas por ações antrópicas. Estes estudos fazem um alerta sobre as mudanças no uso da terra e como isso pode afetar o ciclo hidrológico e conseqüentemente o clima tanto em escala local, regional e global.

Com base na publicação do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (2007), os resultados sugerem que as variações climáticas na região amazônica podem estar ligadas as mudanças climáticas globais, onde parte dessas mudanças são decorrentes de causa naturais. As alterações decorrentes do desmatamento de sistemas florestais para a transformação em ambiente de pastagem podem implicar na transferência do carbono armazenado nas arvores, onde o mesmo será gradativamente transferido da biosfera para atmosfera, intensificando assim o aquecimento global. Tal cenário é extremamente nocivo para a região amazônica, o que torna a mudança de padrão de uso do solo um importante componente de análise se tratando de variações climáticas oriundas de ações antrópicas.

Com base nesse cenário, o presente estudo tem como objetivo, analisar a variabilidade climática em São Gabriel da Cachoeira (AM), considerando a temperatura do ar e precipitação durante o período de 1961 a 2019.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O município de São de Gabriel da Cachoeira (00° 7' 48" S; 67° 5' 20" O; 90 m) fica localizado no noroeste do estado do Amazonas, a uma distância de 900 quilômetros da capital do estado, Manaus, com a sede municipal situada na margem esquerda do Rio Negro. Sua área é de 109.185 Km², representando 6,95% do território estadual. De acordo com



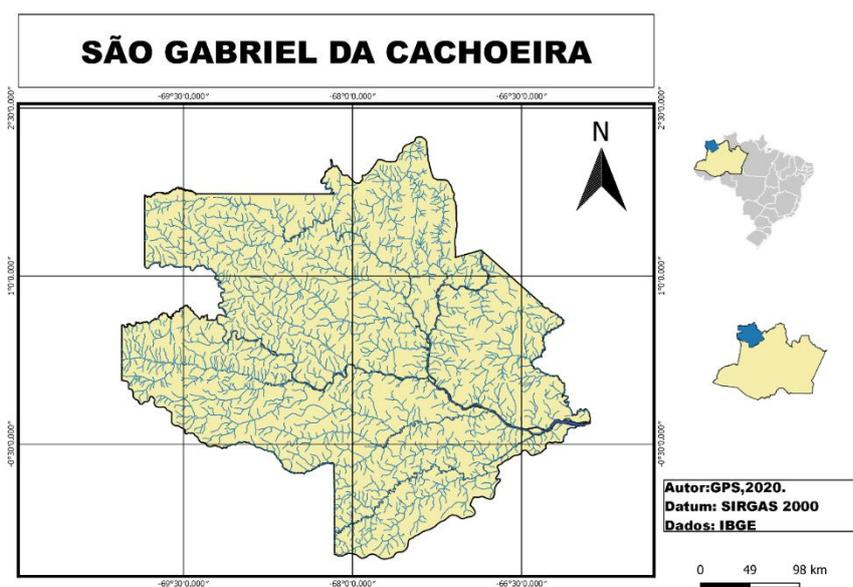
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

estimativas do IBGE (2019), a população estimada no ano de 2019 foi de 45.564 habitantes, fazendo deste o décimo terceiro município mais populoso do estado. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, a temperatura mínima registrada em São Gabriel da Cachoeira foi de 16,6 °C, no dia 09 de julho de 1975. Já a máxima foi de 39 °C, no dia 22 de setembro de 2002. O maior acumulado de chuva registrado na cidade em 24 horas foi de 179,5 mm, em 30 de maio de 1973. A figura 01 representa a área de estudo localizada no município de São Gabriel da Cachoeira no estado do Amazonas.

Figura 01 - Localização geográfica da área de estudo no município de São Gabriel da Cachoeira.



Elaboração: Gisely Pereira de Souza Ventura (2020).

2.2 Dados de temperatura e precipitação

Para que possamos compreender da maneira mais ampla possível a variabilidade climática existente no município de São Gabriel da Cachoeira é necessário produzir uma ampla análise das variáveis climáticas como temperatura e precipitação. Com base neste panorama optou-se por analisar os dados de precipitação total e temperatura compensada média. O recorte temporal aplicado a este estudo foi de 1961 a 2019. A estação meteorológica



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de São Gabriel da Cachoeira conta com as seguintes especificações: Estação 82106-SG DA CACHOEIRA (UAUPES) - AM, Latitude: -0.11, Longitude: -67, Altitude: 90.00m.

O conjunto de dados utilizados nesta pesquisa (temperatura e precipitação) foram disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, por intermédio de seu site. A tabulação e o tratamento dos dados assim como a elaboração dos gráficos foram realizados utilizando o software *Excel*. É importante ressaltar que a respeito da aplicação de gráficos em estudos que visam a análise climática é possível afirmar que o clima de uma região pode ser descrito com o auxílio de gráficos das variações sazonais nos valores dos elementos climáticos como temperatura e precipitação (AYOADE, 2010).

3. Resultados e discussão

3.1 Comportamento decadal da temperatura do ar de 1961-2019

As séries de temperatura utilizadas no presente estudo podem ser consideradas relativamente homogêneas quando analisadas cuidadosamente. Quando nos referimos aos valores de máximos e mínimos de temperatura encontramos os seguintes valores: temperatura máxima mensal de 28,2 °C no mês de janeiro do ano de 2003 e mínima mensal de 23,7 °C, no mês de julho de 1975. Ao analisarmos as médias mensais separadas por décadas, é possível identificar um leve crescimento da média de temperatura entre as décadas. O quadro 01 mostra a distribuição dos valores de temperatura mínima, máxima e média separados por décadas.

Quadro 01 – Valores de temperatura máxima, mínima e média dos anos de 1961 - 2019 separados por década.

Ano	Temperatura mínima média °C	Temperatura máxima média °C	Temperatura média °C
1961 – 1970	24,3	26,4	25,3
1971 – 1980	24,7	26,5	25,6
1981 - 1990	24,8	27,0	25,9
1991 - 2000	24,8	26,8	26,0
2001 - 2010	25,3	27,4	26,4
2011 - 2019	25,4	26,9	26,2

Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos (2020).

Fonte: INMET (2020).

Ao analisar a figura 02, sobre máximos e mínimos de temperatura registrados e organizados por décadas, é possível observar um registro menor na década de 1961-1970



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

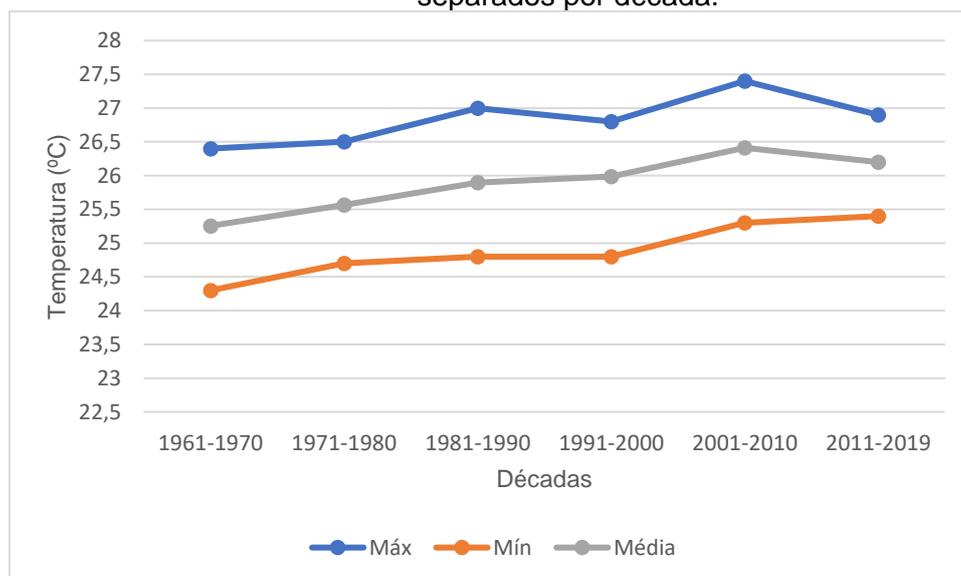
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

apresentando a temperatura de 24,3 °C. Já quando analisamos os valores registrados em relação a temperatura máxima, a década de 2001-2010, apresentou a média de temperatura de 27,4 °C. Em geral, é possível notar que os maiores registros de temperatura máxima são encontrados a partir do início da década de 2000, com exceção da década de 1981-1990, que registra uma temperatura de 27 °C. Já os registros de mínimos, em sua grande maioria, são identificados na década de 1961-1970. Quando analisamos a temperatura média entre as décadas é possível notar um leve crescimento nos valores de temperatura, ficando na faixa dos 25 °C a 26,4 °C.

É necessário levar em consideração os anos de El Niño e La Niña dentro da análise temporal, uma vez que ambos são capazes de modificar o comportamento da temperatura e aumentar/reduzir a ocorrência de chuvas na região amazônica (MARENGO e NOBRE, 2009). Vale ressaltar que não somente os aspectos climáticos de ordem natural devem ser levados em consideração, quando analisamos os valores exibidos na figura 02. O avanço do processo de urbanização aliado a modificação de uso do solo, a partir da década de 1970, na Amazônia, é um fator de origem antrópica, que pode ajudar a explicar a alteração na dinâmica climática da região.

Figura 02 - Gráfico de temperatura máxima, mínima e média dos anos de 1961-2019 separados por década.



Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos (2020).



Fonte: INMET (2020).

3.2 Comportamento decadal da precipitação de 1961-2019

Os valores das séries de precipitação que foram utilizados no presente estudo, assim como os de temperatura, podem ser considerados homogêneos. Os valores mensais de máximos e mínimos observados encontrados em relação a precipitação são: 699 mm no mês de abril de 1967 e 1,8 mm no mês de junho de 2014. O valor de 1,8 mm referente ao ano de 2014 foi registrado no mês de junho, logo é necessário levar em consideração o início do período da estação seca na região. Porém, mesmo em condições normais, o valor apresenta um nível muito baixo de pluviosidade em termos mensais.

Ao analisarmos o quadro 02, sobre máximos e mínimos de precipitação registrados e organizados por décadas, é possível identificar uma leve oscilação nos valores de precipitação entre as décadas. O mesmo acontece quando verificamos os valores relacionados a precipitação média. O quadro 02 mostra a distribuição dos valores de precipitação mínima, máxima e média separados por décadas.

Quadro 02 – Valores de precipitação máxima, mínima e média dos anos de 1961-2019 separados por década.

Ano	Precipitação máxima média mm	Precipitação mínima média mm	Precipitação média
1961 - 1970	3.532	2.555	2.858
1971 - 1980	3.426	2.602	2.905
1981 - 1990	3.384	2.202	2.736
1991 - 2000	3.331	2.534	3.022
2001 - 2010	3.412	2.614	2.978
2011 - 2019	3.575	2.697	3.114

Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos (2020).

Fonte: INMET (2020).

Ao analisar a figura 03, sobre máximos e mínimos de precipitação registrados e organizados por décadas, é possível observar um menor registro na década de 1981-1990 apresentando 2.202 mm. Já quando analisamos os valores registrados em relação a precipitação máxima média, a década de 2011-2019 apresenta o maior valor com 3.575 mm. Em geral, é possível notar que os valores de máximo/mínimo encontrados entre as décadas não apresentam significativa mudança. Quando analisamos a precipitação média entre as



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

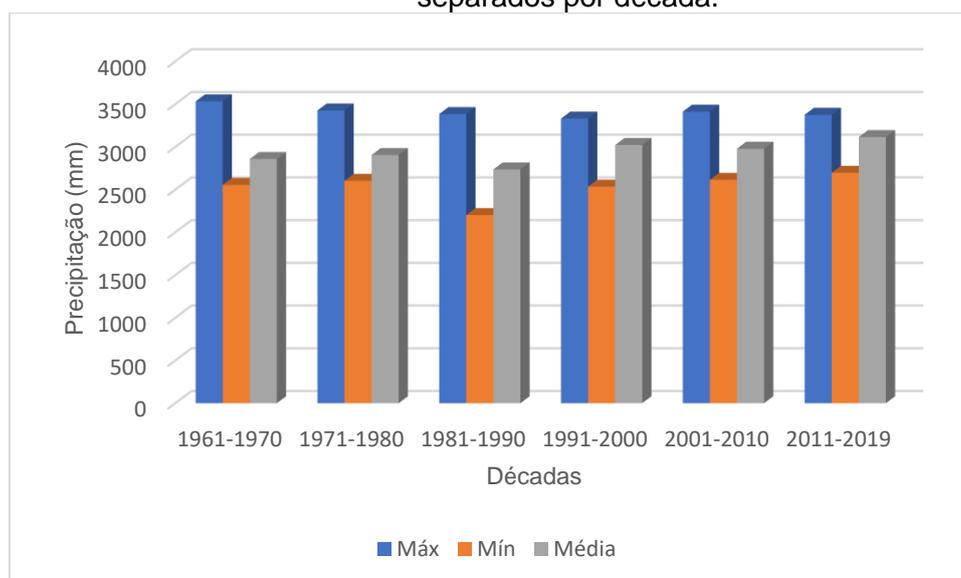
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

décadas, é possível notar a ausência de alterações profundas. Um leve aumento é identificado entre as décadas de 1961-1970/1971-1980. Apresenta redução na década de 1981-1990, voltando a crescer na década de 1991-2000. Uma leve diminuição é notada na década de 2001-2010 seguida de crescimento na década seguinte.

No município de São Gabriel da Cachoeira os índices de precipitação são elevados, uma vez que o mesmo fica localizado próximo a um dos núcleos de precipitação abundante na Amazônia. Os valores da média de máximos e mínimos de precipitação apresentam variações moderadas ao longo das décadas, o mesmo acontece com os valores de precipitação média. Assim como na variável temperatura, é necessário levar em consideração alguns importantes fatores como, localização geográfica, anomalias climáticas como El Niño, La Niña e o avanço do processo de urbanização juntamente com a mudança no padrão de uso do solo ao longo das décadas. Todos esses fatores, sejam de ordem natural ou antrópica podem influenciar na dinâmica climática em escala local e regional.

A figura 03 representa os valores de precipitação separados por décadas com análise das médias de máximos, mínimos e precipitação média.

Figura 03 - Gráfico de precipitação máxima, mínima e média dos anos de 1961-2019 separados por década.



Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos (2020).
Fonte: INMET (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3.3 Climograma e análise de tendência

O climograma de São Gabriel da Cachoeira apresenta um comportamento climático com elevados índices de precipitação, o que caracteriza uma longa estação chuvosa. Com base na análise da figura 04, é possível identificar os meses de dezembro a julho como a estação chuvosa de São Gabriel da Cachoeira. O acumulado em relação aos meses médios da estação chuvosa é de 2.212 mm. Quando analisamos o acumulado dos meses médios da estação seca, encontramos o valor de 766 mm. Com base na análise dos dados de temperatura do climograma é possível observar que os meses de agosto a novembro apresentam os maiores registros de temperatura com média de 26 °C. Já os meses de dezembro a julho apresentam valores menores com média de 25,5 °C.

Os valores que correspondem a ocorrência de chuva são superiores quando comparados com outros setores da bacia amazônica. Parte disso se deve ao fato de que São Gabriel da Cachoeira fica localizado próximo a um dos três núcleos de precipitação abundante. No caso, esse núcleo está localizado no noroeste da Amazônia com chuvas acima de 3.000 mm/ano. Segundo Marengo e Nobre, 2009 o alto índice pluviométrico existente no noroeste da Amazônia é proveniente da condensação de ar úmido transportado pelos ventos de leste da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, que passam por elevação nos andes. A chuva nessa região também pode ter sua dinâmica explicada pela resposta a flutuação dinâmica do centro quase permanente de convecção nessa região, durante os meses de abril a junho.

Durante o recorte temporal (1961-2019) analisado no estudo foram observadas pequenas variações em relação a precipitação e temperatura. A figura 04 representa o climograma do município de São Gabriel da Cachoeira, localizado no estado do Amazonas.

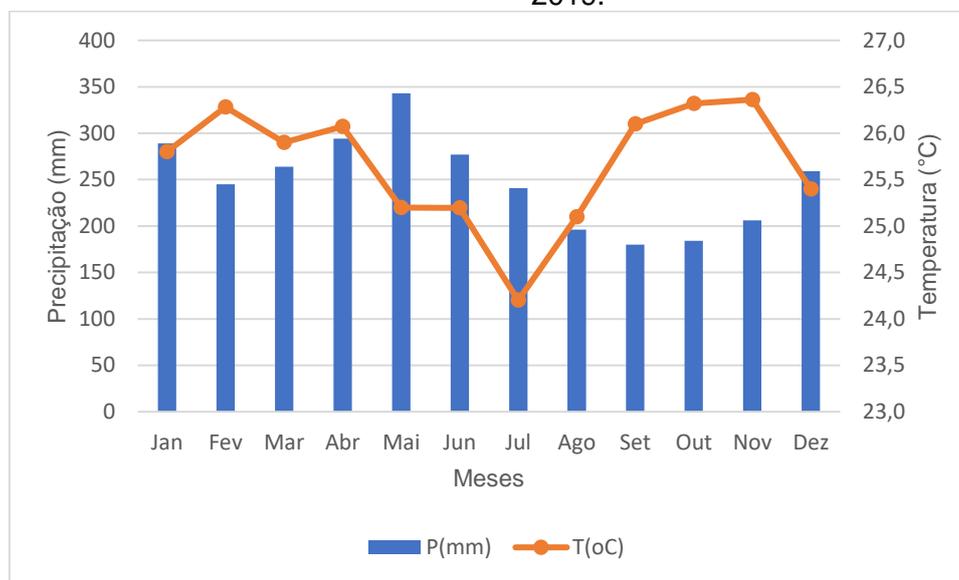


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04 - Climograma do município de São Gabriel da Cachoeira no período de 1961-2019.



Elaboração: Thiago Oliveira dos Santos (2020).
Fonte: INMET (2020).

Ao analisar o comportamento dos dados de temperatura é possível identificar uma leve oscilação em relação ao crescimento entre as décadas analisadas. O objetivo de separar os valores por década tem como base a facilitação para leitura, interpretação e identificação de um possível acréscimo entre as décadas em relação aos níveis de temperatura. Com base na análise das décadas de 1961-1970 e 1971-1980 é possível notar um relativo aumento na temperatura de 0,9%. Comparando-se as décadas seguintes, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 e 2001-2010, essa taxa apresentou contínuo crescimento médio com 3,2%, 1,1% e 1,6%, respectivamente. Analisando o último período no estudo, 2011-2019, é possível observar um decréscimo de -0,7% em relação a década anterior. Entretanto, comparando-se a média decadal de temperatura do ar de 1961-1970 e 2011-2019, foi possível observar um aumento significativo de 6%. O quadro 03, a seguir, representa os valores relativos à taxa de crescimento da temperatura média decadal na área de estudo.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Quadro 03 - Valores da taxa de crescimento de temperatura no município de São Gabriel da Cachoeira (1961-2019).

Décadas	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2019
Total °C	24,7	24,9	25,7	26,0	26,4	26,2
Taxa de crescimento (%)		0,9%	3,2%	1,1%	1,6%	-0,7%

Elaboração: Valdir Soares de Andrade Filho (2020)

Fonte: INMET (2020).

A figura 05 representa a tendência de temperatura média decadal do município de São Gabriel da Cachoeira, assim como, no quadro sobre a taxa de crescimento, é possível identificar uma variação em relação ao aumento da temperatura, porém é possível identificar a elevação da temperatura a partir da década de 1970 se mantendo até pelo menos metade dos anos 2000.

É importante ressaltar que as médias anuais mostram temperaturas bastante elevadas na região central e equatorial. As médias costumam ultrapassar os 26-28 °C e a amplitude térmica não pode ser considerada ampla, uma vez que, fica na faixa de 1-2 °C (FISCH et al., 1998). Diante deste cenário é possível observar que as médias encontradas na análise feita no estudo não são significativamente distantes do padrão de temperatura da região amazônica. Porém, vale a observação de uma leve elevação nos níveis de temperatura em São Gabriel da Cachoeira.

Algumas análises realizadas com séries de tempo indicam que os anos 1940 e 1960 foram mais quentes que a média normal para toda Amazônia. Análises com dados de estações meteorológicas na região amazônica, identificaram um ligeiro aquecimento na região amazônica que atingiu (+0,63 °C) /100 anos. Em termos comparativos, estudos utilizando dados de temperatura do ar em ponto de grade da Climatic Research Unit – CRU verificou o valor de (+0,85 °C) /100 anos (VICTORIA et al., 1998; MARENGO, 2003). É preciso ressaltar que as diferentes fontes de obtenção de dados podem ajudar a explicar os diferentes resultados obtidos.

O R^2 encontrado foi de 0,9461 o que indica que o modelo tem uma boa representação em relação ao conjunto de dados representados no gráfico de temperatura média decadal. O valor de R^2 é importante para verificar a variância do conjunto de dados e quanto mais próximo de (1) for o R^2 , melhor é a representação (FONSECA e MARTINS, 2011). A figura 05



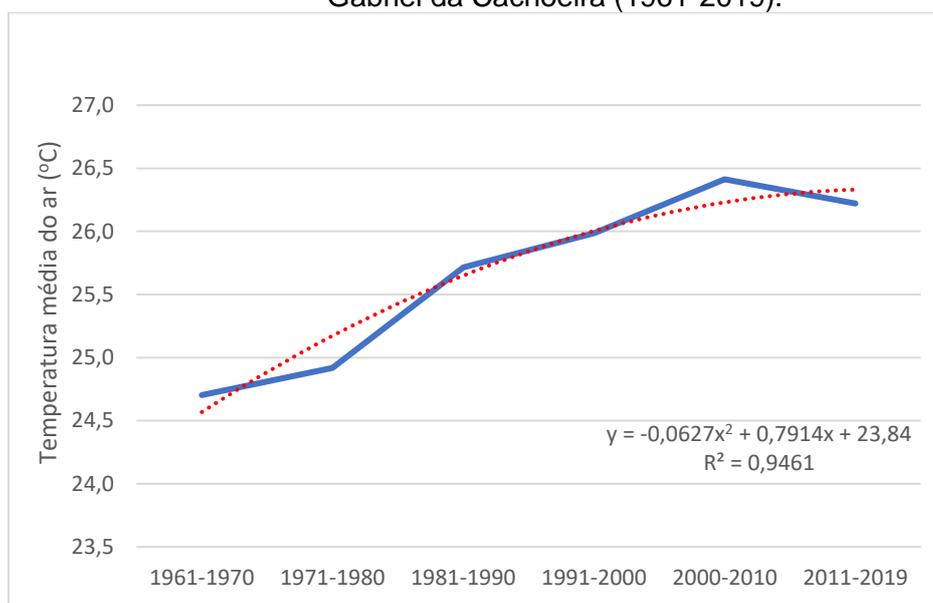
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

representa a análise de tendência de temperatura média decadal do município de São Gabriel da Cachoeira no estado do Amazonas.

Figura 05 – Análise de tendência de temperatura média decadal no município de São Gabriel da Cachoeira (1961-2019).



Elaboração: Valdir Soares de Andrade Filho (2020).

Fonte: INMET (2020).

Analisando os valores relacionados a precipitação com base no quadro 04, é possível identificar um leve crescimento em relação aos índices pluviométricos. Nas décadas de 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 e 1991-2000, o crescimento é de 2%. O cenário sofre modificações quando analisamos o período de 2001-2010 onde o mesmo apresenta decréscimo de -1%. Os índices voltam a apresentar crescimento a partir da década de 2011-2019 com 5%. Entretanto, comparando-se a média decadal de precipitação de 1961-1970 e 2011-2019, foi possível observar um aumento significativo de 9,8%. O quadro 04, a seguir, representa os valores relativos à taxa de crescimento da precipitação média decadal na área de estudo.



Quadro 04 – Valores da taxa de crescimento de precipitação (1961-2019) no município de São Gabriel da Cachoeira.

Décadas	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2019
Total (mm)	2858	2905	2968	3022	2978	3139
Taxa de crescimento (%)		2%	2%	2%	-1%	5%

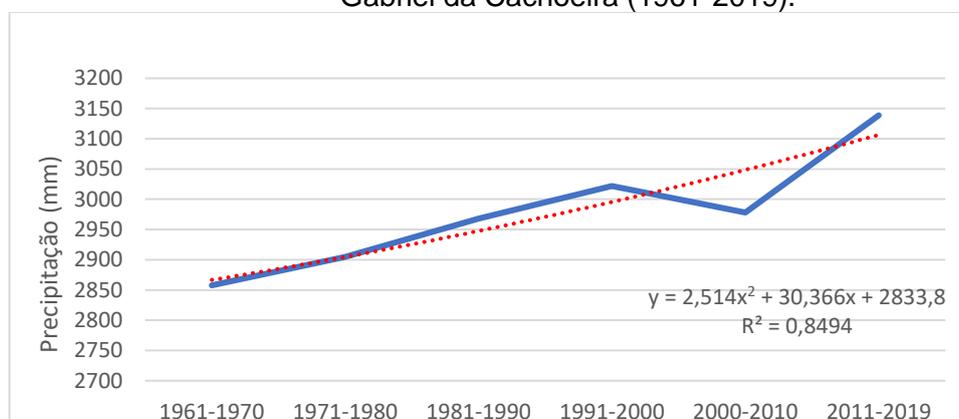
Elaboração: Valdir Soares de Andrade Filho (2020).

Fonte: INMET (2020).

O mesmo comportamento pode ser visualizado na figura 06, onde podemos comparar com o quadro 04 e observar o padrão de crescimento dos índices pluviométricos entre as décadas analisadas. O R^2 relacionado a precipitação foi de 0,8494 o que indica que o modelo tem uma boa representação do conjunto de dados representados no gráfico de precipitação média decadal do município de São Gabriel da Cachoeira.

O valor do R^2 encontrado no gráfico de precipitação média, é inferior ao da temperatura quando comparados. Mesmo com essa diferença, o R^2 relacionado a precipitação ainda apresenta um valor próximo a 1, o que indica uma boa representação dos dados e sua variância. Nesse caso é preciso levar em consideração a diferença existente entre os dados de precipitação e temperatura, assim como as lacunas existentes em alguns meses dos anos analisados no estudo. A figura 06 representa a análise de tendência de precipitação média decadal no município de São Gabriel da Cachoeira.

Figura 06 – Análise de tendência de precipitação média decadal no município de São Gabriel da Cachoeira (1961-2019).



Elaboração: Valdir Soares de Andrade Filho (2020).

Fonte: INMET (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

Os resultados obtidos com base na análise dos dados disponíveis na plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, indicam um ligeiro acréscimo na temperatura e na precipitação. O que indica condições mais quentes e também chuvosas. Comparando a média decadal de temperatura do ar de 1961-1970 e 2011-2019, a temperatura apresentou um crescimento de 6%, o que pode ser associado ao avanço do processo de urbanização e a mudanças no padrão de uso do solo.

Ao analisar o comportamento da média decadal de precipitação 1961-1970 e 2011-2019 é possível identificar um aumento de 9,8%. É necessário considerar que durante o período analisado no estudo (1961-2019) ocorreram eventos anômalos como El Niño e La Niña. O município de São Gabriel da Cachoeira fica localizado dentro do núcleo de precipitação abundante localizado no noroeste da Amazônia, condição que ajuda a explicar o elevado índice de precipitação identificado no estudo. Por fim, a metodologia proposta no estudo fornece resultados satisfatórios apesar da ausência de dados em alguns meses dos anos analisados, o que pode acabar influenciando nos resultados. Logo podemos concluir que estudos mais detalhados, utilizando uma série temporal livre de lacunas, devem ser realizados para uma possível confirmação das modificações dos índices analisados no estudo.

5. Referências

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 13ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BETTS, R.A.; COX, P.M.; LEE, S.E.; WOODWARD, F.I. “Contrasting physiological and structural vegetation feedbacks in climate change simulations”. **Nature**, 387, 796-799.1997.

BETTS, R.A.; COX, P.M.; LEE, S.E.; WOODWARD, F.I. “Simulated responses of potential vegetation to doubled-CO2 climate change and feedbacks on near-surface temperature”. **Global Ecology and Biogeography**, 9, 171-180. 2000.

CHASE, T.N.; PIELKE, R.A.; KITTEL, T.G.F.; NEMANI, R.R.; RUNNING, S.W. “Simulated Impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter”. **Clim. Dyn.**, 16, 93-106.2000.

CPRM, Serviço **Geológico do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas**. Manaus, Programa de Geologia do Brasil, 2010.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazônica**, V.28, p.101-126, 1998.

FONSECA, J.S.; MARTINS, G.A. **Curso de estatística**. São Paulo. Editora Atlas S.A. 6° Ed, 2011.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 01 out. 2020.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA, J.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G. S.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M.; BROWN, F. I. The drought of Amazônia in 2005. **Journal of Climate**. v. 21, p. 495-516, 2008.

MARENGO, J.A. As condições climáticas e recursos hídricos no norte do Brasil. In: **Clima e Recursos Hídricos 9**. Porto Alegre, Brasil: **Associação Brasileira de Recursos Hídricos/FBMC-ANA**. P. 117-156, 2003.

MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Clima da região amazônica. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; JUSTI DA SILVA, M.G.A.; SILVA DIAS, M.A.F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009.

MARENGO, J.A.; SILVA DIAS, M. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA Jr., B.; TUNDISI, J.G. (Eds). **Águas Doces no Brasil – Capital ecológico, usos múltiplos, exploração racional e conservação**. 3.ed. São Paulo: IEA/USP, P. 63-109, 2006.

NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. “Amazonian deforestation and regional climate change”. **J. Clim.**, 4, 957-988.1991.

NOBRE, P.; CHOU, S.C.; MAIA, A.; FREITAS, E.; SAMPAIO, G.; IRACEMA, F.A.C.; CEBALLOS, J.; GAN, M.A.; COSTA, M.H.; BOTTINO, M.J.; CAMARGO, R.; FIGUEROA, S.N.; SOARES, W. **Avaliação de modelos globais e regionais climáticos**. V. 1, p. 280-304, 2014.

SALATI, E. “Mudanças climáticas e o ciclo hidrológico na Amazônia”. Em: Causas e dinâmica do desmatamento na Amazônia. **Ministério do Meio Ambiente**, 2001, p.153-172.2001.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. UFV, 2006.

VICTORIA, R.; MARTINELLI, L.; MORAES, J.; BALLESTER, M.V.; KRUSHCHE, A.; PELLEGRINO, G. et al. Surface air temperature variations in the Amazon region and its border during this century. **Journal of Climate**, v.11, n. 5, p. 1105-1110, 1998.

ZHAO, M.; PITMAN, A.J.; CHASE, T. “The impact of land cover change on the atmospheric circulation”. **Clim. Dyn.**, 17, 467-477.2001.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

AValiação dos Nevoeiros no Cânion Itaimbezinho, na Bacia Hidrográfica do Rio do Boi- RS/SC

JAKELINE BARATTO¹
EMERSON GALVANI²
CÁSSIO ARTHUR WOLLMANN³

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo quantificar a coleta de água dos nevoeiros no período de inverno na bacia hidrográfica do Rio do Boi. A coleta de água dos nevoeiros foi realizada pelo coletor de nevoeiro (SFC) instalado no Parque Nacional de Aparados da Serra. O período de coleta correspondeu os meses de inverno (junho, julho e agosto) com registros totais horários. Juntamente com o coletor foi instalada uma estação meteorológica automática (EMA) para a medição dos dados meteorológicos. A seleção dos registros de precipitação oculta ocorreu em função dos registros de precipitação pluvial. Assim, os horários em que somente o coletor registrou foi considerado como sendo precipitação oculta. Os resultados mostraram que 30% (212,5mm) da precipitação total da bacia hidrográfica correspondeu à precipitação oculta. Os meses de junho e agosto foram os que mais contribuíram para esse somatório. Os maiores volumes ocorreram no período de resfriamento do ar. Dessa forma, a temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho associadas à velocidade do vento contribuíram para a captura de água dos nevoeiros. Diante dos resultados apresentados, observou-se que a precipitação oculta pode ter um papel fundamental para a entrada de água no sistema solo-planta da região de estudo e contribuir para a manutenção do ecossistema local.

Palavras-chave: Neblina; Coletor de nevoeiro; Precipitação oculta.

ABSTRACT

This paper concerns in to quantify the collect water fog in Rio do Boi watershed, in the winter period.the collect water fog has realized through fog collector (SFC) instaled in the Aparados da Serra National Park. hourly data were collected during the winter months (June, July, and August). automatic weather station (AMS) was installed at the same time that the collector for measuring the meteorological data. He selection of the hourly ocuult precipitation events occurred when only the fog collector had registration. Results showed that 30% (212.5mm) of the total precipitation in the watershed corresponded to the occult precipitation. The months of June and August contributed the most to this sum. The highest volumes occurred in the air cooling period. Air temperature and dew point temperature correlated with the wind speed contributed to capturing water from the fogs. therefore, occult precipitation can be essential the water input to the soil-plant system in the study region and thus contributes to the maintenance of the local ecosystem.

¹ Doutoranda, Universidade Federal de Santa Maria, jakelinebarattogeo@gmail.com

² Professor Doutor, Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo, egalvani@usp.br

³ Pós-doutor, Universidade Federal de Santa Maria, cassio_geo@yahoo.com.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Fog; Fog collector; Occult precipitation.

1. Introdução

A precipitação oculta é um fenômeno natural que ocorre na superfície terrestre e é decorrente da formação do nevoeiro (FIGUEIRA, 2009). O estudo sobre a ocorrência de precipitação oculta é difundido em todo o mundo, em regiões onde os nevoeiros são recorrentes como na costa Chilena (CERECEDA; SCHEMENAUER, 1991; CERECEDA et al., 2002, CERECEDA, 2014; MONTECINOS, CERECEDA; RIVERA, 2018), na Ilha da Madeira, em Portugal (PRADA; SILVA; 2001), na região de Valência, na Espanha (ESTRELA et al., 2007), nas Ilhas Canárias (CORELL et al. 2014; RITTER; REGALADO; GUERRA, 2015) e na Serra do Mar, no Brasil (ARCOVA; 2013).

A contribuição da água no solo por meio da precipitação oculta em muitas regiões é a única fonte de água em algumas épocas do ano, conforme aponta Soto (2000). Uma das principais contribuições da água dos nevoeiros é como fonte de água e nutrientes para as plantas (SCHEMENAUER; CERECEDA, 1994; SPINK; PARSON, 1990 e NYAGA; NEFF; CRAMER, 2015). A condensação do vapor d'água nas copas das árvores é um desses serviços, pois contribui positivamente para o balanço hídrico local (MCJANNET; WALLACE, 2006; Mager, et. al., 2016). A água captada dos nevoeiros tem diversas aplicações para fins agrícolas (CROFT, 2003) como na irrigação de hortas de subsistência e fruticultura (BALODÓN, 2003). Além disso, a água dos nevoeiros proporciona o abastecimento de água potável às famílias, populações pequenas, favorecimento de água potável para baixo custo, também é uma contribuição importante dos nevoeiros (BALODÓN op. cit.).

A coleta de água dos nevoeiros pode variar dependendo das condições locais na formação de nevoeiro. Nesse sentido, Arcova (2013) aponta que as formações dos nevoeiros ocorrem em áreas com maior altitude, localizadas próximas à costa que sofre a influência de massas de ar úmidas provenientes dos oceanos. Cereceda e Schemenauer (1991) encontrou essas características no Chile. Para os autores a geomorfologia costeira desempenha um papel importante na interceptação das constantes nuvens stratocumulus que se formam sobre o Oceano Pacífico. Dessa forma, o relevo atua como uma parede intransponível de vertente abrupta que obriga a massa de ar úmida ascender, processo que adensa o nevoeiro.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Além das condições locais, a coleta de precipitação oculta pelo coletor de nevoeiro padrão SFC (*standard fog collector*), desenvolvido por Schemenauer e Cerceda (1994), depende das características do nevoeiro e também das condições meteorológicas em cada evento. Cáceres et al. (2007), Hiatt et al. (2012) e Montecinos, Cerceda e Rivera (2018) mencionam que a coleta de água é influenciada por outros atributos climáticos como a velocidade e direção do vento, e umidade relativa e ou depressão do ponto de orvalho, que é a diferença entre a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho (MONTECINOS; CERECEDA; RIVERA, 2018). Apesar dos atributos climáticos estarem relacionados aos registros de nevoeiros e precipitação oculta, Hiatt et al. (2012) colocam que poucos estudos se baseiam na ocorrência de névoa e as condições meteorológicas existentes.

Tanto as condições de velocidade e direção do vento, quanto as características de temperatura e umidade relativa do ar ocorrem devido ao tipo de sistema atmosférico atuante no local. As características dessas massas também vão influenciar nas formações dos nevoeiros. Para Louw, Heerden e Olivier (1998) a frequência de ocorrência dos nevoeiros depende de fatores regionais, como a distribuição dos centros de altas e baixas pressões. Diante disso, outros autores como Croft (2003), Cáceres et al. (2007) e Lupikasza, Niedzwiedz (2016) afirmam que a circulação atmosférica é responsável pelas características dos nevoeiros, influenciando na extensão, intensidade e duração dos mesmos.

No Brasil, apesar de grande ocorrência dos nevoeiros (SERRA, 1978) são poucos estudados para fins de contribuição da água ao solo (ARCOVA, 2013). Assim, as pesquisas ganham destaques no setor aéreas e de navegação (SANTOS, 2004; BERGER; KRUSCHE, 2006; GOMES; KRUSCHE; ROCHA, 2011) dada a sua importância para a operação de aeronaves. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi quantificar a coleta de água dos nevoeiros no período de inverno para a bacia hidrográfica do Rio do Boi, localizado entre os estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina utilizando coletor de nevoeiro padrão.

2. Metodologia

A bacia hidrográfica do Rio do Boi está localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, na divisa com o estado de Santa Catarina. A área total da bacia hidrográfica é de aproximadamente 73,1km², no entanto para esta pesquisa, utilizou-se a porção da bacia hidrográfica que abrange o cânion Itaimbezinho, que também está inserida



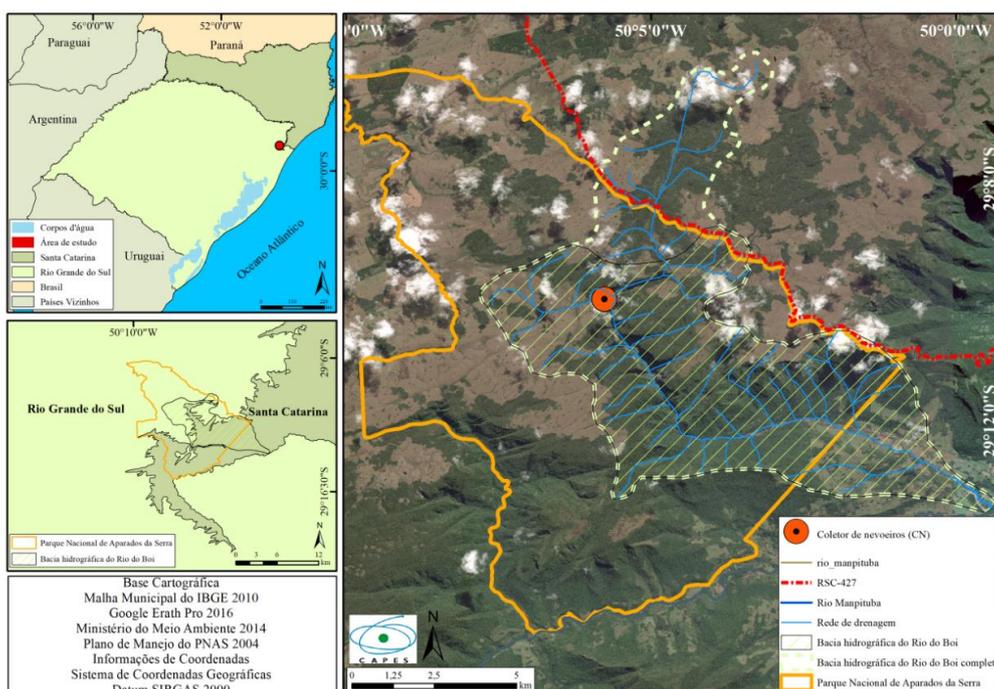
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

no Parque Nacional de Aparados da Serra (PNAS), área que foi monitorada pelos equipamentos. Esse setor da bacia hidrográfica tem área de 57,3 km² foi delimitada a partir de imagens do *Google Earth* 2018, juntamente com os *shapefiles* da rede de drenagem.

Figura 01 – Localização da bacia hidrográfica do Rio do Boi e do coletor de neveiro.



Fonte: Autora (2021).

O clima da região de estudo, segundo a classificação de Köppen, refeita por Alvares et al. (2013) e Beck et al. (2018) está na transição entre os climas subtropical Cfa e Cfb. O primeiro tipo climático está presente nas áreas de menor altitude, nos vales. Entretanto, o segundo tem atuação na área de maior altitude, sendo áreas do topo do planalto. Uma característica marcante da região e destacada pelo plano de manejo do Parque Nacional de Aparados da Serra, é a presença de neveiro. Conforme relatado no plano de manejo, na vertente Leste da região dos Aparados da Serra ocorre a formação de neveiros. O qual ocorre principalmente no período noturno e no inverno (MMA/IBAMA, 2004).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para a coleta de água dos nevoeiros foi utilizado o coletor de nevoeiro modelo SFC¹ construído por Arcova (2013), conforme trabalhos de Schemenauer e Cereceda (1994). O coletor plano foi construído a partir de uma estrutura de ferro com área de captação de nevoeiro de 1 m². Para a medição da água capturada pelo coletor foi acoplado um pluviômetro de basculamento, modelo TR525-mm, marca *Texas Instruments* (Gobo, 2017), que estava ligado à estação meteorológica automática móvel (EMA). Este equipamento tem capacidade de armazenamento de 0,1 mm de chuva, auxiliando na precisão dos registros de nevoeiros. Essa também é uma recomendação de Cereceda (2014), pois possibilita o monitoramento contínuo da água capturada. Como o pluviômetro registra a precipitação em mm e a área de captação foi de 1m², a quantidade de água coletada pelo coletor é equivalente ao volume de l/m² (VAREJÃO- SILVA, 2006; MOLINA; ESCOBAR, 2008). No entanto, apesar de muitas pesquisas expressarem a quantidade de água em litros/m², nesta utilizou-se a unidade de medida em milímetros (mm).

Figura 02 - Coletor de nevoeiro (CN) e a estação meteorológica automática (EMA) instalados na bacia hidrográfica do Rio do Boi.



Fonte: Autora (2021).

¹ Pertencem ao Instituto Florestal de São Paulo.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Juntamente com o coletor de nevoeiro foi instalado a estação meteorológica automática modelo Campbell CR 1000, entre as coordenadas UTM de 587837,17 mE e 677228,26 mS, fuso 22 e a uma altitude de 930 m. A EMA pertence ao Laboratório de Climatologia e Biogeografia da Universidade de São Paulo. A EMA continha os seguintes sensores: *Datalogger*, pluviômetro de báscula, sensor de radiação global, sensor de temperatura e umidade do ar, sensor de velocidade e direção do vento (GOBO, 2018).

Após a coleta em trabalhos campo, os dados registrados nos coletores de nevoeiros e os dados registrados no pluviômetro eletrônico convencional da marca *Squitter*, modelo S1610, capacidade de 0,25 mm de chuva (MILANESI, 2017), foram armazenados em planilhas eletrônicas para as futuras etapas de seleção dos eventos de precipitação oculta e análise dos dados. Os dados foram organizados em totais horários para facilitar a seleção dos eventos de precipitação oculta. Alguns pesquisadores apontam a dificuldade de separação dos dados de precipitação oculta e da chuva (FRUMAU; BRUIJNZEEL; TOBÓN, 2010; ARCOVA, 2013; MAGER et al., 2016). Diante disso, acaba não havendo uma padronização na seleção dos eventos de precipitação oculta, principalmente quando ocorre juntamente com eventos de chuva.

Para esta pesquisa utilizou-se como critério para separar os eventos de precipitação oculta dos de chuva, os horários em que apenas o coletor de nevoeiro teve registro. Utilizou-se esse critério tendo em vista que não foi utilizado nenhuma cobertura no coletor de nevoeiro para que o registro de precipitação oculta não fosse contaminado com chuva. Assim, a partir dos dados de precipitação pluvial, ou seja, tendo conhecimento dos eventos de precipitação pluvial, foram selecionados os eventos em que só se teve registro no coletor de nevoeiro. Critérios semelhantes foram utilizados por Mager et al., (2016) no estudo sobre a precipitação oculta em Otago (Nova Zelândia) e Montecinos, Cereceda e Rivera (2018) na região de Coquimbo, costa chilena.

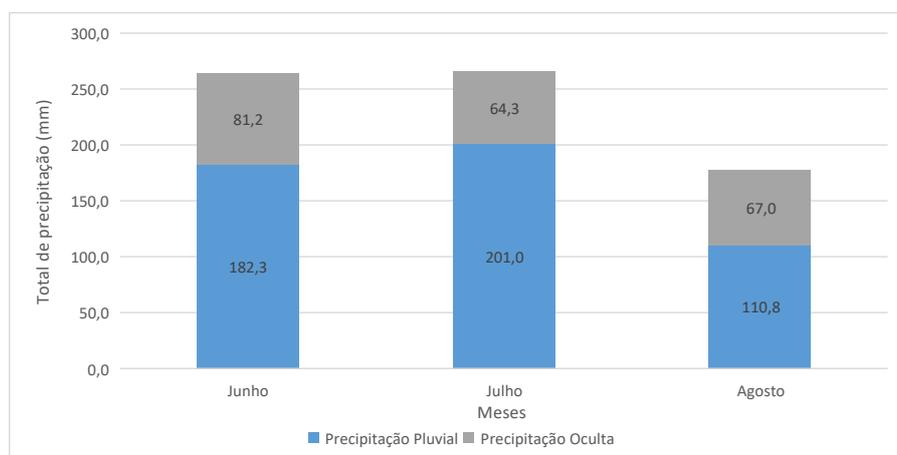
Com o intuito de associar os valores de precipitação oculta aos atributos climáticos utilizou-se a plotagem dos valores horários em gráficos de dispersão. Os valores horários dos atributos foram associados à ocorrência de precipitação oculta. A plotagem foi realizada para os valores entre a precipitação oculta e velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar e desvio entre a temperatura e TPO registrados na estação meteorológica automática instalada no PNAS.



3. Resultados e discussão

O período de inverno registrou um total de 494,0 mm de precipitação pluvial, enquanto que a precipitação oculta registrou 212,5mm. A média diária precipitada da chuva foi de 5,4mm/dia para o período de inverno, enquanto que a precipitação oculta registrou uma menor média, sendo de 2,3mm/dia. Assim, a precipitação total acumulada somou 706,5 mm. Para o período sazonal a precipitação oculta correspondeu 30% do total precipitado na bacia hidrográfica do Rio do Boi. No estudo de Mager et al. (2016), na região central de Otago (Nova Zelândia), a precipitação total registrada para o período de inverno foi de 84,4 mm, sendo que 90,9% foi referente a precipitação pluvial e o restante foi decorrente na precipitação oculta (7,4mm).

Figura 03 – Precipitação total registrada na Bacia hidrográfica do Rio do Boi.



Fonte: Autora (2021).

Na distribuição mensal observou-se que junho foi o mês com a maior quantidade de precipitação oculta, totalizando 81,2mm. Junto com a precipitação pluvial, somou 263 mm de precipitação. No entanto, julho foi o mês com o maior volume de precipitação pluvial, em contrapartida registrou a menor contribuição da precipitação oculta. Os meses de junho e julho tiveram, no seu somatório de precipitação (precipitação oculta e pluvial), os maiores volumes de precipitação do que a normal climatológica (1981 -1990) para a região, com base nos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

dados da estação meteorológica de Bom Jesus (RS)¹. Agosto registrou o menor volume mensal de precipitação pluvial do inverno (110,8mm). A precipitação oculta contribuiu com 67,0mm, juntas somaram 178,0 mm, porém o somatório foi abaixo da normal climatológica (206,3mm).

Em termos diários a precipitação oculta registrou uma média de 2,7 mm/dia para o mês de junho e 2,1mm/dia para os meses de julho e 2,2mm/dia para agosto. Entretanto, os meses de inverno obtiveram as maiores médias diárias de precipitação oculta, sendo de 6,1 mm/dia no mês de junho, 6,5mm/dia no mês de julho e 3,6mm/dia no mês de agora. Assim, o mês de agosto registrou a média diária de precipitação oculta mais próxima da precipitação pluvial. Levando em consideração a precipitação pluvial, o inverno do Rio Grande do Sul é marcado por uma distribuição bem homogênea das chuvas, devido à passagem dos sistemas frontais (NERY et al., 2002; BRITTO, 2004; SARTORI, 2003, 2016). A região de estudo também é marcada por ser uma das mais chuvosas do estado, em decorrência das passagens frontais associado a configuração do relevo (MONTEIRO, 2001), NERY et al., 2002; SARTORI, 2003, 2016). Assim, justifica-se o volume de precipitação pluvial ser mais elevado nos meses de junho e julho.

Considerando que o inverno é um período marcado pela precipitação pluvial, a precipitação oculta contribuiu entre 24% e 38% do total de precipitação da bacia hidrográfica do Rio do Boi. A menor contribuição em porcentagem foi no mês de julho e a maior foi ao mês de agosto, que por sua vez registrou a menor quantidade de precipitação pluvial, comparando com os demais meses. Nessa linha, verificou que algumas pesquisas também apontaram que os meses ou período de menor precipitação pluvial tiveram os maiores volumes de precipitação oculta como os resultados apresentados por Cárdenas, Tobón e Buytaert (2017), que estudaram a região dos Andes Colombianos (hemisfério norte). Assim, para a pesquisa dos autores, os meses mais secos (janeiro e fevereiro) tiveram a maior ocorrência de precipitação oculta. O que corrobora com os resultados de Nyaga, Neff e Cramer (2015) para a costa oeste da África do Sul. Em que no período de verão, meses mais secos, a ocorrência

¹ Estação meteorológica convencional de Bom Jesus (Código 83919) está localizada a 66 km de distância do PNAS, entre as coordenadas UTM de 554716,77 mE e 6828446,37 mS, Fuso 22 e a 1048 metros de altitude.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

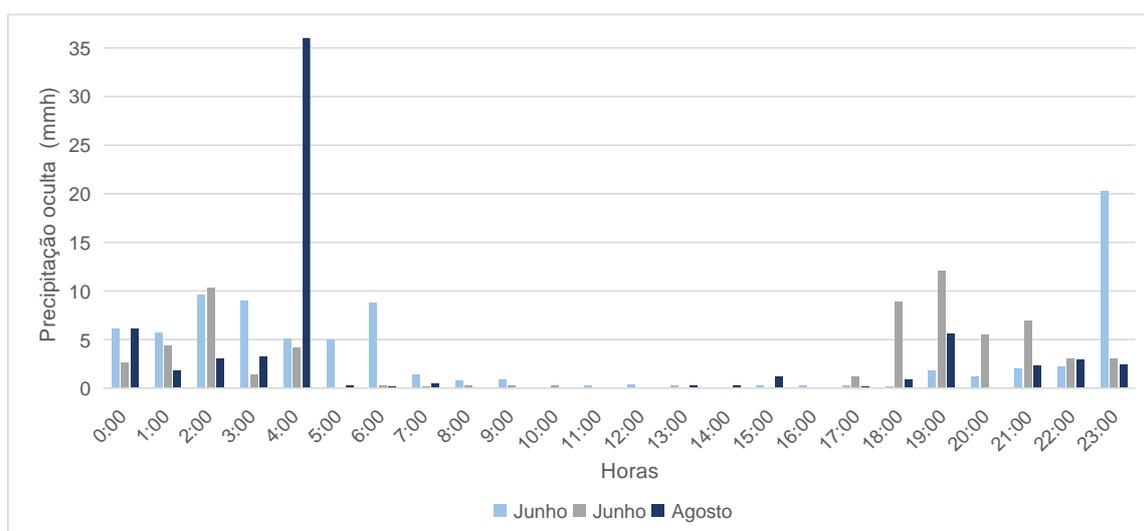
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

dos nevoeiros foi maior e se torna uma importante fonte de nutrientes para as plantas para a região.

No entanto, para Cereceda et al. (2002) na região de Tarapacá, no Chile, para todos os locais analisados, o inverno e a primavera são os mais produtivos para a coleta de água de neblina, que correspondem aos meses de julho a setembro. Porém, o verão e o outono incluem como os meses com os menores rendimentos. O estudo de Cereceda et al. (2002) corrobora com a pesquisa de Corell et al. (2014), que para a região sudeste da Península Ibérica, o inverno e o outono (estação chuvosa) tiveram as maiores taxas de precipitação oculta, enquanto que no verão e na primavera (estação seca) as menores.

Em relação a distribuição horária da precipitação oculta, observou-se que a maior quantidade de precipitação oculta ocorreu entre as 18h00min até as 06h00min, que corresponde ao período noturno ou de resfriamento do ar. Estes resultados corroboram com o apresentado por Cáceres et al. (2017), no Deserto do Atacama no Chile (latitude 24°S) e por Cárdenas, Tobón e Buytaert (2017), na região de Páramos no Andes Colombiano. Ambas as pesquisas apontaram que a coleta máxima da água dos nevoeiros ocorre no período da manhã e próximo ao por do sol.

Figura 04 – Distribuição horária do total de precipitação oculta registrado na Bacia hidrográfica do Rio do Boi nos meses de inverno.





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

No período de aquecimento do ar a quantidade de água coletada dos nevoeiros foi menor, sendo inferior a 0,5mm/h no mês de junho, em julho praticamente não se teve registro nesse período e em agosto o máximo foi de 1,2mm/h as 15h00min. Esses registros de precipitação oculta no período de aquecimento do ar podem estar relacionados com as passagens frontais, conforme apontam Mager et al. (2016), ou aos nevoeiros orográficos segundo Estrela et al., 2008; Corell et al., 2014. Para a área de estudo, as passagens frontais são bem recorrentes, principalmente no período de inverno (NERY et al., 2002; BRITTO, 2004; SARTORI, 2003, 2016) e assim podem corroborar para esses registros de precipitação oculta no período diurno, bem como apontou Mager et al. (2016).

Em relação aos nevoeiros orográficos, devido a altitude (930m) e a proximidade com o oceano também podem estar associados a esses registros de precipitação oculta. Desse sentido, Estrela et al. (2008) mencionam que as flutuações diárias na frequência horária da precipitação oculta podem ser devido ao desenvolvimento e dissipação de nevoeiro orográfico, uma vez que estão associadas com as alterações diárias na temperatura do ar. Quando ocorre a diminuição da temperatura, o vapor de água contido no ar ascendente pode condensar e produzir névoa. O que também foi confirmado por Corell et al. (2014), no sudeste da Península Ibérica. Os autores identificaram que período diurno, nas horas de maior insolação, a ocorrência de precipitação oculta foi menor em decorrência dos nevoeiros orográficos, cujo o desenvolvimento e a dissipação estão associados às flutuações de temperatura do ar.

Tendo em vista que a temperatura do ar é importante para a formação do nevoeiro buscou-se associar cada evento (horário) de precipitação oculta as características meteorológicas do local, associando além da temperatura do ar, a temperatura do ponto de orvalho, desvio entre essas duas temperaturas, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento.

Em relação a temperatura do ar também não se observou um padrão na ocorrência de precipitação oculta. Assim, a temperatura do ar nos registros de precipitação oculta foram de 0°C até 20°C. No entanto, observou uma tendência do aumento no número de registro nas temperaturas de 5,0°C e 15,0°C. O estudo de Cerededa et al. (2002) mostrou que na ocorrência de precipitação oculta a temperatura do ar oscilou de 2°C até 12°C para a região mais afastada da costa e entre 8°C e 18°C para a costa. A pesquisa de Ritter, Regalado e



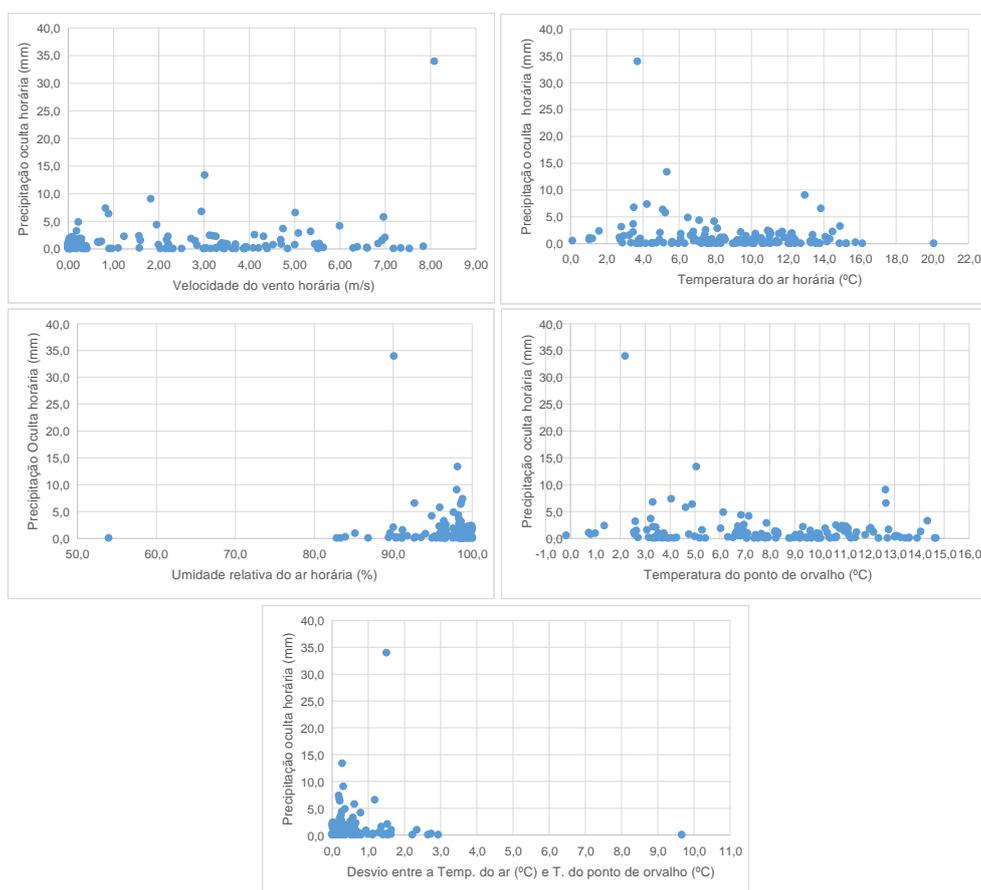
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Guerra (2015) apontou que os valores foram de 7,5°C e 12,5°C para a altitude de 1015m, chegando até 0°C para a altitude de 1747m. De maneira geral, observa-se que os valores estão bem aproximados, levando em consideração a proximidade com o oceano do estudo de Cereceda et al. (2002) e da altitude da pesquisa de Ritter, Regalado e Guerra (2015).

Figura 03 – Relação entre a precipitação oculta e os atributos climáticos de velocidade do vento (A), temperatura do ar (B), umidade relativa do ar (C), temperatura do ponto de orvalho (TPO) (D) e desvio entre a temperatura do ar e temperatura do ponto de orvalho (E) para os meses referentes ao inverno.



Fonte: Autora (2021).

Para a temperatura do ponto de orvalho, os registros de precipitação oculta ocorreram entre -0,2°C até 14,7°C. Assim, os valores foram equivalentes, pois o desvio entre as duas temperaturas tiveram uma maior concentração em até 2,0°C. No estudo de Montecinos,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Cereceda e Rivera (2018), os resultados mostraram valores de até 8,0°C de desvio entre a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho, nos eventos de precipitação oculta. Os autores relatam que essa diferença de 8°C pode ser em razão da coleta de água pelo coletor não ser simultâneo com a presença de nevoeiro. Diante disso, para a bacia hidrográfica do Rio do Boi também se verificou a presença de *outlier*, como o desvio de 9,5°C, aproximadamente, que pode estar relacionado ao ponto apresentado por Montecinos, Cereceda e Rivera (2018).

Em relação a umidade relativa do ar, observou-se que o maior número de registro ocorreu entre a partir dos 90%, chegando aos máximos registros mais próximo dos 100%. Dessa forma, corrobora com Croft (2003), quando ele aponta que não necessariamente a umidade relativa do ar precisa estar em 100% para que ocorra a condensação do nevoeiro. Ainda o autor ressalta que estando entre 80 e 90% já pode ocorrer a condensação. No estudo de Montecinos, Cereceda e Rivera (2018), para a costa chilena de na região de Coquimbo, também foi verificada que a coleta de água dos nevoeiros estava ligada aos maiores valores de umidade relativa do ar. Assim, observou-se que a ocorrência de nevoeiro aumentou a umidade local até o ponto de saturação do ar.

A velocidade do vento nos eventos de precipitação oculta variou de 0,0m/s até 8,0m/s na bacia hidrográfica do Rio do Boi. A velocidade do vento é apontada pela maioria dos autores consultados como um dos responsáveis pela coleta de água dos nevoeiros em coletores passivos, como o que se utilizou nesta pesquisa (ESTRELA et al. 2007; CERECEDA, 2014; RITTER; REGALADO; GUERRA, 2015). No entanto, levando em consideração os dados horários de velocidade do vento, observou-se que houve uma maior variação nos registros. Algumas pesquisas apontaram que o máximo de água coletada foi próximo dos 8,0m/s de velocidade do vento (HIATT; FERNANDEZ; POTTER, 2012; RITTER; REGALADO; GUERRA, 2015; MONTECINO, CERECEDA; RIVERA, 2018), essa relação também foi observada para a bacia hidrográfica do Rio do Boi, em que o evento de maior precipitação oculta (35,0 mm) registrou a maior velocidade horária do vento (8,0m/s).

Alguns outros eventos de precipitação oculta que ocorreram com velocidade baixa do vento, ou os desvios entre as temperaturas muito grande, ou umidade relativa do ar mais baixa podem estar associados ao registro não simultâneo entre esses eventos e os registros das variáveis meteorológicas. Isso ocorre devido ao tempo de drenagem da água pelo coletor



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

até o registro nos pluviômetros. No entanto, esses registros foram de baixa frequência para a área de estudo

4. Considerações finais

A precipitação oculta representou 30% do total de precipitação da bacia hidrográfica do Rio do Boi, para os meses de inverno. Levando em consideração o que é esperado para a região de estudo, a precipitação oculta contribuiu positivamente para aumentar a entrada de água da bacia hidrográfica, somando 212,5mm nos três meses, com maior participação nos meses de junho e agosto.

Os maiores volumes horários de precipitação oculta ocorreram no período de resfriamento do ar, o que confirma como sendo o período de maior ocorrência de nevoeiros. No período diurno, os totais de precipitação oculta foram reduzidos e podem estar associados aos nevoeiros frontais e orográficos. Essa maior coleta de água dos nevoeiros no período noturno também é confirmada pelos desvios horários entre a temperatura do ar e a temperatura do ponto de orvalho, que predominaram próximo dos 0,5°C. Assim, a temperatura do ar diminuiu até ao ponto de condensação do ar para a formação dos nevoeiros e posterior coleta. A velocidade do vento também foi uma importante variável que contribuiu para a captura da água dos nevoeiros no período de inverno.

Diante disso, observou-se que a bacia hidrográfica do Rio do Boi, bem como toda a região dos Aparados da Serra, tem grande potencial para a coleta de água dos nevoeiros. Assim, essa água precipitada, não registrada por pluviômetros convencionais, pode contribuir significativamente para o aumento do total de precipitação registrada. Além disso, tem um papel fundamental na entrada de nutrientes para o solo e plantas como também para manutenção dos ecossistemas locais.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/Brasil – Nº Processo: 88881.068465/2014/01 nº 071/2013 CAPES/PROCAD. A primeira autora agradece ao apoio do programa de bolsa de Demanda Social (DS-CAPES). O terceiro autor agradece o apoio do CNPq por meio da concessão da bolsa de pesquisa e produtividade (PQ1D).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

6. Referências

ARCOVA, F. C. S. **Avaliação do potencial hidrológico dos nevoeiros e da precipitação oculta em ambiente de Floresta Ombrófila Densa Montana na Serra do Mar, Cunha, SP.** 2013 f.175. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BALADÓN, A. B. Captación de nieblas: fundamentos, experiencias y aplicaciones en el ámbito florestal. **Revista Montes**, nº 73 (3^{er} trimestre de 2003); p. 59-68.

BERGER, A.P., KRUSCHE, N. Nevoeiros de advecção em Rio Grande, RS, no período de 2001 a 2003, **Anais...** XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis, 2006.

CÁRDENAS MF, TOBÓN C, BUYTAERT W. Contribution of occult precipitation to the water balance of páramo ecosystems in the Colombian Andes. *Hydrological Processes*. 2017;31:4440–4449. <https://doi.org/10.1002/hyp.11374>.

CROFT, P.J. Fog. In: HOLTON, J.R., PYLE, J.A., CURRY, J.A. (Eds.), *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. Academic Press, London, pp. 777–792, 2003.

CERECEDA, Pilar; SCHEMENAUER, Robert S. The Occurrence of Fog in Chile. *Journal Of Applied Meteorology*, [S.L.], v. 30, n. 8, p. 1097-1105, ago. 1991. American Meteorological Society. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(1991\)0302.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1991)0302.0.co;2).

CERECEDA, P.; OSSES, P.; LARRAIN, H.; FARÍAS, M.; LAGOS, M.; PINTO, R.; SCHEMENAUER, R.S. Advective, orographic and radiation fog in the Tarapacá region, Chile. **Atmospheric Research**, [S.L.], v. 64, n. 1-4, p. 261-271, set. 2002. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0169-8095\(02\)00097-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0169-8095(02)00097-2).

CERECEDA, Pilar T. La Niebla: localización geográfica y recurso hídrico. In: CERECEDA, Pilar; HERNÁNDEZ, Pedro; LEIVA, Jorge; RIVERA, Juan de Dios. **Agua de Niebla**. Chile: Impresora La Discusión S. A., 2014. p. 1-132.

CORELL, D.; ESTRELA, M. J.; A VALIENTE, J.; BORCELÓ, S.; CAPEL, J.J. Captación de agua de niebla en determinados enclaves del Sudeste de La Península Ibérica. In: FERNÁNDEZ-MONTES, S.; RODRIGO, F.s. (org.). **Cambio Climático y Cambio Global**. 9. ed. Almería: Asociación Española de Climatología, 2014. Cap. 18. p. 162-173.

ESTRELA, M.J.; VELIENTE, J.A.; CORELL, D.; MILLÁN, M.M. Fog collection in the western Mediterranean basin (Valencia region, Spain). **Atmospheric Research**. Volume 87, p. 324 – 337, 2008.

FIGUEIRA, C. O. N. **Estudo da precipitação oculta nas florestas naturais do norte do Paul da Serra, Ilha da Madeira.** 2009, p. 109. Dissertação (Mestrado em Ecologia da Paisagem e Conservação da Natureza) Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto, 2009.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

FRUMAU, K. F. A; BRUIJNZEEL, L. A. S.; TOBÓN, C. Precipitation measurement and derivation of precipitation inclination in a windy mountainous area in northern Costa Rica. **Hydrological Processes**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 499-509, 27 dez. 2010. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.7860>.

GOBO, J.P.A. **Bioclimatologia subtropical e modelização do conforto humano**: da escala local à regional. 2018, p. 396. Tese (Doutorado em Geografia Física- Programa de Pós-graduação em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

GOMES, C.S.; KRUSCHE, N.; ROCHA, R. P. da. Simulação de nevoeiros no litoral sul do Brasil. **Ciência e Natura**, v. suplem, p. 235-237, 2011.

HIATT, Cyrus; FERNANDEZ, Daniel; POTTER, Christopher. Measurements of Fog Water Deposition on the California Central Coast. *Atmospheric And Climate Sciences*, [S.L.], v. 02, n. 04, p. 525-531, 2012. Scientific Research Publishing, Inc., <http://dx.doi.org/10.4236/acs.2012.24047>

LOUW, C.; VAN HEERDEN, J.; OLIVIER, J. The South African fog-water collection experiment: meteorological features associated with water collection along the eastern escarpment of South Africa. *Water SA*, Gezina, v. 24, n. 4, p. 269-280, 1998.

ŁUPIKASZA, Ewa; NIEDŪWIEDŪ, Tadeusz. Synoptic climatology of fog in selected locations of southern Poland (1966–2015). **Bulletin Of Geography. Physical Geography Series**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 5-15, 1 dez. 2016. Walter de Gruyter GmbH.

MAGER, S. M.; TREVELYAN, A. M.; WILSON, P. G.; KINGSTON, D. G. Quantifying the amount and incidence of fog at a mid-altitude site in the Saint Mary's Range, Otago, New Zealand. **Journal of Hydrology**: New Zealand, p.107-120, 2016.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Plano de Manejo: Parque Nacional de Aparados da Serra e Serra Geral. SOCIOAMBIENTAL-Consultores Associados Ltda. Brasília, BR, 2004.

MOLINA, J.M.; ESCOBAR, C. M. Fog Collection Variability in the Andean Mountain Range of Southern Colombia. *DIE ERDE* 139 2008, Special Issue. p. 127-140, 2008.

MONTECINOS, Sonia; CERECEDA, Pilar; RIVERA, Daniela. Fog collection and its relationship with local meteorological variables in a semiarid zone in Chile. **Atmósfera**, [S.L.], v. 31, n. 2, p. 143-153, 1 abr. 2018. Centro de Ciencias de la Atmosfera. <http://dx.doi.org/10.20937/atm.2018.31.02.03>.

MONTEIRO. M.A. **Caracterização climática do estado de Santa Catarina**: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. Geosul, Florianópolis, v.16, n.31, p 69-78, jan./jun. 2001.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MCJANNET, D.; WALLACE, J. **Methodology for estimating cloud interception inputs to tropical rainforest**. Black Mountain: CSIRO, 2006. 14 p. (CSIRO Land and Water Science Report 6/6).

NYAGA, J. M.; NEFF, J. C.; CRAMER, M. D. The Contribution of Occult Precipitation to Nutrient Deposition on the West Coast of South Africa. Plos One, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 1-21, 27 maio 2015. **Public Library of Science** (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0126225>.

PRADA, Susana; SILVA, Manuel da. Fog precipitation on the Island of Madeira (Portugal). **Environmental Geology**, [S.L.], v. 41, n. 3-4, p. 384-389, 1 dez. 2001. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s002540100403>.

RITTER, Axel; REGALADO, Carlos; GUERRA, Juan. Quantification of Fog Water Collection in Three Locations of Tenerife (Canary Islands). **Water**, [S.L.], v. 7, n. 12, p. 3306-3319, 26 jun. 2015. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w7073306>.

SANTOS, C. B. Características da formação de nevoeiro para Curitiba – Fase II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. Anais... São José dos Campos: INPE.CPTEC, v. 12, 7 p, 2004.

SARTORI, M. G. B. **O Vento Norte**. Santa Maria: Editora DR Publicidade, 2016.

SARTORI, M. D. B. A dinâmica do clima no Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimentos científicos. **Terra Livre**, São Paulo, Ano 19, vol. I, n. 20, p. 27-49, jan./jul. 2003.

SERRA, A. Climatologia do Brasil: Nevoeiros e orvalho. **Boletim Geográfico**. Janeiro: IBGE, v.256, n. 36, p.118-156, jan./mar.,1978.

SCHEMENAUER, R. S. CERECEDA, P. A proposed standard fog collector for use in high-elevation regions. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 33, n. 11, p. 1313- 1322, Nov. 1994.

SCHEMENAUER, R. S.; CERECEDA, P. The quality of fog water collected for domestic and agricultural use in Chile. **Journal of Applied Meteorology**. Volume 31. p. 275-290, 1992.

[SPINK, A. J.; PARSONS, A. N. A design for an occult precipitation collector. **Atmospheric Environment**. Part A. General Topics, 24\(8\) 2263–2266, 1990. doi:10.1016/0960-1686\(90\)90258-o](#)

SOTO, G. CAPTACIÓN DE AGUA DE LAS NIEBLAS COSTERAS (CAMANCHACA), CHILE. In. **Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia: EXPERIENCIAS EN AMÉRICA LATINA**. Santiago: Chile, 2000.p. 131-162.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife, 2005.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA A COMPREENSÃO DA MODULAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO POR MODOS DE VARIABILIDADE NA CIDADE DO CRATO - CE

JÉSSICA RAMIRES¹
NÚBIA BERAY ARMOND²
CARLA MACIEL SALGADO³

RESUMO

Eventos extremos climáticos são decorrência da alta complexidade dos sistemas atmosféricos produtores e inibidores de chuva. O Nordeste do Brasil está inserido nesse contexto com um histórico de secas que remonta séculos. Dessa forma, se faz necessário compreender os fenômenos de meso e macro escala que influenciam a dinâmica climática regional. O objetivo deste trabalho é utilizar a técnica Análise de Componentes Principais (APC) e avaliar seu desempenho na identificação da relevância de fenômenos de macroescala na modulação das chuvas da cidade do Crato, ao sul do estado do Ceará, utilizando a série histórica de 1951 a 2013. As componentes principais que apresentaram maior variabilidade acumulada foram F1, F2 e F3. Dentro de tais componentes, os índices mais relevantes foram relacionados ao fenômeno El Niño – Oscilação Sul. Os índices mensurados no oceano Atlântico Norte apresentaram menor influência do que os índices do oceano Pacífico. A ACP mostrou-se uma técnica eficaz, apresentando resultados satisfatórios que corroboram com a literatura considerada neste trabalho.

Palavras-chave: Análises de Componentes Principais; teleconexões; Ceará.

ABSTRACT

Extreme climatic events are due to the high complexity of atmospheric systems that produce and inhibit rain. Northeastern Brazil is inserted in this context with a history of droughts that goes back centuries. Thus, it is necessary to understand the phenomena of meso and macro scale that influence regional climate dynamics. The objective of this work is to use the Principal Component Analysis (APC) technique and evaluate its performance in identifying the macroscale phenomena relevance in the rainfall modulation. For this purpose, the historical series from 1951 to 2013 are used from the pluviometric post located in Crato city, south of Ceará state. The main components that accumulated the greatest variability were F1, F2 and F3. Within these components, the most relevant indices were related to the El Niño - South Oscillation phenomenon. The indices measured in the North Atlantic Ocean had less influence than the indices in the Pacific Ocean. PCA proved to be an effective technique that presented satisfactory results that corroborate with the literature considered in this work.

Keywords: Principal Component Analysis; teleconnections; Ceará.

¹ Aluna do Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, ramires.jessm@gmail.com

² Professora do Departamento de Geografia, UFRJ, nubia.beray@gmail.com

³ Professora do Departamento de Geografia, UFF, carlasalgado@id.uff.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

O Nordeste do Brasil (NEB) possui relatos de secas severas desde o século XVI, conforme descrito por Ab'Saber (2003). Neste contexto, a região é alvo de estudos sobre clima desde os tempos do Império, buscando-se há muito compreender sua dinâmica climática. Apesar disso, as investigações não chegaram a um consenso sobre os fenômenos responsáveis pela ocorrência dos extremos climáticos, pois se reconhece a alta complexidade envolvida na dinâmica dos sistemas atmosféricos produtores de chuvas na região. Estudos de Xavier e Xavier (2002), Siqueira *et al.* (2006) e Silva *et al.* (2012), indicam que a dinâmica das chuvas no NEB é influenciada por fenômenos de meso e macroescala. Sua posição geográfica o torna sujeito à influência de sistemas atmosféricos gerados nas mais variadas faixas latitudinais. São estes: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), complexos convectivos, linhas de instabilidade, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Sistemas Frontais (SF), além dos fenômenos locais como brisa marítima e terrestre, entre outros (UVO, 1998; SIQUEIRA *et al.*, 2006).

Para Conti (1995, p. 83), no NEB a escassez de chuvas é acentuada em áreas de depressões à sotavento, enquanto, à barlavento das chapadas, o efeito orográfico serviria como atenuante à semiaridez. Isso pode ser observado ao sul do Ceará, onde há um enclave úmido, popularmente chamado de brejo, devido à presença da Chapada do Araripe.

A cidade do Crato localiza-se na microrregião do Cariri, a 421m de altitude. Encontra-se à barlavento da Chapada do Araripe, que pode chegar a mais de 900m de altitude (**Figura 1**). Possui uma média de pluviosidade anual de 1082,81 mm¹, com sazonalidade bem definida: o período chuvoso é concentrado de janeiro a abril, enquanto o período menos chuvoso segue de junho a novembro. Maio e dezembro compõem os meses de transição entre as estações.

Pode-se dizer que o período de chuvas é articulado diretamente pela dinâmica entre ZCIT e ASAS, sistemas influenciados pela dinâmica de fenômenos oceânico-atmosféricos. As variações de temperatura na superfície dos oceanos e as células de pressão que se formam na atmosfera atuam em conjunto, se influenciando mutuamente em mecanismos de *feedback* e *background*. Tal associação complexa entre fenômenos que ocorrem nos oceanos e na

¹ Considerando a série histórica de 1912 – 2016, do posto 739006 (FUNCEME).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

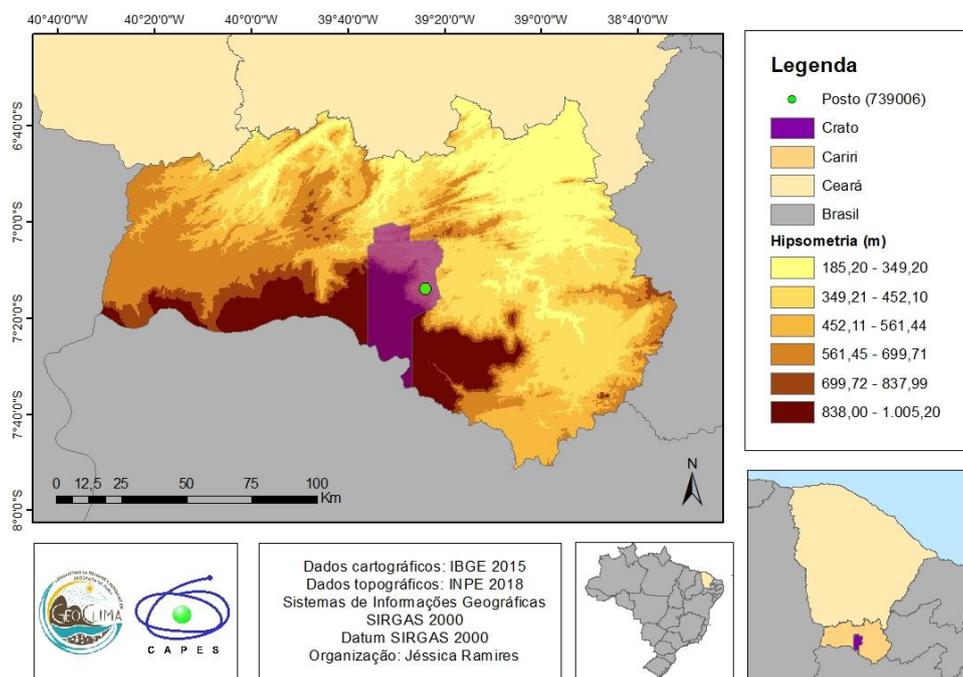
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

atmosfera são chamados teleconexões, e podem modular o clima em vastas áreas geográficas - contínuas ou não (CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2009; BARRY e CHORLEY, 2013; LIMBERGER, 2016; NASCIMENTO JUNIOR, 2017).

Como a variabilidade da pluviosidade é associada a fenômenos multidimensionais dentro do Sistema Superfície-Atmosfera, a técnica da Análise de Componentes Principais (ACP), pode ser eficiente para a compreensão de fenômenos geográficos complexos, uma vez que sintetiza extensas bases de dados em matrizes, das quais derivam-se os vetores (componentes principais). A sintetização de tais dados permite a interpretação destes sem descaracterizá-los. Dessa maneira, tal técnica torna-se uma alternativa interessante para a investigação da relação entre as teleconexões e as chuvas na cidade do Crato (**Figura 1**).

Figura 12 - Mapa de localização do Município do Crato e do posto pluviométrico 739006



A Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica exploratória que testa hipóteses prévias, permitindo a elaboração de hipóteses gerais. Consiste em separar informações importantes das redundantes e/ou aleatórias, de forma a preservar a variação total e identificar a ligação entre os atributos dos dados (VARELLA, 2008; VASCONCELOS,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2011). Trata-se de uma técnica estatística multivariada que transforma linearmente um conjunto de p variáveis originais em termos de um conjunto de k componentes não correlacionados ($k < p$). Desta forma, as componentes são ordenadas de acordo com a relevância de cada uma, sendo denominadas componentes principais (MINGOTI, 2005; ROGERSON, 2012).

Nesse contexto, o presente trabalho busca avaliar a utilização da ACP para identificar a relevância dos fenômenos de macroescala na modulação das chuvas ao sul do estado do Ceará, utilizando especificamente dados do posto pluviométrico 739006, no município do Crato (CE).

2. Procedimentos metodológicos

Através do site da Agência Nacional de Águas (ANA), foram adquiridos os dados pluviométricos do posto 00739006, localizado a 421m de altitude, nas coordenadas 7°14"S e 39°24"W, na cidade do Crato (sul do Ceará). Tais dados estão sob responsabilidade da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Feito o *download* dos dados, utilizou-se o programa *Hidro 1.3*¹ para acessá-los e copiá-los para o ambiente de planilha eletrônica *Microsoft Excel 2013*.

A FUNCEME disponibiliza uma série histórica muito extensa, iniciada em 1912. Apesar disso, a Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada à série histórica de 1951 a 2013 (52 anos), pois é somente neste intervalo temporal que estão disponíveis os índices das teleconexões. O programa utilizado para a aplicação da ACP foi o *XLSTAT*, um software estatístico utilizado em conjunto com *Microsoft Excel*. A série histórica utilizada apresentou um total de três falhas (novembro de 1961; janeiro de 1968 e abril de 1968), que foram preenchidas utilizando a técnica da Ponderação Regional (ALEXANDRE, 2009; FANTE, 2014).

Após o preenchimento das falhas, a série foi padronizada. O método estatístico da padronização (*escore z*) opera na transformação dos valores de acordo com o desvio padrão. Assim, eles variam positiva e negativamente próximo à média dos dados, subtraindo a média histórica de cada observação e dividindo este resultado pelo desvio padrão (ROGERSON,

¹ Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/sistemas/gestao-e-analise-de-dados-hidrologicos/instalador-hidro-build-1-3-0-005.zip/view>>.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2012). Posteriormente, esses dados foram relacionados, em ambiente de planilha eletrônica, junto aos índices padronizados dos modos de variabilidade (**Quadro 1**).

Quadro 4 - Relação dos modos de variabilidade, índice empregado, tipos de índice e locais de ocorrência/identificação.

Modo de Variabilidade	Índice	Tipo	Área de ocorrência/identificação
El Niño - Oscilação Sul	MEI	Acoplado	Oceano Pacífico Equatorial e Tropical
	ENOS		
El Niño	Niño3.4	Oceânico	Pacífico Equatorial (5°N-5°S e 170°W-120°W)
Oscilação Sul	SOI	Atmosférico	Darwin e Tahiti
Oscilação Quasi-Bianual	QBO	Atmosférico	Zona Equatorial (5°S-5°N)
Oscilação Decenal do Pacífico	PDO	Oceânico	Bacia do Pacífico Norte (norte de 20°N)
Oscilação Multidecenal do Atlântico	AMO	Oceânico	Bacia do Atlântico Norte (0°-80°N)
Oscilação do Atlântico Norte	NAO	Atmosférico	Islândia e Açores

Fonte: *Climate Prediction Center (CPC)* e *National Climatic Data Center (NCDC)*, ambos vinculados ao *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*.¹

Uma vez que a base de dados empregada apresenta considerável extensão, contando com 8 índices de teleconexões além da série pluviométrica, cada um com 52 anos de dados, formando uma complexa matriz, o emprego da ACP pode colaborar para a compreensão sobre como tais fenômenos se relacionam. Através da produção de uma matriz de correlação, a técnica transformou os valores padronizados em dados vetoriais, demonstrando a correlação entre as variáveis trabalhadas.

Segundo Mingoti (2005, p. 28-30), tanto a covariância quanto a correlação "...servem para medir o grau de relacionamento linear entre duas variáveis". Devido à covariância não possuir um valor de referência, tanto mínimo quanto máximo, seria difícil definir o quão forte

¹ Disponível em: < <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list/>>.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

é a relação. Já a correlação possui a referência -1 e 1, onde seus valores variam, fazendo com que a correlação seja mais adequada para avaliar o grau de relacionamento. Assim, antes da aplicação da ACP, padronizou-se as variáveis originais para atenuar a discrepância, o que permitiu a utilização da matriz de correlação de modo similar à matriz de covariância (ROGERSON, 2012, p. 184). Dessa forma, utilizou-se uma matriz ($\Sigma_{p \times p}$) de correlação, descrita na equação (1), que segundo Varella (2008) é formada pelo fato de a variância (σ_{ii}) ser a multiplicação da dimensão por ela mesma, e a covariância (σ_{ij}), a multiplicação entre duas dimensões.

$$\Sigma_{p \times p} = \begin{bmatrix} Var_x & Cov_{x,y} & Cov_{x,z} \\ Cov_{y,x} & Var_y & Cov_{y,z} \\ Cov_{z,x} & Cov_{z,y} & Var_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

Para definir o coeficiente de correlação utilizado foi necessário verificar o tipo de distribuição dos dados. Foi possível identificar essa característica por meio de um histograma. Para dados com distribuição normal, é recomendável a utilização do coeficiente de correlação de Pearson, descrita por Mingoti (2005, p. 30). Em séries de dados de natureza complexa (como precipitação, dados associados à atividade de mineração por exemplo), a suposição de normalidade não costuma ser atendida, o que quer dizer que os dados tendem a possuir uma distribuição assimétrica. Neste caso, Rogerson (2012, p. 191) sugere que se utilize o coeficiente de correlação de Spearman (equação 2).

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (2)$$

Segundo Mingoti (2005, p. 30), a correlação indica o relacionamento linear entre as variáveis. Valores próximos à 1 são diretamente proporcionais, ou seja, indicam relacionamento positivo. Já os valores próximos a -1 indicam relacionamento negativo, sendo inversamente proporcionais. Valores próximos a zero significa que as variáveis possuem um não-relacionamento linear. Como a referência está entre -1 e 1, pode-se dizer que $-1 \leq \dots \leq 1$, e quando $i = j$, a equação (3) torna-se igual a 1.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Segundo Vasconcellos (2011), um vetor v é um autovetor de uma matriz quadrada se, ao multiplicar a matriz pelo autovetor, o resultado for um múltiplo de v , ou seja, um autovalor. Por isso, todo autovetor possui um autovalor. Havendo muitas variáveis, é criada uma matriz de correlação *matriz* $p \times p$, onde uma coluna não sendo igual à outra, fará com que a equação (4), onde I é a matriz identidade, tenha p raízes, denominadas autovalores. Tal matriz quadrada possui autovetores, que são identificados, segundo Vasconcelos (ibid, p. 7), quando um vetor, ao ser multiplicado pela matriz, resultar no autovalor. Os autovetores são ortogonais entre si (perpendiculares), ou seja, não são expressos em eixos (x , y e z). Dessa maneira, temos que um autovetor (e_i) multiplicando uma matriz ($\Sigma_{p \times p}$) resulta num autovalor (λ_i) múltiplo do autovetor (e_i), como indica a equação (5).

$$P_{p \times p} = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \dots & \rho_{1p} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \dots & \rho_{2p} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \dots & \rho_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{p1} & \rho_{p2} & \rho_{p3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$|\Sigma_{p \times p} - \lambda I_{p \times p}| = 0 \quad (4)$$

$$\Sigma_{p \times p} e_i = \lambda_i e_i \quad (5)$$

As componentes principais possuem algumas propriedades, indicadas por Varella (2008, p. 7), sendo estas:

1. A variância do componente principal é igual ao valor do autovalor (equação 6);

$$\hat{V}ar(Y_i) = \lambda_i \quad (6)$$

2. O primeiro componente é o que apresenta maior variância e assim por diante (equação 7);

$$\hat{V}ar(Y_1) > \hat{V}ar(Y_2) > \dots > \hat{V}ar(Y_p) \quad (7)$$

3. O total de variância das variáveis originais é igual ao somatório dos autovalores que é igual ao total de variância das componentes principais (equação 8);



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

$$\sum \hat{Var}(X_i) = \sum \lambda_i = \sum \hat{Var}(Y_i) \quad (8)$$

4. As componentes principais não são correlacionados entre si (equação 9);

$$\hat{Cov}(Y_i, Y_j) = 0 \quad (9)$$

Nessas propriedades considera-se as variáveis originais (X_i), a componente principal (Y_i) e o autovalor (λ_i).

A importância de cada componente principal (Y_i) é medida de acordo com a sua contribuição (C_i) na explicação da variância total (equação 10), sendo expressa em porcentagem. Seu cálculo é feito dividindo a variância do componente principal pela variância total, ou seja, dividindo o autovalor (λ_i) pelo traço da matriz M . O traço da matriz M é a soma dos elementos de sua diagonal principal. A contribuição de cada componente cai de acordo com sua posição.

$$C_i = \frac{\hat{Var}(Y_i)}{\sum_{i=1}^p \hat{Var}(Y_i)} \times 100 = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \times 100 = \frac{\lambda_i}{\text{traço}(M)} \times 100 \quad (10)$$

“A soma dos primeiros k autovalores representa a proporção de informação retida na redução de p para k dimensões”, ou seja, $k < p$ (Varella, 2008, p. 8). A redução das dimensões também pode ser chamada de análise fatorial, que tem o objetivo de “[...] construir fatores que representem uma grande proporção da variabilidade do conjunto de dados”. Nesta análise também se observa a carga fatorial, que “[...] é a correlação entre uma componente ou fator e a variável original” (ROGERSON, 2012, p. 298). Por conta disso, para avaliar a relevância de cada índice na modulação das chuvas na área de estudo, será utilizada a carga fatorial. Uma vez que a correlação, como dito acima, sendo balizada pelo desvio padrão, é mais adequado para avaliar o grau de relação entre as duas dimensões (fator e variável original).

Uma vez que não se faz necessário a utilização de todas as componentes para explicar a variância total, analisa-se as k componentes principais. Mingoti (ibid., p.89-90) esclarece que a escolha do critério para a utilização do número de componentes demanda da pesquisa. A autora, então, recomenda como critério que se mantenha no sistema as componentes relacionadas aos autovalores ($\lambda \geq 1$). Já Varella (ibid., p. 8) recomenda que se



utilize o número de componentes que acumula 70% da variabilidade total, aplicando a equação (11). Entretanto, tratando-se de uma escolha, a quantidade de componentes eleitas irá depender das demandas da pesquisa.

$$\frac{\bar{V}ar(Y_1) + \dots + \bar{V}ar(Y_k)}{\sum_{i=1}^k \bar{V}ar(Y_i)} \times 100 \geq 70\% \quad (11)$$

3. Resultados e discussão

A área onde a cidade do Crato está situada possui o período menos chuvoso concentrado de 4 a 6 meses (IBGE, 2002). Nimer (1989, p. 45) classificou o Cariri Cearense como uma região tropical de clima semiárido que, por estar em latitudes baixas, apresenta variação térmica de pouca significância. A variabilidade climática influi de forma expressiva no regime de pluviosidade. Na série histórica analisada neste estudo (1951-2013), a amplitude da pluviosidade alcançou 1403,3 mm. O ano de 1985 foi o mais chuvoso, com 1970,00 mm, enquanto o ano menos chuvoso foi 1958, com 566,70 mm (**Figura 2**).

Os sistemas atmosféricos responsáveis por regular a pluviosidade da área são modulados por fenômenos oceânico-atmosféricos, já denominados teleconexões. A temperatura da superfície do mar (TSM) dos oceanos Pacífico Equatorial, Atlântico Norte e Atlântico Sul possuem significativa influência na precipitação sobre o NEB. Isso ocorre, pois, tais modos de variabilidade afetam a circulação atmosférica em âmbito planetário, alterando a circulação de Hadley-Walker (BARRY e CHORLEY, 2013). Essa dinâmica exerce grande influência sobre o ASAS, principal centro de ação positivo atuante sobre o NEB (UVO et al., 1998; CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2009; KAYANO e ANDREOLI, 2009).

Dessa maneira, foram eleitos os índices MEI, ENOS, Niño 3.4, SOI e PDO, que se referem às mudanças na TSM e pressão na área do Pacífico, AMO e NAO referentes ao Atlântico e QBO que mensura a variação do vento zonal próximo ao equador. Foram consideradas as componentes F1, F2 e F3, seguindo a recomendação de Mingoti (2005) e Varella (2008), uma vez que essas três primeiras componentes representam 76% da variância total dos dados (**Tabela 1**). A componente F1 contribui para 49,9% da variância total, enquanto F2 contribui 16% e F3, 10%. Ou seja, conforme apontado na literatura que o estudo foi embasado, a componente com maior variância foi F1.



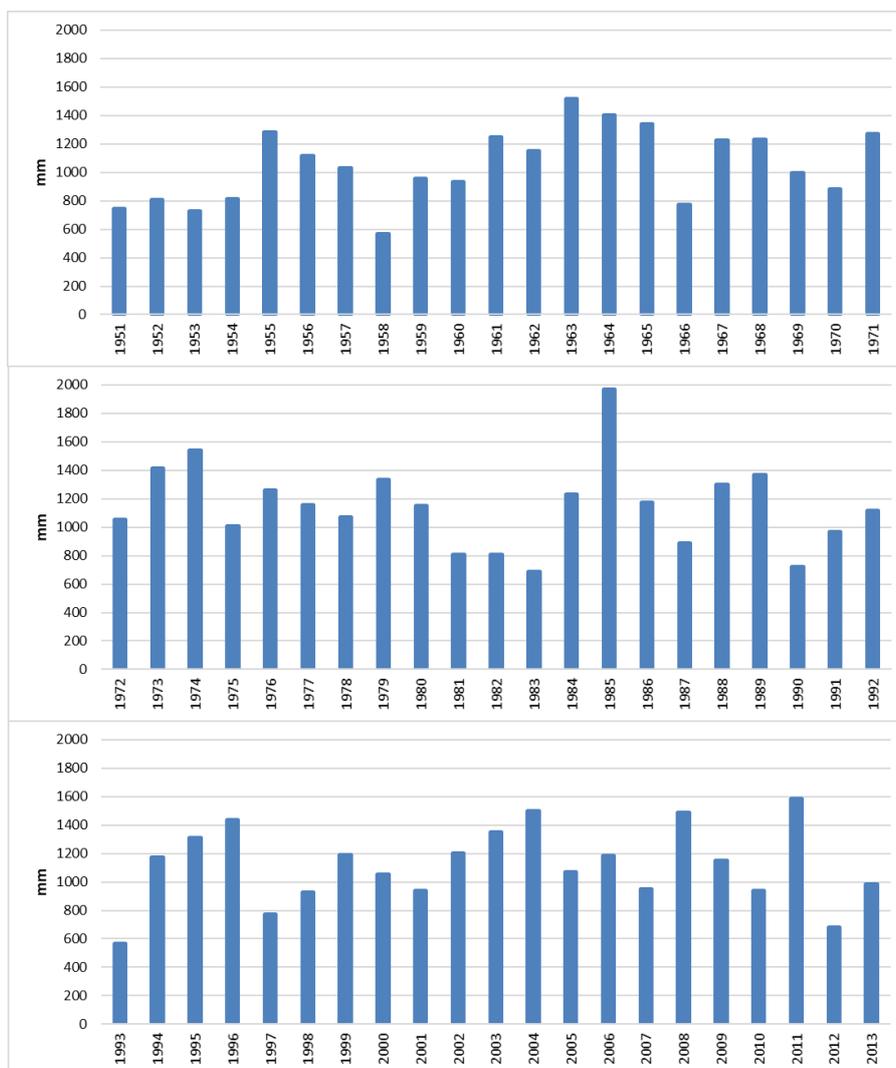
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A **Tabela 2** trata da contribuição percentual da correlação de cada variável (chuva padronizada e índices de variabilidade) para a variação das três primeiras componentes/vetores. Destacadas em vermelho estão as porcentagens que, quando acumuladas, representam mais de 80% da variação dentro de cada componente principal. A **Tabela 3** trata da carga fatorial, ou seja, da correlação entre a componente/vetor e a variável original. Os valores destacados em vermelho tratam dos índices com cargas fatoriais mais expressivas para cada componente.

Figura 13 - Totais anuais de pluviosidade no posto pluviométrico da cidade do Crato (CE).





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 10 - Desvio padrão e a porcentagem da contribuição de cada componente para a variância total da pluviosidade no Crato.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Desvio padrão	2,1200	1,2030	0,9798	0,8716	0,8254	0,7201	0,2959	0,2172	0,0651
Porção da variabilidade	0,4994	0,1608	0,1067	0,0844	0,0757	0,0576	0,0097	0,0052	0,0005
Variância acumulada	0,4994	0,6602	0,7669	0,8512	0,9270	0,9846	0,9943	0,9995	1,0000

Os índices relacionados ao El Niño – Oscilação Sul, que são ENSO, MEI, Nino3.4 e SOI apresentaram valores de cerca de 20% cada na primeira componente principal (F1). As porcentagens de tais índices, que explicam um só fenômeno, quando somadas explicaram a variação pluviométrica de 82,55% na componente. Este resultado corrobora a importância do El Niño – Oscilação Sul verificada por Xavier e Xavier (2002), Siqueira et al. (2006) e Silva et al. (2012).

A Oscilação Decenal do Pacífico (*Pacific Decadal Oscillation* – PDO) contribuiu em 11,30% na F1. Já os índices relacionados ao oceano Atlântico (NAO/Oscilação do Atlântico Norte e AMO/Oscilação Multidecenal do Atlântico) contribuíram 0,95%, enquanto a QBO (Oscilação Quasi-Bianual), apesar de atuar na faixa equatorial do globo, contribuiu com apenas 0,09%. O índice C tratou da pluviosidade local.

Na segunda componente (F2), os índices NAO e AMO mostraram maior contribuição, somando 65,42%, seguido da QBO (Oscilação Quasi-Bianual, relacionado à Zona Equatorial), com 18,09%. Os três índices acumularam a explicação de 83,51% da variabilidade. A PDO mostrou uma contribuição de 3,05% e os índices ligados ao ENOS, 0,75%, sendo que o SOI e o MEI não contribuíram para a variação. A componente F3 teve no índice QBO, o de maior contribuição, com 62,35%, seguido da AMO, com 31,87%. Todos os outros índices acumularam apenas 4,26%.

Segundo Xavier e Xavier (2002) a ODP não seria decisiva para as chuvas no Ceará, uma vez que o ENOS exerce maior influência. O estudo elaborado pelos autores traz o Dipolo do Atlântico (gangorra de TSM entre as bacias norte e sul do oceano Atlântico) como mais relevante para as chuvas na região do que a ODP. Os índices relacionados ao oceano Atlântico Norte (AMO e NAO) não mostraram maior significância em F1 do que os índices do oceano Pacífico. O resultado da aplicação da ACP faz coro com os trabalhos de Siqueira et



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

al. (2006) e Silva *et al.* (2012), uma vez que ENOS e ODP atuam em conjunto tanto na TSM quanto na circulação atmosférica, o que interfere na variabilidade das chuvas no Ceará.

Tabela 11 - Porção da variação

	F1	F2	F3
C	5,11	12,69	1,52
ENSO	21,00	0,07	0,12
MEI	20,95	0,00	0,19
Nino3.4	20,02	0,68	0,56
PDO	11,30	3,05	2,57
SOI	20,58	0,00	0,02
NAO	0,60	35,26	0,80
QBO	0,09	18,09	62,35
AMO	0,35	30,16	31,87

Tabela 12 - Cargas fatoriais

	F1	F2	F3
C	-0,479	0,429	-0,121
ENSO	0,972	-0,031	0,035
MEI	0,970	0,005	0,043
Nino34	0,949	-0,099	0,074
PDO	0,713	0,210	-0,157
SOI	-0,962	-0,008	-0,014
NAO	0,164	0,714	0,087
QBO	-0,064	0,512	0,774
AMO	-0,125	-0,661	0,553

Na componente F1 as cargas fatoriais dos índices ligados ao ENOS apresentaram correlação de 0,9, uma alta correlação diretamente proporcional, assim como a correlação de 0,7 observada com o índice PDO (**Tabela 3**). A exceção se fez com o SOI, que apresentou uma alta correlação inversamente proporcional (-0,9). Este resultado é coerente com a **Tabela 2**, uma vez que os índices relacionados ao Oceano Pacífico apresentaram 93,85% da explicação para a variação da pluviosidade. Isso ocorre pela influência que o ENOS e a PDO exercem sobre a Célula de Walker (CW). Desta forma, o posicionamento do ASAS e da ZCIT são modificados, afetando as chuvas na região, como colocado por Kayano e Andreoli (2009).

Já os índices mais expressivos no componente F2 foram os relacionados ao Oceano Atlântico e à faixa equatorial do globo. O índice mais relevante foi o NAO, com correlação de 0,7 (diretamente proporcional), seguido do AMO com -0,6 (inversamente proporcional) e, por último, a QBO com 0,5. Na componente F3, os únicos índices que apresentaram maior significância foram QBO (0,7) e AMO (0,5).

O índice NAO mensura a pressão atmosférica, enquanto o AMO, a TSM na bacia do Atlântico Norte. O QBO trata dos ventos zonais próximos ao equador. Os índices relacionados ao ENOS e ODP também tratam de mudanças na TSM e circulação atmosférica no oceano Pacífico, como dito acima. A análise de tais fatores em conjunto permite a compreensão das modificações na Circulação de Hadley-Walker. Esse padrão de circulação é resultante da



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

interação entre oceano e atmosfera e, como colocado por Uvo *et al.* (1998) e Kayano e Andreoli (2009), as chuvas no NEB são altamente correlacionadas com a tal dinâmica devido à influência na ZCIT e no ASAS.

4. Considerações finais

A análise da relação entre a variabilidade temporal da precipitação registrada no Crato (CE), considerando a série histórica 1951-2013, e os índices globais El Niño – Oscilação Sul (ENSO; MEI; Nino3.4), Oscilação Sul (SOI), Oscilação Decenal do Pacífico (PDO), Oscilação do Atlântico Norte (NAO), Oscilação Quasi-Biaual (QBO) e Oscilação Multidecenal do Atlântico (AMO), foi realizada por meio da técnica estatística de Análise de Componentes Principais (ACP).

Os resultados evidenciaram que o El Niño – Oscilação Sul se apresentou o modo de variabilidade mais relevante na modulação das chuvas no Crato, seguido pela PDO, explicando 49,9% da variância total da pluviosidade no município, constituindo a componente principal F1. No entanto, a grande participação do El Niño – Oscilação Sul na componente F1 (82,55%) pode estar relacionada ao uso de 4 índices distintos representando este fenômeno, sendo um índice oceânico (Nino3.4), um atmosférico (SOI) e outros dois acoplados, reunindo uma gama de variáveis (MEI e ENOS).

A componente F2, que explicou 16,08% da variância das chuvas, apresentou maior correlação com os índices NAO, AMO e QBO. Dentro desses 16,08%, 5,67% se refere ao NAO, 4,85% ao AMO e 2,9% ao QBO.

A componente analisada com menor contribuição para a variabilidade foi F3, com 10,67%, e dentro dessa porcentagem, 6,65% foi referente ao QBO, 3,4% ao AMO e 0,27% ao PDO, mostrando maior ênfase dos fenômenos do atlântico tropical dentro de tal componente.

As chuvas locais não tiveram percentuais tão altos dentro das componentes. Considerando os valores totais das contribuições de cada componente, a chuva local representou 2,55% em F1, 2,04% em F2 e 0,16% dentro de F3.

Desta forma, a ACP mostrou ser uma técnica que apresenta resultados satisfatórios, corroborando para a leitura das relações entre precipitação e teleconexões. Considera-se que, dentre os índices estudados, os modos de variabilidade do Oceano Pacífico apresentam maior atuação na pluviosidade na cidade do Crato do que os modos de variabilidade do Oceano



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Atlântico. Convém salientar que os percentuais de variabilidade encontrados nas componentes principais podem ser modificados de acordo com os índices que forem escolhidos para a pesquisa. Por conta disso, é interessante que a ACP seja aplicada utilizando índices que considerem mais o oceano Atlântico Tropical e o Atlântico Sul, uma vez que são os oceanos que banham a costa brasileira, encontrando-se mais próximos à área de estudo.

5. Referências

AB'SABER, A. N. Caatingas: O domínio dos sertões secos. In: **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, p. 81-98, 2003.

ALEXANDRE, G. R. **Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de métodos estatísticos e modelos climáticos**. 2009, 215 f. Dissertação de mestrado (Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte/MG. 2009.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. Mudanças Climáticas. In: **Atmosfera, Tempo e Clima**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, p. 427-472, 2013.

CAVALCANTI, I. F. A.; AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil. In: CAVALCANTI, et al. (Orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 317-335, 2009.

CONTI, J. B. **Desertificação nos trópicos: proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro**. 1995. Tese (Livre Docência). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

FANTE, K. P. **Variabilidade da temperatura em áreas urbanas não metropolitanas do estado de São Paulo-Brasil no período de 1961 a 2011**. 2014, 254 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2014.

IBGE, Departamento de Cartografia, **Mapa de Clima do Brasil**. Adaptado IBGE 1978. [Rio de Janeiro], 2002. Escala: 1:5 000 000.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, et al. (Orgs). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 213-233.

LIMBERGER, L. Estudos de teleconexões atmosféricas e possibilidades de avanços na climatologia geográfica: conceitos, fontes de dados e técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, p. 10-19, 2016.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

NASCIMENTO JUNIOR, L. Perspectivas da variabilidade climática. **Revista Geografia em Questão**, v. 10, n. 1, p. 95-114, 2017.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

ROGERSON, P. A. **Métodos estatísticos para Geografia: um guia para o estudante**. Bookman Editora, 2012.

SILVA, D. F., et al. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o estado do Ceará. **Revista de Geografia (UFPE)**, v.29, n. 2, p. 114-135, 2012.

SILVESTRE, M. R. **Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica: diagnóstico e propostas**. 2016, 409 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2016.

SIQUEIRA, A. H. B., et al. Impactos do ENOS no Norte e Nordeste Brasileiros e sua relação com a Oscilação Decadal do Pacífico. In: **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET**. Vol. 26. 2006.

UVO, C. B.; REPELLI, C. A.; ZEBIAK, S. E.; KUSHNIR, Y. The relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation. **Journal of Climate**, v. 11, n. 4, p. 551-562, 1998.

VARELLA, C. A. A. **Análise de componentes principais**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

VASCONCELOS, S. **Análise de componentes principais**. Disponível em: <<http://www2.ic.uff.br/~aconci/PCA-ACP.pdf>>, 2011. Acesso em: 24 mar. 2020.

XAVIER, T. Ma. B. S.; XAVIER, A. F. S. A ODP-Oscilação Decadal do Pacífico (PDO-Pcific Decadal Oscillation) e Eventos no Atlântico Intertropical e no Nordeste Setentrional do Brasil. In: XII COLÓQUIO BRASILEIRO DE MATEMÁTICA, 2004, Fortaleza-Ceará. **Anais do XIII CBMET**. Rio de Janeiro: SBMET-Sociedade Brasileira de MeteorologiaRio, p. 1-16, 2004.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL E DA TENDÊNCIA DA PLUVIOSIDADE EM RONCADOR-PR

FERNANDO VILAS BOAS VACELLI¹
MARIA CLEIDE BALDO²

RESUMO

Compreender o comportamento das precipitações e o que isto implica direta e indiretamente na vida da população, é de extrema importância para que ações a curto, médio e longo prazo sejam desenvolvidas e contribuam para o desenvolvimento econômico e sustentável de uma sociedade. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar quantitativamente a série histórica de precipitação pluviométrica entre os anos de 1976 e 2020 no município de Roncador – PR, por meio da escala diária, mensal, sazonal e anual e por meio do teste de Mann (1945) e Kendall (1975) obter a tendência para o total de precipitação anual e total na quantidade de dias com chuva. Somente 16% dos anos analisados possuem precipitação acima da média histórica que foi de 1949,7 mm, sendo os anos de 2013 e 2016 os mais chuvosos e os 1988 e 1999 os mais secos. O verão e a primavera foram as estações com as maiores médias pluviométricas 565,6 e 569,4 mm respectivamente. Com relação à precipitação diária constatou que a média mensal é de oito dias com chuva e os meses de julho e agosto apresentaram a menor quantidade de dias com chuva. A análise de tendência não detectou o aumento no total da precipitação anual, porém foi constatada uma tendência significativa na redução da quantidade de dias com chuva, ou seja, as chuvas estão mais concentradas na área de estudo.

Palavras-chave: Precipitação pluviométrica; Tendência; Chuva diária.

ABSTRACT

Understanding the behavior of precipitations and what this implies directly and indirectly in the life of the population, is extremely important for short, medium and long term actions to be developed and contribute to the economic and sustainable development of a society. Thus, the present study aimed to quantitatively analyze the historical series of rainfall between 1976 and 2020 in the municipality of Roncador - PR, through the daily, monthly, seasonal and annual scale and through the Mann test (1945) and Kendall (1975) obtain the tendency for the total annual precipitation and the total amount of rainy days. Only 16% of the years analyzed have rainfall above the historical average of 1949.7 mm, with the years 2013 and 2016 being the rainiest and 1988 and 1999 the driest. Summer and spring were the seasons with the highest rainfall averages 565.6 and 569.4 mm respectively. Regarding daily rainfall, it was found that the monthly average is eight days with rain and the months of July and August had the lowest number of days with rain. The trend analysis did not detect an increase in the total annual precipitation, but a significant trend was observed in the reduction of the number of rainy days, that is, the rains are more concentrated in the study area.

¹ Graduado em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), fer_vacelli@hotmail.com

² Doutora, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), mcbaldo33@hotmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Rainfall precipitation; Trend; Daily rain.

1. Introdução

O conhecimento acerca do clima é de extrema importância para o desenvolvimento da humanidade. Desde os primórdios o homem era regido a partir das condições climáticas e suas mudanças, as quais até hoje impactam diretamente no desenvolvimento econômico dos povos.

Muito se discute a respeito das mudanças no clima e as suas consequências, autores como Molion (2008), defendem que estas mudanças fazem parte do ciclo natural do planeta, o qual passa por períodos de resfriamento e aquecimento intercalados com secas e chuvas abundantes ao decorrer dos milhares de anos, entretanto outros pesquisadores dão ênfase na relação das atividades antrópicas influenciando diretamente nas alterações do clima.

Consequências de alterações pluviométricas, como o aumento das chuvas intensas, são uma das que geram mais prejuízo para todos os setores da economia. Portanto a caracterização e o entendimento da dinâmica da intensidade da precipitação é indispensável para a engenharia, a qual irá desenvolver técnicas e soluções para problemas relacionados com este tipo de evento climático, evitando *runoff* em terras agricultáveis e áreas urbanas e consequente assoreamento de corpos hídricos, além da elevada perda de solos.

Sendo a pluviosidade um recurso de suma importância para a sobrevivência, torna-se necessário conhecer e entender os padrões predominantes de um determinado local e sua variabilidade ao longo de uma série histórica.

Considerando sua relevância e importância para áreas como desenvolvimento urbano, turismo e principalmente a agricultura será realizado o estudo da tendência da precipitação diária em diferentes escalas de análises no município de Roncador – PR.

2. Metodologia

O município de Roncador segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2021) possui uma área de unidade territorial de aproximadamente 742 km² e está inserido na bacia hidrográfica do rio Piquiri e na bacia hidrográfica do rio Ivaí, ambas localizadas no estado do Paraná e de acordo com o Instituto de Água e Terra – IAT (2021) juntas apresentam uma área total de drenagem de 61.353 km² (Figura 1).

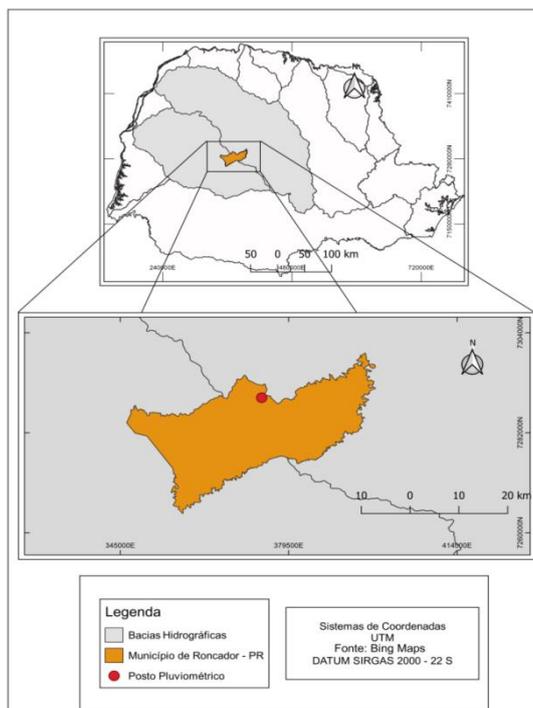


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 – Localização do município de Roncador – PR e do posto pluviométrico.



Fonte: Autoria Própria (2019).

Foram utilizados os dados diários de precipitação do posto pluviométrico Santo Antonio, código (2452041), localizado na Latitude de $24^{\circ}30'01''$ e Longitude $52^{\circ}14'37''$ e altitude de 819 metros, no município de Roncador (PR) conforme mostra a Figura 1. A série histórica é de 45 anos, a qual se inicia em janeiro de 1976 e encerra em dezembro de 2020.

Na primeira etapa, a planilha de dados foi meticulosamente conferida e posteriormente uniformizada para o período escolhido de análise. Os mesmos foram organizados e tratados por meio de planilha Eletrônica do Excel possibilitando aplicação da estatística descritiva, média, máxima, mínima, desvio padrão e coeficiente de variação.

Na escala sazonal os meses foram delimitados conforme o ano civil, verão (janeiro, fevereiro e março); outono (abril, maio e junho); inverno (julho, agosto e setembro) e primavera (outubro, novembro e dezembro). Posteriormente com os resultados obtidos foram gerados gráficos e tabelas sendo possível uma visualização preliminar dos padrões de precipitação nas mais diversas escalas de análises.



A análise de tendência foi aplicada para verificar a existência de aumento ou diminuição de ocorrência de dias com chuva e do total anual de pluviosidade. O teste utilizado foi o de Mann (1945) e Kendall (1975).

O teste de Mann-Kendall considera a hipótese nula (H_0) como inexistência de tendência, ou seja, os valores da série histórica ocorrem de forma independente, já a hipótese alternativa (H_1) pode ser considerada como a existência de uma possível tendência na série, seja de crescimento ou decrescimento. Sendo assim, sob H_0 a estatística do teste é dada pela Eq 1. Eq. 2.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k) \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde,

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{se } x = 0 \\ -1, & \text{se } x < 0 \end{cases} \quad \text{Eq. (2)}$$

Para a elaboração do painel temporo espacial mensal de dias com chuva para toda a série histórica, foi utilizado o método de Sturges, este é um critério aplicado para definir o número de intervalo de classes da série analisada, a fim de classificar um conjunto de dados representando uma amostra ou população.

Sendo assim, é possível calcular por meio da Eq. 3, onde k representa o número de classes, N o número total de observações na amostra.

$$k = 1 + 3,22 * \log_{10}(N) \quad \text{Eq. (3)}$$

3. Resultados e discussão

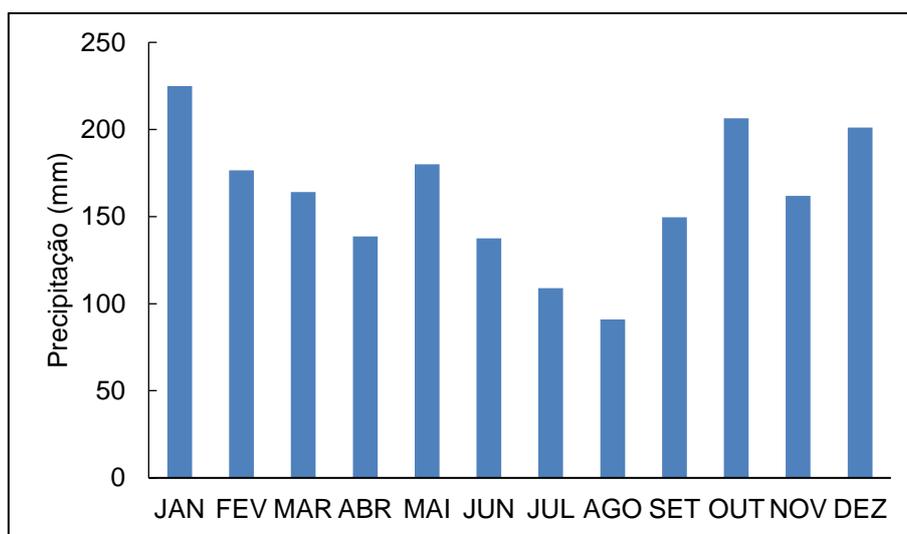
3.1 Análise da média mensal climatológica

A maior média mensal de volume de chuva foi registrada em janeiro (Figura 2), mês que está inserido no verão, estação que possui como uma das características, períodos de chuvas mais concentradas devido aos sistemas frontais que atuam sobre o Sul-sudeste do Brasil por mais de três dias que influenciam a formação da Zona de Convergência do Atlântico



Sul (ZCAS), importante circulação de verão na América do Sul para a concretização da estação chuvosa do Sul e sudeste do Brasil (REBOITA, 2010).

Figura 2 - Precipitação média mensal do município de Roncador – PR (1976 a 2020).



Fonte: Autoria Própria (2021).

Foi verificado também que nos meses de outubro, dezembro e maio a média pluviométrica atingiu os maiores picos. No caso de outubro e novembro são os meses correspondentes à primavera (considerando o ano civil), onde começa a transição para o verão, isto pode estar relacionado com ocorrência de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). Guedes e Silva Dias (1994), concluíram que este tipo de sistema (Complexos Convectivos de Mesoescala) percorre uma maior distância nas regiões Sul e sudeste durante o período do verão, comparado com o período de inverno.

3.2 Análise do total anual

A média anual de precipitação no município de Roncador é de 1940,7 mm. Na Figura 3, é possível visualizar a variabilidade nos totais anuais, com valores tanto acima quanto abaixo da média climatológica no período analisado. Aproximadamente 16% dos anos, da série histórica analisada, a precipitação ficou acima da média (1983, 1990, 1998, 2009, 2013, 2015 e 2016).



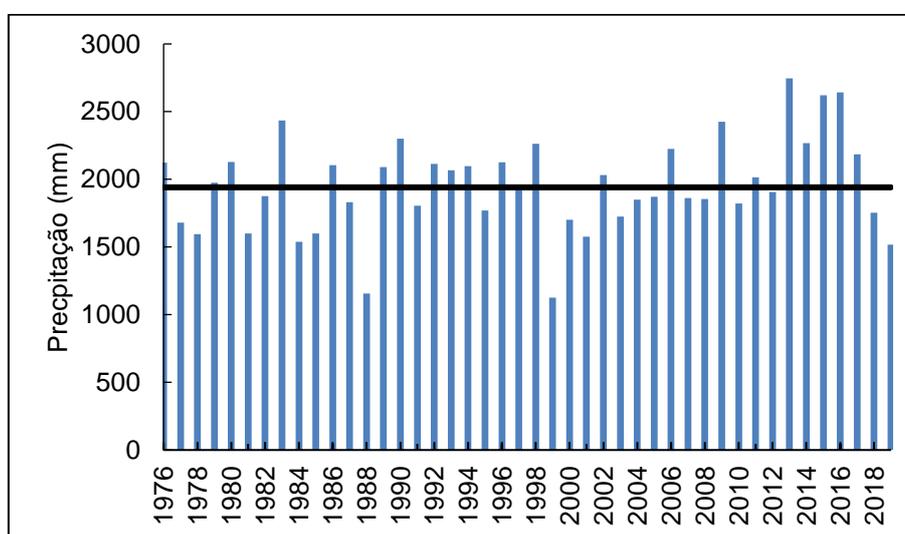
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Em se tratando de um elemento climático que varia muito no tempo e no espaço, torna-se difícil verificar certa periodicidade na distribuição anual da precipitação numa série histórica. Porém, constatou-se que no período de 2013 a 2016, os valores foram os mais elevados de toda a série, variando entre 2268,1 a 2745,7 milímetros.

Figura 3 – Precipitação acumulada anual e média (linha preta) de toda a série histórica do município de Roncador – PR.



Fonte: Autoria Própria (2021).

3.3 Análise sazonal

Na figura 4 é possível fazer uma comparação temporal dos valores totais mensais de precipitação, entre os meses inseridos em cada estação do ano. No verão do período de 1978 a 1988 os três meses tiveram um padrão muito similar de precipitação, porém é possível observar que o mês de janeiro se destacou pela maior quantidade de anos com valores máximos absolutos de precipitação, sendo que a partir do ano de 1988 estes picos de valores máximos aumentaram para os demais meses.

Já no outono, mesmo que em junho de 2013 houve um pico de 519,6 mm acumulados, na Figura 4 é possível ver que o destaque foi para o mês de maio, com 21 anos de valores máximos de precipitação, com destaque para 1982 com 412,9 mm. Resultado esperado considerando que na distribuição da média mensal para toda a série (Figura 2), os meses de outubro e maio foram os que apresentaram maiores valores, depois do mês de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

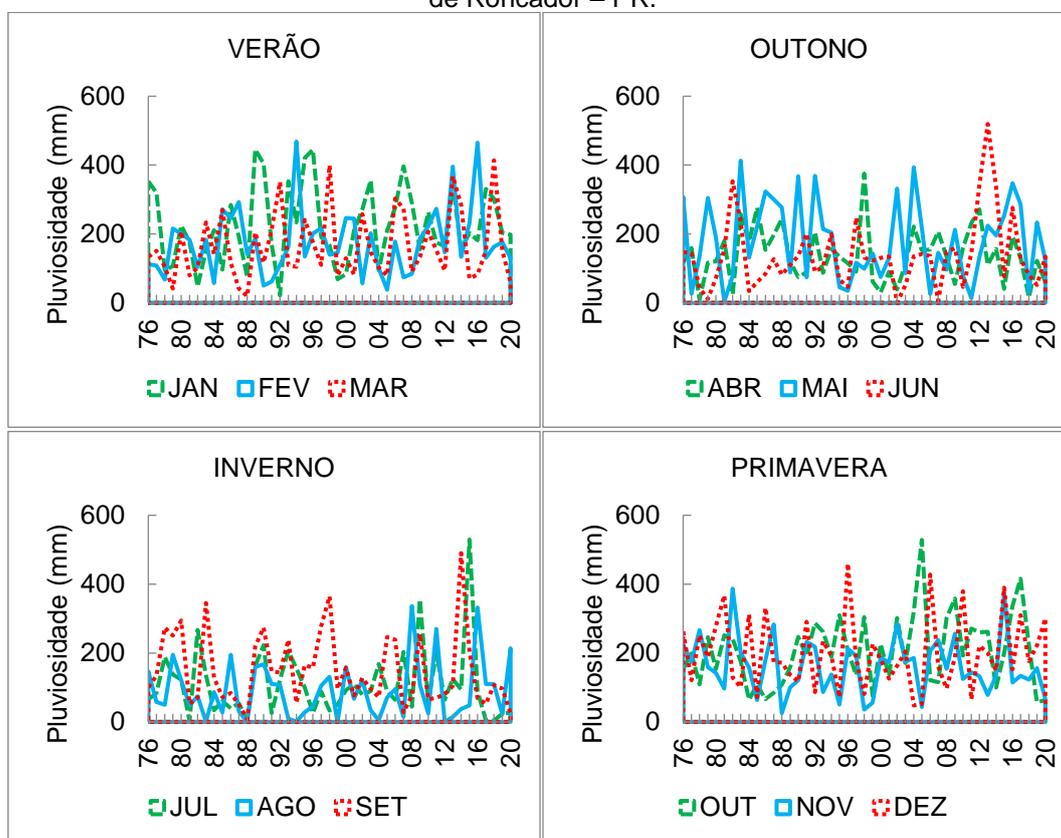
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

janeiro e dezembro. O mês de maio marca a transição entre o final do período quente do verão com o início do outono mais frio, aumentando as instabilidades atmosféricas devido às diferentes características físicas e dinâmicas das massas de ar e sistemas que se confrontam na região nesse período do ano, marcado pelo início do domínio do ar frio.

No inverno, é visível na Figura 4 que os valores pluviométricos são inferiores quando se compara às outras estações, possuindo valores próximos a zero milímetro, principalmente no mês de agosto. São poucas as ocorrências de precipitação acima dos 300 mm, entretanto o mês de setembro que antecede a estação da primavera se destaca por vários anos seguidos com picos de valores máximos de precipitação, sendo o maior ocorrido no ano de 2014.

Para a primavera, o destaque com o maior número de meses com valores máximos de precipitação, foi o mês de outubro mês também que obteve o maior volume absoluto de precipitação para esta estação em 2005, com 528,6 mm.

Figura 4 – Comparação do total mensal de precipitação pluviométrica entre 1976 e 2020 no município de Roncador – PR.



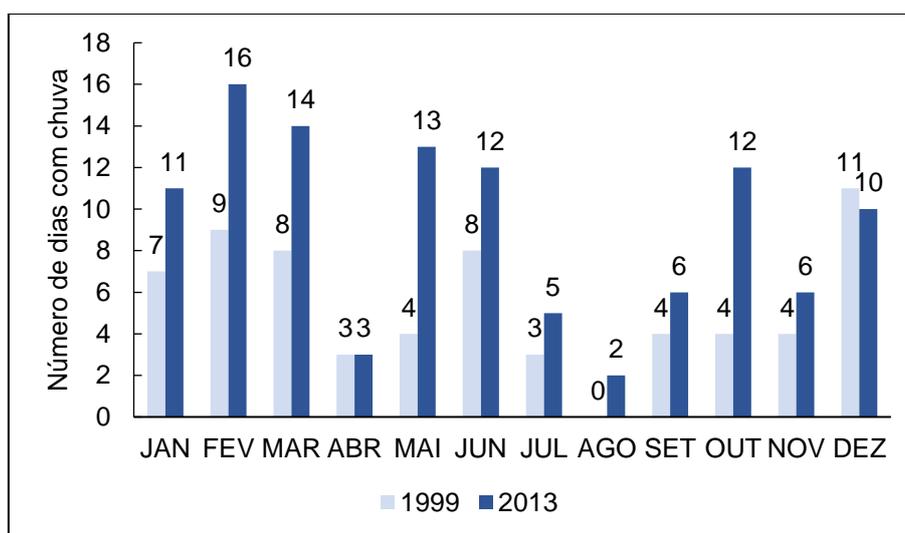
Fonte: Autoria Própria (2021).



3.4. Análise diária do ano mais chuvoso (2013) e o ano mais seco (1999).

Nesta análise foi elencado o ano mais chuvoso e o mais seco de toda a série. Pode-se observar que no ano mais chuvoso (2013), os meses de fevereiro, março e maio foram os meses que tiveram maior número de dias com chuva. Para o ano mais seco, 1999, dezembro apresentou a maior quantidade de dias com chuva sendo 11 dias, mesmo sendo o ano mais seco ultrapassou a quantidade de dias com chuva, no mês de dezembro para o ano mais chuvoso, 2013 com 10 dias (Figura 5).

Figura 5 – Número de dias de chuva no ano mais seco (1999) e no ano mais chuvoso (2013) no município de Roncador – PR.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Numa análise comparativa vale ressaltar que o ano que obteve o maior número de dias com chuva foi 1980 com 132 dias, sendo que o ano mais chuvoso de toda a série foi 2013 com 110 dias com chuva ficando acima da média anual de dias com chuva, a qual é de 93 dias (Figura 6). Portanto não é de costume atrelar a maior quantidade de dias com chuva com o maior total anual. Além da quantidade é necessário considerar a intensidade da chuva. Muitos trabalhos têm mostrado que as chuvas estão mais concentradas nas últimas décadas, assim como em estudo feito por Nobrega et al. (2015), onde identificou-se volumes significativos de precipitação em poucos dias, sendo assim o volume pluviométrico anual é maior, entretanto a distribuição temporal é menor.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

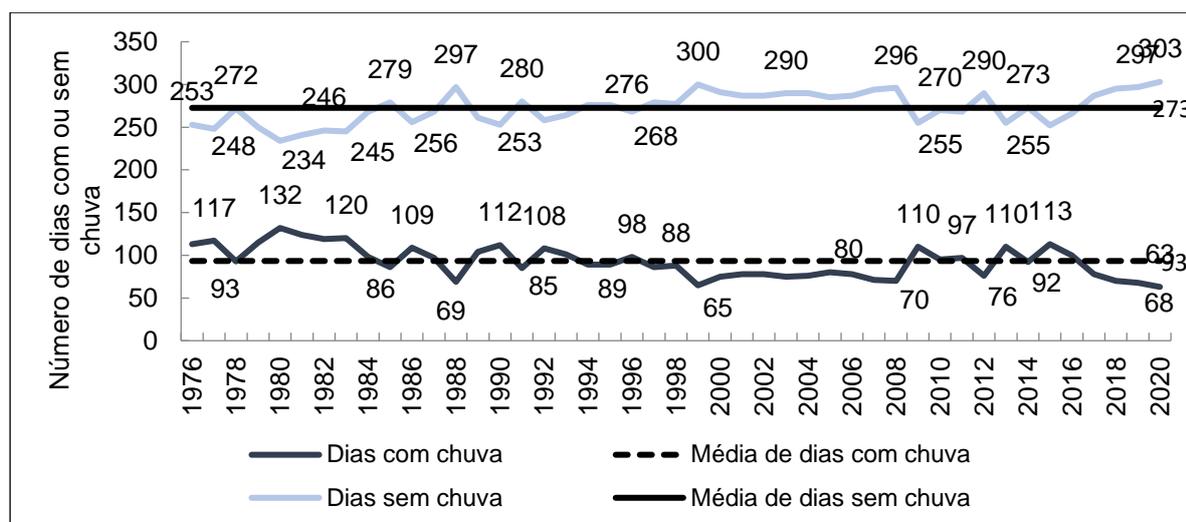
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

De acordo com a ocorrência de chuva com base em dados diários (Figura 6), o ano 1999 foi o que obteve o maior número de dias sem chuva (300 dias) este foi o que apresentou o menor total anual, 1125,9 mm (Figura 3), enquanto 1980 teve o menor número de dias sem chuva (234 dias) e ficando acima da média histórica com 2127,4 mm, pressupõe que as chuvas foram mais concentradas (ver Figura 3).

Entretanto o ano mais chuvoso, 2013, teve 255 dias sem chuva (Figura 6) com um acumulado anual de 2745,7 mm (ver Figura 3), evidenciando que no ano de 2013 houve uma maior concentração de dias com eventos de chuva mostrando desta forma que a mesma foi menos distribuída durante o ano.

Figura 6 – Total de dias com e sem ocorrência de chuva em Roncador – PR (1976 a 2020)



Fonte: Autoria Própria (2021).

A Tabela 1 apresenta o percentual de dias com precipitação em relação ao total de dias estudados por mês. O mês de março tem menos dias estudado por falta de dados no ano de 1983, assim como no mês de dezembro de 1982.

Entre os meses analisados, janeiro possui o maior percentual de dias com precipitação (35,12%), seguido de fevereiro com 34,43% de dias com precipitação, sendo os únicos meses que obtiveram valores acima de 30%.

Novamente é verificado que o segundo e terceiro trimestre são os mais secos, com valores abaixo da porcentagem total (25,46%), sendo este correspondente ao inverno. A



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

porcentagem total, equivale à soma dos dias com precipitação de todos os meses inseridos na série histórica em relação ao total de dias estudados desta mesma série.

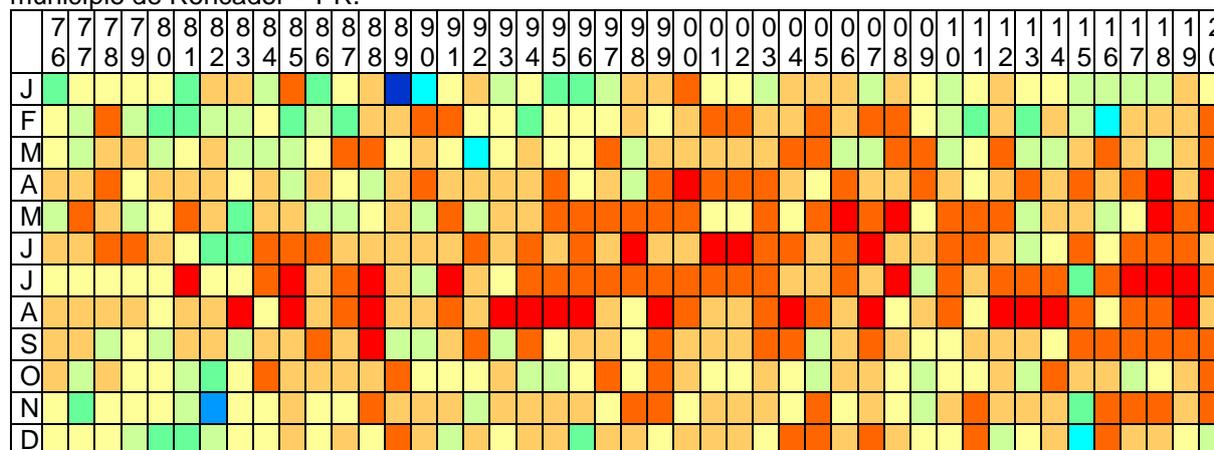
Tabela 1 – Percentual de dias com precipitação em relação ao total de dias analisados em Roncador – PR no período de 1976 a 2020.

Mês	Total de dias estudados	Dias com precipitação	Percentual (%)
Jan	1395	489	35,05
Fev	1272	432	33,96
Mar	1365	377	27,62
Abr	1350	291	21,56
Mai	1395	326	23,37
Jun	1350	265	19,63
Jul	1395	255	18,28
Ago	1395	227	16,27
Set	1350	322	23,85
Out	1395	405	29,03
Nov	1350	382	28,30
Dez	1364	399	29,25
Total	16376	4170	25,46

Fonte: Autoria Própria (2021).

O painel temporo-espacial mensal de dias com chuva ao longo de toda a série, Tabela 2, elaborado a partir da técnica de Sturges, define os intervalos de classes e permite constatar por meio da análise dos anos, que após 1991 houve um aumento na quantidade de meses com poucos dias com chuva, sendo em sua maioria variando entre a classe de 0 a 2 dias com chuva e 6 a 8 dias com chuva.

Tabela 2 - Painel temporo-espacial da ocorrência de dias com chuva para o período 1976 a 2020 no município de Roncador – PR.



Fonte: Autoria Própria (2021).

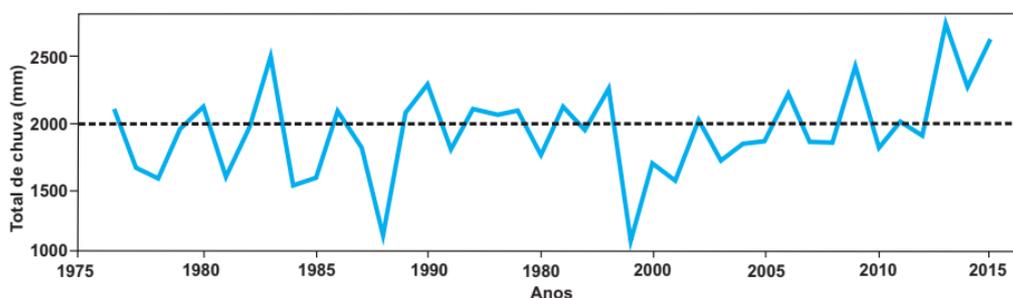


Nota-se que no início da série histórica, poucos anos tiveram os meses que estão inseridos no verão e primavera classificados com dias com chuva abaixo da classe 9 – 11, entretanto, no decorrer dos anos, observou-se que a diminuição nos dias com chuva não ficou restrito apenas às estações outono e inverno que são classificadas como estações com menor quantidade e frequência de precipitação pluviométrica.

3.3 Análise da tendência da precipitação total anual e da quantidade de dias com chuva

Em relação à precipitação total anual, embora apresente variação ao longo de todo o período da série histórica (Figura 7), não foi detectada tendência significativa ao nível de 5% de significância, de acordo com os resultados do teste de Mann-Kendall apresentado na Tabela 3.

Figura 7 – Tendência para o total anual de chuva no período de 1976 a 2015 para Roncador – PR.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Tabela 3 – Resultado do teste de Mann-Kendall da precipitação do total anual no período de 1976 a 2015 em Roncador - PR.

Código	Posto	Z	tau	p	Spearman	Kendall	Pearson
2452041	Roncador	1.5	0.164	0.138	0.238	0.164	0.282

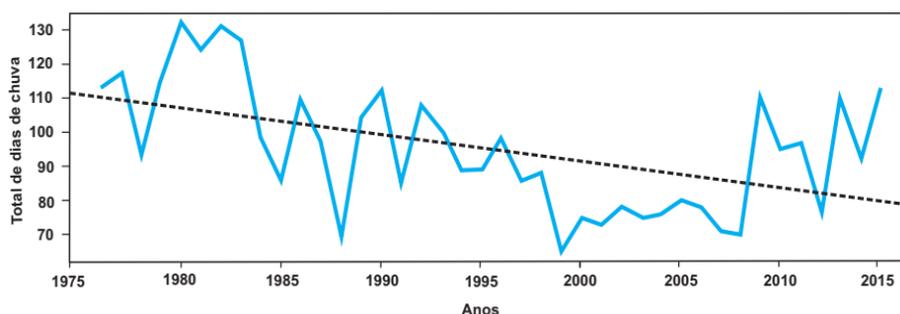
Fonte: Autoria Própria (2021).

Quanto à quantidade dos dias com chuva, observa uma variação no período analisado, como mostra a Figura 14, que representa uma tendência de redução na quantidade de dias com chuva a partir do ano de 1999.



Foi detectada nesta análise uma tendência significativa (negativa) de acordo com os resultados do teste de Mann-Kendall (Tabela 4).

Figura 8 – Tendência para o total anual de chuva no período de 1976 a 2015 para Roncador – PR.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Tabela 4 – Resultados do teste de Mann-Kendall para o total de dias com precipitação no período de 1976 a 2015, em Roncador - PR.

Código	Posto	Z	tau	p	Spearman	Kendall	Pearson
2452041	Roncador	-3.1	-0.342	0.001	-0.479	-0.344	-0.496

Fonte: Autoria Própria (2021).

4. Considerações finais

Não é possível associar esta tendência com as alterações no clima, considerando que são apenas 45 anos de dados, o que indica uma possível variabilidade ocorrida no período considerado para a análise.

Constata-se pelo teste de Mann-Kendall que não há tendência de aumento pluviométrico no total anual, mas sim uma redução dos dias com registro de precipitação, ou seja, chuvas mais concentradas. Este resultado é preocupante por afetar diretamente agricultura em toda sua fase de desenvolvimento. Importante destacar que caso não houver uso consciente e armazenamento a água, cada vez mais este recurso será escasso, por outro lado, eventos de chuvas intensas e pontuais, cada vez mais irão ser verificados e consequentemente relatados grandes prejuízos às comunidades rurais e urbanas.

A Engenharia Ambiental necessita cada vez mais destas análises de tendências em escalas variadas para que os dados sejam avaliados, entendidos e posteriormente, estes, auxiliem no dimensionamento de projetos em áreas urbanas, sejam eles, aterros sanitários,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

estações de tratamento de água, estações de tratamento de esgoto e locais de captação de água.

O presente estudo mostra o quanto é importante o conhecimento da Climatologia, principalmente na área ambiental. Através de um banco de dados da pluviosidade, por exemplo, é possível realizar várias análises com intuito de visualizar padrões predominantes de distribuição da precipitação ou verificar possível tendência, todas estas informações extraídas, trabalhadas, espacializadas é para que as mesmas sirvam de subsídios para as mais diversas áreas que dependem destas informações.

Considerando a ampla discussão referente às mudanças climáticas e as incertezas existentes é que se faz necessário com que mais trabalhos sejam realizados principalmente na escala diária.

5. Referências

GUEDES, Roberto Lage; SILVA DIAS, M. A. F. Estudo de tempestades severas associadas com jato subtropical na América do Sul. **Anais do III CBMET**. P 289-296, 1984.

INSTITUTO DE ÁGUA E TERRA – IAT. **Mapas e dados espaciais**. Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acesso em 19 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/roncador/panorama>. Acesso em: 03 jan. 2021.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. 4th ed., London: Charles W. Griffin. 1975.

MANN, H. B. Nonparametric test against trend. **Econometrica – Journal of the econometric society**, v. 13, n. 3, p. 245-59, New York-NY, 1945.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. Aquecimento Global: Uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v. 3, p.7-24, ago. 2008.

NOBREGA, Ranyére Silva; FARIAS, Rafeael Felipe de Lima; DOS SANTOS, Carlos Antonio Costa. **Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.30, n.2, p. 171-180. 2015.

REBOITA, Michelle Simões; KRUSCHE, Nisia; AMBRIZZI, Tércio; da ROCHA, Rosmeri Porfírio. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terra e Didática** 8(1), p. 34-50. 2012.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A VARIABILIDADE CLIMÁTICA DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA-MG, UM ESTUDO DA SÉRIE METEOROLÓGICA 2008-2020

DAIANE EVANGELISTA DE OLIVEIRA¹
CINTHIA MARIA AMARAL²
ISABELA BELMIRA SANTOS GIAROLA³
DÉBORA COUTO DE ASSIS⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar a série de dados dos elementos meteorológicos temperatura e precipitação, tendo o município de Viçosa, Minas Gerais, como área de estudo e os anos entre 2008-2020 como recorte temporal. Os procedimentos metodológicos adotados foram: coleta de dados diários no site do INMET (T_{máx}, T_{méd}, T_{mín} e Acumulado de Precipitação); tabulação e identificação de dias sem dados; realização de procedimentos estáticos para a identificação de anos padrão de chuva (secos, chuvosos e habituais) e de temperatura (quentes, frios e habituais) através da técnica do Desvio Padrão; identificação dos dias extremos considerando uma classe fixa de valores ("Precipitação > 50 mm", "T_{máx}>T_{máx}+5°C" e "T_{mín}<T_{mín}-5°C"); e a criação de gráficos e tabelas. Como resultados, constatou-se haver uma variabilidade climática identificada na análise interanual, intra-anual e diária. Há 2 grupos principais de anos: um entre 2010-2013 e outro entre 2014-2019, sendo o primeiro um período com chuvas mais habituais e mais frios e o segundo com extremos chuvosos e de T_{máx}. A análise mensal indicou que a estação chuvosa se localiza temporalmente entre os meses de outubro e abril de cada ano e que o período mais seco corresponde a agosto e setembro de cada ano. O levantamento de dias com extremos climáticos demonstrou que entre 2008 e 2020 houveram 65 dias com chuvas acima de 50mm, 142 dias com T_{máx} superior a "T_{máx} média + 5°C" e 119 dias com T_{mín} inferior a "T_{mín} média - 5°C".

Palavras-chave: Variabilidade Climática; Chuvas; Temperatura;

ABSTRACT

The objective of the study was to analyze a series of data on the meteorological elements temperature and rains, with the municipality of Viçosa, Minas Gerais, as the study area and a series of meteorology 2008-2020 as a time frame. The methodological procedures adopted were: daily data collection on the INMET website (T_{máx}, T_{méd}, T_{mín} and Cumulative Precipitation); tabulation and identification of days without data; performing static procedures to identify standard years of rain (dry, rainy and usual) and temperature (hot, cold and usual) using the Standard Deviation technique; identification of extreme days considering a fixed class of values ("Precipitation > 50mm", "T_{máx} > T_{máx} + 5 ° C" and "T_{mín} < T_{mín} - 5 ° C"); and

¹ Doutoranda, Universidade Estadual de Londrina (UEL), daiane.evangelista.oliveira@gmail.com

² Doutoranda, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), cinthiamamaral@ufrj.br

³ Doutoranda, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), isagiarola@ufrj.br

⁴ Doutoranda, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), debora.cassis@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

creating graphs and tables; As a result, it was found that there is a climatic variability identified in the interannual, intra-annual and daily analysis. There are 2 mains groups of years if one between 2010-2013 and the other between 2014-2019, the first period with more usual and colder rains and the second with rainy and with Tmax extremes. The monthly analysis indicated that the rainy season is located temporally between the months of October and April of each year and that the driest period corresponds to August and September of each year. The survey of days with climatic extremes demonstrated that between 2008 and 2020 there were 65 days with rain above 50mm, 142 days with Tmax greater than “ $T_{max} > T_{max} + 5^{\circ}C$ ” and 119 days with Tmin less than “ $T_{min} < T_{min} - 5^{\circ}C$ ”.

Keywords: Climate Variability; Rain; Temperature;

1. Introdução

Do século passado até os dias atuais houve um aumento populacional considerável, seja em grandes centros urbanos ou em pequenos municípios espalhados pelo Brasil e no mundo. Essa concentração populacional desordenada trouxe consigo diversos transtornos entre o homem e o ambiente, ao mesmo tempo que se intensificou o interesse sobre as alterações climáticas derivadas de processos de urbanização e industrialização em escala local (MENDONÇA; OLIVEIRA, 2007). Assim, torna-se imprescindível o conhecimento do espaço urbano e da dinâmica climática, para estabelecer medidas de manejo e gestão.

Surgiram, portanto, estudos abordando a variabilidade temporal e espacial dos atributos constituintes do clima, que possibilitaram obter estimativas mais precisas e elaborar modelos climáticos do comportamento dos fenômenos (FERREIRA *et al.*, 2012), diminuindo os impactos provenientes do clima. A variabilidade climática é um fenômeno inerente à dinâmica climática terrestre e aos fenômenos meteorológicos relacionados às condições nas tipologias de tempo e clima (SILVA *et al.*, 2016).

Há distintas escalas para a abordagem do fenômeno climático, sendo a anual, a mensal e a episódica as mais comumente utilizadas. Estas, consideram distintas perspectivas teórico-metodológicas que, segundo cada pesquisa ou pesquisador, dão bases científicas aos estudos. Dentre tais possibilidades se encontram as teorias do Excepcionalismo climático (MONTEIRO, 1991) e dos anos Padrão (MONTEIRO 1973), com o intuito de considerar tanto as habitualidades, como também os períodos atípicos nos estudos do clima.

Por sua vez, nos últimos anos, houve um provável aumento na ocorrência e intensidade de eventos ocasionados por extremos climáticos como, por exemplo, as



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

inundações e os movimentos de massa em decorrência da acentuada concentração populacional em áreas urbanas, sem que ocorresse um planejamento urbano adequado; o que ocasiona a ocupação em áreas inadequadas, como áreas de planícies de cursos d'água, topos de vertentes, dentre outras. Havendo, portanto, um aumento das áreas consideradas de risco, uma vez que, “um evento extremo torna-se um risco quando supera a capacidade material de determinada organização social para absorver, amortizar ou evitar seus efeitos negativos” (GONÇALVES, 2003, p. 75).

Desta maneira, a compreensão de eventos extremos, através de análise de séries de dados os elementos meteorológicos de temperatura e precipitação é de suma importância, pois é uma maneira de se determinar a ocorrência de mudança climática local (SILVA *et al.*, 2017), a partir de alterações na precipitação pluviométrica e das temperaturas máximas e mínimas.

Diante do apresentado, o objetivo deste trabalho foi analisar uma série de dados dos elementos meteorológicos temperatura e precipitação (entre os anos de 2008 a 2020), tendo o município de Viçosa, estado de Minas Gerais, como área de interesse de estudo e as teorias de Monteiro (1991) como embasamento teórico-metodológico.

2. Metodologia

2.1 Breve caracterização da área de estudo

O município de Viçosa (Figura 01) está localizado na mesorregião da Zona da Mata, no estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil, abrangendo uma área total de 299,418 km² e apresentando, de acordo com o último Censo Demográfico (IBGE, 2010), população de 72.220 habitantes, estimada em 79.388 habitantes para o ano de 2020 (IBGE, 2021).

Interpondo o Complexo da Mantiqueira e em parte do Complexo São Sebastião do Soberbo (CPRM, 2014), Viçosa configura relevo de Mares de Morros (AB'SABER, 2012), pertencendo a Bacia Hidrográfica do Rio Doce, na região Hidrográfica do Atlântico Sudeste (ANA, 2016), tendo como principais cursos d'água o rio Turvo Sujo e o seu principal afluente o ribeirão São Bartolomeu, que corta parte da área urbana central do município. O rio Turvo Sujo é afluente do rio Turvo Limpo, este que, por sua vez, é afluente do rio Piranga, um dos principais formadores do rio Doce (NUNES *et al.*, 2011; PARH PIRANGA, 2010).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Inserse-se no bioma de Mata Atlântica, no tipo vegetacional de Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO *et al.*, 1991), majoritariamente com remanescentes de matas secundárias e mais bem preservadas em topos de morro (AGUIAR; TEIXEIRA, 2015). Em relação ao clima, classifica-se como Tropical de Altitude sendo caracterizado por invernos mais secos e frios e verões mais quentes e chuvosos (SANT'ANNA NETTO, 2006; NIMER, 1989), apresentando, portanto, dois períodos bem definidos e distintos: dos meses de dezembro a fevereiro com volumes acentuados de chuva e temperaturas mais altas e, dos meses de maio a agosto, baixos índices pluviométricos (BATISTA; RODRIGUES, 2010).

Figura 01 - Localização da área de estudo: Viçosa/MG.



Fonte: Malha territorial do IBGE (2020) e Esri Ocean.

2.2 Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados foram, inicialmente, a coleta de dados diários dos elementos Temperatura (Temperatura Máxima - T_{máx}, Temperatura Média - T_{méd}, Temperatura Mínima - T_{mín}) e Precipitação (Acumulado de Precipitação),



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

disponibilizados no *site* do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, para o recorte temporal que engloba os anos entre 2008 e 2020. Tal período foi selecionado considerando a disponibilidade de dados para o município de Viçosa e o menor período com dados faltantes.

Após o *download* dos arquivos, no software *Microsoft Office Excel 365*, foi realizada a tabulação dos dados e a identificação dos dias que estavam sem informações, chegando a uma margem de erro percentual de 0,37% considerando 99% de nível de confiança. Tal margem não compromete a execução de um estudo climático.

A partir destes dados brutos, seguiu-se para a realização de procedimentos estatísticos, os quais podem ser divididos em 3 etapas:

a) Identificação dos Anos habituais e dos atípicos:

Objetivou a identificação de anos padrão de chuva (secos, chuvosos e habituais) conforme teorias de Monteiro (1973, 1991) e a adaptação desta teoria para o elemento Temperatura, visando indicar os anos mais frios, quentes e habituais. Para tal, utilizou-se da técnica do Desvio Padrão em relação à média por período (TAVARES, 1976).

b) Identificação dos meses atípicos

Teve o intuito de identificar o regime das chuvas e temperaturas nos meses que compõem a série de dados. Para tal, construiu-se climogramas mensais que permitiram verificar visualmente os meses com excedente ou déficit hídrico, bem como temperaturas mais baixas ou elevadas durante os anos analisados.

c) Identificação de dias extremos

Esta etapa correspondeu à identificação de dias extremos, considerando uma classe fixa de valores: Precipitação > 50mm no dia; Temperatura máxima > Temperatura máxima Média + 5°C; e Temperatura mínima < Temperatura mínima Média - 5°C". Assim, seriam identificados os dias com maiores ou menores acumulados de chuva bem como aqueles mais frios ou quentes, permitindo compreender a dinâmica climática da área.

3. Resultados e discussão

A análise da série histórica trouxe resultados concisos e que indicaram haver tanto uma variabilidade anual, como interanual e diária das chuvas e temperaturas para o município de Viçosa. Desta forma, optou-se por apresentarmos primeiramente os resultados referentes a variação anual, depois a mensal e pôr fim a diária, seguida das discussões de tais dados.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Em termos de variação anual (Quadro 1: Anos Padrão de Chuva e Temperatura) foi constatado haver 2 grupos principais de anos, um entre 2010-2013 e outro entre 2014-2019, sendo o primeiro um período com chuvas mais habituais e mais frios e o segundo com extremos chuvosos e mais quentes.

Quadro 1 - Anos Padrão de Chuva e Temperatura.

Anos Padrão													
Ano	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Precipitação	1788,8	1768,4	1395,6	1234,4	1271,2	1421,8	905,6	1296,0	1235,4	891,0	1372,2	1307,6	1784,0
Tmax	25,8	26,3	26,0	25,1	26,1	25,8	27,5	27,8	27,5	27,1	26,8	27,8	26,9
Tmed	19,3	20,0	19,0	18,4	19,3	19,4	20,1	20,7	20,5	20,0	20,1	20,6	20,0
Tmin	14,9	15,9	14,3	14,1	14,7	15,4	15,2	16,0	16,0	15,3	15,8	15,9	15,7
	1°		2°				3°					4°	
	Mais Frios			Mais quentes			Menos Chuvosos			Mais Chuvosos			

Fonte: Organizado pelas autoras. Fonte de dados: INMET (2008-2020).

Os anos de 2008, 2009 e 2020 foram caracterizados por serem mais chuvosos, enquanto que 2014 e 2017 foram os mais secos. Por sua vez, as temperaturas médias, máximas e mínimas apresentaram um padrão em que as três variáveis do elemento temperatura seguiram em paralelo nos anos de 2008, 2010, 2011 e 2012, ou seja, nestes anos as temperaturas foram mais baixas para Tmax, Tmed e Tmin.

Os anos de 2015 e 2019 apresentaram Tmed e Tmax acima da média histórica, enquanto que de 2013 a 2020 as Tmin registradas se enquadram como habituais. Analisando os dados históricos referentes ao fenômeno ENOS (CPC, 2020), tem-se que o *El Niño* que atuava nos anos de 2015-2016 foi considerado um dos mais fortes desde a década de 50 (índice entre 0,5 a 2,6), podendo estar associado à gênese destas temperaturas elevadas.

Analisando tais variáveis através do gráfico de variabilidade interanual dos dados (Gráfico 1 - Variabilidade interanual dos dados), tem-se que a série meteorológica apresentou Tmin, Tmed e Tmax que seguiram, em sua maioria, paralelamente às chuvas. Porém, o ano de 2014 representou exceção, uma vez que neste as temperaturas e chuvas foram inversamente proporcionais. Tal ano esteve sob atuação de um bloqueio atmosférico que impediu a chegada de frentes frias à região Sudeste o que pode ter sido a gênese destas temperaturas mais elevadas no município de Viçosa.

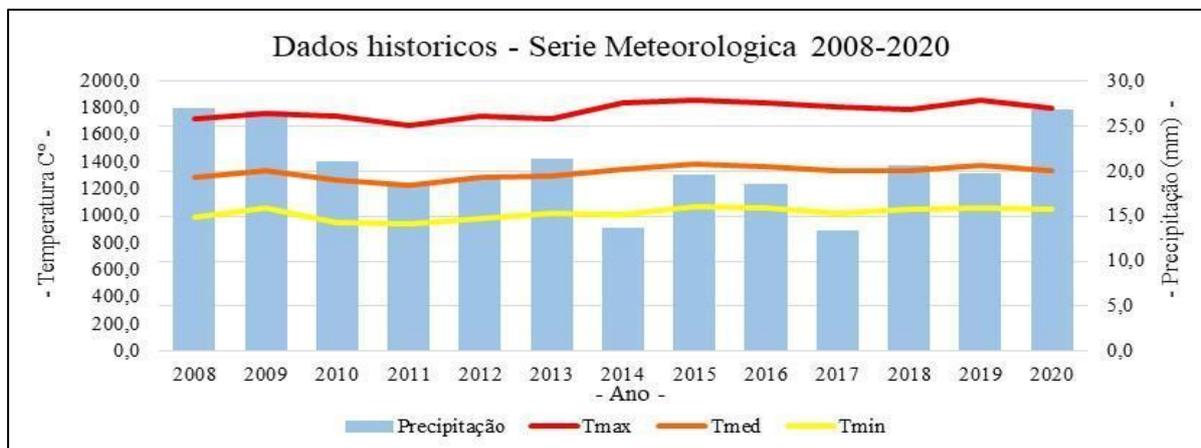


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 1 - Variabilidade interanual dos dados.



Fonte: Organizado pelas autoras. Fonte de dados: INMET (2008-2020).

Através do gráfico 1 é possível observar significativa amplitude térmica no ano de 2014, variando entre 27,5° e 15,2° C, a qual está, possivelmente, associada ao ano seco, com total pluviométrico de 905.6 mm. Isso se justifica pois serem elementos climáticos inversamente proporcionais, uma vez que com o aumento da temperatura do ar aumenta-se sua capacidade de retenção de calor, diminuindo, assim, a umidade relativa presente. O calor específico da água, faz com que a temperatura se conserve por mais tempo, diminuindo também a amplitude.

Em relação a variação mensal (Gráfico 2 - Variabilidade intra-anual dos dados), tem-se que a estação chuvosa se localiza temporalmente entre os meses de outubro e abril de cada ano e que o período mais seco corresponde a agosto e setembro. No entanto, houveram anos como os de 2010, 2012, 2015, 2017, 2019 e 2020, em que a estação chuvosa se estendeu até o mês de julho. Apenas o ano de 2008 não apresentou uma estação mais seca definida, tendo registros de chuvas em todos os meses, mesmo que apresentando um acumulado anual total dentro a média histórica. Houve um regime mais homogêneo de distribuição das chuvas em 2008, que justifica tal configuração.

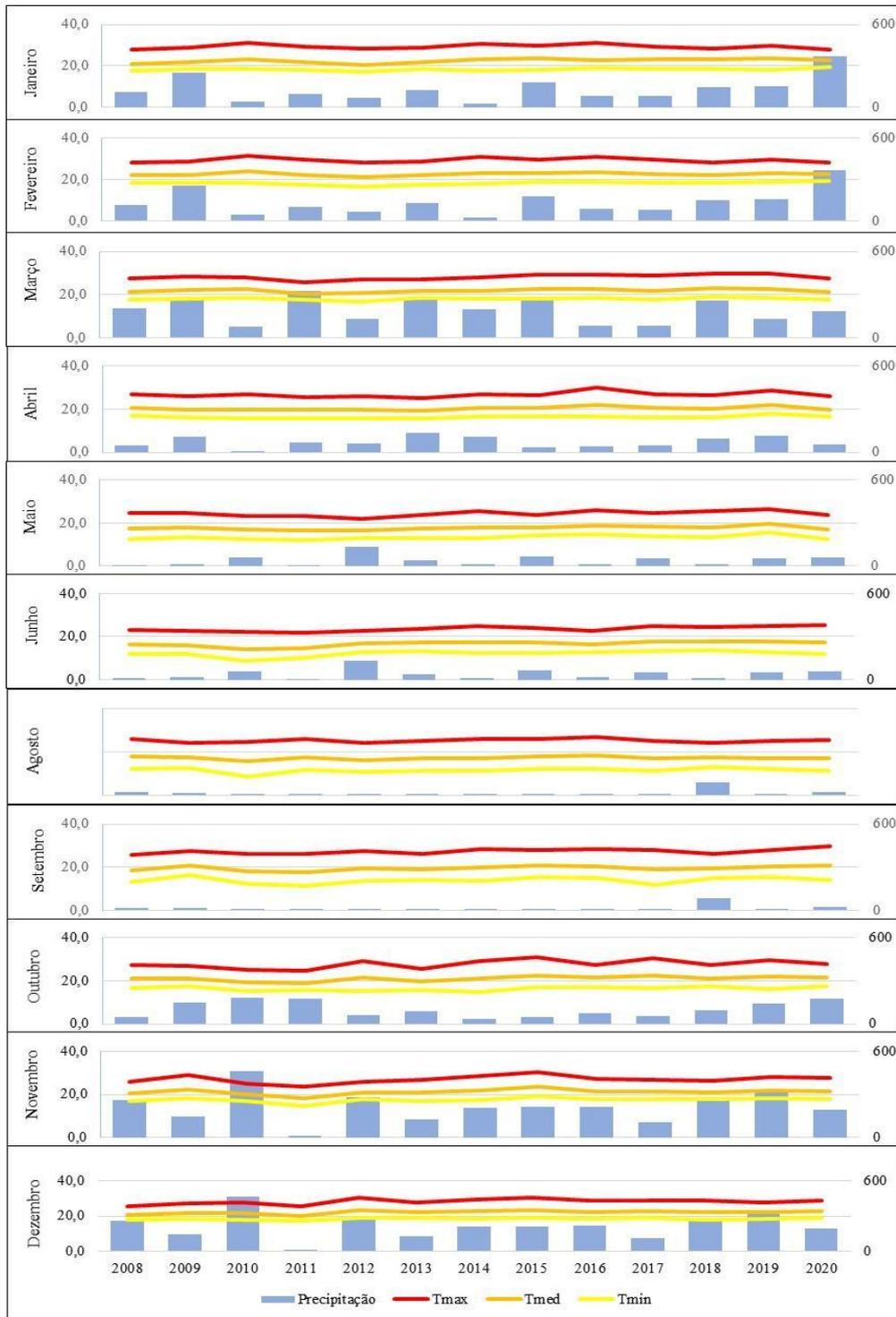


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 2 - Variabilidade intra-anual dos dados.



Fonte: Organizado pelas autoras. Fonte de dados: INMET (2008-2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O regime das chuvas indicou que os anos de 2009, 2011, 2012, 2013, 2015, 2018, 2019 e 2020 apresentaram maior acumulado para o período de janeiro-abril de cada ano, enquanto que para outubro-dezembro houve maior homogeneidade nos registros e apenas os anos de 2010, 2011 e 2017 foram atípicos. A variabilidade interanual das temperaturas, por sua vez, indicou haver maior homogeneidade de janeiro a março quando comparado a outubro-dezembro, ou seja, temperatura e chuvas apresentaram dados inversamente proporcionais.

Constatou-se que de janeiro a março e para o mês de dezembro as T_{max} , T_{med} e T_{min} apresentam valores mais próximos entre si, enquanto que de abril a outubro há maiores diferenciações, principalmente em relação a T_{max} .

O levantamento de dias com extremos climáticos (Quadro 2 - Quantitativo de dias com extremos de temperatura e chuva) indicou que entre 2008 e 2020 houveram 65 dias com chuvas acima de 50mm, 142 dias com T_{max} superior a " T_{max} média + 5°C" e 119 dias com T_{min} inferior a " T_{min} média - 5°C". Assim, dos 4.748 dias analisados (série meteorológica 2008-2020) 326 apresentaram episódios extremos, ou seja 6,8% dos dias.

Considerando apenas os dias com extremos climáticos que se enquadram enquanto Ondas de frio e calor por se repetirem por 5 dias consecutivos ou mais (OMM-WMO-TD No. 1071), tem-se 3 episódios de Ondas de calor (2012, 2014 e 2015) e 3 episódios de Ondas de frio (2008, 2010 e 2011). Tais eventos apresentaram correspondência com os períodos encontrados no quadro 1, visto que o 2º grupo de anos coincidiu com as Ondas de frio e o 3º grupo com as Ondas de calor.

A precipitação apresentou uma distribuição homogênea em relação aos extremos, uma vez que variou entre 2 e 10 dias, enquanto que as temperaturas foram mais heterogêneas e oscilaram entre 1 e 23 dias para T_{max} e 0 e 26 dias para T_{min} . Porém, o quantitativo de extremos de chuvas não permitiu identificar períodos com maior ou menor número de episódios atípicos visto que entre 2008 e 2014 houve tendência a maior quantitativo de extremos de T_{min} e entre 2013 e 2020 de extremos de T_{max} . Tal dado apresentou correspondência com o abordado anteriormente, quando foram apresentados os resultados referentes ao Quadro 1.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Quadro 2 - Quantitativo de dias com extremos de temperatura e chuva.

Mês	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
janeyro	1	1	1	1	0	0	0	0	3	0	1	0	4
fevereiro	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
março	1	1	0	1	1	1	2	2	0	0	1	0	0
abril	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
maio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
junho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
julho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
setembro	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
outubro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
novembro	1	0	3	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
dezembro	6	1	3	2	3	0	3	1	1	2	0	2	0
n° de dias comacumulado de chuva superior a 50mm	10	6	7	4	5	3	5	5	4	2	3	3	8

Mês	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
janeyro		0	0	0	0	0	1	3	1	1	1	1	1
fevereiro	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
março	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abril	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
maio	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	2	0
junho	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	1	2	1
julho	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
agosto	0	0	0	2	0	1	1	0	3	2	0	1	1
setembro	1	1	0	0	4	1	2	5	3	1	0	5	7
outubro	2	0	0	0	6	0	9	6	3	6	1	1	8
novembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dezembro	0	0	0	0	2	2	1	8	2	1	0	5	1
n° de dias comtemperatura máxima superior a 5°C emrelação a Tmaxmédia	4	1	4	2	12	4	15	23	22	14	3	19	19

Mês	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
janeyro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fevereiro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
março	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abril	0	2	1	0	1	4	2	0	0	1	0	0	1
maio	1	0	2	3	0	0	1	0	0	0	2	0	5
junho	0	2	9	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0
julho	2	0	1	4	2	0	0	0	0	0	0	3	0
agosto	0	0	6	0	0	1	2	0	0	0	0	2	1
setembro	3	0	7	7	4	1	3	0	0	3	0	0	0
outubro	1	0	0	2	3	2	4	0	0	0	0	0	0
novembro	0	0	0	7	0	0	2	0	2	0	0	0	1
dezembro	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
n° de dias comtemperatura mínima inferior a 5°C emrelação a Tmin média	7	4	26	25	10	8	15	0	4	4	3	5	8

Fonte: Organizado pelas autoras. Fonte de dados: INMET (2008-2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Analisando cada ano, constatou-se que 2009, 2013 e 2018 foram os que apresentaram menor quantitativo de extremos para as três variáveis analisadas (Tmax, Tmin e Precipitação), enquanto que os anos de 2012, 2014 e 2020 foram os que apresentaram maior quantitativo de extremos em comum.

Buscando em reportagens vinculadas a revistas e jornais publicados no período temporal 2008-2020 foi constatado que anos atípicos como 2014, 2015 e 2016 estavam dentre as publicações encontradas (Figuras 2- Reportagens com anos atípicos; Figura 3: Reportagens para o município de Viçosa-MG). Tais anos representam períodos atípicos e, como tal, é comum que sejam reportados, bem como permaneçam na memória dos indivíduos, por terem influenciado diretamente a vida dos viçosenses. Há um maior quantitativo de documentos vinculados à dinâmica das chuvas quando comparado às temperaturas.

Figura 2 - Reportagens com anos atípicos.



Fonte: <https://www.terra.com.br/>;
<https://www.otempo.com.br/>; <http://g1.globo.com/>;
Acesso em: Abril de 2021.

Figura 3 - Reportagens para o município de Viçosa.



Fonte: <http://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/>;
<https://primeirosaber.com.br/>;
<https://www.em.com.br/>; Acesso em: Abril de 2021.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Porém é importante destacar que estes transtornos estão mais associados aos fatores de gestão das atividades humanas do que propriamente ao elemento climático, uma vez que são eventos cíclicos, que podem ser reconhecidos através de análises como a que o presente artigo se propõe a fazer. Portanto, faz-se necessário que órgãos gestores façam uso destes dados e estudos, para a gestão de recursos essenciais como a água e o uso inteligente do território urbano.

4. Considerações finais

O objetivo central do estudo foi analisar a variabilidade dos elementos meteorológicos precipitação e temperatura, tendo o município de Viçosa-MG como área de estudo e a série meteorológica 2008-2020 como recorte temporal. Tal problemática é de suma importância, visto a contribuição que representa para o entendimento das alterações e regimes nas tipologias de tempo e clima e a possibilidade de identificação da dinâmica habitual e dos eventos atípicos, vindo a justificar estudos como este.

A análise aprofundada das séries de dados, de forma a perpassar as escalas anuais, mensais e diárias, proporcionam identificar episódios que podem trazer transtornos para a população vulnerável que pode não estar preparada para lidar com tais intempéries. A análise da variabilidade climática do município de Viçosa representa, portanto, um produto de gestão e planejamento urbano, na medida que exprime a caracterização da distribuição temporal de seu clima, viabilizando a proposição de ações estratégicas.

Constatou-se haver uma variabilidade climática identificada na análise interanual, intra-anual e diária. Há 2 grupos principais de anos: 1 entre 2010-2013 e outro entre 2014-2019, sendo o primeiro um período com chuvas mais habituais e mais frio e o segundo com extremos chuvosos e de Tmax. A análise mensal indicou que a estação chuvosa se localiza temporalmente entre os meses de outubro e abril de cada ano e que o período mais seco corresponde a agosto e setembro de cada ano. O levantamento de dias com extremos climáticos demonstrou que entre 2008 e 2020 houveram 65 dias com chuvas acima de 50mm, 142 dias com Tmax superior a "Tmax média + 5°C" e 119 dias com Tmin inferior a "Tmin média - 5°C".

Estes resultados indicaram que o município de Viçosa apresenta uma configuração climática que se assemelha ao encontrado em outros locais da microrregião da Zona da Mata



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mineira (OLIVEIRA, et al, 2018; ASSIS, 2018). Dois períodos climáticos foram identificados, os quais podem ter suas gêneses vinculadas a distintas interações entre fatores de formação do clima (NIMER, 1989; SANT'ANNA NETTO, 2005) como é o caso da localização geográfica do município e das interações atmosféricas regionais e globais.

Diante do que foi apresentado, pode-se dizer que a execução do estudo retornou a resultados coesos e que podem contribuir para o planejamento e gestão do município de Viçosa. Aconselha-se, porém, que seja considerado em interação com outros atributos do meio físico e social, visto que somente uma análise totalitária e integrada do fenômeno climático é que viria a diminuir os impactos frente aos eventos atípicos, bem como garantir o seu uso enquanto recurso energético.

5. Referências

AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Editora Ateliê, 2012.

AGUIAR, O. B. M.; TEIXEIRA, H. M. Espécies florestais da mata atlântica: Usos e ocorrência na bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG. In: Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Vol. 10, Nº 3 de 2015. Disponível em: <http://www.abaagroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/17959> . Acesso em: 11 abr. 2021.

ANA - Agência Nacional de Águas. Bacia do Rio Doce: Rompimento da Barragem em Mariana/MG. Encarte Especial sobre Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil (Informe 2015). ANA & MMA. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR, Brasília-DF, 2016. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf. Acesso em 10 abr. 2021.

ASSI, D.C.; FERREIRA, C.C.M. Zoneamento térmico e suas correlações associadas aos padrões de uso e ocupação da terra da região urbana centro em Juiz de Fora - MG. Revista Brasileira de Climatologia. v.22. p.554-573. 2018.

BATISTA, M. S.; RODRIGUES, R. A. Análise climática de Viçosa associada á ocorrência de eventos pluviométricos extremos. Caminhos de Geografia, Instituto de Geografia – ufu, v. 11, n.36, p. 52 - 67, dez. 2010. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16113>. Acesso em: 11 abr. 2021.

BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. Curitiba: CRV, 2016.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil). Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais. Escala 1: 1 000 000. Edição atualizada. – Brasil: CPRM, 2014.

CPC - Climate Prediction Center. **Cold & Warm Episodes by Season**. Disponível em: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso em: 24.abr. 2021.

FERREIRA, C. C. M.; OLIVEIRA, D. E.; ASSIS, D. C.; PIMENTEL, F. O. Análise da variação espacial e temporal da precipitação na bacia hidrográfica do rio Paraíba MG/RJ. Revista GEONORTE, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.922 – 934, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/vicosa>. Acesso em 10 abr. 2021.

GONÇALVES, N. M. S. Os impactos pluviais e a desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C. A. de F. (Org.). Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003.

MENDONÇA, M.; ROMERO, H.; OPAZZO, D. Análise multiescalar para a compreensão de causas e consequências da variabilidade climática na América do Sul. In: SILVA, C.A.; FIALHO, E.S.; STEINKE, E. **Experimentos em climatologia geográfica**. Dourados, MS: UFGD, 2014.

NUNES, D. G.; SILVA, D. D.; MATOS, A. T. Índice de qualidade da água em trechos do rio turvo sujo, Viçosa-MG. In: REVENG. Engenharia na Agricultura. Viçosa-MG. V.19 N.5, Setembro/Outubro 2011. 459 - 468 p.

MOLION, L.C.B. Considerações sobre o aquecimento global antropogênico. Informe Agropecuário 29: 7-18. 2008.

MONTEIRO, C. A. F., **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: Estudo geográfico sob a forma de atlas**. Universidade de São Paulo, Inst. Geografia. 129 p. 1973.

NIMER, E.; IBGE.. **Climatologia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

OLIVEIRA, D.E.; ASSIS, D.C.; FERREIRA, C.C.M.; Dinâmica climática regional em municípios da zona da mata, campo das vertentes e sul e sudoeste de minas gerais: as ondas de calor e frio. **Revista Brasileira de Climatologia**. Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais., p. 290-310. 2018.

OMM. Reports published through the World Climate Data and Monitoring Programme (WCDMP) series. WCDMP-No.47, WMO-TD No. 1071.

PARH PIRANGA. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce: Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Piranga PARH PIRANGA. CONSÓRCIO ECOPLAN - LUME, Contrato Nº 002/2007 - IGAM, 2010.

TAVARES, A. C., Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia**, Rio Claro, v.1, n.1, p.79-87, 1976.

TERASSI, P.M.B.; GALVANI, E. O efeito orográfico da serra do mar e o potencial erosivo das chuvas nas bacias hidrográficas do Ribeira e Litorânea – Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21, p.327-345, 2017.

SANT'ANNA NETO, J.L.; Decálogo da Climatologia do Sudeste. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, ano 1. p. 43-60, 2005.

SILVA, E. R. A. C.; MIRANDA, R. de Q.; FERREIRA, P. dos S.; GOMES, V. P.; GALVÍNIO, J. D. Estimativa do Estresse Hidrológico na Bacia Hidrográfica do Riacho do Pontal-PE. **Caderno de Geografia**, v.26, n.47, 2016.

SILVA, R. O. B. da; Montenegro, S. M. G. L.; Souza, W. M. de; Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Eng. Sanit. Ambient.**, v.22 n.3, p.579-589, maio/jun 2017.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A.. **Classificação da Vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

WMO, World Meteorological Organization. **Global Climate Observing System**. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/programmes/global-climate-observing-system>. Acesso em: 10 abr. 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A DENDROCLIMATOLOGIA SOB PERSPECTIVA GEOGRÁFICA

KAREN ANDRESSA RAMOS¹
LINDBERG NASCIMENTO JÚNIOR²

RESUMO

O objetivo da pesquisa é avaliar a dendroclimatologia como um campo científico que interessa à ciência geográfica. O procedimento metodológico utilizado foi de revisão bibliográfica, de caráter exploratório e de abordagem qualitativa. Discute-se que no contexto geográfico o clima é um elemento fundamental para os processos dinâmicos do ambiente terrestre e que o passado é a chave para compreender como tais processos se desenvolvem. A dendrocronologia é uma ciência que se utiliza anéis de crescimento para mensurar idades das árvores, concebendo-os de forma abrangente como indicadores naturais tempo. A partir deste princípio os estudos da dendrocronologia são orientados para verificação da relevância do fator climático na fisiologia das árvores, ao mesmo tempo o estudo do clima, por sua vez, auxiliou na institucionalização do subcampo denominado dendroclimatologia. Neste contexto, a dendroclimatologia apresenta princípios fundamentais para o método, pesquisa e finalidade aos estudos geográficos do clima. Como resultado, apontam-se contribuições para as pesquisas geográficas que tenham como foco o fenômeno climático na escala da variabilidade.

Palavras-chave: Anéis de árvores; Clima; Paisagem.

ABSTRACT

The objective of the research is to evaluate dendroclimatology as a scientific field that is of interest to geographic science. The methodological procedure used was a bibliographic review, with an exploratory character and a qualitative approach. It is argued that in the geographical context, climate is a fundamental element for the dynamic processes of the terrestrial environment and that the past is the key to understanding how such processes develop. Dendrochronology is a science that uses growth rings to measure the ages of trees, conceiving them comprehensively as natural indicators of time. Based on this principle, studies of dendrochronology are oriented to verify the relevance of the climatic factor in the physiology of trees, at the same time the study of climate, in turn, helped in the institutionalization of the subfield called dendroclimatology. In this context, dendroclimatology presents fundamental principles for the method, research and purpose of geographic studies of the climate. As a result, contributions to geographic research that focus on the climatic phenomenon on the scale of variability are pointed out.

Keywords: Tree rings; Climate; Landscape.

¹ Mestranda em Geografia - Unidade de Conservação e Recursos Naturais, Laboratório de Climatologia Aplicada – LabClima, UFSC, kandressa17@gmail.com

² Professor do Departamento de Geociências - GCN, Laboratório de Climatologia Aplicada – LabClima, UFSC, lindberg.junior@ufsc.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

Desde os primórdios da humanidade a interação entre clima e sociedade tem sido pensada a partir do espaço geográfico enquanto unidade fundamental. O espaço geográfico, com os elementos naturais e culturais inseridos, é em parte resultado da dinâmica climática que atua no planeta. Os condicionantes climáticos são entendidos como uma das principais formas de energia para os mecanismos físicos, ao mesmo tempo em que orienta parte das decisões políticas e dos processos econômicos (SANT'ANNA NETO, 2011).

O sentido é de que as “[...] principais bases da vida para a humanidade, principalmente o ar, a água, o alimento e o abrigo, estão na dependência do clima” (AYOADE, 2011, p. 286). Em outras palavras, o clima é um dos fenômenos decisivos no controle da dinâmica natural terrestre, pois influencia em intensidades distintas o ciclo hidrológico, as estratégias reprodutivas e as distribuições biogeográficas dos seres vivos, a deposição sedimentar e os tipos e volumes dos produtos do intemperismo (SUGUIO, 2010).

Obviamente os seres humanos e suas sociedades estão de alguma maneira articulados às variações climáticas cíclicas e excepcionais. Desta concepção, a geografia tem tomado o passo para desenvolver e consolidar estudos da relação clima e espaço geográfico. Oferecendo meios para distinguir e interpretar a ordem espacial do fenômeno climático.

Nesta perspectiva é comum que os estudos geográficos apresentem a dimensão histórica no processo de investigação do clima, recorrendo, sobretudo à observação dos elementos no passado próximo e distante. O sentido é de que o clima (e a natureza) tem uma história, um passado que é organizado pela combinação de diferentes eventos e momentos em uma sucessão cronológica, acumulativa, cíclica e evolutiva.

O resultado pode ser visualizado pelas estruturas dos sistemas naturais no presente, que remontam a gênese e a formação por diversos processos, bem como as suas manifestações em termos de transformações e mudanças. Esse caráter atende o princípio uniformitarista nas ciências da natureza, como um dos principais paradigmas da modernidade.

A institucionalização dos subcampos das geociências, como por exemplo, a Paleoclimatologia, que é “[...] estudo de mudanças climáticas passadas que podem ser reconstruídas a partir de uma infinidade de arquivos geológicos e biológicos [...] (CRONIN, 1999, p. 4, tradução nossa)” auxiliou de forma crucial na validação desse paradigma, uma vez que ao mesmo tempo contribuiu para definir uma história natural do clima e ofereceu



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

possibilidades de compreensão da variabilidade climática como processo explicativo na história da Terra. Em geral, na paleoclimatologia, os estudos são desenvolvidos por medidas relativas encontradas no ambiente atual, na forma de conjunto de atributos extraídos de anéis de árvores, pólenes, fósseis, testemunhos de gelo, corais e espeleotemas, tradicionalmente chamadas de indicadores paleoclimáticos.

Com a sistematização destes processos, bem como dos princípios teóricos e dos meios de investigação, a paleoclimatologia foi consolidada como disciplina científica resultando em outros campos, sendo um destes a dendrocronologia, estudo da idade das árvores extraindo informações exclusivamente por meio de anéis de crescimento das árvores. E da dendrocronologia, o enfoque aos estudos do clima, originou a dendroclimatologia.

Diante do exposto e considerando as naturezas da ciência geográfica, o objetivo do trabalho é avaliar os fundamentos teórico-metodológicos da dendroclimatologia que interessam aos estudos geográficos do clima. O intuito foi de aproximar o debate da dendrocronologia com a geografia, cujo interesse é oferecer uma sistematização inicial sobre os critérios e estratégias (teóricas, metodológicas e práticas) aos estudos desenvolvidos a partir da dendroclimatologia que podem interessar a análise geográfica do clima, ou que podem ser adotadas nas pesquisas da climatologia geográfica.

2. Procedimentos metodológicos

O desenvolvimento do trabalho foi baseado em um levantamento bibliográfico e teve caráter exploratório de abordagem qualitativa. O interesse foi construir um quadro analítico a respeito da dendrocronologia que pudesse evidenciar suas correspondências com a geografia, admitindo seus campos de atuação, história, teorias e procedimentos metodológicos.

Para estabelecer a conexão da dendroclimatologia com a climatologia geográfica, foram destacadas as particularidades do estudo do clima que favorecem de algum modo contribuições no âmbito da geografia. Para isso foram selecionados vinte trabalhos (artigos, dissertações e teses) mais citados na plataforma *Google Scholar* que continham exclusivamente o objetivo de 'reconstruir os climas com anéis de árvores' e utilizavam os elementos climáticos, como precipitação e/ou temperatura, para análise dos climas pretéritos. Em grande parte, as análises também são demonstradas por meio de figuras em fluxogramas.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3. Dendrocronologia: o Tempo registrado em árvores

Especificamente na geografia física o estudo com foco nas dinâmicas da natureza busca compreender o processo genético e estruturador das paisagens, com o auxílio de instrumentos tecnológicos (elaborados pelo trabalho humano), que oferecem a possibilidades de ordenar, classificar e hierarquizar as unidades naturais de paisagem (VITTE, 2007).

Para a determinação da gênese, da estruturação e da evolução das paisagens é imprescindível utilizar o tempo como categoria análise e de resposta. Considerar o passado é, portanto, a estratégia analítica e a chave de entendimento dos processos atuais e a possibilidade de indicar mudanças no futuro (que remetem aos princípios do uniformitarismo) e também por a geografia sempre apresentar o lugar como produto histórico e particular.

Neste sentido diversos/as autores/as têm contribuído para indicar a importância do Tempo, da Temporalidade e da dimensão temporal nos estudos geográficos da paisagem. Não é à toa que se utiliza para essa finalidade outras categorias temporais, como duração, período, cronologia, ciclo, ritmo, variação, estabilidade, etc., para remeter como transformações (instabilidades) e permanências (estabilidade) fazem parte de um mesmo processo, de um mesmo movimento e que podem ser submetidas às construções teóricas diversas - estáticas, dinâmicas, sistêmicas, críticas, entre outras (SALVADOR, 1998).

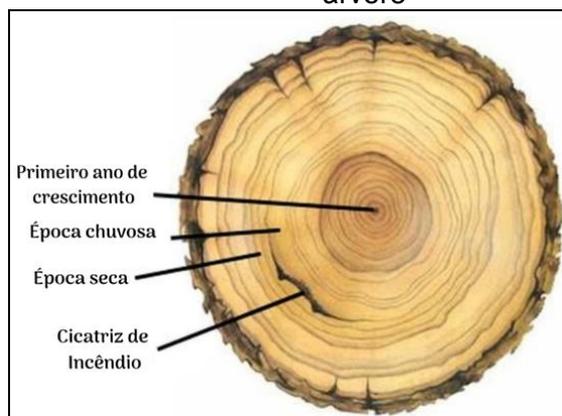
No entanto, os registros instrumentais tecnológicos atuais, como estações meteorológicas, marégrafos e satélites possuem dados disponíveis de apenas um ou dois séculos atrás e por isso são limitados para análises profundas e mais longas. Neste aspecto, uma parte dos estudiosos tem se dedicado a utilizar também indicadores ou arquivos naturais que proporcionam medidas indiretas, que podem prolongar a sequência temporal até alguns milhares de anos e que em parte, servem para descrever a história natural das paisagens, seus processos de formação e evolução.

Dentre as medidas convencionalmente utilizadas nos estudos do clima, podem-se citar os anéis de árvores, que é a dendrocronologia, são utilizados para determinar as idades a partir do número de anéis de crescimento (Figura 1), que no conjunto, representam uma unidade de registro de tempo estruturada nos troncos em uma sequência circular crescente. Essa estrutura é assumida como uma medida de anos, contabilizados desde seu nascimento (anel central) até os períodos mais recentes (anéis periféricos) a partir do crescimento sazonal



das árvores representado por anéis escuros (final da estação de crescimento – Outono) e por anéis claros (estação de crescimento – Primavera) (Figura 2).

Figura 14 - Anéis de crescimento de uma árvore



Fonte: Ecosistemas (2019).

Figura 15 - Anéis de árvore e suas variações de acordo com a estação



Fonte: Santos (2011).

Assim, a dendrocronologia tem oferecido um dos procedimentos mais consistentes de datação que atende primeiro, pela sua confiabilidade de registros e em seguida pela correspondência dos impactos e variações ambientais. O sentido é que as árvores apresentam uma idade relativamente longa em relação à história dos seres humanos, podendo preservar informações milenares. Algumas espécies podem alcançar idades extraordinárias, como a espécie *Pinus longaeva*, que vivem por aproximadamente 5.000 anos (CURREY, 1965; FERGUSON, 1968).

Seu estudo foi iniciado ainda com os gregos a partir do conhecimento baseado na observação de que as árvores formavam anéis com base anual e que a largura e certas características variam de ano para ano (SHEPPARD, 2010). Neste período é que se pode considerar a origem do termo dendrocronologia, cujo prefixo grego *dendro* é relativo à palavra árvore - *dendron* e *krónos*, indica cronologia, como nome do campo de estudos que lida com o tempo e a atribuição de datas a eventos específicos (FRITTS, 1976).

Deste momento, conforme os escritos de Theophrastus, há 370 a.C, no livro chamado *Pery phytōn Historia*, os anéis de árvores apresentavam marcadamente a estrutura e organização nos troncos que poderiam ser relacionados aos anos (BENTON, 1973 *apud* COELHO, 2011). Em seguida, Leonardo da Vinci (século XV), estabeleceu que a variação



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

dos tamanhos e largura dos anéis estaria associada também às mudanças ambientais no momento de seu nascimento e nos seus estágios de formação (SHEPPARD, 2010).

Informações sistemáticas sobre esses indicadores foram incorporadas somente a partir do século XIX, pelo astrônomo Jacobus Cornelius Kapteyn, quando observou que os carvalhos mostravam uma substancial relação entre tamanho e largura dos anéis e variação da chuva na região do Reno, Holanda (DOUGLASS, 1920). Foi somente a partir destes indícios que mais tarde, Andrew Ellicott Douglass passou a desenvolver estudos de cronologia com os anéis de árvores, tornando um dos principais fundadores da dendrocronologia como campo científico institucionalizado.

Recentemente, Harold Fritts avançou no desenvolvimento sistemático dos procedimentos próprios e consistentes para a dendrocronologia e estabeleceu o conjunto de nove princípios fundamentais que são Uniformitarismo, Fator Limitante, Seleção de Locais, Sensibilidade, Datação Cruzada, Repetição, Padronização, Calibração e Verificação (FRITTS, 1976).

Atualmente, Kaennel e Schweingruber (1995, p. 92), sugerem a dendrocronologia seja entendida como uma “[...] ciência que possibilita a datação dos anéis de crescimento. Inclui pesquisas sobre o conteúdo de informações existentes na estrutura dos anéis de crescimento e aplicações para questões relativas ao meio ambiente e à história”.

Já, Smith (2008, p. 185, tradução nossa), entende que ela trata de [...] um conjunto de ferramentas conceituais e práticas que aplicam o registro do anel das árvores como uma ferramenta para entender melhor a teia da terra, oceano, atmosfera, vida e sociedade humana.

Segundo Botosso e Mattos (2002, p. 17), a dendrocronologia é como uma

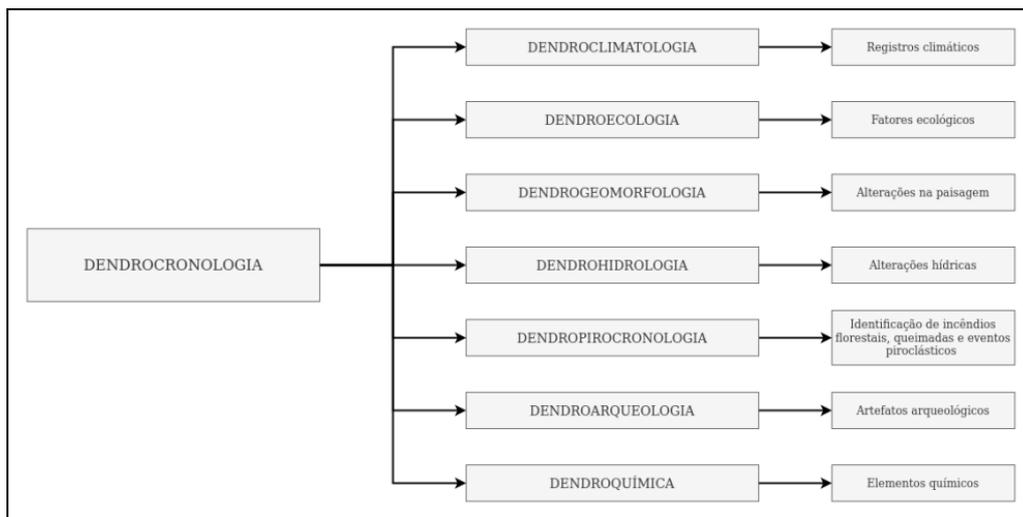
[...] ciência pluridisciplinar, ela atingiu um elevado nível de especialização, importância e aplicação, ao incorporar os conhecimentos e as técnicas de diversas áreas com as quais têm estreita conexão como anatomia, química, fisiologia, genética florestal, silvicultura, climatologia, hidrologia, estatística, entre outras.

A partir deste desenvolvimento histórico e da elaboração de um processo metodológico rigoroso e consistente, a dendrocronologia também passou ser diversificada em termos de finalidade e articulação com outras ciências, que inclusive pode ser observada no conjunto diverso de campos de atuação (Figura 3). Essa associação já indica alguns níveis de aproximações da dendrocronologia e os interesses da ciência geográfica em aspectos que



podem ser evidentes pela consideração dos habituais subcampos da ciência geográfica associados com o prefixo *dendro* (climatologia, geomorfologia, hidrologia) (Figura 3).

Figura 16 - Subcampos da dendrocronologia



Fonte: Elaboração da autora (2020).

Além disso, a dendrocronologia também oferece a perspectiva de reconstrução histórica de séries temporais, o que é fundamental para a geografia, já que são esses atributos um dos recursos utilizados para interpretar a origem e a formação das paisagens.

É desta particularidade, que a dendroclimatologia - campo da dendrocronologia, tem se destacado por utilizar dos anéis de árvore como indicadores climáticos e inferir as configurações climáticas e ambientais do passado sob quais as árvores viveram. O argumento é que as espécies arbóreas são altamente sensíveis às variações ambientais, isto é, qualquer alteração na composição do solo e do ar podem induzir mudanças de temperatura, umidade, absorção da radiação solar, etc. e por consequência, permite que as respostas fisiológicas influenciem no desenvolvimento e crescimento da árvore e estas fiquem registradas na estrutura de seus anéis.

O resultado é que a partir do conjunto de registros longos obtidos por essas árvores apresentam-se importantes validações das variações climáticas locais e regionais, os sinais de eventos naturais (habituais e extremos) podem ser datados em anos, séculos e até milhares de anos a partir de sua recorrência em temas de sazonalidade e da variação anual.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

É por isso, que estes estudos são importantes para as questões que envolvem as mudanças e a variabilidade, a partir da reconstrução climática.

4. A dendroclimatologia: o clima registrado em árvores

A dendroclimatologia é o subcampo mais expandido e regular da dendrocronologia. As contribuições mais funcionais do subcampo estão orientadas para a verificação dos efeitos das variações climáticas e hidrológicas no padrão de crescimento diamétrico das espécies arbóreas, por isso, a técnica de reconstrução climática é sem dúvida a mais convencionalmente utilizada.

Para Kaennel e Schweingruber (1995, p. 4) trata-se da “[...] ciência que analisa os anéis marcados nos troncos, possibilitando estabelecer uma correspondência entre a espessura dos anéis, o clima do passado e a sua influência nos eventos históricos com as respectivas datas” (COELHO, 2011, p. 2). E oferece o conjunto mais específico de variáveis extraídas para o estudo de paleoambientes e variações climáticas pretéritas.

A exemplo disto, a reconstrução climática feita por Lyu *et al.* (2016) concluiu que entre os anos de 1645 a 1677 ocorreu o período frio mais longo da região nordeste da China, este período é conhecido como a *Pequena Idade do Gelo*, que corresponde ao Mínimo de Maunder que ocorreu entre os anos 1645 – 1715 (Figura 4). Outro exemplo, Khaleghi (2018) avaliou as mudanças do clima da província Coração do Norte – Irã, em Bojnourd, os regimes pluviométricos passaram de semiárido para árido durante os últimos dois séculos e corroborou que parte dos valores de precipitação diminuiu cerca de 100 mm nos últimos quatro séculos (Figura 5).

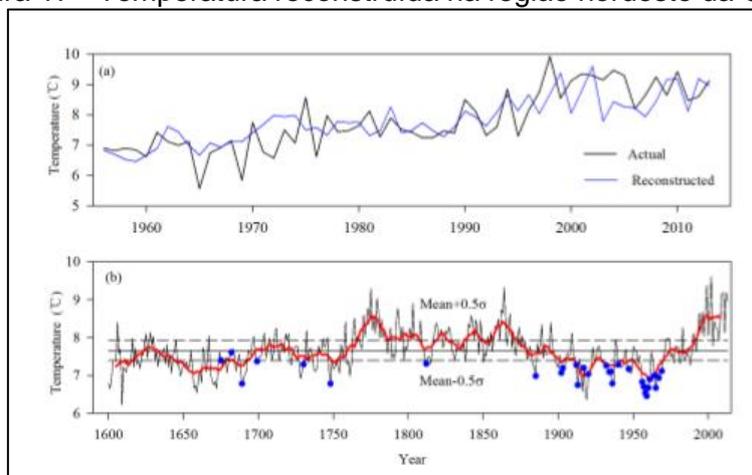


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

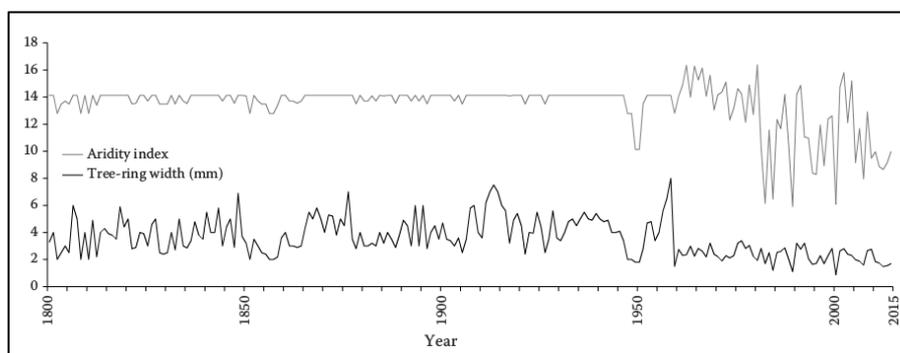
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 17 - Temperatura reconstruída na região nordeste da China.



Fonte: Lyu et al. (2016)

Figura 18 - Índice de aridez simulado usando a rede neural verificada e as larguras medidas de anéis de árvores nos últimos dois séculos.



Fonte: Khaleghi (2018)

Os usos da reconstrução climática auxiliam no entendimento de parte do passado dos fenômenos climáticos e define suas correspondências com a paisagem natural, detectada pela distribuição espacial de espécies vegetais e animais, das configurações de relevos e corpos d'água, formação dos solos e rochas e das excepcionalidades climáticas diversas. E todo esse conjunto de elementos naturais que configura em paisagem é fundamental para os estudos geográficos.

Para elaborar reconstruções climáticas baseadas em anéis de árvores é necessário seguir os procedimentos por etapas, que podem ser visualizados na figura 6.

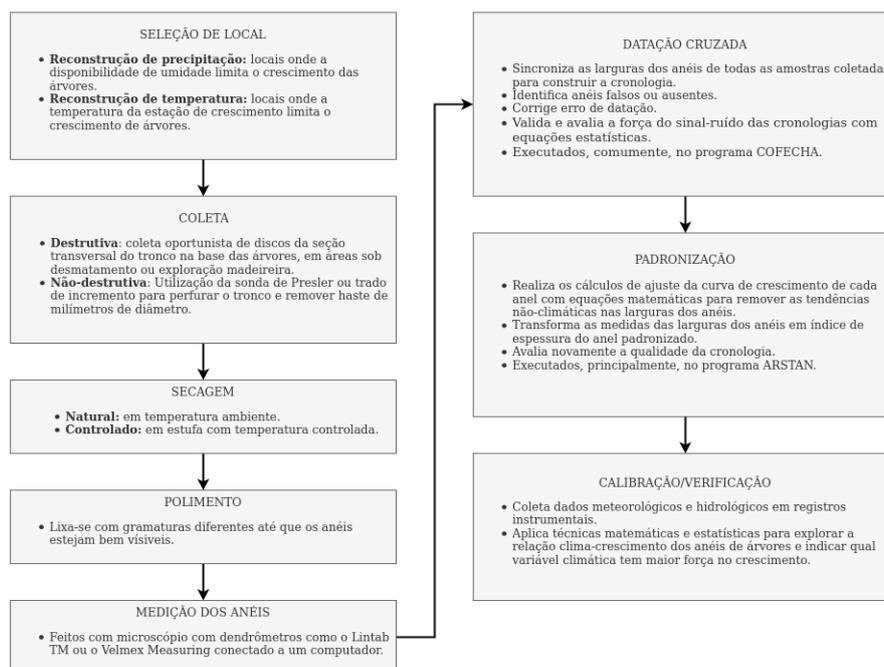


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 19 - Procedimentos para a reconstrução climática



Fontes: Anholetto Junior (2019); Granato-Souza *et al.* (2018); Lorensi (2012); Rigozo (1999); Fritts e Swetnam (1989); Cook e Holmes (1986); Holmes (1983); Cook e Peters (1981); Fritts (1976).
Elaboração da autora (2020).

Neste sentido, além do registro contínuo, da resolução anual e da confiabilidade de informações obtidas por anéis de árvores, é possível afirmar que estes indicadores fornecem uma possibilidade de suprir, pelo menos em parte, a escassez de dados climáticos em escala profunda, que privilegia o Tempo longo. Essa possibilidade é devida tanto à inexistência de registros instrumentais, como também assumir as falhas nas séries históricas para uma determinada região.

Esse caráter é bem discutido por Hughes (2002), quando aponta que a dendroclimatologia oferece: a) capacidade de datar anéis de árvores utilizando o ano civil com alto grau de confiança; b) a possibilidade de trabalhar com delimitações geográficas locais e regionais em grande escala; c) nítida evidência de informações climáticas devido a existência de padrões de escala geográfica da variabilidade comum; d) ampla disponibilização de dados cronológicos que auxilia na identificação de padrões climáticos em diversos locais do mundo;



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

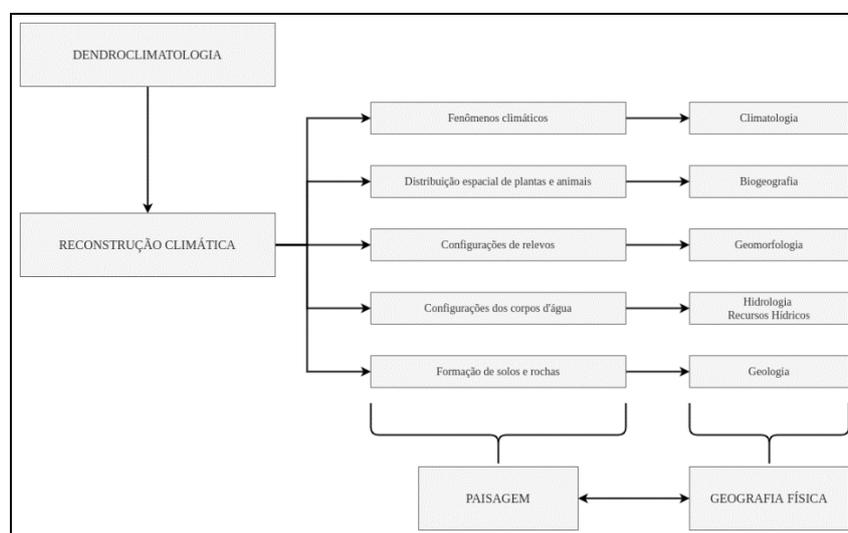
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e) possui maior liberdade de escolhas de estratégias para a reconstrução climática; f) alta linearidade na modelagem entre anéis de árvores e variáveis climáticas.

Esses elementos fornecem tanto a possibilidade de trabalhar com os aspectos naturais em diversos espaços em períodos distintos do passado, quanto também associar aspectos inerentes às condições biogeográficas que definem a organização de domínios naturais de paisagens em sua evolução.

Com essas características é possível também encontrar pontos de contato mais evidentes com a geografia em geral e a geografia física em particular, uma vez que elas apresentam diálogos com estudos climáticos, hidrológicos, biogeográficos, geomorfológicos, geológicos e ambientais, por isso, grande parte das informações desses campos pode ser obtida a partir de anéis de árvores, o que por sua vez, torna a dendrocronologia uma ferramenta poderosa para as pesquisas geográficas. A Figura 7 apresenta parte desse caminho que conecta a dendroclimatologia aos estudos geográficos.

Figura 20 - Conexão da dendroclimatologia aos estudos geográficos



Fonte: Elaboração da autora (2020).

Nessa interpretação, podem-se assumir os argumentos de Santos (2006), quando aponta que a técnica auxilia na identificação e classificação dos elementos que constroem os eventos, que são dados históricos, portanto, ela (a técnica) inclui história e é através dos objetos que revela a história no momento da sua criação e instalação em cada lugar.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Considerações finais

Geograficamente, o estudo do Tempo (cronológico) é o principal atributo pela configuração das paisagens, está intimamente vinculado às interpretações sobre os sistemas naturais e às condições ambientais. Os elementos que fazem parte desta dinâmica subjazem ao estudo da geografia, pela compreensão do desenvolvimento e evolução das paisagens e requer conhecimento histórico do passado. Sob este aspecto é que a dendroclimatologia torna-se uma ciência-chave, cujo interesse e a relevância podem servir aos estudos geográficos do clima.

O conjunto dos aspectos físicos dispostos na superfície terrestre caracteriza-se paisagem, um conceito importante na Geografia. Entendemos que paisagens são construídas e transformadas continuamente desde tempos pretéritos até os atuais, desta forma, são necessários testemunhos para a profunda compreensão dos processos que organizam os diversos elementos, estruturas e mecanismos que compõem a paisagem.

Por isso, não tem sido possível estudar a paisagem sem recorrer à sua dimensão temporal, relevando a importância dos anéis de árvores como indicadores naturais para estudo da paisagem e dos sistemas naturais na geografia. Neste aspecto, sem dúvida a reconstrução climática é um dos recursos mais importantes para desenvolver um trabalho sobre gênese e formação das paisagens e também, para interpretar criticamente o impacto das alterações climáticas contemporâneas.

6. Referências

AMORIM, Margarete Cristiane da Costa Trindade; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. Geografia e ambiente: reflexões sobre o atual momento da geografia física. : Reflexões sobre o atual momento da geografia física. Geografia, Rio Claro, v. 31, n. 2, p. 427-432, maio 2006. Disponível em: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/2490>. Acesso em: 26 maio 2020.

ANHOLETTO JUNIOR, Claudio Roberto. Aplicação da dendrocronologia na avaliação das mudanças climáticas nas florestas de várzea da Amazônia Central. 2019. 70 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, USP/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-23012020-100658/en.php>. Acesso em: 24 abr. 2020.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

BOTOSSO, Paulo Cesar; MATTOS, Patrícia Póvoa de. A idade das árvores: importância e aplicação. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/280995/1/doc75.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

COELHO, João de Vasconcellos. Dendrocronologia: método matemático para determinação da idade das árvores. 2011. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011. Disponível em: <http://www.pgfa.ufmt.br/index.php/en/utilities/files/banco-de-teses-do-programa/193-joao-devasconcellos-coelho>. Acesso em: 15 mar. 2020.

COOK, Edward R.; PALMER, Jonathan G.; D'ARRIGO, Rosanne D.. Evidence for a 'Medieval Warm Period' in a 1,100 year tree-ring reconstruction of past austral summer temperatures in New Zealand. Geophysical Research Letters, [s.l.], v. 29, n. 14, p.12-1, jul. 2002. American Geophysical Union (AGU). Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2001GL014580>. Acesso em: 18 mar. 2020.

COOK, Edward R.; HOLMES, Richard L.. Users Manual For Program ARSTAN. In: HOLMES, Richard L.; ADAMS, Rex K.; FRITTS, Harold C.. Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin. Tucson: U. S. National Science Foundation, 1986. p. 50-65. Disponível em: <https://repository.arizona.edu/handle/10150/304672>. Acesso em: 24 abr. 2020

CRONIN, Thomas M.. Principles of Paleoclimatology: perspectives in paleobiology and earth history. Perspectives in Paleobiology and Earth History. New York: Columbia University Press, 1999. 592 p. Disponível em: <https://epdf.pub/principles-of-paleoclimatology0f9286bf0f6710d9a7bfc6b2481bdd9a77979.html>. Acesso em: 10 mar. 2020.

CURREY, Donald R.. An Ancient Bristlecone Pine Stand in Eastern Nevada. Ecology. Washington, p. 564-566. jul. 1965. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1934900>. Acesso em: 16 mar. 2020.

DOUGLASS, A. E.. Evidence of Climatic Effects in the Annual Rings of Trees. Ecology, [s.l.], v. 1, n. 1, p.24-32, jan. 1920. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/1929253.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2020.

ECOSSISTEMA. [sem título], 2019. Figura. Disponível em: <http://ecoliveiras.blogspot.com/2019/02/dendrologia-estudando-o-passado-atraves.html>. Acesso em: 13 jul. 2020.

FERGUSON, C. W.. Bristlecone Pine: Science and Esthetics. Science, [s.l.], v. 159, n. 3817, p.839-846, 23 fev. 1968. American Association for the Advancement of Science (AAAS). Disponível em:



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

https://www.ltrr.arizona.edu/webhome/mcgraw/Bristlecone_Pine_Science_and_Esthetics.pdf. Acesso em: 16 mar. 2020.

FRITTS, H. C.. *Tree Rings and Climate*. London: Academic Press, 1976.

FRITTS, Harold.c.; SWETNAM, T.w.. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. : *A Tool for Evaluating Variations in Past and Present Forest Environments*. *Advances In Ecological Research*, [s.l.], v. 19, n. 01, p. 111-188, jan. 1989. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2504\(08\)60158-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2504(08)60158-0). Acesso em: 24 abr. 2020.

GRANATO-SOUZA, Daniela; STAHL, David W.; BARBOSA, Ana Carolina; FENG, Song; TORBENSON, Max C. A.; PEREIRA, Gabriel de Assis; SCHÖNGART, Jochen; BARBOSA, Joao Paulo; GRIFFIN, Daniel. Tree rings and rainfall in the equatorial Amazon. *Climate Dynamics*, [s.l.], v. 52, n. 3-4, p.1857-1869, 8 maio 2018. Disponível em: https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/wordpressua.uark.edu/dist/1/224/files/2018/06/2018_Granato-Souza-2j6wrbq.pdf. Acesso em: 17 mar. 2020.

HOLMES, Richard L.. COMPUTER-ASSISTED QUALITY CONTROL IN TREE-RING DATING AND MEASUREMENT. *Tree Ring Bulletin*, [s.l.], v. 43, n. 01, p. 69-77, jan. 1983. Disponível em: <https://repository.arizona.edu/handle/10150/261223>. Acesso em: 24 abr. 2020.

HUGHES, Malcolm. *European tree rings and climate*. London: New Scientist, 1978.

KAENNEL, Michèle; SCHWEINGRUBER, Fritz Hans. *Multilingual glossary of dendrochronology: terms and definitions in english, german, french, spanish, italian, portuguese and russian*. Terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Berne: Swiss Federal Institute For Forest, Snow And Landscape Research, Wsl/fnp (editor), 1995. Disponível em: https://mafiadoc.com/multilingual-glossary-of-dendrochronology_5c13e3d2097c47ab078b586e.html. Acesso em: 02 set. 2019.

KHALEGHI, Mohammad Reza. Application of dendroclimatology in evaluation of climatic changes. *Journal Of Forest Science*, [s.l.], v. 64, n. 3, p.139-147, 28 mar. 2018. Disponível em: https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?type=article&id=79_2017-JFS. Acesso em: 19 mar. 2020.

LORENSI, Caren. ESTUDO DE EVENTOS DE EL NIÑO E LA NIÑA EM ANÉIS DE CRESCIMENTO DE ÁRVORES PARA A REGIÃO SUL DO BRASI. 2012. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/10262>. Acesso em: 30 nov. 2018.

LYU, Shanna et al. A 414-year tree-ring-based April–July minimum temperature reconstruction and its implications for the. *Climate Of The Past*, [s.l.], v. 12, n. 9, p.1879-1888, 20 set. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Xiaochun_Wang6/publication/309073466_A_414-year_t_ree-ring-based. Acesso em: 19 mar. 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

RIGOZO, Nivaor Rodolfo. Registros da atividade solar e de outros fenômenos geofísicos em anéis de crescimento de árvore. 1998. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geofísica Espacial, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/INPE_cb53e038eaa0d5f349493026e37fe61e. Acesso em: 17 mar. 2020.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Clima e organização do espaço. Boletim de Geografia, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 119-132, fev. 2011. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12158>. Acesso em: 18 maio 2020.

SANTOS, Milton. A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/1799/A%20natureza%20do%20Espa%C3%A7o.pdf>. Acesso em: 26 maio 2020.

SANTOS, Paulo Talhada dos. Anéis de Crescimento (Xilema Secundário - Xilema II), 2011. Fotografia. Disponível em: <https://www.casadasciencias.org/imagem/5895>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SHEPPARD, Paul R. Dendroclimatology: extracting climate from trees. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, [s.l.], v. 1, n. 3, p.343-352, 16 abr. 2010. Disponível em: <https://www.ltrr.arizona.edu/~sheppard/Raul/SheppardClimatolog%C3%ADa.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2020.

SMITH, Kevin T. An organismal view of dendrochronology. Dendrochronologia, [s.l.], v. 26, n. 3, p.185-193, dez. 2008. Elsevier BV. Disponível em: https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2008/nrs_2008_smith-k_003.pdf. Acesso em: 04 set. 2019.

SUGUIO, Kenitiro. Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

USO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) NA AVALIAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES EM NAZARÉ DA MATA-PE DE 1993 A 2019

ARIADNE FERNANDA FERRAZ VIEIRA¹
ANANDA DO NASCIMENTO REGO²

RESUMO

O presente trabalho procurou analisar a variabilidade das precipitações anuais no período de 1993 a 2019 para o município de Nazaré da Mata (PE), buscando verificar as possíveis relações da chuva com os fenômenos de interação atmosfera e oceano. Para isso, foi utilizado como ferramenta metodológica, o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para realizar essa variação pluviométrica. Os índices obtidos (tanto positivos como negativos) foram comparados com os anos que estiveram sob ação do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), bem como, a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e o Dipolo do Atlântico. Foi feita uma comparação entre os anos sob influência dos fenômenos ENOS e Dipolo, além da ODP, a partir dos valores do IAC. Diante disso, verificou-se que os anos de IAC positivo e negativo, correspondiam em sua maioria à presença e/ou atuação conjunta dos fenômenos atmosfera-oceano. Por fim, constatou-se que o IAC é uma importante ferramenta para classificação dos anos secos e úmidos de Nazaré da Mata (1993-2019).

Palavras-chave: Pluvisidade; ENOS; Dipolo do Atlântico.

ABSTRACT

The present work sought to analyze the variability of annual rainfall in the period from 1993 to 2019 for the municipality of Nazaré da Mata (PE), seeking to verify the possible relationships of rain with the phenomena of atmosphere and ocean interaction. For this, the Rainfall Anomaly Index (RAI) was used as a methodological tool to carry out this rainfall variation. The obtained indices (both positive and negative) were compared with the years that were under the action of the El Niño Oscilação Sul (ENSO) phenomenon, as well as the Pacific Decadal Oscillation (PDO) and the Tropical Atlantic SST Dipole. A comparison was made between the years under the influence of the ENSO and Dipole phenomena, in addition to the PDO, based on the RAI values. Therefore, it was found that the years of positive and negative RAI, corresponded mostly to the presence and / or joint performance of the atmosphere-ocean phenomena. Finally, it was found that the RAI is an important tool for classifying the dry and humid years of Nazaré da Mata (1993-2019).

Keywords: Pluvisity; ENSO; Atlantic dipole.

¹ Estudante de licenciatura em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, ariadnevieira@gmail.com

² Estudante de licenciatura em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, ananda.nascimento4540@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

A distribuição e a variabilidade das chuvas no Brasil estão associadas à atuação e à sazonalidade dos sistemas convectivos de macro e de mesoescala. Isso explica as diferenças dos regimes pluviométricos encontrados em todo o país (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007). Diante disso, é de suma importância analisar alguns desses fenômenos que influenciam diretamente na dinâmica pluvial do município, e também no entendimento do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) utilizado neste estudo, como o ENOS e o Dipolo.

Seguindo ainda na perspectiva de Mendonça e Danni-Oliveira (2007), o El Niño é um fenômeno oceânico fruto do aquecimento incomum das águas superficiais do Oceano Pacífico em sua porção central e leste, nas proximidades da América do Sul. Essa corrente de água quente, recebe o nome de El Niño quando há uma anomalia térmica que atinge ou supera 1°C acima da média térmica de 23°C. Essa anomalia positiva nos valores da Temperatura de Superfície do Mar (TSM), que resulta no El Niño, compõe uma alteração da dinâmica normal da Célula de Walker e tem influência em escala regional e global.

Ainda para Nóbrega, Santiago e Soares (2016), o El Niño é conhecido popularmente como fenômeno e resulta da interação oceano-atmosfera, assim como, a Oscilação Sul, que é uma resposta aérea ao El Niño, associada com a mudança na circulação geral da atmosfera. Essa relação, é também chamada de El Niño/Oscilação Sul (ENOS).

O fenômeno ENOS influencia na dinâmica de chuvas na América do Sul e no caso do Brasil, segundo Grimm (2009), essa influência ocorre de forma variada para o Sul e para o Nordeste. Com o aquecimento das águas superficiais do Pacífico, há o aumento de precipitação no Sul, enquanto no Nordeste do país, há uma redução nos índices pluviométricos.

O Anti-El Niño, também conhecido como La Niña, é caracterizado pelo resfriamento atípico da TSM do Pacífico, ou seja, está sujeito ao aumento anômalo de suas pressões habitualmente elevadas (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007). A La Niña, por sua vez, diminui a chuva no Sul do Brasil e aumenta no Norte-Nordeste (Grimm, 2009, apud Fonseca, 2016).

A Temperatura de Superfície do Oceano Pacífico (TSM), além das anomalias de ENOS, apresenta também oscilações de maior período, chamado de Oscilação Decadal do



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Pacífico (ODP), que persistem por 20 ou 30 anos e apresenta duas fases. A fase quente, também chamada de ODP positiva, é marcada pelo aquecimento/aumento da TSM, e consequentemente, aumento e intensidade dos eventos de El Niño, ou seja, mais anos secos do que anos chuvosos. Já a fase fria, também conhecida como ODP negativa, é marcada pela diminuição da temperatura da TSM, podendo ter uma maior incidência e intensidade da La Niña e consequentemente, maiores períodos chuvosos (Molion, 2005).

O Dipolo do Atlântico é também, um fenômeno oceano-atmosférico, identificado como uma mudança anômala na TSM no Oceano Atlântico Tropical, que influencia nos índices pluviométricos de várias espacialidades, como é o caso de Nazaré da Mata-PE. Esta influência se dá com o aquecimento, resfriamento e transporte das águas do oceano.

De acordo com HASTENRATH e HELLER (1977); MOURA e SHUKLA (1981); ARAGÃO (1998) apud NÓBREGA, SANTIAGO e SOARES (2016), temos a seguinte definição para a configuração e influência do Dipolo na presente área de estudo:

Quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias ocorrem os movimentos descendentes transportando ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera sobre a região setentrional, central e sertão do Nordeste inibindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação, caracterizando dessa forma, a fase positiva do dipolo, podendo resultar em secas. Quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes existem aumento nos movimentos ascendentes sobre estas regiões, intensificando a formação de nuvens e aumentando os índices pluviométricos, sendo esta, a fase negativa do dipolo. (HASTENRATH e HELLER (1977); MOURA e SHUKLA (1981); ARAGÃO (1998) apud NÓBREGA, SANTIAGO e SOARES (2016))

De acordo com Lucena (2008), o fenômeno ENOS e o Dipolo do Atlântico, exercem influência sobre a Zona da Mata nordestina. Desta forma, neste trabalho, estaremos utilizando como parâmetro para o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), além dos dados de precipitação do município, os anos em que houveram eventos de El Niño, La Niña, Dipolo Positivo e Negativo, para realizar um comparativo sobre suas influências em Nazaré da Mata-PE.

Assim, o presente trabalho busca contribuir para compreensão climática do município da Zona da Mata de Pernambuco, por realizar uma análise dos dados pluviométricos de uma série de 27 anos, além de relacioná-los com os anos dos fenômenos El Niño, La Niña, Dipolo Positivo e Negativo do Atlântico, para evidenciar as influências



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

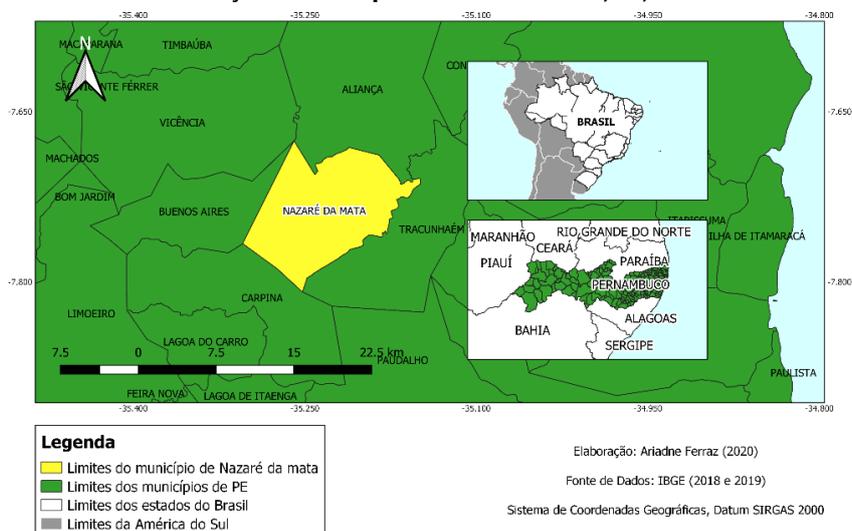
sofridas nesse espaço-tempo.

2. Metodologia

A Zona da Mata nordestina é uma sub-região muito importante para o Brasil desde o período de colonização. Atualmente, situa seis, das nove capitais do Nordeste e é bastante povoada. No estado de Pernambuco, têm-se a divisão territorial em Mesorregiões, onde a Mesorregião da Mata Pernambucana é subdividida em microrregiões, que são: Vitória de Santo Antão, Mata Setentrional Pernambucana e Mata Meridional Pernambucana, onde as duas últimas são popularmente conhecidas como Zona da Mata Norte e Zona da Mata Sul, respectivamente.

Situado na Mata Setentrional Pernambucana, o município de Nazaré da Mata-PE, é conhecido como a “Terra do Maracatu Rural” e tem um território à 89m acima do nível do mar, com mais de 150,000 km² de área total para uma população de aproximadamente 31.950 habitantes (IBGE/2014). O município é conhecido também, por ter muitos Engenhos de Cana de Açúcar (conhecidos desde o Sistema Colonial), e até hoje ainda é cercada de vastos hectares de plantio da cana, que precisa de disponibilidade de água, temperaturas elevadas e altos índices de radiação solar para crescer, com períodos de plantio e colheita variados. Segundo a Embrapa, um total de chuva de 1100 a 1500 mm com distribuição certa, é ideal para produção açucareira.

Figura 1 - Mapa da localização de Nazaré da Mata-PE
Localização do município de Nazaré da Mata, PE, Brasil





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados dados pluviométricos mensais, obtidos na Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC), disponível através do site oficial da agência (<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramentopluvio.php>), onde foram coletados os dados do município de Nazaré da Mata-PE. Os dados foram coletados mensalmente e posteriormente, foram calculados os totais anuais da série histórica (1993/2019), para gerar uma tabela e mais tarde, o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC), de onde se pode analisar os anos considerados secos e úmidos e suas intensidades, bem como, a relação desses dados com os eventos oceânicos-atmosféricos.

O cálculo de IAC é feito a partir de duas fórmulas, uma para Anomalia Positiva e outra para Anomalia Negativa. Esse parâmetro é tido, após a tabulação dos totais pluviométricos da série histórica e da obtenção da média pluvial anual do município, os anos que tem os totais pluviométricos acima da média pluvial anual são positivos, e os anos que tem os totais pluviométricos abaixo, são negativos. As fórmulas utilizadas para o cálculo de IAC são:

- 1) Para anomalias positivas:

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right]$$

- 2) Para anomalias negativas:

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right]$$

Nas equações acima, N corresponde à precipitação total (mm) do ano em que será gerado o IAC; \bar{N} corresponde à média anual da série histórica (mm) obtida após a soma de todos os totais pluviométricos divididos pela quantidade de anos da série (27). \bar{M} corresponde à média das dez maiores precipitações da série histórica (mm) e \bar{X} corresponde à média das dez menores precipitações da série histórica (mm). Após a obtenção do resultado das equações, observa-se o valor, e se este está acima ou abaixo da média de cada grau de intensidade, de acordo com a tabela (1) abaixo:



Tabela 1 - Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
	De 4 acima	Extremamente úmido
	2 a 4	Muito Úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
	De -4 abaixo	Extremamente Seco

Adaptado de Araújo *et. al.* (2007)

Após os cálculos das equações e aplicação do IAC na série histórica 1993/2019, os resultados foram comparados com os eventos ENOS, ODP e Dipolo, coletados no site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Artigo “Tendências do controle climático oceânico sobre a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil” da autoria de Nóbrega, Santiago e Soares (2016), publicado na Revista Brasileira de Climatologia.

3. Resultados e discussão

Após a obtenção dos totais pluviométricos anuais (em milímetros), dos anos da série histórica de Nazaré da Mata-PE (1993/2019), foi estabelecida a média pluvial anual (mm) de 1.148mm, para distinguir inicialmente os anos que são maiores que a média e tendem a ser úmidos (em azul) e os que são menores que a média e tendem a ser secos (em vermelho) e os valores estão disponíveis na tabela (2) abaixo:

Tabela 2 - Totais pluviométricos anuais (mm) dos anos da série histórica (1993/2019) de Nazaré da Mata-PE

ANO	TOTAL PLUVIOMÉTRICO ANUAL (mm)	ANO	TOTAL PLUVIOMÉTRICO ANUAL (mm)
1993	519,9	2007	946,4
1994	1.442,7	2008	888,3
1995	984,2	2009	1.132,0



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1996	1.769,2	2010	839,0
1997	1.304,4	2011	1.663,8
1998	532,3	2012	780,2
1999	818,3	2013	1.247,9
2000	1.714,6	2014	952,2
2001	881,7	2015	1.117,4
2002	1.135,0	2016	1.117,5
2003	984,5	2017	1.149,2
2004	1.378,1	2018	1.150,8
2005	982,2	2019	1.330,0
2006	710,0		

Elaboração: Autoras

Em seguida, foi estabelecida a média anual da série histórica (mm), a partir da soma de todos os totais pluviométricos anuais, divididos pela quantidade de anos da série (27) que resultou no valor de **1091,55** utilizado nas equações de IAC como o \bar{N} . Após todos os cálculos de IAC da série, obteve-se os seguintes resultados (Figura 2):

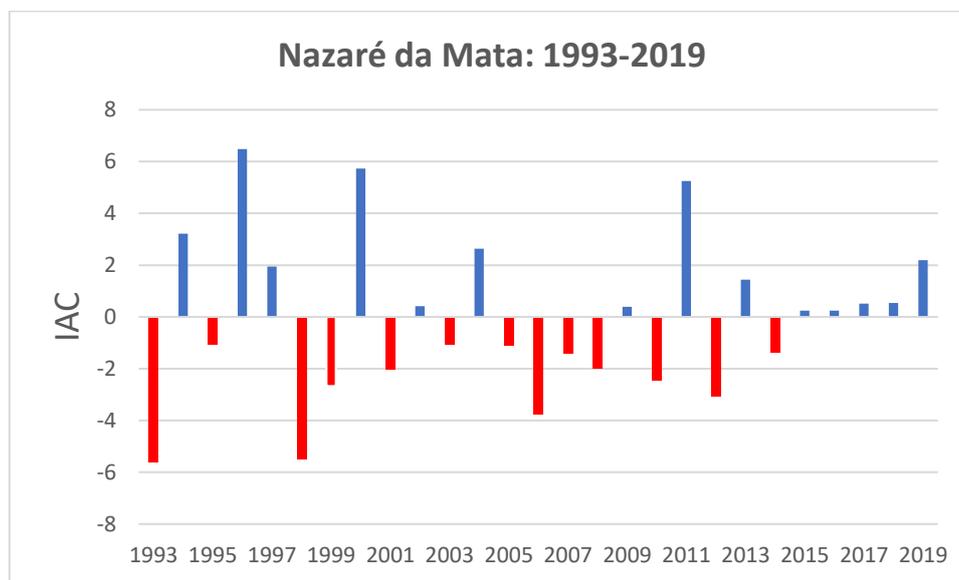


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 2 - Gráfico de IAC de Nazaré da Mata-PE na série histórica 1993-2019.



Fonte: Autoras

Observa-se na Figura 2, que o município já registrou todas as intensidades do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Os anos que foram considerados “Extremamente Úmidos” pela tabela de classificação de IAC (Tabela 1), foram 1996, sob influência do dipolo negativo, que intensificou a formação de nuvens e aumentou os índices pluviométricos, e resultou, assim, em uma anomalia negativa; 2000, sob influência também do dipolo negativo, contribuindo para formação de nuvens, e conseqüentemente, as chuvas e diferente de 1996, foi ano de ocorrência de La Niña (moderada), outro fenômeno que é responsável pelo aumento da precipitação no Nordeste do Brasil; 2011 também participa da classificação extremamente úmido, e esteve sob influência de uma La Niña moderada, bem como do dipolo negativo, e esses fenômenos juntos corroboram nesse total de precipitação.

Os anos considerados “Muito Úmido” foram: 1994 com evento de El Niño moderado que não influenciou diretamente nesse resultado, pois houve sobressaimento do Dipolo Negativo, que ocasionou chuvas na cidade, mas a nível muito úmido, uma vez que houve um fenômeno ENOS inibidor de chuvas no NE do Brasil; 2004 também foi “muito úmido” com o registro do Dipolo Negativo que se sobressaiu ao evento de El Niño de fraca intensidade; em



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2019, o último ano desta série histórica, houve influência forte do Dipolo Negativo que se sobrepôs ao El Niño de intensidade fraca.

Ainda na classificação de IAC, em que os resultados são positivos, os anos que foram considerados “Úmidos” são: 1997 com evento de um El Niño forte, que não influenciou completamente nos índices pluviométricos, pois houve balanceamento do evento de um Dipolo Negativo, que ocasionou chuvas a ponto de serem consideradas úmidas (de 0 a 2 no IAC); em 2002 houve o evento de um El Niño moderado, mas o Dipolo Negativo que também aconteceu, “compensou” o ENOS e o registro de chuva ficou positivo neste ano. O ano de 2009 teve um El Niño moderado e Dipolo Negativo, que influenciaram na precipitação do local, que ainda se manteve positiva, graças ao Dipolo Negativo. O ano de 2013, foi considerado normal no que se refere ao fenômeno ENOS, e foi marcado pelo Dipolo Negativo, que atuou “sozinho” e manteve o IAC positivo, na marca de 1,44. Nos anos de 2015 e 2016, foi registrada um aquecimento das águas superficiais do Pacífico, ou seja, evento de El Niño considerado forte nos dois anos, mas que ainda assim, devido ao Dipolo Negativo do Atlântico, obteve-se um IAC positivo e os anos foram considerados úmidos. Em 2017 e 2018, diferente dos anos anteriores, registrou-se uma La Niña moderada que atuou junto com o Dipolo Positivo.

Os anos em que o IAC foi negativo, são classificados como “Secos”, “Muito Secos” e “Extremamente Secos”. Os anos considerados “Secos” são: 1995 com registro de El Niño moderado e Dipolo Positivo do Atlântico, ambos favoráveis à inibição da formação de nuvens, diminuindo assim, as chuvas. O ano de 2003, também foi registrado como “Seco” e mais uma vez houve a presença de um El Niño moderado e do Dipolo Positivo, como no ano de 1995. Já em 2005, não se obteve registro de anomalia na TSM do Pacífico de forma influente nos índices de precipitação, e o El Niño que houve foi considerado fraco para Oliveira et. al. (2010) apud Nóbrega, Santiago e Soares (2016), uma vez que não foi registrado na coleta do CPTEC/INPE. Em 2007, um El Niño de intensidade moderada e um Dipolo Positivo contribuíram juntos para essa condição de IAC. No ano de 2008, diferente do comum para anos “secos”, houve registro de uma La Niña moderada, que geralmente influencia nas precipitações, porém neste ano, graças ao Dipolo Positivo em seu terceiro ano consecutivo (2006, 2007 e 2008), índices pluviométricos continuaram negativos para IAC. O último ano da série que foi considerado “seco”, foi 2014, considerado normal para ENOS e com registro de Dipolo Positivo.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ainda nos anos de IAC negativo, agora para classificação “Muito Seco”, temos os seguintes anos: 1999, com registro de uma La Niña moderada e de um Dipolo Positivo, sendo o último, mais influente diante dos números de precipitação do ano. Em 2001, não foi considerado normal para o fenômeno ENOS e teve um Dipolo Negativo, que é característico por influenciar no aumento dos índices pluviométricos e mesmo assim foi um ano considerado “muito seco” no município, o confirma que o Dipolo Negativo não segue uma regra de ser sempre formador de chuvas para o Nordeste do Brasil, porque as vezes ele é somente um potencializador de uma situação já existe (PEREIRA, MOURA e LUCENA, 2020).

Além disso, é importante salientar que no Dipolo Negativo, temos o aquecimento do Atlântico Sul, que faz a ZCIT migrar mais para o Hemisfério Sul, entretanto, existem outros Sistemas Atmosféricos Secundários que atuam no Nordeste do país e influenciam sazonalmente. Em 2016 e 2010, ocorreram El Niño de intensidade moderada e Dipolo Positivo, enquanto que em 2014, manteve-se o Dipolo Positivo e para ENOS, foi considerado, um ano normal. Para finalizar as classificações dos anos com IAC negativo, os anos classificados como “Extremamente Seco” foram 1993 e 1998, ambos com Dipolo Positivo e com registro de El Niño, sendo de intensidade fraca e forte, respectivamente.

Diante das análises de ENOS e Dipolo do Atlântico, com os anos da série histórica e com a classificação de Índice de Anomalia de Chuva (IAC) de Araújo *et. al.* (2007), temos em 14 dos 27 anos da série histórica, anomalias positivas que foram úmidas em 8 anos, muito úmidas em 3 anos e extremamente úmidas, também em 3 anos. Em 13 dos 27 anos da série, temos anomalias negativas que foram consideradas secas em 6 anos da série, muito seca em 5 anos e extremamente seca, em 2 anos.

Para Molion (2005), cada fase da Oscilação Decadal do Pacífico influencia na ocorrência do fenômeno ENOS de forma diferente. A fase fria, tende a ocorrência de La Niña e a fase quente, ocorrência de El Niño. Vale salientar que é uma tendência devido a TSM e não uma regra. O gráfico de ODP de Molion (2005), pode ser visto na figura 3.

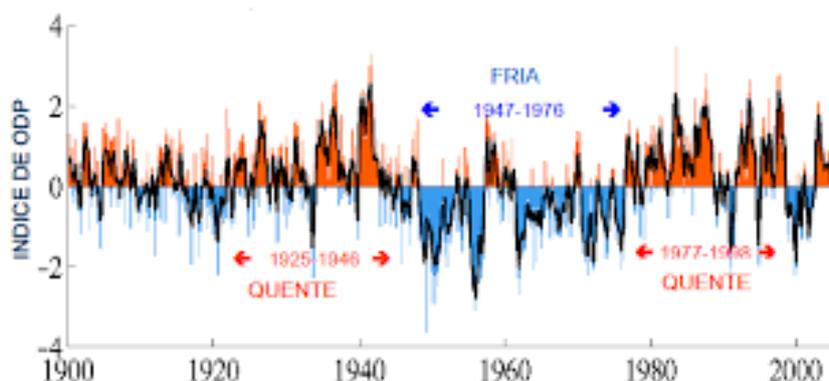


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 3 - Série temporal do Índice de Oscilação Decadal do Pacífico



Fonte: Molion, 2005.

Segundo estudos de Molion (2005), com auxílio da Figura 3, de mesma autoria, houve uma fase quente (positiva) de ODP, de 1977 à 1998. Durante esta fase quente, tem-se o início da série histórica deste trabalho (1993), até que a partir de 1999 tem-se uma fase fria (negativa) de ODP, que tende a ter eventos de La Niña. Os estudos de Molion de 2005, também especularam que esta fase fria que se iniciou em 1999, deveria permanecer por cerca de 25 anos, ou seja, até próximo de 2025, entretanto, isso não define uma regra de existência ou inexistência de algum fenômeno ENOS. Porém, isso significa que o fenômeno de La Niña tem se mostrado mais significativo ao longo dos anos, iniciando uma possível tendência nos próximos anos.

Ao comparar as Figuras 2 e 3, é possível observar que desde 1999 até 2019, o IAC esteve mais vezes positivo, ou seja, houve mais anos com total pluviométrico positivo, que é uma característica da La Niña e que corresponde a especulação de Molion (2005), de que esse período seria uma fase fria (ODP Negativa).

4. Considerações finais

Após as análises do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) da série histórica do presente trabalho, foi possível observar que os valores obtidos e as classificações feitas a partir da tabela classificatória, estabelecem uma forte relação com os fenômenos ENOS, ODP e Dipolo do Atlântico. No entanto, constatou-se que nenhum fenômeno determina um padrão



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de comportamento de precipitação e que ano a ano, analisamos a combinação do El Niño/La Niña e suas intensidades e do Dipolo Positivo/Negativo, havendo também, anos considerados normais para ENOS e sem registro de Dipolo.

Quando comparamos o IAC com a Oscilação Decadal do Pacífico, observamos que há uma tendência de eventos ENOS de acordo com a fase da ODP. Para ODP positiva (fase quente), temos tendência à mais anos de El Niño, o que pôde ser observado na comparação das Figuras 2 e 3, e para ODP negativa (fase fria), temos à tendência de mais anos de La Niña, entretanto, esta última fase ainda está “acontecendo” e não podemos afirmar com certeza. Apesar da fundamentação de Molion (2005) sobre esta fase ser considerada fria, há autores que observam uma possível tendência a continuação de uma fase quente.

Assim sendo, verifica-se na relação do IAC com o ENOS e o Dipolo que em todos os anos de IAC positivo (acima de 0), houve a presença do Dipolo Negativo, e em anos alternados houve a presença de El Niño de intensidades variadas e também de La Niña, e nestes anos (1994, 1996, 1997, 2002, 2009, 2011, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019), o Dipolo Negativo foi um potencializador para as precipitações em Nazaré da Mata. Para IAC negativo (abaixo de 0), registrou-se em grande maioria o Dipolo Positivo (inibidor de chuva), acompanhado de El Niño e La Niña de diferentes intensidades, entretanto, no ano de 2001, houve registro de um Dipolo Negativo (favorece a formação de nuvens) em um ano normal para ENOS e mesmo assim, foi considerado “Muito Seco”, com causas possivelmente atreladas à Eventos Atmosféricos Secundários. Observou-se ainda, que o Dipolo Positivo não tem uma influência muito grande enquanto dominante do ENOS, e sim, é um potencializados das anomalias de TSM do Pacífico.

Dessa forma, podemos observar que ao menos nos dados de Nazaré da Mata (1993-2019), há uma relação lógica dos totais pluviométricos anuais (mm) e IAC, com as anomalias dos sistemas atmosfera-oceano.

Por fim, o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), mostrou-se ser uma importante ferramenta para análise da precipitação do município na série histórica (1993-2019) e para identificação dos anos secos e úmidos do município, além de uma observação panorâmica do comportamento pluviométrico de uma importante cidade da Mata Setentrional Pernambucana.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

ALVES, J. M. B. **Recentes variações climáticas no Nordeste do Brasil com ênfase a precipitação: relações com o enos, dipolo de temperatura da superfície do mar no atlântico tropical e a oscilação decadal do pacífico**. Recife: Revista de Geografia da UFPE, 2012.

APAC- Agência Pernambucana de Águas e Climas. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: <<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 23/11/2020.

CPTEC- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos; INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **El Niño e La Niña**. Disponível em: <<https://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 04/11/2020.

FONSENCA, M. N. D. **O índice de anomalia de chuva (iac) na avaliação das precipitações em Blumenau (SC) entre 1941 a 2015 e as repercussões socioambientais**. 1. ed. [S.l.: s.n.], 2016. p. 605-616.

GRIMM, A. M. Variabilidade Interanual do Clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A. et al. (orgs) **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p.353-374.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Cidades. **Nazaré da Mata-PE**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/nazare-da-mata/panorama>>. Acesso em: 03/11/2020.

INMET. **Estações Convencionais**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>>. Acesso em: 08/11/2020.

LUCENA, D. B. **Impacto dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima do Nordeste do Brasil**. 2008. 225 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande/PB. 2008.

MENDONÇA, F.A, DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. 2007.

MOLION, L.C.B. Aquecimento Global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista Climanalise**, ano 3, n.1, 2005, p.01-05.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F; SOARES, D. B. **Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil**. 18. ed. Curitiba: Revista Brasileira de Climatologia, 2016. p. 276-292.

PEREIRA, M. D. B; OLIVEIRA, M. D.; LUCENA, D. B. **ANÁLISE DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA INTERANUAL DA ZONA DA MATA NORDESTINA E A IDENTIFICAÇÃO DE ANOS PADRÃO**. 26. ed. Curitiba: Revista Brasileira de Climatologia, 2020. p. 30-50.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE RÍTMICA PARA O MÊS DE AGOSTO DE 1842 NA CIDADE DO RECIFE: UM EXERCÍCIO DE CLIMATOLOGIA HISTÓRICA

PABLO HENRIQUE LINS CAMPOS SILVA ¹
ISABELA RENATA DE ALMEIDA MAFRA ²
VICTOR GUSTAVO OLIVEIRA DA SILVA ³
OSVALDO GIRÃO ⁴

RESUMO

O ritmo climático compreende os elementos fundamentais do clima em uma determinada série temporal cronológica, atuando simultaneamente com a circulação atmosférica regional, que é responsável pelos diversos estados médios da atmosfera. Os dados proporcionados através deste ritmo são imprescindíveis para a realização de uma análise rítmica do clima que, neste estudo, foram resgatados com o auxílio de elementos históricos referentes ao mês de agosto de 1842 para a cidade do Recife. A climatologia histórica permite a comparação de dados antigos em relação ao clima contemporâneo, com o intuito de averiguar possíveis alternâncias climáticas em uma determinada região, como também verificar anos inseridos, ou não, nas normais climatológicas. Como procedimento metodológico, os materiais resgatados sobre o mês de agosto de 1842 (penúltimo mês do inverno austral) permitiram o desenvolvimento de tabelas e gráficos referentes a este período e, por consequência, sua análise rítmica. Com base nesta análise, notou-se que as temperaturas registradas no período em questão praticamente não sofreram mudanças, assim como os demais elementos climáticos, com exceção dos índices pluviométricos, que registraram um leve aumento (aproximadamente, 11,32%) em relação às médias climatológicas para o mês em questão. Dessa forma, constatou-se prováveis atuações destes dois sistemas atmosféricos secundários: as Brisas Marítimas e, especialmente, os Distúrbios Ondulatórios de Leste como responsáveis pela distribuição das chuvas ao longo do mês de agosto de 1842.

Palavras-chave: Análise rítmica; Climatologia histórica; Sistemas atmosféricos.

ABSTRACT

The climatic rhythm comprises the fundamental elements of the climate in a determined chronological time series, acting simultaneously with the regional atmospheric circulation, which is responsible for the various average states of the atmosphere. The data provided through this rhythm are essential for conducting a rhythmic analysis of the climate, which, in this article in question, were recovered with the help of historical elements referring to the month of August 1842 for the city of Recife. Historical climatology allows the comparison of old

¹ Graduando em Licenciatura em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, pablolins1913@gmail.com

² Graduada em Licenciatura em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, isabelaamafra@gmail.com

³ Graduando em Licenciatura em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, victorgustavo.silva05@gmail.com

⁴ Doutor em Geografia pela UFRJ, Universidade Federal de Pernambuco, osgirao@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

data in relation to contemporary climate, to ascertain possible climatic changes in each region, as well as to verify years inserted or not in normal climatological. As a methodological procedure, the materials recovered on the month of August 1842 (the penultimate month of the southern winter in the capital of Pernambuco) allowed the development of tables and graphs for that period and, consequently, their rhythmic analysis of the climate. Based on this evidence, it was noted that the temperatures recorded in the period in question practically did not change, as well as the other climatic elements, except for rainfall, which registered a slight increase (approximately, 11.32%) in relation to the climatological averages. In this way, it was possible to verify the probable actions of these two secondary atmospheric systems: The Sea and Continental Breezes and, especially, the Eastern Wave Disorders as responsible for the distribution of rains in that month.

Keywords: Rhythmic analysis; Historical climatology; Atmospheric systems.

1. Introdução

Para a realização de estudos que envolvam a climatologia histórica, há certas limitações no que diz respeito a uma análise completa e detalhada, visto que muitos dos conhecimentos adquiridos nesta área, até o período atual, acompanharam a evolução da tecnologia, bem como depende desta. Entretanto, a análise rítmica, com base nos dados que se referem a tempos relativamente antigos, nos faz compreender a dinâmica climática em ação e, assim, buscar por semelhanças e divergências entre o mesmo período sazonal de duas épocas distintas, com o intuito de analisar os eventos excepcionais e os prováveis sistemas atmosféricos responsáveis por potencializar os níveis de precipitação em uma determinada época do ano.

A climatologia histórica, por sua vez, busca entender dinâmicas climáticas passadas, de forma que seja possível observar se o clima de uma determinada região permanece o mesmo ou sofreu alterações conforme a dinâmica climática contemporânea.

Os estudos climáticos servem como objeto de estudo da Medicina, pois os médicos podem usá-los como forma de identificar a potencialização de algumas epidemias a partir de dinâmicas climáticas favoráveis à disseminação de enfermidades (MONTEIRO, 2018).

Assim, os estudos da climatologia fazem-se necessários por diversas razões, que podem estar diretamente ou indiretamente ligadas aos efeitos e possíveis impactos que o clima pode trazer para a sociedade.

As possibilidades de informações a serem coletadas através de dados históricos relacionados à meteorologia e à climatologia são vastas. Essa coleta pode ser feita através



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de instituições públicas, privadas, religiosas, centros administrativos e até documentos pessoais com objetivos de cunhos diversificados (VALLVÉ, 1995). As fontes potencialmente consideradas são crônicas, anais, diários, atos municipais, documentação de diferentes autoridades, livros contábeis de fazendas particulares, documentos pessoais com observações esporádicas ou intermitentes do tempo atmosférico, diários meteorológicos, diários de medição, jornais e revistas. Entretanto, é importante ressaltar que estes elementos são uma soma de dados formais e informais que podem ou não ter uma alta precisão ao serem analisados devido a toda complexidade em que os fenômenos meteorológicos e climatológicos estão submetidos.

Visto que a análise rítmica do clima não pode ser praticada através de médias climáticas (BORSATO; SOUZA-FILHO, 2008), mas sim com a análise periódica do tempo atmosférico, este estudo busca a verificação de um ano-padrão, a ser correlacionado com anos considerados positivamente ou negativamente a partir do ano-padrão. Portanto, o estudo da análise rítmica, como forma de assimilar a dinâmica da circulação atmosférica, proporciona o estudo da climatologia geográfica na sua essência: compreender os impactos que o clima exerce sobre a natureza e a sociedade (OGASHAWARA, 2012).

Este trabalho dedicou-se a desenvolver uma análise rítmica do mês de agosto de 1842 na cidade do Recife, capital de Pernambuco. Durante o inverno, sobretudo no mês de agosto, dois sistemas atmosféricos costumam atuar sobre a cidade: os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) e as Brisas Marinhas (BM). Do ponto de vista pluviométrico, tais sistemas são relevantes para o regime de chuvas da capital pernambucana, pois o inverno austral constitui-se na estação de maiores médias pluviais. Contudo, do ponto de vista térmico, não há uma diferença significativa na variação das temperaturas durante tal estação.

2. Metodologia

A cidade do Recife encontra-se na costa oriental do Nordeste Brasileiro (NEB), a 8° 03' 14" de latitude sul e 34° 52' 51" de longitude oeste (Figura 01), assim, situada na região intertropical. Devido a sua posição no globo, a amplitude térmica anual é baixa, não atingindo 5°C. O clima é considerado tropical quente e úmido, com chuvas de outono-inverno (As'), conforme a classificação climática de Köppen (LINS; NÓBREGA, 2015), e apresenta cerca de 25°C de temperatura média anual.

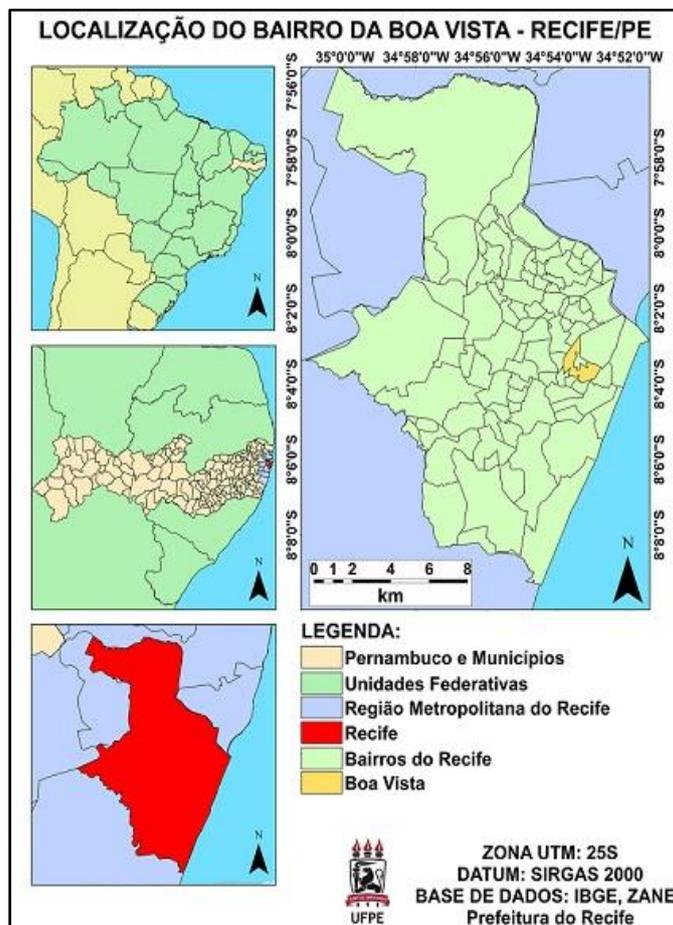


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 - Localização do Bairro da Boa Vista na cidade do Recife-PE.



Fonte: Os autores, 2020.

Durante a maior parte do ano, a capital pernambucana sofre influências da massa Tropical atlântica (mTa). A mTa é originada no Anticiclone subtropical semifixo do Atlântico Sul e, apesar de ser gerada através de um anticiclone, transporta umidade em sua base absorvida durante o trajeto através do oceano Atlântico sul. Tal massa, originalmente quente e úmida, deposita umidade na faixa costeira oriental do Nordeste e, ao adentrar em direção ao continente, alcançando a região de sotavento do Planalto da Borborema, assume características de secura e estabilidade (CORRÊA, 2006).

A cidade do Recife ao ser influenciada pela massa Tropical atlântica, sofre com as perturbações que a umidade presente na mesma, sendo estas causadoras de instabilidades. Tais instabilidades são responsáveis por chuvas que, durante o período de outono-inverno,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

respondem por chuvas de intensidades moderadas a intensas, e eventualmente recorrentes, como as chuvas derivadas dos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs). Segundo Côrrea (2006), esses distúrbios são comumente confundidos com as frentes frias que, aliás, também podem atuar durante o mesmo período do ano na costa oriental sul nordestina.

Os DOLs são originados, em sua maioria, pela dissipação das frentes frias em baixas latitudes, formando um cavado barométrico produtor de convergência de ar em superfície, aumento da nebulosidade e produção de chuvas com intensidade de moderada a forte. A relevância dos DOLs é tão grande para o regime pluviométrico da capital pernambucana que eles são considerados como o principal sistema atmosférico secundário que atua na cidade (SOUZA; DE AZEVEDO; DE ARAÚJO, 2012).

Assim como os DOLs, o sistema de Brisas Marinhas atua com frequência durante o período de outono-inverno no litoral pernambucano. Flohn (1970, *apud* FERREIRA; 2009) entende que as Brisas Marinhas (BM) têm a capacidade de transportar vapor d'água proveniente do oceano para o continente. Devido a essa constante interação, cidades litorâneas costumam possuir um alto valor na taxa de umidade relativa. Caso haja um valor potencialmente suficiente para a precipitação, o vapor d'água presente nas BMs dará origem às nuvens *cumulonimbus*, comuns por trazer chuva nas regiões litorâneas. Portanto, Kousky (1979) classificou o sistema de brisas marítima/terrestre como um dos principais para o regime pluviométrico do litoral do NEB.

Do ponto de vista metodológico, para a obtenção dos dados médios de precipitação para o estudo em questão, foi gerada uma série a partir de 1º de janeiro de 1980 até o dia 31 de dezembro de 2019, desenvolvida pelos autores através dos dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a fim de descobrir a média quantitativa de precipitação total em um período de 40 anos. Com isso, foi possível reconhecer se houve um déficit, superávit ou se o mês de agosto de 1842 esteve dentro das normais climáticas.

Os dados climatológicos que possibilitam o desenvolvimento da análise rítmica referente ao mês de agosto de 1842 foram extraídos da publicação *Annaes da Medicina Pernambucana - 1842-1844* (PERNAMBUCO, 1977), obtidos pelo Sr. José Joaquim de Moraes Sarmentono. Uma tabela foi elaborada por ele a partir da coleta de dados em sua residência, localizada no bairro da Boa Vista, apresentando na tabela os seguintes elementos climáticos: pressão atmosférica, temperatura, umidade relativa do ar, direção dos ventos, tempo e



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

precipitação. Esses dados foram coletados a partir do dia 1º de agosto de 1842 até o dia 31 de janeiro de 1843, às 5h, 9h, 12h, 15h e 21h. Para o regime pluviométrico, o total de precipitação diária é relativo ao horário das 21h, sendo contabilizado um período diário.

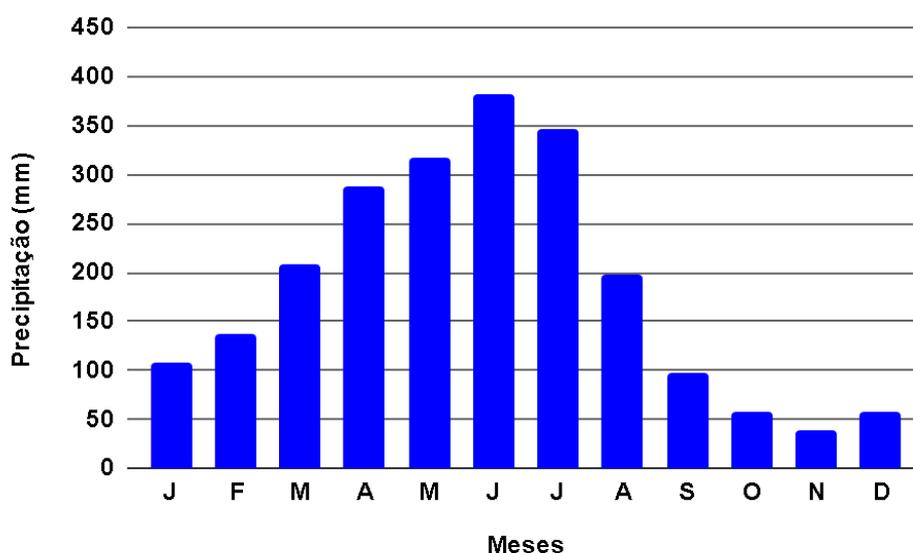
Neste estudo, serão considerados os dados das 9h e 21h, respectivamente, nos quais os dias com total pluviométrico precipitado acima dos 20 mm serão discutidos, com o propósito de definir os possíveis sistemas atmosféricos que atuaram naquele mês de 1842.

3. Resultados e discussão

Na capital pernambucana, a média de precipitação anual é de 2238,8 mm durante o período observado pelos autores entre 1980 e 2019, conforme apresentado no Gráfico 01.

A leitura do gráfico sobre os dados pluviométricos permite a visualização da quadra chuvosa (abril a julho) na capital pernambucana. Tal período de maior intensidade de precipitação está diretamente ligado às estações mais chuvosas: outono-inverno. Apenas esses 4 meses são responsáveis por mais da metade da quantidade precipitada em todo o ano na cidade, representando 59,57% do volume total.

Gráfico 01 - Precipitação média mensal para a cidade de Recife entre 1980 e 2019.



Fonte: Os autores, 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A Tabela 01 exibe a reprodução dos dados de pressão atmosférica, umidade do ar, tempo atmosférico, direção dos ventos, temperatura e precipitação que foram obtidos pelo Sr. José Joaquim de Moraes Sarmiento (PERNAMBUCO, 1977) durante todo o mês de agosto de 1842.

Tabela 01 - Dados do mês de agosto de 1842 coletados às 09h e 21h, com nomenclatura original de Pernambuco (1977).

Data	Às 09 da manhã					Às 21 horas da noite			
	Barometro ¹	Thermometro ²	Hygrometro ³	Vento ⁴	Tempo	Barometro ¹	Thermometro ²	Hygrometro ³	Chuva
1	1022,45	24,4	93,5	SO	Nuveno	1022,31	24	93	39,37
2	1022,58	25,4	81,5	SE	Sol N.	1022,18	24,7	90	0
3	1022,45	24,7	81,5	S	Sol	1022,45	25	87	0
4	1022,31	26	89	S	Sol	1021,78	25	84	0
5	1022,18	26,4	82	SSE	Sol	1022,18	25	86,5	1,78
6	1022,45	25,5	81	SE	Sol	1022,04	25	86	0
7	1023,11	24	82	SSE	Sol	1021,78	24,5	93	0
8	1021,38	25,7	95	O	Nuveno	1021,11	25	81	8,89
9	1021,51	25,3	82	SSE	Sol	1021,91	25	88,5	0
10	1021,38	25,7	83	SSE	Sol N.	1021,98	25	84	1,78
11	1021,25	23,7	93,5	SSE	Nuveno	1021,11	25	80	0
12	1021,78	24,5	88	SSE	Nuveno	1021,51	25	84	8,89
13	1024,85	25,7	80,5	SE	Nuveno	1023,25	25	86,5	1,78
14	1024,85	23,7	98	SSE	Chuva	1023,11	25	86	3,55
15	1022,71	26	84	SE	Nuveno	1021,51	25	91	5,33
16	1022,17	26	84	E	Sol	1023,25	25	83	0
17	1022,85	26	86	SE	Sol	1023,11	25,6	91	0
18	1023,25	25,7	86	E	Sol	1022,98	25	85,5	0
19	1022,78	26	82	SSE	Sol	1022,85	25	84	0
20	1022,71	25,7	81	SSE	Sol	1022,58	24,7	87,5	3,55
21	1022,31	24	95	SE	Nuveno	1021,91	25	84	0
22	1022,65	23,5	97,5	E	Chuva	1021,91	24,5	85	38,37
23	1021,78	25,5	83,5	SE	Sol	1021,51	25	86	0
24	1022,04	24,8	85,5	SE	Nuveno	1021,25	24,5	96	0
25	1020,58	25	92,5	SE	Nuveno	1022,05	24,7	89	23,36
26	1021,65	25,2	88,5	SSE	Sol	1021,51	24,7	88	36,11
27	1021,51	25,3	85	S	Sol	1020,18	24,7	84	0
28	1020,31	26	84,5	SE	Sol	1019,51	25	90	3,55
29	1020,45	26	89	SE	Sol	1020,31	25	94	0
30	1020,85	25,7	94	SE	Sol	1020,98	24,5	98	30,48
31	1022,04	25,7	91	S	Sol	1020,51	24,7	90	14,22
Total Pluviométrica (em milímetros)									225,004

Fonte: Adaptada de Pernambuco (1977).

Segundo Girão, Côrrea e Guerra (2006), para a cidade do Recife o trimestre junho, julho e agosto (JJA) possui uma variação da pressão atmosférica entre 1013,6 a 1019,4 mb, umidade relativa do ar variando em índices extremamente altos (95% a 100%), com tempo atmosférico com grandes taxas de nebulosidade - muito nublado a encoberto (7 a 10 Oktas)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

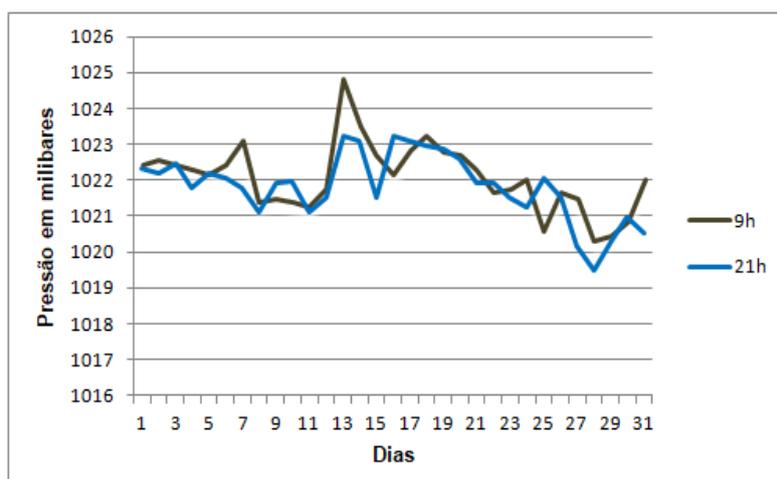
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

em média ao dia. Além disso, há predominância dos alísios de Sudeste, que colaboram para que as temperaturas médias fiquem abaixo de 25°C.

Quanto aos dados de agosto de 1842, vide o Gráfico 02, a pressão atmosférica esteve acima do esperado para o mês, com variação diurna de 1020,31 mb no dia 28 e 1024,85 mb nos dias 13 e 14. Durante o período noturno, a menor pressão atmosférica também foi no dia 28 (1019,51 mb) e o maior valor foi novamente atingido pelo dia 13 e dia 16 (1023,25 mb). Embora seja possível notar dados de pressão acima da média, em virtude de possíveis zonas de altas pressões, o índice pluviométrico esteve também acima do normal.

Gráfico 02 - Variação diária da pressão atmosférica em milibares



Fonte: Os autores, 2020.

A umidade relativa prevista para o mês esteve um pouco abaixo, chegando ao mínimo mensal em 80% durante às 21 horas do dia 11/08, mas, novamente, esta queda dos valores da umidade não resultou num mês escasso de chuva. Nesse mesmo período, o pico de umidade relativa registrado foi no dia 30 (Gráfico 03). Durante o período da manhã, os dias nos quais foram registrados os maiores valores de pressão foram responsáveis pela menor e maior umidade relativa diurna, respectivamente: o dia 13 e o dia 14, às 9 horas. Com isso, é possível afirmar que a alta pressão, desde o dia 8, estava em processo gradativo de dissipação da umidade presente no ar. Mesmo assim, houve uma variação de breves períodos de precipitação e de períodos sem chuva até o dia 15, que representou um declínio da taxa diurna de umidade relativa abaixo dos 90% até o dia 21.

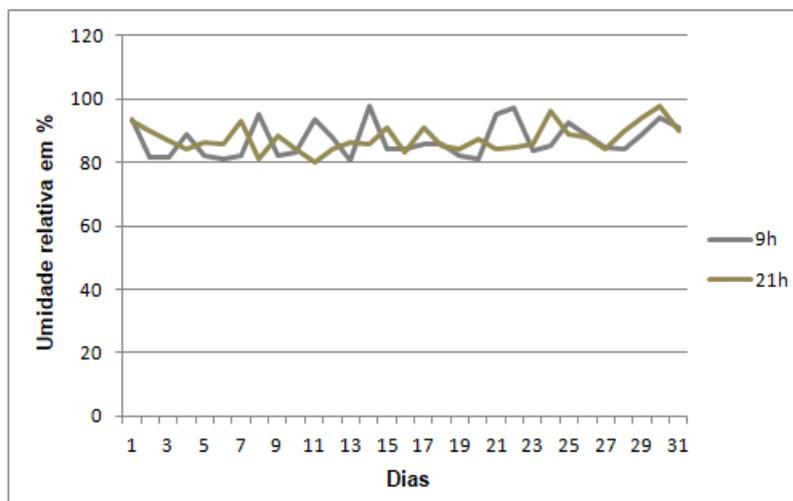


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 03 - Variação diária da umidade relativa do ar.



Fonte: Os autores, 2020.

O tempo atmosférico foi registrado, majoritariamente, durante o dia, como ensolarado em 18 dias. Entretanto, nota-se que, dos 15 dias chuvosos, 6 deles constavam como dias de Sol, sendo 2 deles dias de precipitação de intensidade forte a moderada (SOUZA; DE AZEVEDO; DE ARAÚJO, 2012); respectivamente, os dias 30 e 31. É possível afirmar que estes dois dias de chuvas, que somaram um total de 44,7 mm, vieram a precipitar após às 9 horas e, possivelmente, no período da noite, no qual a umidade relativa atingia os 98% às 21 horas. Por isso, é também possível afirmar que esse fenômeno está ligado à ação de um DOL, em virtude de seu período de atuação e do favorecimento dos alísios de Sudeste durante esta época do ano, juntamente às Brisas Terrestres, que tem seu início de atuação a partir do final da tarde, mas especialmente à noite e durante a madrugada, chegando até o início da manhã (DE ALBUQUERQUE *et al.*, 2013).

Em relação à direção dos ventos, foi possível perceber a predominância dos alísios de Sudeste, que estão registrados durante 12 dias na direção sudeste (SE) e 10 dias na direção sul-sudeste (SSE).

Assim, as Perturbações Ondulatórias dos Alísios, também conhecidas como Distúrbios Ondulatórios de Leste, são favorecidas e contribuem para o regime pluviométrico durante o mês de agosto. O único dia que possuiu direção sudoeste (SO) foi aquele com maior total pluviométrico precipitado: o primeiro dia do mês. Embora esses ventos percorram



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

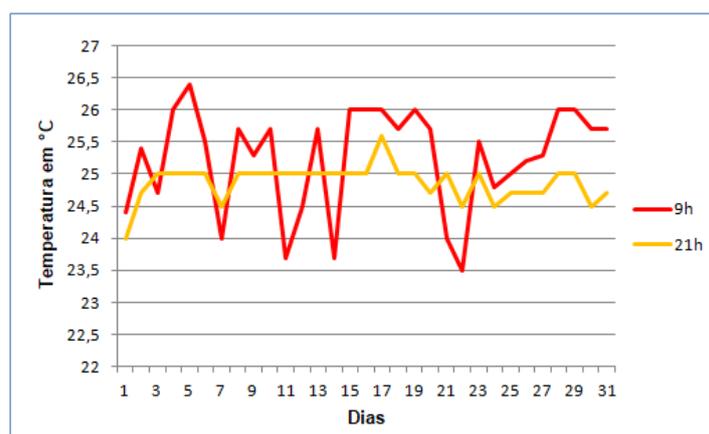
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

adjacentes às correntes de ventos na direção SE, ambos estão ligados aos efeitos das Ondas de Leste (DA SILVA ALVES; DE SOUZA CAVALCANTI; NÓBREGA, 2013), sendo a direção sudoeste um resquício dos alísios de nordeste em movimentação NE/SO durante a transição do mês de julho para o mês de agosto. Com isso, o dia 1º de agosto de 1842 foi responsável pela maior quantidade precipitada do mês (39,37 mm) em função de um Distúrbio Ondulatório de Leste, provavelmente formado durante o final do mês passado.

No geral, as temperaturas registradas durante o mês de agosto estiveram acima da média, quando em 22 manhãs (às 9 horas) e uma noite (às 21 horas), a mais quente do mês (17/08), com 25,6°C, registrou-se temperaturas acima de 25°C (Gráfico 04). A manhã mais quente do mês atingiu 26,4°C, no período em que foi registrada a maior pressão atmosférica e maior umidade relativa do ar (14/08), e 19 noites registraram exatos 25°C. Embora os valores registrados não tenham ultrapassado a média em grande escala, é notório que este aumento das temperaturas esteja diretamente relacionado aos números da pressão atmosférica acima das normais climáticas, resultando, inclusive, numa diminuição do índice de umidade relativa neste mês e, por fim, manhãs com períodos ensolarados em sua maioria.

Gráfico 04 - Variação diária da temperatura.



Fonte: Os autores, 2020.

O mês de agosto de 1842 atingiu um índice pluviométrico de 225,004 mm, representando um valor de aproximadamente 11,32% acima da média da atual (Gráfico 05). Tais dados apresentados podem ser explicados através das 4 estações dos DOLs propostas



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

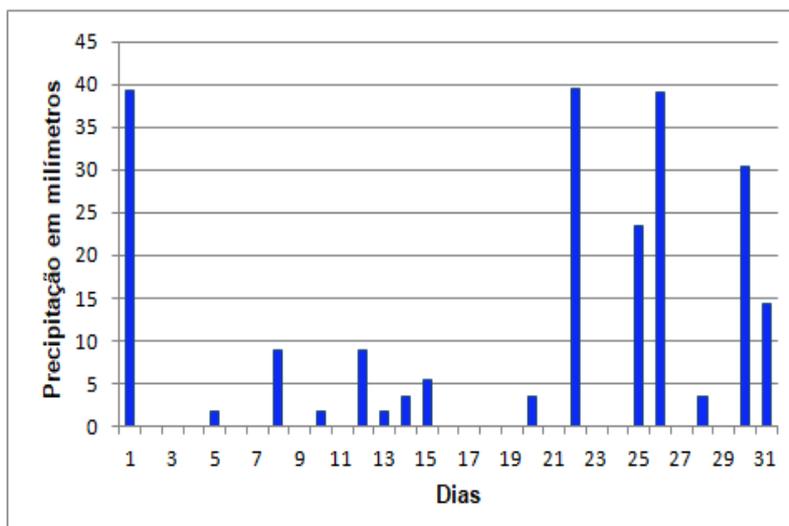
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

por Hall (1989) que, inicialmente, representa um bom tempo, até sua fase final, com formação de nuvens cumulonimbus causadoras de chuvas de intensidade moderada a forte.

Dessa forma, os dias em que foram registradas chuvas acima de 10 mm, com intensidades que variam de moderada a forte, são resultados do fenômeno de Ondas de Leste. Com exceção dos dias 1 e 8, quando a direção dos ventos variou sempre dentro do campo leste-sul, confirma-se a majoritária presença da influência dos alísios de Sudeste e a atuação dos DOLs durante o mês de agosto de 1842.

Em concomitância com a atuação dos DOLs, as Brisas Marinhas também mostram a sua importante atuação no mês em questão, uma vez que os dias com total pluviométrico acima dos 10 mm, com exceção do dia 22 (manhã registrada como chuvosa, com direção dos ventos no sentido leste), registrara-se o tempo nublado nos dias 1 e 25, ou tempo ensolarado nos dias 26, 30 e 31.

Gráfico 5 - Precipitação total do mês de agosto de 1842.



Fonte: Os autores, 2020.

Assim, estes dados são indicativos de que o período chuvoso se deu entre o final da tarde e o início do período da manhã seguinte, portanto, o fenômeno das brisas conecta-se às Ondas de Leste (TEIXEIRA, 2008) e, dessa forma, o intensifica, aumentando o seu



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

potencial pluviométrico e potencial de riscos para o desencadeamento de eventos superficiais dependentes da dinâmica climática local.

4. Considerações finais

Visto que as condições meteorológicas referidas nos dados coletados se coadunam com a possibilidade de formação dos sistemas geradores de chuvas expostos, evidencia-se, pois, que é possível construir uma análise rítmica baseada em valores catalogados em materiais antigos, sem a utilização de recursos de tecnologia atual que auxiliam ratificando estágios de geração e desenvolvimento de sistemas atmosféricos. Além disso, os trabalhos desenvolvidos até o período contemporâneo acerca dos fenômenos de Brisas e de Distúrbios Ondulatórios de Leste foram fundamentais no desenvolvimento de uma análise rítmica satisfatória do mês de agosto de 1842.

Entretanto, é necessário ressaltar que as análises feitas através da Climatologia Histórica não permitem uma acurácia de 100%. Ainda assim, o presente estudo comprovou a possibilidade de identificar a atuação de sistemas atmosféricos a partir de dados coletados que se coadunam com condições atualmente reconhecidas para a formação e desenvolvimento desses sistemas.

5. Referências

BRÁZDIL Rudolf et al. Historical climatology in Europe—the state of the art. **Climatic change**, v. 70, n. 3, p. 363-430, 2005.

CORRÊA, Antonio Carlos de B. Contribuição à análise do Recife como um geossistema urbano. Recife, **Revista de Geografia**, v. 23, n. 3, p. 86-105. 2006.

DA ASSUNÇÃO BORSATO, Victor; DE SOUZA FILHO, Edvard Elias. O ritmo climático e episódios pluviométricos no ano de 1980 na vertente ocidental da Bacia do Alto Rio Paraná Brasil. **Geografia (Londrina)**, v. 17, n. 1, p. 81-108, 2008.

DA SILVA ALVES, Keyla Manuela Alencar; DE SOUZA CAVALCANTI, Lucas Costa; NÓBREGA, Ranyére Silva. Eventos extremos e risco de inundação: uma análise do comportamento evolutivo dos Distúrbios Ondulatórios de Leste em junho de 2010 sobre a bacia do rio Una-Pernambuco. **GeoTextos**, v. 9, n. 2, 2013.

DE ALBUQUERQUE, Rodrigo Tadeu Diniz Bezerra et al. Distribuição Temporal das Precipitações no Município do Recife. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 02, p. 245-252, 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

FERREIRA, André Deodato et al. Detecção das interações do sistema brisa marinha/terrestre com sistemas sinóticos na costa leste de Alagoas utilizando Transformada Wavelet. 2009.

GIRÃO, Osvaldo; CORRÊA, Antonio Carlos de B.; GUERRA, Antonio José Teixeira. Influência da climatologia rítmica sobre áreas de risco: o caso da região metropolitana do Recife para os anos de 2000 e 2001. **Revista de Geografia, Recife**, v. 23, n. 1, p. 3-40, 2006.

HALL, B. A. Westward-moving disturbances in the South Atlantic coinciding with heavy rainfall events at Ascension Island. **Meteorological Magazine**, v. 118, n. 1405, p. 175-181, 1989.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Históricos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 09 de março de 2020.

KOUSKY, Vernon E. Frontal influences on northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, v. 107, n. 9, p. 1140-1153, 1979.

LINS, Taynã Maria Pinto; NÓBREGA, Ranyére Silva. Climatologia de precipitação na Região Metropolitana do Recife através do TRMM. **Anais do CONIC XXIII da UFPE**, 2015.

MACHADO, Célia Cristina Clemente et al. Distúrbio Ondulatório de Leste como condicionante a eventos extremos de precipitação em Pernambuco. **Revista brasileira de climatologia**, v. 11, 2012.

MONTEIRO, Ana. O reconhecimento oficial da importância da climatologia em Portugal (1850-1900). **História: revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, v. 2, 2018.

MOREIRA, Elvis Bergue Mariz; GALVÍNIO, Josiclêda Domiciano. Espacialização das temperaturas à superfície na cidade do Recife, utilizando imagens TM-LANND SAT 7. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 24, n. 3, p. 101-115, 2010.

OGASHAWARA, Igor. Análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **Revista Georaguai**, v. 2, n. 2, 2012.

PERNAMBUCO. **Annaes da medicina pernambucana (1842-1844)**. Recife: Governo de Pernambuco – Secretaria de Educação e Cultura, 1977.

SOUZA, Werônica Meira; DE AZEVEDO, Pedro Vieira; DE ARAÚJO, Lincoln Eloi. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, p. 250-268, 2012.

TEIXEIRA, Raul Fritz Bechtel. O fenômeno da brisa e sua relação com a chuva sobre Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 3, p. 282-291, 2008.

VALLVÉ, Mariano Barriendos. La producción bibliográfica en climatología histórica. **Revista de geografia**, v. 29, n. 1, p. 103, 1995.



RESPOSTAS HIDROLÓGICAS SOB CENÁRIOS IDEAIS DE USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIBARIBE

CAIO CESAR FARIAS DIAZ¹
RAFAELA MELISSA ANDRADE FERREIRA²

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar variáveis hidrológicas submetidas a cenários hipotéticos de uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe. Foram utilizados uma série de dados fisiográficos para dar entrada no modelo SWAT. Com o modelo, foi possível estimar variáveis hidrológicas da BHRC. Foi necessário também realizar a calibração e validação do modelo através do SWAT-CUP. Os cenários hipotéticos de uso e cobertura da terra foram criados a partir do mapa de uso de 2016, escolhendo arbitrariamente as classes a serem substituídas e a espacialização de cada classe inserida (classes de área urbana e vegetação arbórea). Os resultados mostraram aumento (diminuição) do escoamento superficial e evapotranspiração real nos cenários de expansão urbana (aumento de cobertura florestal) e diminuição (aumento) de evaporação de água no solo, percolação e produção hídrica nos mesmos cenários de expansão urbana (aumento de cobertura florestal). Conclui-se então a relevância dessas duas classes como unidades da paisagem de forma a regular ou desequilibrar os processos hidrológicos que dinamizam a rede de drenagem de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: SWAT; Bacias hidrográficas; Modelagem hidrológica.

ABSTRACT

This research aims analyze hydrologic variables submitted to land use land cover hypothetical scenarios in Capibaribe watershed. Was used several physiographic data to input SWAT model. With the model, was possible simulate hydrologic variables in watershed examined. Was also necessary realize the model calibration/validation through SWAT- CUP. The Hypothetical LULC scenarios were borned from 2016 LULC map, arbitrarily choosing classes to be replaced and spatialization of each class inserted (urban area and forest class). Results showed increase (decrease) of surface runoff and real evapotranspiration in urban expansion scenarios (increase of forest cover) and decrease (increase) of water evaporation from soil, percolation and water yield in same urban expansion (increase of forest cover). Research, then, show the relevance in these both classes as landscape units in order to regulate or unbalance the hydrologic processes that dynamize the drainage network of watersheds

Keywords: SWAT; watersheds; hydrologic modelling.

¹ Doutor em Geografia, UFPE, caio.diaz@ufpe.br

² Acadêmica de Licenciatura em Geografia e Bolsista de Iniciação Científica - FACEPE, UFPE, rafaela.melissa@ufpe.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

A Unidade de Planejamento Hídrico (UP2), que corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, está localizada na porção norte-oriental do estado de Pernambuco, limitando-se ao norte com a bacia hidrográfica do Rio Goiana e o estado da Paraíba, ao sul com a bacia hidrográfica do Rio Ipojuca; a leste com o Oceano Atlântico e adicionalmente com bacias hidrográficas adjacentes (APAC, 2018), da qual interconecta as áreas litorâneas, da Zona da Mata e do Agreste pernambucano. A importância deste complexo para os municípios inseridos decorre de múltiplos fatores, entre eles no que se refere ao equilíbrio geossistêmico dos ambientes.

O ciclo hidrológico é a ocorrência e movimento de toda a água acima, abaixo e na superfície terrestre. Aproximadamente toda água está continuamente em movimento e obedece às leis básicas universais, especialmente o princípio de conservação de massa (SPOSÓB, 2011). O ciclo hidrológico compõe-se de uma série de variáveis hidrológicas interconectadas e que por diversos fatores biofísicos, influenciam e são influenciadas pelas descargas fluviais e desempenham um papel decisivo na regulação da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica.

Gonçalves et al. (2011) argumentam que descargas fluviais regulares através de inundações são responsáveis pela reserva e até perda hídrica através de evapotranspiração e infiltração do solo ou percolação. Essas descargas fluviais e as águas subterrâneas são caracterizadas por suas variabilidades sazonais que são determinadas por mudanças cíclicas de precipitação e evapotranspiração durante um ano (TOMALSKI et al., 2021). A precipitação, portanto, exerce esse papel de input nos ciclos das variáveis em superfície, subsuperfície e subterrâneo. As mudanças climáticas como força motriz dessas mudanças cíclicas de precipitação resultam em alterações no escoamento superficial imputando no aumento ou decréscimo deste se aliados a modificações por atividades humanas como bem apontam Dang et al. (2021).

É comum a utilização de modelos hidrológicos para a obtenção de análises acerca da resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica sobre uma variação específica, como uso da terra ou precipitação. Para a aplicação de modelos hidrológicos, é necessário entender afincamente, as variáveis hidrológicas as quais os modelos utilizados interagem. Já como exemplo, o modelo SWAT (Soil & Water Assessment Tool) opera de forma eficiente em grandes



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

áreas e é capaz de funcionar em tempo real, além de fazer simulações de longo período computando os efeitos de mudanças ao longo do período simulado (ARNOLD et al., 1998). O SWAT é classificado como um modelo hidrológico determinístico (dinâmico) “semi” distribuído (semiespecializado), pois possui uma resolução espacial menos complexa que, no entanto, simula todos os processos hidrológicos através das URHs espacialmente não explícitas (GOSLING et al., 2011). Com essas assertivas, podemos indagar que o modelo perpassa por inúmeras variáveis das quais a Geografia possui bastante vínculo, atrelando assim tanto as transformações físicas do espaço, quanto as componentes humanas de gerenciamento, modificação e uso do solo e do espaço.

Diante do exposto, sob o ponto de vista mais amplo, o território nacional sempre sofreu com debilidades em torno dos impactos negativos devido ao uso acentuado e insustentável dos recursos naturais, principalmente em regiões entrecortadas por mananciais e nascentes. De maneira análoga, no locus desta pesquisa, que se caracteriza pela variabilidade espaço-temporal do clima, a situação ainda é mais agravante. Assim, torna-se imprescindível tecer estudos mais elaborados em bacias hidrográficas e em regiões circunvizinhas, a fim de fornecer diagnósticos que corroborem para a mitigação das vulnerabilidades socioambientais (ARAÚJO, 2010). Portanto, o principal objetivo deste trabalho é o de analisar o comportamento de variáveis hidrológicas através da modelagem quando as mesmas são submetidas a cenários hipotéticos de uso e cobertura da terra.

2. Metodologia

2.1. Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (BHRC) corresponde a uma área de aproximadamente 7.454,88 km², (7, 58% do território estadual). Atualmente, a bacia cobre 42 municípios, subdivididos entre aqueles que estão 100% inseridos, entre eles, Brejo da Madre de Deus, Santa Cruz do Capibaribe, Surubim, Toritama, os que possuem sede, entre eles Limoeiro, Recife e Vitória de Santo Antão, e os que estão parcialmente inseridos, entre eles, Carpina, Caruaru e Gravatá (APAC, 2018).

A maior parte da rede hidrográfica é caracterizada por um regime fluvial intermitente, acompanhada de pequenos rios e riachos nos quais o regime é perene, principalmente nas regiões próximas ao baixo curso do Rio Capibaribe. As altitudes da BHRC variam de 0 a mais



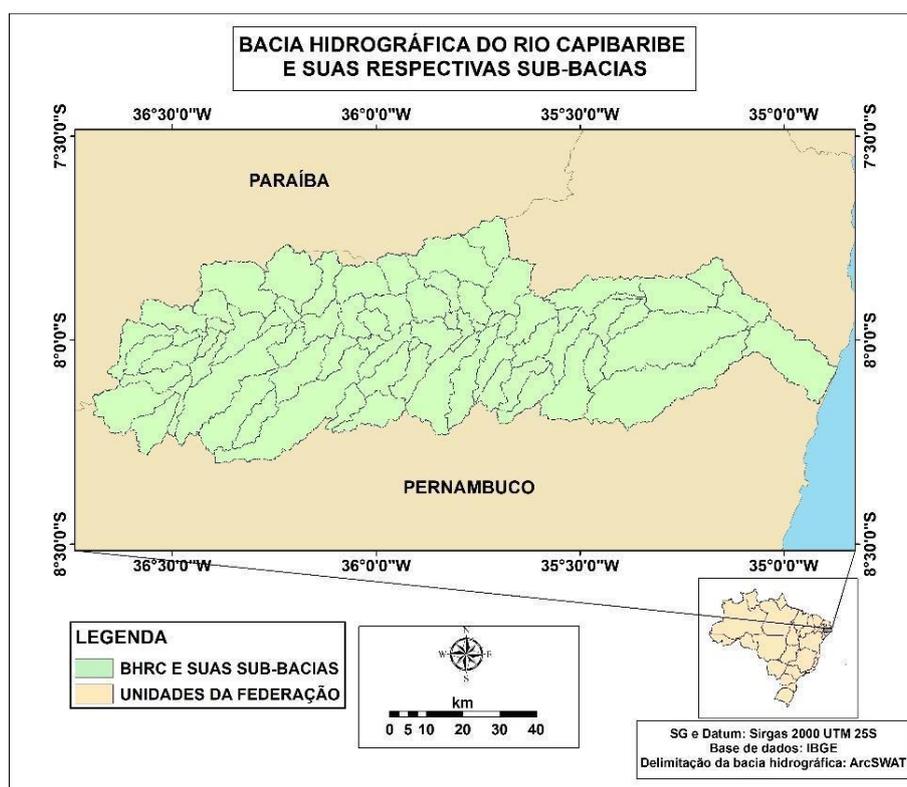
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de 1200 onde as maiores elevações são encontradas nos brejos e serras de Taquaritinga do Norte e Brejo da Madre de Deus.

Figura 01 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe



Fonte: Caio Diaz

As precipitações médias na BHRC variam entre 600 e mais de 2000mm aumentando esses valores no sentido oeste-leste a exceção das áreas de brejo de altitude, onde alí as precipitações ultrapassam 1000mm anuais. Em geral, a bacia é dominada pelos climas As e Bhs segundo classificação de Köppen-Geiger com chuvas de inverno e outono bem marcadas, proporcionadas pelo desenvolvimento de ondas de Leste no Oceano Atlântico, mas também podem ocorrer precipitações oriundas da ZCIT e de VCANs durante os meses de verão.



2.2. Dados e procedimentos metodológicos

Foram necessários uma série de dados para a execução da pesquisa. Dentre eles, listam-se dados de volume e área dos reservatórios e dados diários de variáveis climáticas (precipitação, temperatura, radiação solar, etc), dados espaciais de elevação (MDE), solo (vetor) e imagens de satélite para criação de mapas de uso e cobertura da terra de 1986, 1996 e 2016. Todos esses dados foram reunidos para servirem de *input* (entrada) para a utilização do modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Este modelo corresponde ao *software* ArcSWAT, usado como ferramenta no ArcGIS.

O intervalo temporal da modelagem foi de 35 anos, tendo 5 anos de aquecimento (1981 a 1985) e 30 anos modelados (1986 a 2016). A partir do modelo, foi possível estimar com base nos dados de entrada, diversas variáveis que compõem o ciclo hidrológico da BHRC. Destas, foram escolhidas 5 variáveis para análise (escoamento superficial, evaporação de água no solo, produção hídrica, percolação e evapotranspiração real).

Após rodar o modelo para os mapas de uso e cobertura da terra criados, foi necessário ainda calibrar e validar o modelo. O *software* utilizado para esta etapa foi o SWAT-CUP. Foram necessários 9 parâmetros de calibração e mais de 4 mil simulações (seccionadas em 10 iterações ao todo) até se chegar a um resultado satisfatório. Da série utilizada no estudo, foram destinados 27 anos para a calibração e 3 anos para a validação. A lista com os parâmetros é mostrada na tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros de calibração usados e seus significados

PARÂMETRO	SIGNIFICADO
SOL_K.sol	Capacidade de água da camada de solo (mm/h^{-1})
GW_REVAP.gw	Coeficiente de ascensão da água para a zona de saturação (adimensional)
CH_K2.rte	Condutividade hidráulica efetiva do canal (mm/h^{-1})
ESCO.bsn	Fator de compensação da evaporação da água no solo (adimensional)
SOL_AWC.sol	Armazenamento de água no solo (mm^{-1})
CN2.mgt	Função da permeabilidade do solo uso e condições hídricas do solo (adimensional)
ALPHA_BF.gw	Constante de recessão do fluxo de base (dias)
GW_DELAY.gw	Intervalo de tempo para recarga do aquífero (dias)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

GWQMN.gw

Profundidade limite da água no aquífero raso requerido para o retorno de fluxo ocorrer (mm)

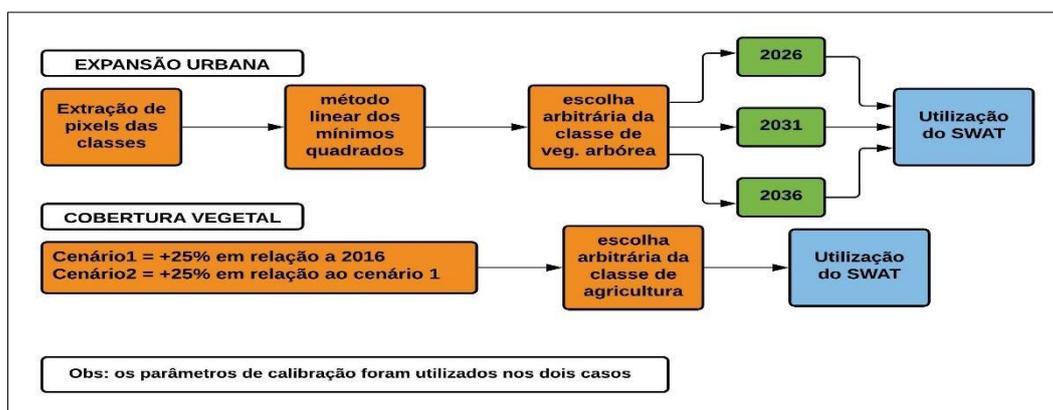
Organização: Caio Diaz.

Para criar os cenários de uso e cobertura da terra com foco na expansão urbana, extraiu-se os valores em pixel de cada classe de uso do mapa de 2016. Em seguida, foi aplicado nos valores de pixel da classe de área urbana o método dos mínimos quadrados, caso linear para estimar um aumento constante, no tempo, da área urbana na BHRC.

Para a aplicação correta, fez-se necessário escolher arbitrariamente, uma classe que seria convertida espacialmente em área urbana, portanto, optou-se pela classe de vegetação arbórea. Assim, os cenários hipotéticos de aumento de área urbana tornaram-se ao mesmo tempo, cenários de conversão linear de área de floresta em área urbana. Os anos de referência utilizados para esta análise foram 2026, 2031 e 2036. Cada ano de referência, na forma de um mapa de uso e cobertura da terra hipotético foi submetido ao modelo SWAT.

Os cenários de aumento de cobertura de vegetação arbórea foram submetidos a um critério diferente de criação onde foi estabelecido um acréscimo de 25% a partir dos valores de pixels de 2016 para o primeiro cenário (intitulado cenário 1) e de mais 25% para o segundo cenário a partir do cenário 1 (intitulado cenário 2).

Figura 02 - Esquema sintáticos dos procedimentos de criação dos cenários hipotéticos



Fonte: Caio Diaz.



3. Resultados e discussão

Dentre as classes de uso e cobertura da terra criadas, a classe de agricultura foi aquela que teve a maior representatividade em todos os cenários, como aponta a tabela 2, seguido das classes de vegetação arbustiva e arbórea. Com a utilização de um critério linear de estimativas sobre a classe de área urbana e a escolha da vegetação arbórea como classe a ser substituída, a diferença percentual entre as duas classes caiu de 66,5% para 36.1%.

Já em relação aos cenários hipotéticos em que há aumento da cobertura de classe arbórea em substituição a classe de agricultura, há pouca mudança nas diferenças percentuais entre essas duas classes, uma vez que as atividades agrícolas apresentam representatividade espacial majoritária de mais de 70% de toda a BHRC, no entanto a vegetação arbórea com acréscimo de 25% no primeiro cenário e 25% no segundo, atingiu quase 10% de toda a cobertura da BHRC, dilatando a diferença percentual para as áreas urbanas representadas na ordem de 72.4%.

Cenários ideias de uso e cobertura da terra representando a expansão linear da área urbana nos anos de 2026, 2031 e 2036, foram modelados seguindo os mesmos critérios do cenário de 2016. Os montantes gerais de escoamento superficial, evaporação da água no solo, produção hídrica, percolação e evapotranspiração real da BHRC para esses cenários hipotéticos são representados da figura 3.

Tabela 02 - Percentual das classes dos mapas de uso e cobertura da terra de 2016 e dos cenários hipotéticos criados.

	2016	2026	2031	2036	Cenário1	Cenário1
AGRICULTURA	71.54%	71.56%	71.55%	71.56%	69.93%	68.04%
PASTAGENS	3.37%	3.22%	3.19%	3.17%	3.4%	3.34%
VEG. ARBÓREA	6.37%	6.07%	5.85%	5.65%	7.98%	9.97%
VEG. ARBUSTIVA	15.01%	15.07%	15.08%	15.08%	15%	14.96%
ÁREA URBANA	2.77%	3.16%	3.39%	3.61%	2.76%	2.75%
ÁGUA	0.94%	0.94%	0.94%	0.94%	0.94%	0.94%

Organização: Caio Diaz.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Percebe-se um nítido aumento ao longo do tempo nos patamares gerais do escoamento superficial (SURQ) e evapotranspiração real (ET). O aumento de SURQ na BHRC possui relação intrínseca com o aumento da precipitação, mas também da exposição do solo à precipitação e a intensificação da permeabilidade da superfície, estes ligados a processos de expansão agrícola e, principalmente, a expansão da área urbana.

Alterações no ciclo hidrológico em decorrência das mudanças antrópicas do uso e cobertura da terra podem potencializar problemas gerados por tais alterações. O escoamento superficial, por exemplo, fomenta os fluxos no nível de base das bacias hidrográficas, bem como em suas áreas de contribuição, culminando em maior perda de solos nestes dois setores.

Chimdessa *et al.* (2019), exemplificam bem este fenômeno, quando no tempo, verifica-se aumento da perda de solos na maioria das sub-bacias em estudo face alterações no uso da terra e no clima. Embora a perda de solo não seja exatamente o foco do presente trabalho, é o produto decorrente do aumento do escoamento superficial e da impermeabilidade do solo, tendência que ocorre aqui entre os cenários de estudo.

O aumento da ET tem relações com o aumento de SURQ e da precipitação ao longo do tempo, uma vez que ET soma os valores da evaporação com a transpiração de plantas e, embora a classe de vegetação arbórea diminua com o tempo, sua substituição pela classe de área urbana implica em maior disponibilidade hídrica em superfície para evaporar, compensando os decréscimos pela transpiração.

Yang *et al.* (2016) enfatizam esse argumento ao detectarem queda nas tendências de ET justificadas pelo decréscimo histórico da precipitação e da disponibilidade hídrica em superfície, que por sua vez, auxiliam na diminuição da evaporação. Tão logo há aumento desses fatores, contribui-se para que ET Também possa historicamente aumentar.

A evaporação de água no solo (REVAP), produção hídrica e percolação mostraram-se em queda ao longo dos três cenários hipotéticos, com 2026 tendo os maiores valores. Normalmente, a diminuição histórica de REVAP pode estar associada à diminuição da temperatura do ar, da precipitação, da permeabilidade do solo e do armazenamento hídrico.

Como pode ser analisado na figura 4, a precipitação anual do período histórico de 1986 a 2016, usado para a modelagem dos cenários hipotéticos, apresenta tendência positiva, eliminando a relação desta com a queda histórica de REVAP. O aumento da classe de área



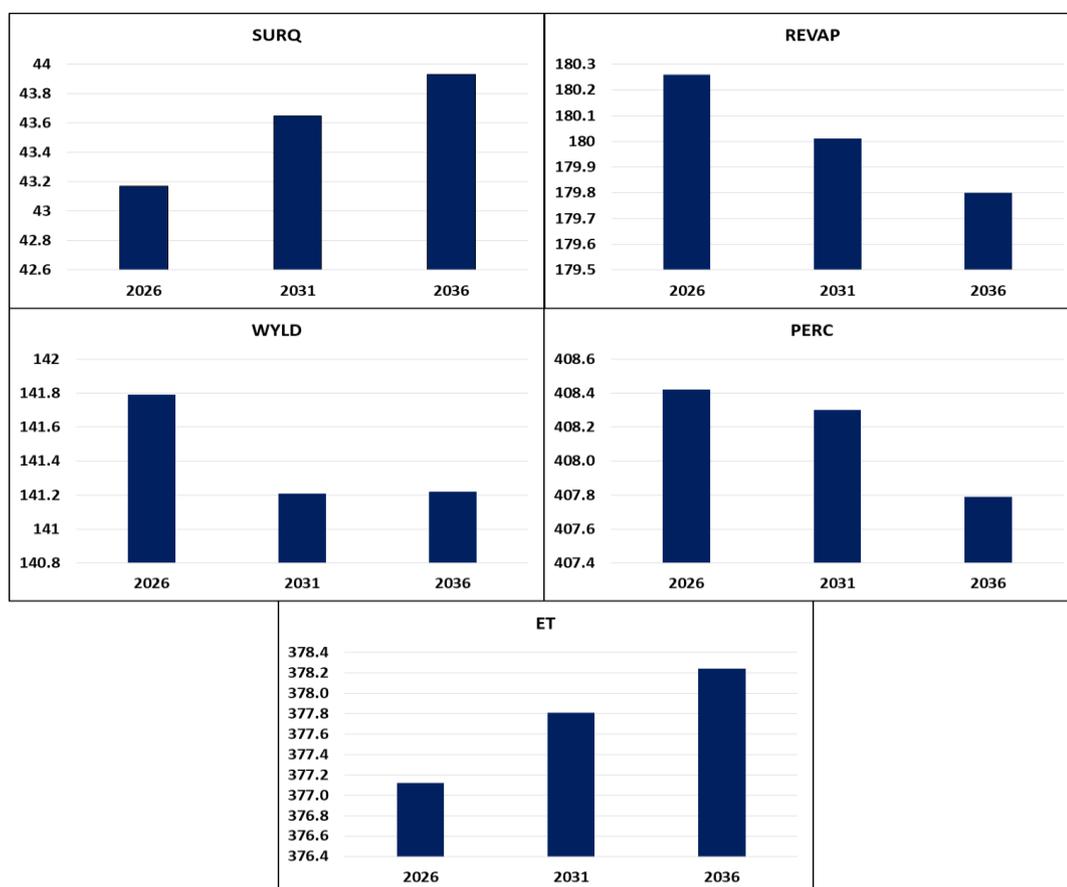
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

urbana é o fator que melhor conduz a uma relação apropriada com o comportamento de REVAP, uma vez que a impermeabilização e selamento do solo diminui sua porosidade e dificulta a infiltração, induzindo a menores taxas de percolação (esta que também apresenta queda) e armazenamento hídrico e, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade de água no solo para evaporar.

Figura 03 - Valores gerais (em mm) de escoamento superficial (SURQ), evaporação da água no solo (REVAP), produção hídrica (WYLD), percolação (PERQ) e evapotranspiração real (ET) para os três cenários criados



Fonte: Caio Diaz

O montante de produção hídrica (WYLD) também possui queda muito embora haja aumento de SURQ, pois é um elemento que depende do escoamento em superfície, mas também em subsuperfície e subterrâneo, alimentado pelo fluxo lateral e pelos fluxos de base.



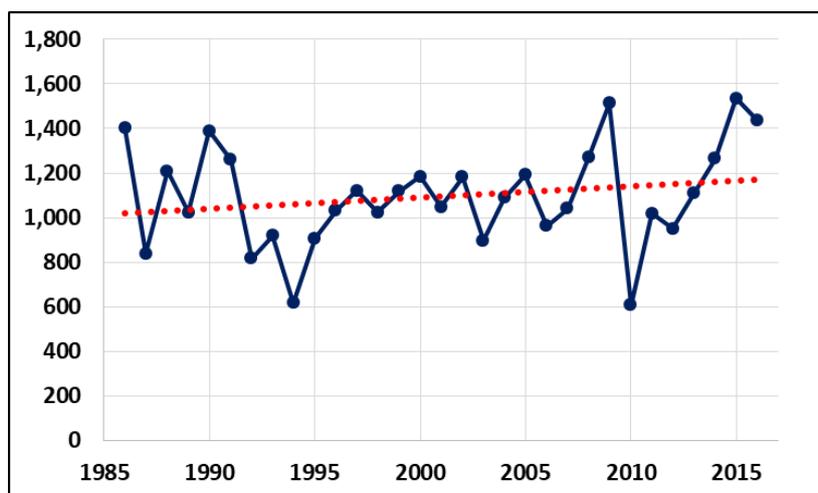
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Como as variáveis anteriores mostram queda de variáveis inerentes a infiltração de água no subsolo, WYLD tende a cair ao longo dos cenários hipotéticos.

Figura 04 - Histórico anual da precipitação (em mm) usado na modelagem dos cenários analisados. A linha tracejada em vermelho representa tendência positiva da precipitação no período



Fonte: Caio Diaz

Choto e Fetene (2019) verificaram que a produção hídrica (WYLD) aumentou durante o tempo com o aumento das atividades agrícolas, conferindo uma relação de proporcionalidade entre o uso e a variável hidrológica. Porém o mesmo não é verificado entre a expansão urbana e WYLD na BHRC, havendo inclusive, decréscimo entre o cenário ideal de 2026 e 2031.

Está relação também pode ser ponderada em Choto e Fetene (2019), onde enfatizam que mudanças no uso da terra resultaram em mudanças nos fluxos de vazão, em específico a expansão da agricultura que intensificou aumento do escoamento superficial e, por conseguinte, a dinâmica hídrica em sub superfície e subsolo.

O mesmo pode ser argumentado sobre a expansão de área urbana na BHRC, que em detrimento da impermeabilidade, diminui ao longo do tempo, o montante de REVAP, uma vez que disponibilidade hídrica em subsolo é afetada negativamente em detrimento do maior escoamento em superfície.

Torna-se, portanto, muito nítido como a expansão da classe de área urbana tem papel fundamental na intensificação de fluxos em superfície e claramente mostrados aqui.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Munoth e Goyal (2019), embora deem maior ênfase desta variável hidrológica com a variabilidade espaço-temporal da agricultura, eles também mostram que há aumento da classe urbana, muito embora não fique claro a relação direta desta classe com o escoamento superficial, pois esta discussão não tratada no trabalho com afincos.

Os cenários modelados com maior cobertura da classe de vegetação arbórea (VA) em substituição a classe de agricultura são analisados a seguir. Os valores do cenário 1, representando o mapa de uso e cobertura da terra com 25% a mais de VA a partir do mapa de 2016 e do cenário 2, representando uso e cobertura da terra com 25% a mais a partir do cenário 1 são expostos na figura 5. São estes, valores das mesmas variáveis analisadas para a expansão da classe de área urbana.

Revela-se nos gráficos, que o comportamento das variáveis é inversamente proporcional quando se comparado com a análise anterior, denotando um efeito oposto da maior representatividade da VA no mapa de uso em relação aos cenários de aumento de classe urbana. Estranhamente, os valores dos cenários 1 de SURQ e REVAP em termos absolutos, figuram-se um pouco maiores ou menores em relação aos valores do cenário ideal de 2026 quando deviam ser menores ou maiores, respectivamente, devido à maior cobertura de VA.

De qualquer forma, verifica-se uma queda no montante de SURQ e ET e aumento de REVAP, WYLD e PERC quando há maior VA e menor área de agricultura entre os cenários. O poder de interceptação de gotas de chuva pelo dossel florestal e preservação e conservação do solo por intermédio da rede radicular e serapilheira, além das atividades bióticas, promovem a diminuição do escoamento em superfície, a maior recarga de aquíferos potencializada por uma percolação mais eficiente.

Os valores de ET revelam-se em queda à medida que mais VA é incorporada ao mapa de uso do modelo, neste caso, o cenário 2 que apresenta quase 10% de seu território coberto por vegetação arbórea. Ghafouri-Azar *et al.* (2018) ao compararem o montante histórico de ET entre as duas Coreias, mostram como há uma clara diferença entre as duas regiões, sendo a Coreia do Norte com o menor montante ET, maior cobertura florestal e menor área urbana, enquanto que a Coreia do Sul explicita maior montante de ET e características de cobertura opostas.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Com a água percolando de forma mais fácil no solo, se abre a possibilidade de tornar o mesmo mais úmido, intensificando REVAP. O aumento entre os cenários 1 e 2 de WYLD é traduzido, justamente por essa maior possibilidade da água infiltrar-se mais no solo e intensificar a dinâmica de fluxos em subsuperfície e subterrâneo, aumentando assim os fluxos laterais e de base, o oposto do ocorrido nos cenários de aumento de área urbana.

Todas essas variáveis também são influenciadas não apenas pelo aumento da cobertura de VA, mas também pela retração da classe de agricultura em detrimento a VA. As atividades agrícolas, ainda mais em condições de *plantation*, podem ser responsáveis pela maior exposição e perda de solo, homogeneidade da paisagem e diminuição dos fluxos em subsuperfície e no subterrâneo.

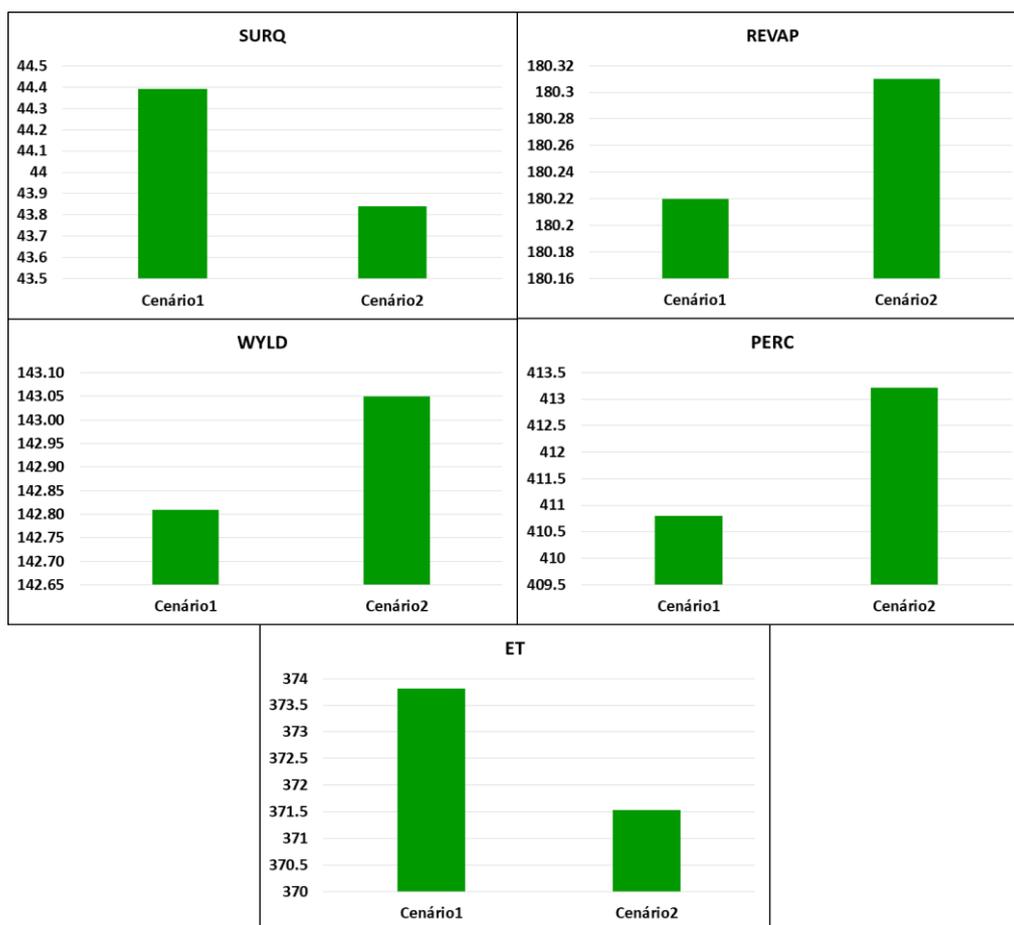
Munoth e Goyal (2019) trazem uma discussão à luz da movimentação representativa das áreas de agricultura e sua influência sobre o ciclo hidrológico de forma a não concordar com alguns resultados aqui representados. Ao mesmo tempo, ambos os trabalhos concordam com relação às movimentações do escoamento superficial, uma vez que há aumento, no tempo, de valor da variável com a expansão agrícola em Munoth e Goyal (2019) e diminuição desse montante em função da retração da classe de agricultura face a sua substituição pela classe de vegetação arbórea, presente neste trabalho.

Näschen *et al.* (2018) discorrem acerca da substituição da savana por pastagens e áreas agrícolas e percebem um aumento nos montantes de escoamento superficial em função disso ao mesmo tempo que verificam relação diretamente proporcional entre WYLD e ET. O primeiro fenômeno de conversão em relação ao escoamento superficial concorda com os resultados, pois os efeitos de conversão opostos aos encontrados em Näschen *et al.* (2018) produzem queda nos montantes de escoamento superficial.

Já as relações entre produção hídrica e evapotranspiração destoam dos valores encontrados aqui. Li *et al.* (2019) atentam sobre a diminuição do montante anual de vazão em decorrência da queda de escoamento superficial e atribuem principalmente ao aumento da expansão agrícola e verificam uma relação inversamente proporcional entre o aumento da vazão e diminuição de ET durante o período chuvoso, contrastando com os resultados expostos aqui que mostram uma clara redução de SURQ e ET em decorrência do aumento de áreas de floresta e diminuição de áreas agricultadas.



Figura 05 - Valores (em mm) de escoamento superficial (SURQ), evaporação da água no solo (REVAP), produção hídrica (WYLD), percolação (PERC) e evapotranspiração real (ET) para os cenários hipotéticos de 2026,2031 e 2036.



Fonte: Caio Diaz

4. Considerações finais

A análise da resposta hidrológica face a cenários ideais constatou algumas hipóteses lançadas e contrapôs outras. Ficou evidente como a expansão urbana e a consequente conversão de vegetação arbórea por áreas antropizadas são capazes, à luz da modelagem hidrológica, de modificar o ciclo hidrológico ao ponto de diminuir ou aumentar, temporalmente, o montante de componentes que regulam diretamente a vazão da rede de drenagem, como o escoamento superficial e a produção hídrica e variáveis responsáveis por auxiliar o entendimento da recarga de águas subterrâneas, como a percolação e a evaporação de água no solo. De modo contrário, os cenários criados a partir do aumento de cobertura de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

vegetação arbórea mostraram o total oposto, indicando tendência de diminuição de escoamento superficial e evapotranspiração inerentes a maior cobertura vegetal e aumento de evaporação no solo, produção hídrica e percolação. Estes resultados sugerem que a conversão de áreas agrícolas em floresta promove a regulação de variáveis hidrológicas que podem potencializar ou controlar fenômenos socioambientais de impactos negativos, como enchentes, escorregamentos e deslizamentos.

No entanto, alguns autores indicam relações classe de uso/variável e variável/variável em discordância com os resultados encontrados nesta pesquisa como aumento de produção hídrica em acompanhamento ao aumento de evapotranspiração ou a queda de montante de escoamento superficial em detrimento da expansão agrícola, resultados estes que se encontram em total contraponto com os resultados constatados nesta pesquisa.

5. Referências

APAC- Agência Pernambucana de Águas e Climas. Disponível em:<
http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=14>. Acesso em: 22 de abril de 2021.

ARAÚJO, L. E. **Climatologia e Vulnerabilidade Socioeconômica e Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba – Estudo de Caso do Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão)**. 2010. 120p. Tese. Doutorado em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

ARNOLD, J.G. et al. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, Vol. 34, N. 1, p. 73–89, 1998.

CHIMDESSA, K; QURASHI, S; KEBEDE, A; ALAMIREW, T. Effect of land use land cover and climate change on river flow and soil loss in Didessa River Basin, South Waest Blue Nile, Ethiopia. **Hidrology**, Vol. 6, No. 2, 20 p. 2019.

CHOTO, M; FETENE, A. Impacts of land use/land cover change on stream flow and sediment yield of Gojeb watershed, Omogibe Basin, Ethiopia. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, Vol. 14, pag. 84-99, 2019.

DANG, C; ZHANG, H; SINGH, V. P; YU, Y; SHAO, S. Investigating hydrological variability in the Wuding river basin: Implications for water resources management under the water-human-coupled environment. **Water**, Vol. 13(2), 1-20, 2021.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

GHAFOURI-AZAR, M; BAE, D. H; KANG, S. U. Trend analysis of long-term reference evapotranspiration and its componentes over the Korean península. **Water**, Vol. 10, 18 p, 2018
GONÇALVES, H. C; MERCANTE, M. A; SANTOS, E. T. Hydrological cycle. **Brazilian Journal of Biology**, Vol. 71(1), 241-253, 2011.

GOSLING, S. N; TAYLOR, R. G; ARNELL, N. W; TODD, M. C. A comparative analysis of projected impacts of climate change on river runoff from global and catchment-scale hydrological models. **Hydrology and Earth System Sciences**, Vol. 15, No. 1, 279-294, 2011.

LI, Y; CHANG, J; WANG, Y; GUO, A; MA, F; FAN, J. Spatiotemporal impacts of land use land cover changes on hydrology from the mechanism perspective using SWAT model with time varying parameters. **Hydrology Research**, Vol. 50, No. 1, p. 244-261, 2019.

MUNOTH, P; GOYAL R. Impacts of land use land cover change on runoff and sediment yield of upper Tapi River Sub-basin, Índia. *International Journal of River Basin Management*, Vol. 18, p. 177-189, 2020.

NÄSCHEN, K; DIEKKRÜGER, B; LEEMHUIS, C; STEINBACH, S; SEREGINA, L. S; THONFELD, F; VAN DER LINDEN, R. Hydrological modelling in data-science cathments: The Kilombero floodplain in Tanzania. **Water**, Vol. 10, No. 599, 27 p, 2018.

NETO, J. G. C; NETO, A. R; MONTENEGRO, S. M. G. L. Assessment of rainfall-runoff models for flood river extreme event simulators, 6th International Conference on Flood Management, **CIWRHR**, São Paulo – SP, 10 p. 2014.

SPOSÓB, J. Water Balance in Terrestrial Ecosystems. **Encyclopedia of Earth Sciences Series**, Volume único, 955–959, 2011.

TOMALSKI, P; TOMASZEWSKI, E. WRZESIŃSKI, D; SOBKOWIAK, L. Relationships of hydrological seasons in rivers and groundwaters in selected catchments in Poland. **Water**, Vol. 13(3), 1-17, 2021.

YANG, Z; ZHANG, Q; HAO, X. Evapotranspiration trend and its relationship with precipitation over Loess Palteau during the last three decades. **Advances in Meteorology**, Vol. 2016, 10 p, 2016.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DO BOX PLOT NA IDENTIFICAÇÃO DE ANOS-PADRÃO E A INFLUÊNCIA DO ENOS (EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL) NOS TOTAIS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO DO VALE DO RIBEIRA DE IGUAPE

VALERIA MACHADO EMILIANO¹
EMERSON GALVANI²

RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo realizar uma caracterização das precipitações pluviométricas do Vale do Ribeira de Iguape, localizado no sul do estado de São Paulo. Foram analisados os dados a partir de 1970 a 2017 de 18 postos pluviométricos distribuídos pelo alto, médio e baixo curso do rio Ribeira de Iguape. Para a realização da caracterização das precipitações utilizará da metodologia Box Plot na identificação de anos-padrão, a partir do método utilizado por Galvani e Luchiari (2004) em estudos voltados para a identificação de anos-padrão. Nos resultados destaca-se que a maior parte dos anos foram classificados como anos normais de precipitação, porém, observou-se anos com precipitações acima da média e abaixo da média, sendo classificadas como secos e úmidos e os outliers que são os totais classificados como super secos e super úmidos. Após a aplicação da técnica do Box Plot foi possível comparar essas classificações dos totais anuais com os anos de influência do El Niño e La Niña dados pela CEPETC/INPE. Os resultados mostram que houve anos que foram classificados como anos anômalos pela técnica dos anos-padrão e que houve influência dos fenômenos El Niño e La Niña. A região apresentou a variabilidade semelhante em anos centrais de El Niños de intensidade forte, caracterizada pelo excesso de chuvas, mas nos anos de La Niña não apresentou esta uniformidade, caracterizando a escassez e nos anos neutros, poucos foram os excessos ou a escassez de precipitações que conseguiram elevar ou diminuir as médias anuais das chuvas.

Palavras-chave: Distribuição pluvial; Anos chuvosos; Anos secos.

ABSTRACT

This research aims to characterize the rainfall in the Ribeira de Iguape Valley, located in the south of the state of São Paulo. From 1970 to 2017, data on 18 pluviometric stations distributed over the upper, middle and lower reaches of the Ribeira de Iguape River were analyzed. For the characterization of the precipitations, it will use the Box Plot methodology in the identification of standard years, based on the method used by Galvani and Luchiari (2004) in studies aimed at the identification of standard years. In the results, it is highlighted that most of the years were classified as normal precipitation years, however, years with above average and below average rainfall were observed, being classified as dry and humid and the outliers that are the totals classified as super dry and super humid. After applying the Box Plot technique, it was possible to compare these classifications of annual totals with the years of influence of El Niño and La Niña given by CEPETC / INPE. The results show that there were

¹ Acadêmica do curso de Geografia, Universidade de São Paulo (USP),
aleriamachadoemiliano@usp.br

² Docente do Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo (USP), egalvani@usp.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

years that were classified as anomalous years by the standard years technique and that there was an influence of the phenomena El Niño and La Niña. The region showed similar variability in central El Niños years of strong intensity, characterized by excessive rainfall, but in La Niña years it did not show this uniformity, characterizing the scarcity and in neutral years, few were the excesses or scarcity of precipitations that managed to raise or lower annual rainfall averages.

Keywords: Rainfall distribution; Rainy years; Dry years.

1. Introdução

Conhecer sobre a variabilidade das precipitações de um determinado local é de grande relevância, visto que as chuvas interferem direta e indiretamente na sociedade, por exemplo, na agricultura, no turismo, no abastecimento de água, na disponibilidade para geração de energia e entre outros.

De acordo com Schneider (2014) existe uma carência de metodologia específica para a climatologia, dessa forma há uma necessidade de se buscar métodos apropriados cuja contribuição seja fundamental para se analisar e compreender a variabilidade das chuvas. Sendo assim, o autor utiliza do modelo Box Plot na identificação de anos padrão secos chuvosos e habituais nas microrregiões de Dourados, Mato Grosso do Sul analisando os dados pluviométricos da série histórica 1980-2012. A utilização de anos excepcionais é importante por contribuir com o entendimento das possíveis variabilidades que ocorrem na circulação atmosférica e que refletem nos tipos de tempo dos anos secos e chuvosos. Portanto, o autor tem por objetivo a espacialização da distribuição pluviométrica em anos tidos enquanto excepcionais a fim de demonstrar a importância do método estatístico na identificação da variabilidade pluviométrica. Dessa forma, a técnica Box Plot permitiu ao autor identificar e classificar os anos-padrão em cinco categorias: habitual, seco, chuvoso, super seco e super chuvoso.

Através dos resultados a classificação demonstrou-se assim eficiente e convergente aos objetivos da pesquisa, que visou compreender a variabilidade, o regime, das chuvas na microrregião de Dourados tomando como base o período de 1980-2012. Concluindo assim que, um período de onze anos apresentou características excepcionais no que tange ao volume de chuva precipitado e/ou sua distribuição ao longo do ano, principalmente quando se toma como parâmetro o regime mensal das chuvas. Essa condição permite dizer que na microrregião de Dourados as chuvas tendem a manter o comportamento da habitualidade,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

intercalados por padrões secos, seguidos pelos chuvosos, os extremos, super secos ou super chuvosos não aparecem com frequência, mas merecem destaque principalmente quando se considera a importância das chuvas para a produção agrícola da área.

Tavares (1976) conceituou o que seria um ano padrão “normal”, “seco” e “chuvoso”, e formulou um método baseado na estatística para as classificações dos anos-padrão, organizando os valores de precipitação em períodos trimestrais, calculando-se a média e o desvio percentual. Segundo o autor ano padrão “normal” seria aquele em que a distribuição da precipitação anual é próximo à posição das precipitações médias, um ano padrão “seco” caracteriza-se por valores de precipitações com grande desvio em relação aos dados médios, e o ano padrão “chuvoso” com divergências ao excesso de chuva em relação aos dados mais regulares. Tavares (1976, p.81) afirma que:

A utilização dos anos padrões na realização da análise rítmica possibilita a compreensão e caracterização do clima, através da análise dos padrões normais e das possíveis diversificações que ocorrem na circulação atmosférica, e que refletem nos tipos de tempo dos anos “secos” e “chuvosos”. (TAVARES,1976:81)

Galvani e Luchiari (2004) propõe estabelecer para uma série suficientemente longa de dados de precipitação (30 anos ou mais) os limites numéricos daqueles anos considerados com regime pluviométrico normal, seco ou úmido, além daqueles considerados super úmidos e super secos. A proposta baseia-se na determinação do Box Plot. O Box Plot é uma técnica estatística que permite identificar para os totais mensais de precipitação os valores máximos, os mínimos, a mediana, o primeiro quartil e o terceiro quartil.

Dessa maneira, a série é dividida em quatro blocos, sendo que 25% dos dados estarão entre o valor mínimo e o limiar do primeiro quartil (mês seco), 25% entre o limiar do primeiro quartil e a mediana (mês normal), 25% entre a mediana e o limiar do terceiro quartil (mês normal) e os outros 25% dos dados daquele mês acima do limiar do terceiro quartil (mês úmido). Poderão ocorrer ainda meses em que os totais pluviométricos se enquadrarão abaixo do valor mínimo (super seco) ou acima do valor máximo (super úmido). Assim, com limites determinados pelos intervalos interquartílicos pode-se classificar quantitativamente o regime de chuvas daquela região em determinado período (mês, estação ou ano). Esta mesma técnica pode ser utilizada para outras localidades bastando apenas determinar os novos intervalos interquartílicos que representará a realidade pluviométrica daquela localidade. Os



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

autores chamam a atenção para a classificação com escala mensal do tempo, atribuindo importância no que se refere ao regime de precipitações mês a mês auxiliando em estudos de climatologia, permitindo assim a classificação objetiva estabelecendo limites entre meses secos, úmidos, normais, super seco e super úmido.

A bacia hidrográfica do rio Ribeira do Iguape, localizada no sul do estado de São Paulo e o norte do Paraná, apresenta áreas de Unidades de Conservação de proteção integral e de uso sustentável se destacando no cenário nacional pela riqueza de recursos minerais e por ser a região que conserva o maior remanescente contínuo de mata atlântica. Além de que, a extensa planície fluvial é palco de eventos de inundações, pois parte das áreas ocupadas são urbanizadas e o médio e baixo ribeira são as áreas que mais sofrem com esses eventos de cheia em todo vale (Ross, 2002). Sendo assim, este trabalho busca analisar as precipitações anuais, para o Vale do Ribeira de Iguape aplicando-se a técnica do “anos-padrão” e avaliar a participação do fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) nas precipitações no Vale do Ribeira comparando os resultados do “anos-padrão” com os dados de ocorrência dos fenômenos ENOS durante o período de 1970-2017.

2. Metodologia

Para esse trabalho, foram utilizados dados de precipitações mensais de 1970 a 2017 obtidos a partir do Banco de Dados Hidrológicos do Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) (<http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>). A série histórica totaliza 48 anos de dados de 18 postos diferentes dentro da área da bacia do Vale do Ribeira no Estado de São Paulo (Figura 1).

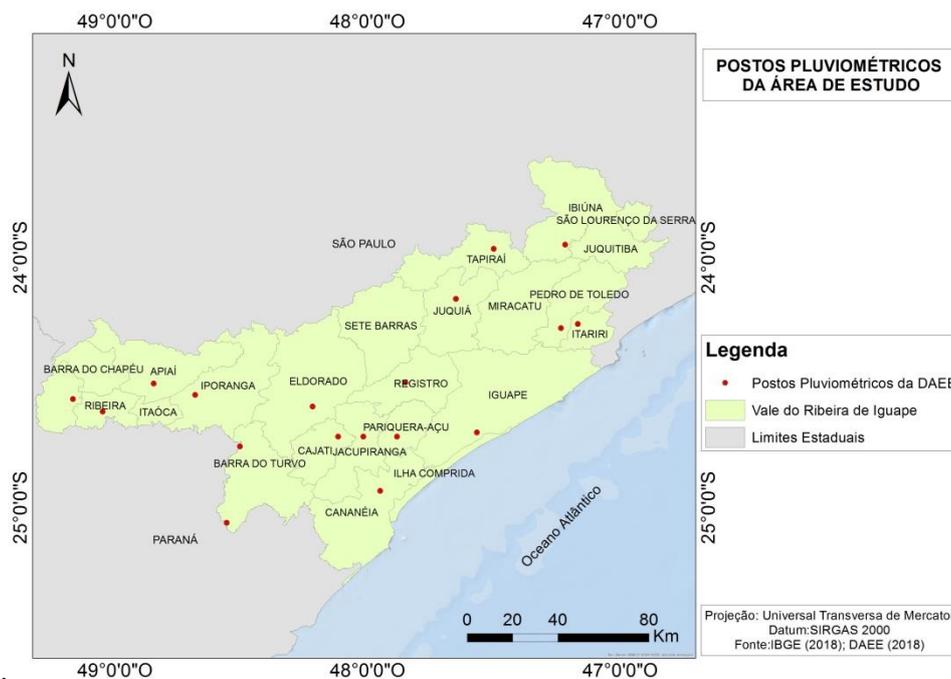


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 - Mapa dos Postos Pluviométricos utilizados na área de estudo.



Elaboração: Valéria Machado Emiliano, 2018
Fonte: IBGE (2018); DAEE (2018).

Os dados de precipitação foram organizados em planilhas eletrônicas (Software Excel - *Microsoft Inc*) em totais anuais. Observou-se que em todos os postos pluviométricos havia existências de algumas falhas nos dados. Realizou-se o preenchimento das falhas a partir da média aritmética. Para efetuar este preenchimento utilizou da média mensal dos 48 anos do mês que estiver com a falha, adotando o mesmo critério para todos os postos.

Posteriormente, utilizou-se da metodologia *Box Plot* na identificação de anos-padrão, a partir do método utilizado por Galvani e Luchiari (2004) em estudos voltados para a identificação de anos padrão. A técnica propõe por meio de dados mensais, realizar uma análise temporal estatística a partir de dados pluviométricos mensais da série. Foram aplicados os parâmetros dos quartis e dos percentis aos totais anuais da série, para a identificação do chamado ano “normal” considerando os anos em que os totais anuais estivessem classificados entre o 1º e o 3º Quartis. Os anos considerados “úmidos” seriam aqueles em os dados enquadrassem entre o 3º Quartil e o Valor máximo. Os anos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

considerados “secos” seriam aqueles que apresentassem totais pluviométricos entre o Valor Mínimo e o 1º Quartil. Já os anos a serem considerados como “super úmidos” e “super secos” seriam os anos que os valores pluviométricos fossem os 5% maiores da série e os 5% menores da série, respectivamente Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de Intensidade dos “ano-padrão” para chuvas.

Precipitação anual (mm)	Classificação
5% menores da série	super secos
5% maiores da série	super úmidos
Entre o Valor Mínimo e o 1º Quartil	secos
Entre o 1º Quartil e o 3º Quartil	normais
Entre o 3º Quartil e o Valor Máximo	úmidos

Fonte: Galvani e Luchiar (2004).

A partir dos resultados obtidos após aplicação da técnica dos “anos-padrão” foi possível analisar se as anomalias obtidas estão associadas a fenômenos de oscilação de macroescala. Em seguida analisaram esses dados avaliando a participação do fenômeno ENOS comparando os resultados do “anos-padrão” com os dados de ocorrência dos fenômenos ENOS durante o período de 1970-2017 as informações sobre a ocorrência do fenômeno ENOS (<http://enos.cptec.inpe.br>) disponíveis no site do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) Tabelas (2,3). Ou seja, os anos anômalos (super seco, super úmido, seco e úmido) dados através da técnica foram comparados com os anos de influência dos fenômenos El Niño e La Niña, para verificar se os anos anômalos indicados pela técnica sofreram influências dos fenômenos ENOS.

Tabela 2 - Ocorrência de El niño 1970-2017

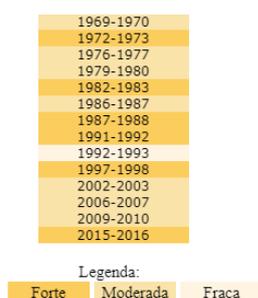
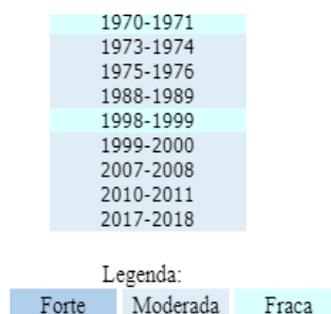


Tabela 3 - Ocorrência de La niña 1970-2017





XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Fonte: CPETC/INPE (<http://enos.cptec.inpe.br/>)

Fonte: CPTEC/INPE (<http://enos.cptec.inpe.br/>)

3. Resultados e discussão

O Vale do Ribeira de Iguape apresenta uma média anual de 1692,1 mm. Na série histórica analisada (1970-2017) o ano de 1983 se destacou como o ano mais chuvoso com um total de 3260,5 mm e o ano menos chuvoso foi o ano de 2002 com um total de 734,2 mm, ou seja, o ano mais seco de toda série choveu 77% a menos do que o ano mais chuvoso (2526,3 mm de amplitude). Essa análise do período de quarenta e oito anos, na escala anual deu condições para a determinação, mesmo que preliminar, do comportamento das precipitações, possibilitando condições para a classificação do que é tido como normal e aquilo que se considera seco ou chuvoso para a região.

Ao aplicar a metodologia do *Box Plot* para os 48 anos dos 18 postos pluviométricos analisados constatou-se que a maior parte dos anos foram classificados como anos normais de precipitação, mas também se destacaram, anos úmido, super úmidos, secos e super secos. Observou-se uma variação das chuvas ao longo dos anos com valores acima da média histórica, anos abaixo da média histórica e outros próximos a média pluviométrica.

Os dados apresentados na tabela 4 mostram que os totais pluviométricos anuais utilizados como intervalos das tipologias de padrão super seco, seco, normal, úmido e super úmido, apresentam uma grande variabilidade, a depender da estação meteorológica ou da localidade considerada. Evidenciando assim que, um valor específico para definição de anos-padrão não pode ser utilizado para localidades distintas.

No posto localizado no município de Iguape, os anos que tiveram os totais pluviométricos entre 1119,4 a 1486,4 mm classificou-se como anos super seco, entre 1486,5 a 1785,1 mm anos secos, entre 1785,2 a 2180,8 mm classificados como anos normais, os que tiveram entre 2180,9 a 2689,7 mm como anos úmido e os que tiveram totais entre 2689,8 a 2881,3 mm como anos super úmido.

No posto do município de Cananéia, os totais entre 1397,5 a 1575,4 mm classificou-se como anos super seco, os totais entre 1575,5 a 2082,4 mm classificado como anos seco, 2082,5 a 2619,7 mm anos normal, 2619,8 a 2922,4 mm anos úmido e os que tiveram totais entre 2922,5 a 3260,5 mm anos super úmido.

O posto do município de Registro, os totais pluviométricos que estivessem entre 1047,7 a 1288,3 mm classificados como anos super seco, os totais entre 1288,4 a 1530,7 mm



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

como anos seco, 1530,8 a 1834,5 mm como anos normal, 1834,6 a 2089,7 mm como anos úmido, 2089,8 a 2633,6 mm como anos super úmido.

O posto do município de Pariqueira-Açu os totais entre 1113,2 a 1193,3 mm classificou-se como super seco, 1193,4 a 1430,8 mm como anos seco, 1430,9 a 1783,7 mm como normal, 1783,8 a 2110,9 mm como úmido, 2111 a 2504,7 mm como anos super úmido.

O posto localizado no município de Juiquiá, os totais entre 1169,7 a 1346,6 mm classificou-se como anos super seco, 1346,7 a 1584,9 mm como anos seco, 1585 a 1919 mm como anos normal, 1919,1 a 2285,3 mm como anos úmido e os totais entre 2285,4 a 2418,8 mm como anos super úmido.

O posto do município de Eldorado os totais entre 878,4 a 1343,8 mm classificados como anos super seco, 1343,9 a 1499,1 mm como anos seco, 1499,2 a 1726,5 mm como anos normal, 1726,6 a 1960,3 mm como anos úmido e totais entre 1960,4 a 2336,6 mm como anos super úmido.

O posto do município de Itariri os anos classificados como super seco foram aqueles que tiveram totais entre 1304,4 a 1356,7 mm, entre 1356,8 a 1514,1 mm como anos seco, 1514,2 a 1947,8 mm como anos normal, 1947,9 a 2231,1 mm como anos úmido, 2231,2 a 2498,9 mm anos classificados como anos super úmido.

No posto de Cajati os totais entre 946,3 a 1004,8 mm foram classificados como anos super seco, 1004,9 a 1393,6 mm como anos seco, 1393,7 a 1701,8 mm como anos normal, 1701,9 a 1995 mm como anos úmido e totais entre 1995,1 a 2656,2 mm como anos super úmido.

O posto de Pedro de Toledo os anos que tiveram totais entre 861 a 1090,4 mm classificou-se como anos super seco, 1090,5 a 1268,4 mm como anos seco, 1268,3 a 1680,4 mm como anos normal, 1680,5 a 2038,5 mm como anos úmido e os totais entre 2038,6 a 2420,3 mm como anos super úmido.

No posto do município de Jacupiranga classificou-se os anos que tiveram totais entre 1054,6 a 1166,2 mm como anos super seco, 1166,3 a 1377,6 mm como anos seco, 1377,7 a 1738,8 mm como anos normal, 1738,9 a 1915,5 mm como anos úmido e os totais entre 1915,6 a 2408,9 mm como anos super úmido.

No posto do município de Barra do turvo os totais entre 899,8 a 1215,8 mm classificou-se como anos super seco, 1212,9 a 1320,1 mm como anos seco, 1320,2 a 1651,5



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mm como anos normal, 1651,6 a 1954,2 mm como anos úmido e 1954,3 a 2090,1 mm como anos super úmido. No posto do município de Ribeira classificou-se os totais anuais entre 807,1 a 926,8mm como anos super seco, 926,9 a 1161,9 mm como anos seco, 1162 a 1464,9 mm como anos normal, 1465 a 1825,4 mm como anos úmido e 1825,5 a 2245,1mm como anos super úmido.

O posto de Iporanga classificou como super seco os totais anuais entre 734,2 a 1199,6 mm, 1199,7 a 1415 mm como anos seco, 1415,1 a 1810,6 mm como anos normal, 1810,7 a 2005,6 mm como anos úmido e 2005,7 a 2402,1 mm como anos super úmido.

No posto de Itapirapuã Paulista os anos com totais entre 956,8 a 1192,4 mm foram classificados como anos super seco, 1192,5 a 1391,5 mm como anos seco, 1391,6 a 1587,2 mm como anos normal, 1587,3 a 1836,2 mm como úmido e 1836,3 a 2346,1 mm como super úmido.

O posto Rio pardinho localizado também no município de Barra do Turvo classificou os totais anuais entre 1067 a 1349,7mm como anos super seco, 1349,8 a 1497 mm como anos seco, 1497,1 a 1983,1 mm como anos normal, 1983,2 a 2146,2 mm como anos úmido e 2146,3 a 2201,2 mm como anos super úmido.

No posto de Ibiuna os totais entre 1219,3 a 1296,6 mm foram classificados como anos super-seco, 1296,7 a 1501,4 mm como anos seco, 1501,5 a 1908,9 mm como anos normal, 1909 a 2372 mm como anos úmido e 2372,1 a 2699,7 mm como anos super úmido.

No posto do município de Apiai os anos classificados como super seco os totais anuais estavam entre 1112,5 a 1298,4 mm, 1298,5 a 1416,6 mm como anos seco, 1416,7 a 1720,1 mm como anos normal, 1720,2 a 1980,2 mm como anos úmido e 1980,3 a 2201,2 mm como anos super úmido.

E, por fim, o posto do município de Tapirai os totais anuais entre 1261,3 a 1539 mm foram classificados como anos super seco, 1539,1 a 1801 mm como anos seco, 1801,1 a 2101,5 mm como anos normal, totais entre 2101,6 a 2369,2 mm como anos úmido e 2369,3 a 2740,6 mm como anos super úmido.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 4 - Intervalos definidos pelo método dos *quantis* para identificação dos “anos-padrão” super seco, seco, normal, úmido e super úmido no Vale do Ribeira de Iguape

Postos Pluviométricos	Total Anual de Precipitação (mm)				
	Ano Super Seco	Ano Seco	Ano Normal	Ano Úmido	Anos Super Úmido
F4-028 Iguape	1119,4 a 1486,4	1486,5 a 1785,1	1785,2 a 2180,8	2180,9 a 2689,7	2689,8 a 2881,3
F4-029 Cananeia	1397,5 a 1575,4	1575,5 a 2082,4	2082,5 a 2619,7	2619,8 a 2922,4	2922,5 a 3260,5
F4-005 Registro	1047,7 a 1288,3	1288,4 a 1530,7	1530,8 a 1834,5	1834,6 a 2089,7	2089,8 a 2633,6
F4-016 Pariquera-Açu	1113,2 a 1193,3	1193,4 a 1430,8	1430,9 a 1783,7	1783,8 a 2110,9	2111 a 2504,7
F4-007 Juquia	1169,7 a 1346,6	1346,7 a 1584,9	1585 a 1919	1919,1 a 2285,3	2285,4 a 2418,8
F5-013 Eldorado	878,4 a 1343,8	1343,9 a 1499,1	1499,2 a 1726,5	1726,6 a 1960,3	1960,4 a 2336,6
F4-006 Itariri	1304,4 a 1356,7	1356,8 a 1514,1	1514,2 a 1947,8	1947,9 a 2231,1	2231,2 a 2498,9
F5-028 Cajati	946,3 a 1004,8	1004,9 a 1393,6	1393,7 a 1701,8	1701,9 a 1995	1995,1 a 2656,2
F4-019 Pedro de Toledo	861 a 1090,4	1090,5 a 1268,2	1268,3 a 1680,4	1680,5 a 2038,5	2038,6 a 2420,3
F4-017 Jacupiranga	1054,6 a 1166,2	1166,3 a 1377,6	1377,7 a 1738,8	1738,9 a 1915,5	1915,6 a 2408,9
F5-033 Barra do Turvo	899,8 a 1215,8	1215,9 a 1320,1	1320,2 a 1651,5	1651,6 a 1954,2	1954,3 a 2090,1
F6-012 Ribeira	807,1 a 926,8	926,9 a 1161,9	1162 a 1464,9	1465 a 1825,4	1825,5 a 2245,1
F5-042 Iporanga	734,2 a 1199,6	1199,7 a 1415	1415,1 a 1810,6	1810,7 a 2005,6	2005,7 a 2402,1
F6-007 Itapirapuã Paulista	956,8 a 1192,4	1192,5 a 1391,5	1391,6 a 1587,2	1587,3 a 1836,2	1836,3 a 2346,1
F5-022 Rio Pardo	1067 a 1349,7	1349,8 a 1497	1497,1 a 1983,1	1983,2 a 2146,2	2146,3 a 2290,8
E4-116 Ibiuna	1219,3 a 1296,6	1296,7 a 1501,4	1501,5 a 1908,9	1909 a 2372	2372,1 a 2699,7
F5-019 Apiai	1112,5 a 1298,4	1298,5 a 1416,6	1416,7 a 1720,1	1720,2 a 1980,2	1980,3 a 2201,2
E4-055 Tapirai	1261,3 a 1539	1539,1 a 1801	1801,1 a 2101,5	2101,6 a 2369,2	2369,3 a 2740,6

Fonte: Organização própria com base nos dados pluviométrico da DAEE (2018)

Ao examinar a tabela 5 se destaca os anos de 1983 e 2009 classificados como super úmido com precipitações entre 1825,5 a 3260,5 mm e 1985 e como super seco com totais entre 734,2 a 1575,4 mm. E os anos 1970, 1972, 1974, 1975, 1976, 1979, 1980, 1981, 1982, 1986, 1987, 1988, 1990, 1991, 1993, 1994, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005, 2008, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, normal com precipitações entre 1162 a 2619,7 mm, os anos de, 1971, 1977, 1978, 1984, 1992, 2000, 2002, 2006 e 2007 secos com totais entre 926,9 a 2082,4 mm e os anos úmidos foram os anos, 1973, 1995, 1996, 1997, 1998, 2010, 2015 e 2017 com precipitações entre 1465 a 2922,4 mm.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

pela técnica dos anos padrão com os anos de influência de La Niña e El Niño destacados pelo site CEPTEC/INPE. Os postos pluviométricos de Ibiúna, Barra do Turvo e Pedro de Toledo coincidiram nos anos destacados como úmido e super úmido e El Niño em 36% e os anos destacados como secos e super secos com o os anos de La Niña coincidiram em 25%. O posto pluviométrico que mais correspondeu com os anos de El Niño foi o posto localizado no município de Cajati como 40% e o posto que mais obteve equivalência com os anos de La Niña foi o que está localizado no município Jacupiranga com 37,5%. Os postos que houve menos correspondência com os eventos El Niño e La Niña foram respectivamente os postos localizados no município de Itariri com 16% e os menores de La Niña foram em Cajati, Ribeira e Barra do Turvo com 12,5%.

Tabela 6 - Postos pluviométricos e suas respectivas correspondências em anos e porcentagem dos fenômenos El Niño e La Niña

	El niño 1970-2017	Correspondência	Anos correspondência El Niño	%	La niña 1970-2017	Correspondência	Anos correspondência La Niña	%
E4-116 Ibiúna	25 anos	9	1972, 1973, 1976, 1983, 1988, 1991, 1992, 2009, 2010 e 2015	36	16 anos	4	1999, 2000, 2007 e 2008	25
E4-055 Tapirai		6	1973, 1976, 1983, 1988, 1997 e 2010	24		5	1971, 1974, 1975, 2000 e 2008	31
F5-022 Barra do turvo		9	1970, 1972, 1980, 1981, 1983, 1998, 2009, 2010 e 2015	36		4	1988, 2000, 2007 e 2008	25
F5-019 Apiai		7	1972, 1983, 1986, 1997, 1998, 2009 e 2015	28		4	1971, 1999, 2007 e 2008	25
F6-007 Itapirapuã Paulista		7	1972, 1982, 1983, 1986, 1997, 1998 e 2015	28		5	1971, 1988, 1999, 2007 e 2008	31
F5-042 Iporanga		7	1976, 1982, 1983, 1986, 1998, 2009 e 2010	28		4	1974, 2000, 2007 e 2011	25
F4-028 Iguape		6	1972, 1973, 1983, 2009, 2010 e 2015	24		4	1971, 1974, 2000 e 2007	25
F4-029 Cananeia		5	1976, 1983, 1998, 2009 e 2015	20		3	1971, 1974 e 2000	19
F4-016 Pariquera- Açú		7	1973, 1976, 1983, 1997, 1998, 2009 e 2015	28		3	1974, 2000 e 2007	19
F4-005 Registro		6	1973, 1983, 1997, 1998, 2009 e 2015	24		3	1971, 2000 e 2007	19
F4-007 Juquia		6	1977, 1983, 1986, 1988, 2009 e 2010	24		5	1971, 1999, 2000, 2007 e 2008	31
F5-028 Cajati		10	1970, 1973, 1982, 1983, 1993, 1997, 1998, 2009, 2010 e 2015	40		2	1971 e 2000	13
F4-006 Itariri		4	1973, 1983, 1986 e 2009	16		3	1974, 2000 e 2007	25
F4-017 Jacupiranga		8	1973, 1983, 1988, 1997, 1998, 2003, 2009 e 2015	32		6	1971, 1974, 2000, 2007, 2010 e 2011	38
F5-013 Eldorado		8	1982, 1983, 1997, 1998, 2009, 2010, 2015 e 2016	32		4	1971, 1973, 1976 e 2007	19
F6-012 Ribeira		7	1976, 1983, 1997, 1998, 2009, 2010 e 2015	28		2	1999 e 2008	13
F4-019 Pedro de Toledo		9	1973, 1976, 1982, 1983, 1986, 2006, 2009, 2010 e 2015	36		4	1999, 2000, 2007 e 2008	25
F5-033 Barra do Turvo		8	1970, 1983, 1986, 1993, 1997, 1998, 2009 e 2010	32		2	1974 e 2007	13

Legenda: El Niño: total de anos de influência de 1970-2017; Correspondência: total em anos da correspondência dos anos-padrão úmido e super úmido com El Niño ou total em anos da correspondência dos anos seco e super seco com o La Niña: total de anos de influência de 1970-2017; Anos correspondências: classificados dos anos-padrão(úmido,super úmido,seco,super seco) que corresponderam com os anos de El Niño e La Niña

Fonte: Organização própria com base nos resultados do Box Plot

Sendo assim, os anos destacados como anos anômalos pela técnica dos anos padrão em muitas vezes não houve influência desses eventos em destaque, podendo ter ocorrido outros tipos de interferências climáticas, como por exemplo, a influência das massas



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de ar secas ou úmidas. Vale ressaltar que em todos os postos pluviométricos os anos de 1983 e 1997 se identificaram como anos super úmidos com anos de El Niño Forte.

Concordando assim com as leituras do referencial bibliográficos que autores como Minuzzi et al. (2006), que verificaram que o El Niño acarreta um prolongamento nas chuvas durante o período chuvoso no estado de São Paulo somente em dois anos, em 1982/1983 e 1997/1998, sendo estes eventos de El Niño considerados como forte. O ano de 2007 foi um ano que também se destacou nesse quesito, tendo em vista que, na maioria dos postos pluviométricos ele foi classificado como ano seco e super seco e coincidiram com o ano de influência do La Niña. Zavattini (1990), Nascimento et al (2015) quando analisam as precipitações do Mato Grosso e Goiás e Distrito Federal, respectivamente, também identificam o ano de 2007 como um ano seco e como um ano de La Niña.

Grimm et al. (1996), destaca que na região sul e sudeste do Brasil, quando ocorrem os eventos El Niño que é o aquecimento superficial das águas do oceano Pacífico, a maiores ocorrências de chuvas nas regiões sul e sudeste. Já quando ocorre influência do fenômeno La Niña este que é o resfriamento das águas superficiais do oceano Pacífico, o que se destaca na região sul e sudeste brasileiro é as secas. Chechi (2012) destaca também que o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) tanto em sua fase positiva (El Niño) como na negativa (La Niña) exerce influência no comportamento das precipitações regionais promovendo, ora um excedente, ora uma escassez hídrica. Seus reflexos são sentidos de uma forma muito abrangente, desde chuvas excessivas causando enchentes e inundações nos centros urbanos, deslizamentos de terra em áreas de encostas, até os períodos de seca prolongados que podem comprometer desde a produção agrícola até mesmo o abastecimento de água à sociedade.

Sendo assim esse trabalho que buscou aplicar a técnica dos anos-padrão e comparar os resultados com os anos de influência dos ENOS no vale do Ribeira de Iguape, pode-se observar que área sofre uma influência desses eventos em suas chuvas, mas não há um comportamento uniforme de acordo com a classificação, pois há eventos que foram considerados fracos e influenciaram a chuvas na região, mas também, há eventos considerados fortes que não influenciaram as chuvas na área de estudo.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

Ao aplicar a técnica do Box Plot na identificação dos anos-padrão, constatou-se que a maior parte dos anos foram classificados como anos normais de precipitação, porém houve alguns destaques de anos úmido, super úmidos, secos e super secos. Dos 846 anos-padrão definidos, 19,5% foram classificados como secos, 6,14 % como anos super secos, 49,9 % como anos normais, 17,96% como anos úmidos e 6,5% como anos super úmidos.

Comparando os totais anuais encontrados com as informações do CPTEC/INPE sobre a ocorrência do fenômeno ENOS encontrou-se algumas correlações, dos 18 postos analisados e dos 25 anos de ocorrência dos eventos El Niño em média 7 anos de precipitações anômalas de cada um dos 17 municípios foi influenciado pelo fenômeno. Já com os 16 anos de ocorrência do La Niña em média 4 anos de precipitações anômalas de cada município foi influenciada pelo fenômeno.

Os fenômenos El Niño e La Niña influenciam na variabilidade climática em escala global, regional e local. A região Sudeste do Brasil é influenciada diretamente pela ocorrência desses fenômenos, no entanto com características distintas em cada um dos episódios, ou seja, não há uma regra geral que afirme com certeza que o fenômeno El Niño sempre acarretará excesso de chuvas, tampouco que o fenômeno La Niña provocará sempre secas na região. As considerações sobre os fenômenos El Niño e La Niña que apontam para um excesso ou déficit de chuvas em toda a região, são um tanto quanto generalizadas.

Sendo assim, a região apresentou comportamento semelhante em anos centrais de El Niño fortes, caracterizada pelo excesso de chuvas, mas nos anos de La Niña não apresentou um comportamento uniforme, caracterizando a escassez de chuvas. A região apresentou comportamento semelhante em anos centrais de El Niño fortes, caracterizada pelo excesso de chuvas, mas nos anos de La Niña não apresentou um comportamento uniforme caracterizando a escassez de chuvas. Já nos anos neutros, ou seja, que não sofreram influência dos fenômenos, poucos foram os excessos ou escassez de precipitações que conseguiram elevar ou diminuir as médias anuais das chuvas.

Diante dessas nuances que se configuram ano a ano, bem como a distribuição da variável mês a mês, aborda-se aqui a necessidade da ampliação dessa pesquisa para uma abordagem de escala mensal a fim de se elucidar questões mais complexas sobre a variabilidade pluviométrica que a área de estudo apresentou.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: GALVANI, E.; LIMA, N.G.B. **Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso**. 1.ed. Curitiba, PR: CRV, 2012.

GRIMM, A. M. et al. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos El Niño. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**, 9. 1996. Campos do Jordão, SP. Anais. Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996. v. 2, p.1098-1102.

MINUZZI, R. B.;SEDIYAMA,G.C.; COSTA,J.MN. da.; VIANELLO,R.L. Influência da La Niña na estação chuvosa da região sudeste do Brasil. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 345-353. São Paulo, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010277862007000300008&lng=en&nrm=iso . Acesso em 20 de maio de 2020.

NASCIMENTO, D. T. F. et al. Definição dos anos-padrão para o estudo da pluviometria do Estado de Goiás e do Distrito Federal. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p. 272-290, 2015.

SCHNEIDER, H.; SILVA, C.A. O uso do modelo Box Plot na identificação de “anos-padrão” secos, chuvosos e habituais na microrregião de dourados, Mato Grosso do Sul. **Revista do departamento de Geografia- USP**, v.27,p. 131-146. São Paulo, 2014.

TAVARES, A.C. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia**, n.1, v.1, Rio Claro, abril 1976.

ZAVATTINI, J. A. A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul. 1990. **Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo**, São Paulo, 1990.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE DE CHUVAS EXTREMAS: ESTUDO DE CASO PARA CAMPINAS, SP

GUILHERME G. CORREIA¹
ANA MARIA H. de AVILA²

RESUMO

Diversos estudos mostram aumento de episódios de precipitação extrema ao longo dos séculos XX e XXI em várias regiões do globo. A hipótese deste estudo, portanto, é que Campinas está inserida nesse cenário e apresenta esse comportamento, uma vez que outros estudos na região já demonstraram tais resultados. O objetivo deste trabalho foi analisar a série histórica de dados de estação meteorológica do município de Campinas, utilizando os índices formulados pelo ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices*) e analisar tendência de mudança. Os dados foram utilizados na pesquisa, consistindo em dados na escala diária entre os anos de 1890 e 2018. Foi utilizado o programa RCLimDex 1.1 para calcular os índices de eventos extremos. Os índices utilizados para avaliar a precipitação não apresentam tendência significativa para afirmar se há uma mudança no regime de chuvas do local, seja aumento ou redução do volume de precipitação. Contudo, os dados, mesmo não significantes ($p\text{-value} > 0,05$), apontam para resultados como redução de dias de chuvas e eventos de precipitação extrema de maior volume.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Precipitação (pluvial); Eventos extremos.

ABSTRACT

Several studies have shown a general increase in episodes of extreme precipitation over the 20th and 21st centuries in various regions of the globe. The hypothesis of this study, therefore, is that Campinas is inserted in this scenario and presents this behavior, since other studies in the region have already demonstrated such results. The aim of this work was to analyze the historical data series of meteorological station in the municipality of Campinas, using indices formulated by the ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices*) and analyze trend of change. The data were used in the research, consisting of data on the daily scale between the years 1890 and 2018. The RCLimDex 1.1 program was used to calculate the extreme event indices. The indices used to assess precipitation do not show a significant tendency to affirm if there is a change in the rainfall regime of the place, be it an increase or reduction in the volume of precipitation. However, the data, even if not significant ($p\text{-value} > 0.05$), points to results such as reduced days of rain and greater volume on events of extreme precipitation.

Keywords: Climate change; Precipitation; Extreme events.

¹ Graduando em Geografia, Universidade Estadual de Campinas, guilhermegcorreia9@gmail.com

² Pesquisadora do CEPAGRI, Universidade Estadual de Campinas, amhavila@unicamp.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

O tema das mudanças climáticas tem sido amplamente discutido e o debate tem cada vez mais se popularizado e saído do meio acadêmico e tem espaço em discussões governamentais e na mídia. Segundo o quinto relatório de avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (SENEVIRATNE *et al.*, 2012) de fato há um processo de mudança climática que é consequência do aumento da concentração de carbono (CO₂) na atmosfera. Anomalias em relação ao normal fazem parte da característica de determinado clima, contudo essas excepcionalidades são menos frequentes. Nos últimos anos, porém, houve mais registros de eventos excepcionais o que pode causar prejuízos para sociedades humanas e ao meio natural (SENEVIRATNE, 2012; RIBEIRO; SANTOS, 2016).

Os riscos associados às mudanças climáticas são um produto de perigos e vulnerabilidades, sendo essas as condições fornecidas pelo ambiente e, como as sociedades se adaptam à essas novas situações, respectivamente. Nas zonas urbanas o impacto dos fenômenos climáticos possui efeitos mais diretos e muitas vezes negativos como tempestades e inundações, que causam diversos problemas como deslizamentos de terra. Os efeitos indiretos são mais sentidos na modificação dos ciclos biogeoquímicos, que podem levar a impactos severos na agricultura, por exemplo. Ainda existem efeitos associados à qualidade da água disponível e até mesmo a sazonalidade de doenças, principalmente respiratórias, alterando sua intensidade e frequência (ALVALÁ *et al.*, 2014).

Uma das formas que a climatologia se utiliza para averiguar as mudanças climáticas é através do estudo e análise dos eventos extremos (ALEXANDER *et al.*, 2006; NATIVIDADE *et al.*, 2017). Para entender esses eventos é avaliada a sua magnitude e a sua frequência, pois assim é possível encontrar eventos que não aparentam ser intensos, porém sua repetição causa situações fora do normal (SENEVIRATNE *et al.*, 2012). A partir da sua análise é possível inferir como a mudança climática em um determinado local está ocorrendo, uma vez que ela acontece de maneira desigual pelo globo. É importante frisar, no que tange à impactos socioeconômicos, que eventos não-extremos podem causar impactos severos devido ao despreparo em relação à eventos climáticos, pois em muitos casos os locais atingidos possuem alta vulnerabilidade. Isso se traduz em não ter infraestrutura física e social, como moradias em zonas de riscos e pessoas muito pobres, para resisti-los (SENEVIRATNE *et al.*, 2012; MARENGO, 2009).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os eventos extremos do clima possuem grande espaço nos noticiários devido a sua extensão e ao seu impacto no cotidiano das pessoas, muitas vezes sendo fatais e causando danos à infraestrutura. O IPCC os define como “*a ocorrência de um valor climático acima (ou abaixo) de um limiar próximo do limite superior (ou inferior) de uma distribuição de valores observados de uma variável.*” (SENEVIRATNE *et al.*, 2012, p. 116). Essa definição é importante para não haver confusão entre um evento climático de maior magnitude, mas dentro do esperado para a região, com algo que realmente sai da normalidade. Seneviratne *et al.* (2012) também trazem uma categorização de eventos climáticos, o que auxilia em classificar se determinado evento foi extremo ou não.

Com o aumento da temperatura média global cria-se um cenário para elevação do risco de eventos que podem apresentar magnitude desconhecida, talvez singulares, assim é imperativo que haja forte planejamento para prevenção e mitigação. Uma correlação foi encontrada entre áreas com aumento de temperatura e aumento da frequência de chuvas intensas, um indicativo da relação entre os fenômenos (MARENGO, 2009). Atualmente, os resultados encontrados em diversos estudos que utilizam os índices de eventos extremos (ALEXANDER *et al.*, 2006; NATIVIDADE *et al.*, 2017, VICENT *et al.*, 2005) mostram resultados que indicam tendências gerais para a maioria das regiões do planeta. A precipitação ainda não está completamente clara a mudança no seu padrão, contudo há indícios de maior precipitação total e aumento dos eventos de precipitação extrema (ARAÚJO; BRITO, 2011; AVILA-DIAZ *et al.*, 2020).

Os índices de eventos extremos foram formulados pela Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) como forma de padronizar o estudo de eventos extremos e mudança climática pelo globo (ALEXANDER *et al.*, 2006; ZHANG *et al.*, 2011). Os índices de eventos extremos foram criados visando obter informações de dados diários e entender como os extremos afetam os sistemas naturais e humanos. Em geral, índices que buscam eventos mais raros tendem a ser mais importantes para a sociedade, uma vez que esses eventos tendem a causar mais impacto no espaço (ALEXANDER, 2016). Alexander (2016) alerta que os índices do ETCCDI, apesar de serem classificados extremos moderados, facilitaram o estudo dos eventos extremos, pois utilizam métodos menos sofisticados e possuem acesso a mais dados. Contudo, mesmo assim a análise é complicada pela



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

inconsistência dos dados, como qualidade e eventuais falhas, isso é ainda mais destacado no caso da precipitação.

Alvalá *et al.* (2014) traz algumas observações importantes sobre as mudanças climáticas no cenário brasileiro. Devido a sua grande extensão territorial, o Brasil apresenta regiões com climas, solos e relevos diversos que impactam diretamente na maneira como as mudanças climáticas atingem o país, em especial no mapa das regiões propícias ao cultivo de diversas culturas. No Sudeste, em especial, há uma tendência de aumento das chuvas extremas, algo que já ocorre desde 1940, há, também, indícios de correlação com anomalias de temperatura da superfície do mar. Comportamento semelhante à outras regiões da América do Sul (GRIMM; TEDESCHI, 2009).

A cidade de Campinas, segundo Blain (2011), tem apresentado aumento de precipitação desde a década de 1990, algo que foi encontrado por Vicente (2004) e corroborado por Castellano (2016). Tais estudos alertam que o tempo de retorno para eventos de precipitação diária, com valores próximos a 100 mm acontecendo ao menos uma vez por década, o que pode causar grandes prejuízos aos moradores e infraestrutura urbana.

Vicente (2004) afirma que para a Região Metropolitana de Campinas o valor considerado para caracterizar como um evento extremo de precipitação é 50 mm em 24h horas. A autora também aborda em seu estudo a variação das chuvas na região metropolitana de Campinas entre 1959 e 2000, utilizando dados de 11 estações meteorológicas. As décadas de 80 e 90 também se destacam pelo expressivo aumento de eventos extremos de chuvas (chuvas acima de 50 mm/24h) em relação a períodos anteriores, estando ligadas a El Niños intensos que ocorreram e possivelmente a crescente urbanização.

Campinas possui nas chuvas seu maior aspecto de vulnerabilidade em relação a eventos extremos. Os problemas associados à precipitação estão entre as maiores notificações na defesa civil como apresentado por Castellano (2016) que traz dados dos principais impactos das chuvas na região metropolitana. Os dados levantados mostram como desabrigados e imóveis invadidos pela água se destacam como consequências de chuvas extremas, porém a sua distribuição temporal e espacial no município é desigual, com algumas áreas sendo mais afetadas que outras. As zonas de periferia, como mostrado no estudo, são mais afetadas que as zonas mais ricas da cidade de Campinas, mostrando como a falta de planejamento público pode potencializar os danos causados por eventos extremos.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A hipótese deste estudo, portanto, é que Campinas está inserida nesse cenário e apresenta esse comportamento, uma vez que outros estudos na região já demonstraram tais resultados. Assim, complementar a literatura já existente utilizando um método mundialmente utilizado, como os índices de eventos extremos do ETCCDI traz a oportunidade de comparar a situação da cidade com outros lugares ao redor do mundo.

O objetivo deste trabalho foi analisar a série histórica de dados de estação meteorológica para verificar a existência de eventos extremos de precipitação no município de Campinas utilizando os índices usados pelo IPCC o ETCCDI e verificar tendência de mudança.

2. Metodologia

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) forneceu os dados de temperatura (máxima e mínima) e precipitação da sua estação meteorológica localizada nas coordenadas 22°54' de latitude 47°05' de longitude e 669 m de altitude. Os dados utilizados na pesquisa, estão na escala diária entre os anos de 1890 e 2018. Foi feita uma análise prévia da série histórica e, os dias nos quais não havia dados meteorológicos disponíveis foram sumariamente excluídos. Foram encontradas algumas inconsistências nos dados de precipitação anual e foram excluídos, tais como: os anos de 1898 e 1914 apresentaram precipitação acima dos 2.000 mm. Como são valores muito acima da média de 1.378 mm encontrada na região de Campinas, e por não haver outro método para comprovar seus valores foi, então, considerado prudente excluí-los. O ano de 1983 também apresentou precipitação acima de 2.000 mm, contudo suas informações são corroboradas por outras estações da região, portanto ele foi mantido.

O grupo (ETCCDI) é o responsável por formular os índices de eventos extremos utilizados nesse estudo. Possui um total de 27 índices, dos quais apenas 8 foram utilizados devido sua aplicabilidade na área de estudo. Foram utilizados apenas índices que utilizam de precipitação, apesar de existirem outros que levam em consideração outras variáveis meteorológicas. Os índices possuem definições exatas para dias chuvosos e dias secos, por exemplo.

Na Tabela 01 encontra-se a definição dos índices de eventos extremos de precipitação que foram utilizados.



Tabela 013 – Índices de Eventos extremos de precipitação

Nome do índice	Definição do índice
PRCPTOT	Precipitação anual total
R50mm	Número de dias em que a precipitação diária > 50mm
RX1Day	Maior precipitação diária
RX5Day	Maior precipitação do acumulado de 5 dias
CDD	Máximo de dias consecutivos em que a precipitação diária < 1mm

Fonte: ZHANG *et al.* (2011).

O programa utilizado para calcular os índices de eventos extremos foi o RCLimindex, desenvolvido por ETCDDI pelos pesquisadores Xuebin Zhang e Feng Yang (ZHANG; YANG, 2004) especificamente para esse fim. O programa é baseado na linguagem R e foi utilizada a versão 1.1.

O RCLimDex por definição padrão realiza um controle de qualidade visando encontrar dados errôneos ou incompletos. O programa encontra possíveis *outliers* e valores diários estranhos, como precipitação negativa. Assim, esses valores são considerados ausentes e são excluídos. O cálculo dos índices é realizado na escala anual para todos, desde que o ano não possua mais de 15 dias sem dados. Para índices que precisem calcular um limiar específico, como um valor absoluto de episódio de precipitação extrema, é necessário que se tenha disponível ao menos 70% dos dados do período avaliado. Foi adotado o valor de 50mm em 24/h como o referencial para um episódio de precipitação extrema, conforme Vicente (2004).

O RCLimDex utiliza regressão linear para cálculo de tendência, que é realizada utilizando a técnica dos mínimos quadrados. O teste de significância é baseado em um teste *t*, e para o estudo foi considerado significativo a um nível de 95% ($p\text{-value} < 0,05$).

3. Resultados e discussão

Na Tabela 02 é possível observar a regressão, coeficiente angular, erro padrão e *p*-valor dos índices abordados nesta pesquisa.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 02 – Regressão, coeficiente angular, erro padrão e p-valor dos índices utilizados

Índices	R ²	Coeficiente Angular	Erro padrão	p-Valor
Precipitação total anual (PRCPTOT)	0,2	-0,285	0,597	0,634
Dias de precipitação extrema (R50mm)	1,7	-0,008	0,005	0,148
Máximo de 1 dia de precipitação (RX1day)	0,5	0,04	0,051	0,436
Máximo de 5 dias de precipitação (RX5day)	0,1	-0,044	0,1	0,664
Maior sequência de dias secos consecutivos (CDD)	0,8	0,038	0,037	0,315

Fonte: Instituto Agrônomo de Campinas.

O primeiro índice avaliado levou em consideração a precipitação diária acima de 1mm (Figura 01). Conforme pode ser observado, a precipitação apresentou uma ligeira tendência de redução, porém não significativa ($p\text{-valor} > 0,05$). Ressalta-se que esse resultado levou em consideração um período 128 anos, entre 1890 e 2018. Vicente (2004) encontrou aumento da precipitação durante as décadas de 1980 e 1990, associado a Zona de Convergência do Atlântico Sul e, coincidindo com a ocorrência de intensos eventos El Niño. Uma das hipóteses para esses diferentes resultados pode estar relacionada ao número de anos utilizados nesse estudo e a metodologia adotada. Estudos como Alexander *et al.* (2006) e Haylock *et al.* (2006) indicam condições mais chuvosas para a região, contudo fortemente marcadas por intensa variação interanual e influência da temperatura de superfície do mar.

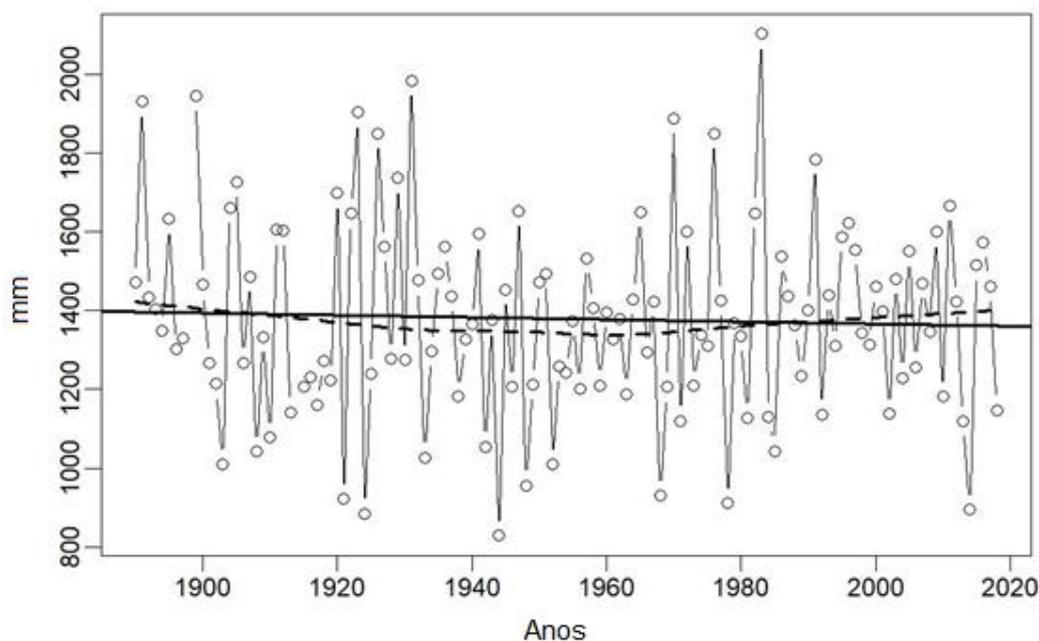


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 – Precipitação total anual entre 1890 e 2018 (PRCPTOT)



Fonte: Instituto Agrônômico de Campinas.

A Figura 02 apresenta o índice R50mm que é relativo ao número de eventos de precipitação que ultrapassam o valor de 50 mm/24h, definido por Vicente (2004) como limiar para precipitações extremas. Foram encontrados 475 episódios que ultrapassam esse limiar, destacando os anos de 1891, 1920 e 1991 com 10 eventos e, com exceção do ano de 2013, todos os anos estudados apresentaram ao menos 1 episódio. Isso demonstra que a cidade de Campinas anualmente sofre com chuvas extremas que, como apresentado por Castellano (2016), geram impactos severos na infraestrutura urbana, principalmente em regiões mais pobres que em alguns casos acabam localizadas em áreas de risco. A tendência encontrada neste estudo também foi negativa e não significativa (p -valor $> 0,05$).

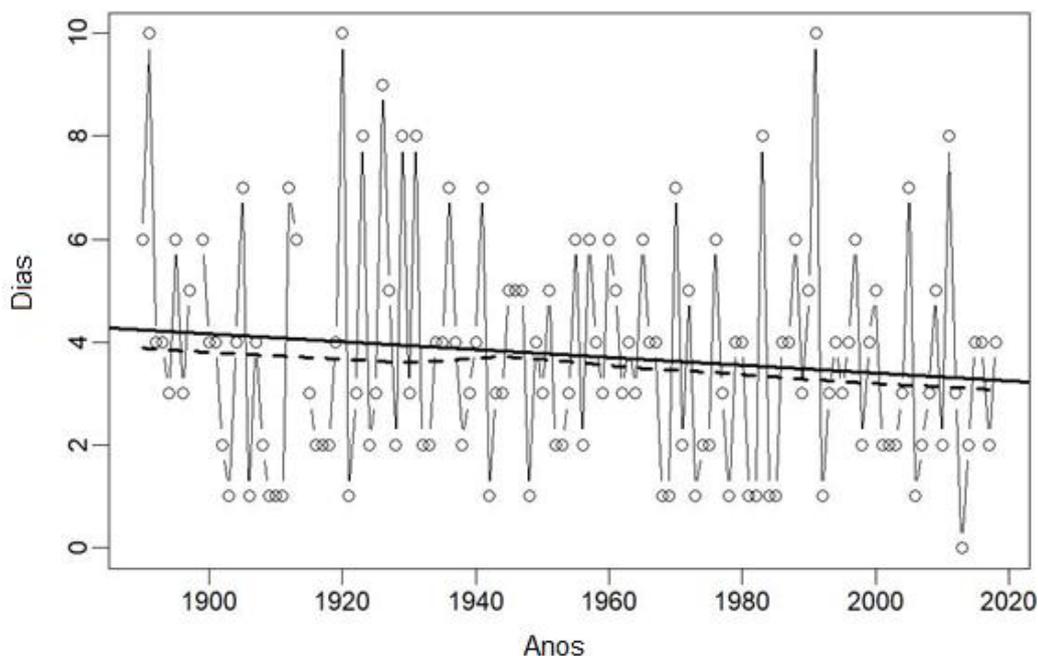


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 – Dias de precipitação acima de 50 mm/24h (R50mm)



Fonte: Instituto Agrônômico de Campinas.

O índice RX1day (Figura 03) ao contrário dos índices, mostra a presença de uma tendência positiva de 0,04 mm ao ano, ou seja, aumento do volume da maior precipitação anual, porém ainda não é significativo (p -valor $> 0,05$). O resultado apresentado é um indicativo de que os maiores eventos de precipitação em um ano estão apresentando maior magnitude durante o período avaliado. Esse é um resultado que está de acordo com os estudos de Haylock *et al.* (2006) e Grimm e Tedeschi (2009) que indicam maiores precipitações, principalmente as precipitações extremas, que são mais impactadas pelo fenômeno do ENSO e a Zona de Convergência do Atlântico Sul, enquanto a precipitação mensal não possui alterações relevantes.

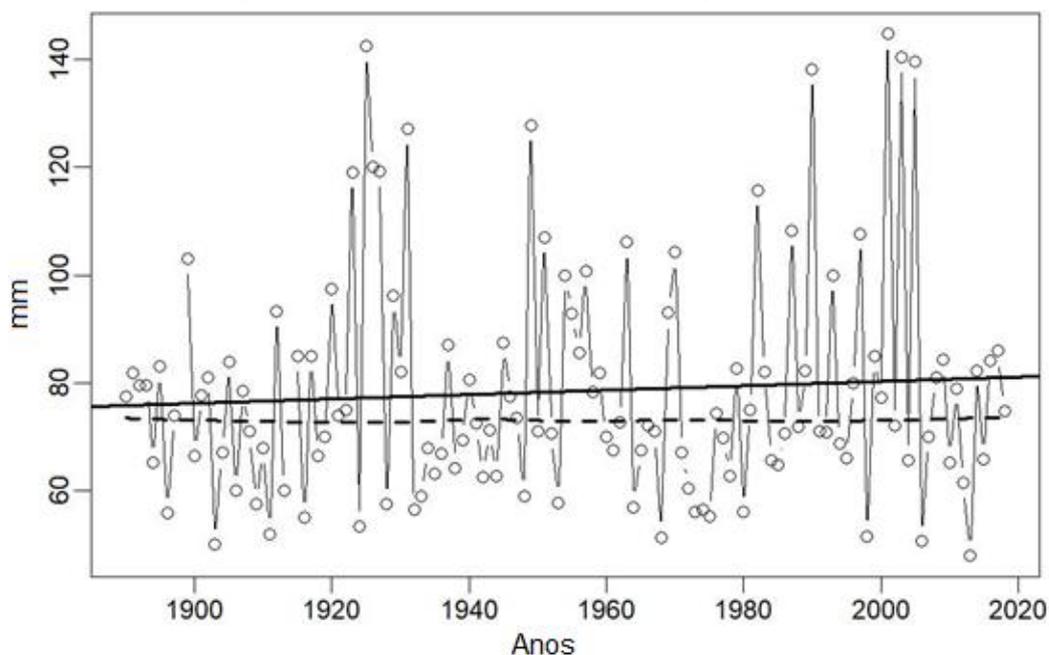


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 03 – Máximo de 1 dia de precipitação (RX1Day)



Fonte: Instituto Agrônômico de Campinas.

O índice RX5Day (Figura 04) por sua vez apresenta tendência negativa e não significativa (p -valor $> 0,05$). Como esse índice utiliza um período de 5 dias, é possível inferir que os episódios de precipitação estão se concentrando em eventos diários, como pode ser observado no índice RX1Day.

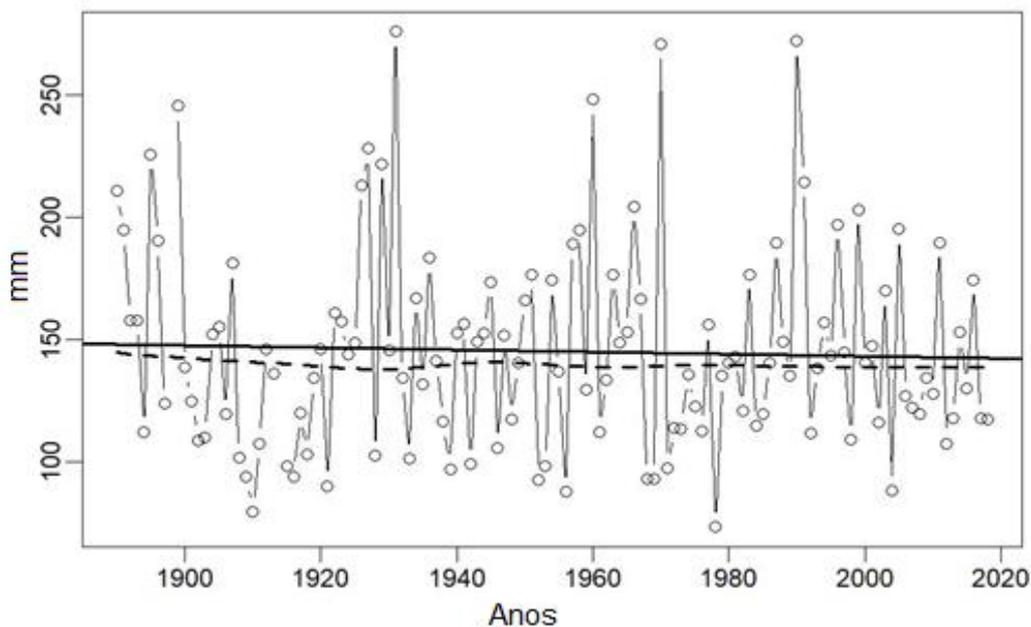


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04 – Máximo de 5 dias de precipitação (RX5Day)



Fonte: Instituto Agronômico de Campinas.

Os resultados apresentados pelo índice CDD (*consecutive dry days*), mostrados na Figura 05 representam a contagem de dias consecutivos sem precipitação. Este índice apresenta uma tendência positiva, porém não significativas ($p\text{-valor} > 0,05$). Os anos avaliados apresentaram, em média, 41 dias consecutivos sem chuva. O índice CDD com leve tendência positiva demonstra que o maior período de dias consecutivos sem precipitação tem aumentado. Associado a este resultado, é possível observar maior concentração das chuvas em curtos períodos, como demonstrado pela tendência positiva do índice RX1Day e tendência negativa, do índice RX5Day.

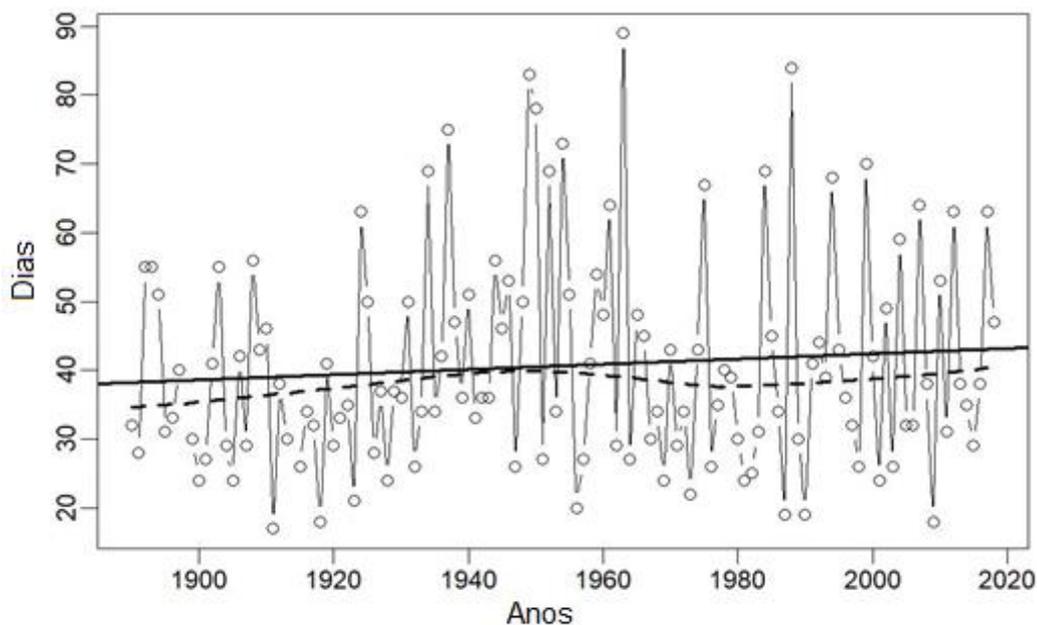


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 05 – Maior sequência de dias secos consecutivos (CDD)



Fonte: Instituto Agrônomo de Campinas

Os resultados mostram como a dinâmica da precipitação em Campinas tem se alterado ao longo de mais de um século. É possível perceber que os totais anuais de precipitação têm se alterado pouco no longo prazo, porém com alterações interanuais relevantes. Os eventos de chuvas extremas (50mm em 24h) apresentaram uma redução, mesmo que baixa, o que poderia indicar um comportamento anômalo em relação ao que já foi encontrado por outros estudos para região. Entretanto o volume do maior episódio de precipitação do ano aumentou, assim é possível inferir que estão ocorrendo menos eventos extremos, porém com maior intensidade e magnitude. Essa concentração da precipitação pode gerar consequências graves em cidades que não possuem infraestrutura adequada.

4. Considerações finais

O estudo aplicou, para a cidade de Campinas, a amplamente utilizada metodologia de índices climáticos do ETCCDI, que visa padronizar o estudo das mudanças climáticas nas diferentes partes do globo. Para isso foram usados os dados da estação meteorológica do Instituto Agrônomo de Campinas, com série histórica desde 1890.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

É possível concluir que Campinas apresenta características de mudanças climáticas compatíveis com outras partes do globo, estando incluída em um mesmo padrão global. Os índices utilizados para avaliar a precipitação não apresentam tendência significativa para afirmar se há uma mudança no regime de chuvas do local, seja aumento ou redução do volume de precipitação. Contudo, os dados, mesmo não significantes, apontam para resultados já encontrados em estudos anteriores, como redução de dias de chuvas e eventos de precipitação extrema de maior volume.

Os resultados encontrados utilizando-se os índices do ETCCDI em uma série histórica de longo prazo (1890 a 2018) podem ser utilizados para comparar localidades, desde que sejam utilizadas séries temporais de igual período.

5. Referências

ALEXANDER, L. V. *et al.* Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of geophysical research**, vol 111, 2006.

ALEXANDER, L. V., Global observed long-term changes in temperature and precipitations extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. **Weather and climate extremes**. vol.11, p. 4-16, 2016

ALVALÁ, R. C. S; PINTO, H. S.; WAINGORT, A. **Mudanças climáticas na esfera nacional**. In: Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, p. 22-40., 2014

ALVES, E. D. L. MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 3, 18 mar. 2011.

AVILA-DIAZ, Á.; BENEZOLI, V.; JUSTINO, F.; TORRES, Roger; WILSON, A. Assessing current and future trends of climate extremes across Brazil based on reanalyses and Earth system model projection. **Climate Dynamics**. vol. 55. p. 1403-1426, 2020.

ARAÚJO, W. dos S.; BRITO, J. I. B.; Indices of trends of climatic changes for the states of the Bahia and Sergipe by means of daily precipitation and its relations with SST's of the Pacific and Atlantic. **Revista brasileira de meteorologia**, v.26. nº 4. p. 541-554, 2011.

BLAIN, G. C. Cento e vinte anos de totais extremos de precipitação pluvial máxima diária em Campinas, Estado de São Paulo: análises estatísticas. **Bragatia**, Campinas, vol. 70, n. 3, p. 722-728, 2011



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CASTELLANO, M. S. **Extremos de chuva na Região Metropolitana de Campinas (SP):** Impactos, análise socioeconômica e políticas públicas. Tese (Doutorado em geografia) - Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas, 2016

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. **Journal of Climate**, vol. 22, p. 1589-1609, Abr. 2009

HAYLOCK, M. *et al.* Trends in total and extreme south American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, vol. 19, p. 1490-1512, Abr. 2006

MARENGO, J. A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima - Impactos sociais e econômicos. **Mudanças Climáticas**, n. 8, p. 1-5, maio 2009

NATIVIDADE, Ulisses A.; GARCIA, Sâmia R.; TORRES, Roger R., Tendência os índices de extremos Climáticos Observados e Projetados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p.600-614, 2017

PEREIRA, Vânia R. *et al.* Impacts of climate change on drought: changes to drier conditions at the beginning of the crop growing season in southern Brazil. **Bragantia**. Campinas, vol. 7, n. 1, p. 201-211, 2018

RIBEIRO, S. K., SANTOS, A. S. PBMC. **Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.** PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. 2016

SENEVIRATNE, S.I., N. NICHOLLS, D. EASTERLING, C.M. GOODESS, S. KANAE, J. KOSSIN, Y. LUO, J. MARENGO, K. MCINNES, M. RAHIMI, M. REICHSTEIN, A. SORTEBERG, C. VERA, AND X. Zhang: Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation** [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230, 2012

VICENT, L. A. *et al.* Observed Trends in Indices of Daily Temperature extremes in South America 1960-2000. **Journal of Climate**, vol 18, dez 2005

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas, 2004

ZHANG, X.; YANG, F. **RCLimDex:** User Manual. Climate research branch environment. Downsview, Ontário, Canadá, 2004

ZHANG, X. *et al.* Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. **Wires**. vol. 2, nov/dez, p. 851-870, 2011.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

TENDÊNCIA E COMPORTAMENTO DAS TEMPERATURAS NO CONTINENTE ANTÁRTICO COM BASE EM DIFERENTES CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

NICOLAS DOS SANTOS ROSA ¹
PEDRO AUGUSTO BREDAS FONTA ²

RESUMO

O Continente Antártico é um constituinte essencial no sistema climático da Terra e apresenta grande importância ambiental, atuando como um importante indicador das mudanças climáticas. Porém, embora as regiões polares tenham um papel fundamental na dinâmica atmosférica do Planeta, os processos e tendências climáticas ainda são pouco conhecidas em níveis de detalhe, principalmente pela escassez de observações, falta de dados meteorológicos e pelo isolamento geográfico. Com isso, o presente estudo visa, utilizando dados de modelagem, analisar do ponto de vista temporal e espacial variações e tendências futuras da temperatura na Antártica, adotando como base dois modelos projetados pelo Coupled Model Intercomparison Projects 6 (CMIP6): CanESM5 e MIROC6, respectivamente de maior e menor sensibilidade climática. Na pesquisa, foram elegidos dois cenários extremos para serem avaliados até o período de 2100: SSP126 (otimista) e SSP585 (pessimista), com dados raster de temperatura média anual e de algumas variáveis bioclimáticas. Os materiais cartográficos produzidos mostraram uma tendência geral de aumento nas temperaturas do continente até o ano de 2100, sobretudo no cenário SSP-585, em relação à normal climatológica. Tais resultados contribuem para destacar e demonstrar as tendências de alterações ambientais que vem ocorrendo desde as últimas décadas, com possíveis oscilações e consequências socioeconômicas e ambientais no futuro, e servindo de alerta para repensar políticas públicas e o controle ambiental.

Palavras-chave: Modelagem climática; Antártica; CMIP6.

ABSTRACT

The Antarctic continent is an essential component in climate system of the Earth and presents great environmental importance, acting as an important indicator of climate change. Although the polar regions have a fundamental role in the atmospheric dynamic of the planet, the climatic processes and trends are little known in details, mainly due to the scarcity of observations, lack of meteorological data and geographic isolation. Thus, the present study aims, using modeling data, to analyze temporally and spatially the future variations and trends of temperature in Antarctica, adopting as a basis two models designed by Coupled Model Intercomparison Projects 6 (CMIP6): CanESM5 and MIROC6, respectively of higher and lower climate sensitivity. In the research, two extreme scenarios were chosen to be evaluated until the period of 2100: SSP126 (optimistic) and SSP585 (pessimistic), with raster data of annual

¹ Graduando em Geologia – bolsista PET, Universidade Federal do Paraná, nicolas.santos@ufpr.br

² Professor Adjunto, Universidade Federal do Paraná, pedrofontao@ufpr.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

average temperature and some bioclimatics variables. The cartographic materials produced, showed general trends of increasing temperatures in the continent until 2100, especially in the SSP585 scenario, in relation to the climatological normal. Such results contribute to highlight and demonstrate the trends of environmental changes that have been occurring since the last decade, with possible oscillation in socioeconomic and environment consequences in the future, and serving as an alert for rethink public policies and the environmental control.

Keywords: Climate modelling; Antarctica; CMIP6.

1. Introdução

As Mudanças Climáticas e as possíveis implicações desse fenômeno tem sido uma temática cada vez mais recorrente em estudos e investigações no âmbito científico. Embora existam questionamentos, posições opostas e/ou críticas aos modelos de tendência e ao papel da influência humana nessas alterações em nível global (MOLION, 2008; MICHAELS; BALLING JR, 2009; MATTHEWS, 2015, entre outros), é inegável que o assunto vem se destacando nas últimas décadas e provocando progressos no campo das ciências atmosféricas e, em particular, na Climatologia elaborada por geógrafos.

Nessa perspectiva, Stott (2016) aponta que as alterações no perfil climático global podem se manifestar através do aumento na frequência e intensidade dos eventos extremos. A título de exemplo, verões excessivamente quentes, processos de desertificação e estiagens severas podem ser verificados como possíveis indícios, além de alguns fenômenos naturais que anteriormente possuíam menor ciclicidade e se tornaram mais recorrentes e intensos, podendo ser tratados como produtos dessa desestabilização climática (CONTI, 2005). Dessa forma, em nível regional, os impactos, a adaptações e as vulnerabilidades às Mudanças Climáticas passam a ser uma preocupação bastante pertinente (FIELD; BARROS, 2014).

O interesse e o foco em relação ao aumento das temperaturas médias da superfície terrestre e seus impactos ambientais começam a ser reconhecidos a partir dos anos de 1970, onde as ações humanas poderiam contribuir para um possível aquecimento global (MILLER, 2008). Ao longo desse tempo, governos e instituições de pesquisa firmaram diversos tratados relativos às mudanças ambientais, sendo o Acordo de Paris, no ano 2015, o mais recente (WEGENER, 2020). Tais acordos objetivam fornecer subsídio científico e suporte na tomada de decisões para tratados políticos que tangem controlar o impacto da sociedade nas emissões massivas de gases de efeito estufa (GEE), buscando mitigar o aumento médio de temperatura global quando comparado a níveis pré-industriais.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Dentro desse contexto, as regiões polares são constituintes essenciais no sistema climático da Terra, e que influenciam na dinâmica climática e condições de vida através de suas interações atmosféricas e oceânicas. Em particular, devido a sua sensibilidade e relevância ambiental, o Continente Antártico atua como um importante regulador térmico, sendo um bom indicador dessas mudanças contemporâneas. Com sua vasta extensão de massa continental (~14 milhões de km²), a Antártica representa um laboratório natural singular, além de possuir recursos energéticos e também as maiores reservas de gelo e água doce do planeta, cerca de aproximadamente 70% do total.

A participação da pesquisa brasileira no Continente Antártico tem início na segunda metade do século XX e é de grande importância científica, tanto para o conhecimento dos sistemas naturais da Terra, quanto para as interações e impactos no continente Sul-Americano, mais especificamente no Brasil (AHLERT; SIMÕES, 2004; PROANTAR, 2021). Diante disso, compreender como a Antártica está respondendo às possíveis mudanças na dinâmica climática, suas tendências e sua relação com os balanços energéticos globais é algo essencial para os pesquisadores serem capazes de gerar estimativas precisas em relação às alterações climáticas futuras e fornecer informações consistentes para formulação de políticas ambientais e tomada de decisão por entidades públicas e/ou privadas.

No entanto, apesar de ter um papel fundamental na circulação atmosférica do hemisfério sul (CONVEY, 2009), os processos atmosféricos nessa área de estudo ainda são pouco conhecidos em escala de detalhe, sobretudo em função da escassez de observações meteorológicas instrumentais, pela falta de longas séries temporais de dados consistentes e também por conta do isolamento geográfico inerente da região, que dificulta o acesso e manutenção dos equipamentos. Desse modo, essa pesquisa busca contribuir para avaliar as tendências e o comportamento das temperaturas no Continente Antártico, adotando como base dois modelos recentes e que projetam cenários de mudanças climáticas numa perspectiva espaço-temporal até o ano de 2100.

1.1 A nova geração de modelos climáticos globais: o CMIP6 e os SSP's

Os Modelos Climáticos Globais (GCM) são as ferramentas mais avançadas atualmente disponíveis para simular a resposta do sistema climático global ao aumento das concentrações de Gases de Efeito Estufa (GEE). Os GCMs correspondem a modelos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

numéricos que representam os sistemas climáticos, onde são vinculados processos físicos, químicos e biológicos da atmosfera, o oceano, a criosfera e a superfície terrestre, e suas interações e funções de retroalimentação (SAMPAIO e DIAS, 2014; MCTI, 2016). No entanto, o desenvolvimento de múltiplos modelos climáticos em diversos centros de pesquisa no mundo implicava o risco de que cada grupo de pesquisa abordasse sua modelagem de maneira diferente, reduzindo a comparabilidade dos resultados. Nesse sentido, o *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP) nasce em 1995 com a finalidade de integrar, comparar e compartilhar os resultados dos diversos modelos climáticos (MEEHL *et al.*, 2005).

Atualmente, encontra-se em processo de elaboração o sexto relatório (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que irá utilizar a modelagem desenvolvida pelo CMIP6. Ele consiste na junção de cerca de 100 modelos climáticos distintos, produzidos em 49 grupos de modelagem pelo globo, vinculados ao IPCC. Apesar de ainda não estar finalizado, os resultados preliminares dos grupos apontam que com avanço das tecnologias e ferramentas, é evidente que alguns modelos apresentam uma maior sensibilidade climática comparado com suas modelagens anteriores da quinta geração CMIP5. A diferença na sensibilidade contribui para projeções de maior qualidade do aquecimento previsto até o final do século. Porém, o número limitado de projeções futuras disponíveis no CMIP6 significa que os resultados coletivos podem mudar à medida que mais rodadas dos modelos despontarem.

Com o intuito de estudar e analisar a variabilidade climática no clima futuro como resposta às mudanças climáticas, os GCM são executados sob diferentes forçantes ou cenários climáticos, diretamente relacionados com o grau de concentração de GEEs na atmosfera. Nesse sentido, foram definidos os *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs), que atuam como indicadores sobre as interferências e emissões antrópicas no planeta Terra durante o próximo século. Os SSPs são baseados em cinco narrativas que descrevem amplas tendências socioeconômicas que podem moldar o comportamento da sociedade futura. O objetivo é abranger a maior gama de cenários futuros plausíveis. Eles incluem: um mundo de crescimento e igualdade focado na sustentabilidade (SSP1); um mundo “em meio termo” onde as tendências seguem amplamente seus padrões históricos (SSP2); um mundo fragmentado de “nacionalismo ressurgente” (SSP3); um mundo de crescente desigualdade (SSP4); e um



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mundo de crescimento rápido e irrestrito na produção econômica e no uso de energia (SSP5) (HAUSFATHER, 2018).

Isto posto, o objetivo do presente estudo é realizar uma breve análise das variações e tendências futuras da temperatura na Antártica por meio de dados de GCM, utilizando para tanto as tendências projetadas em dois modelos (mais e menos sensíveis) disponíveis na sexta geração do CMIP (CMIP6), para os dois cenários SSPs mais extremos em termos de comportamento futuro da sociedade (otimista e pessimista).

2. Metodologia

A metodologia do trabalho utilizou como base os resultados oriundos de dois modelos integrantes do CMIP6, descritos em maiores detalhes na Tabela 01. Como recorte temporal, foi delimitado o período de 2021-2100 em intervalos de 20 anos, além de utilizar a Normal Climatológica de 1970-2000 para fins comparativos. A escolha dos dois modelos em específico adotou como critério a disponibilidade, até o presente momento, para download das simulações do CMIP6 na resolução espacial de 2,5 minutos, e a sensibilidade climática às forçantes radiativas (Figura 01). Cabe ressaltar que nem todos os modelos apresentados na figura encontram-se disponíveis na resolução desejada, e por isso selecionou-se os dois existentes de maior e menor *Equilibrium climate sensitivity* (ECS), destacados em vermelho.

Tabela 01 – Modelos utilizados oriundos do CMIP6

MODELOS	CENTRO DE PESQUISA	ECS*	PAÍS
CanESM5	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	5.6°C	Canadá
MIROC6	National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo (AORI, UT)	2.6°C	Japão

* ECS: Equilibrium climate sensitivity. Fonte: Tatebe *et al.* (2019); Swart *et al.* (2019).

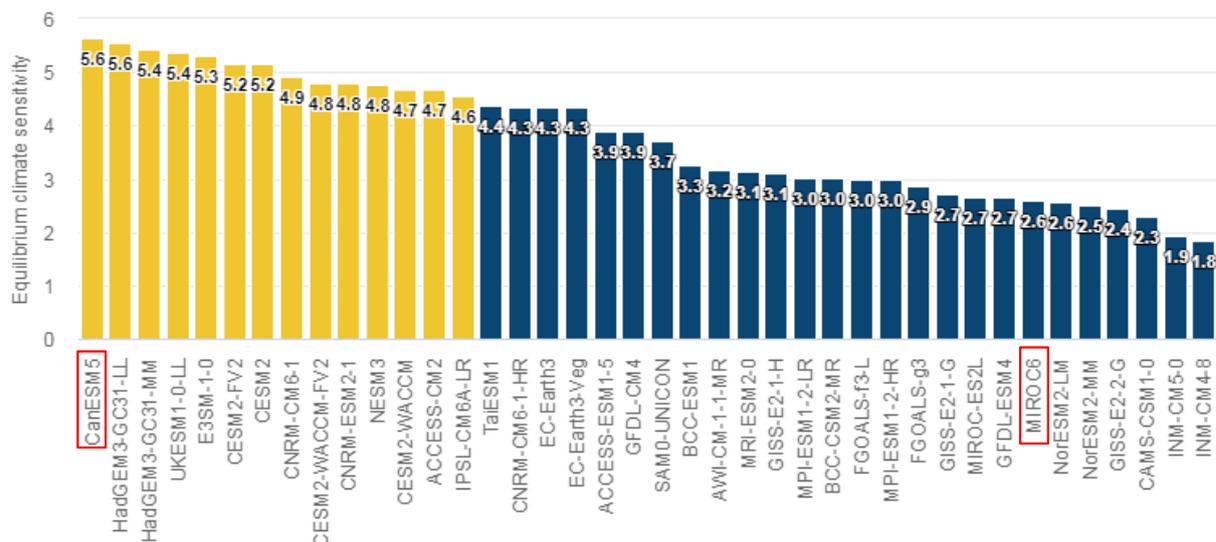


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 - Sensibilidade climática dos modelos no CMIP6



Fonte: Carbon Brief (2021).

A sensibilidade climática (ECS) emerge das simulações físicas e biogeoquímicas dentro dos modelos climáticos, e refere-se ao aquecimento esperado a longo prazo em resposta ao aumento das emissões e concentrações atmosféricas de CO₂ (CARBON BRIEF, 2021). Nesse estudo, optou-se por utilizar o *Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis* (CanESM5), de maior sensibilidade climáticas às forçantes radiativas e desenvolvido para simular a variabilidade e mudanças históricas (SWART, 2019). Para contrastar os valores de ESC do CanESM5, utilizou-se o *Model for Interdisciplinary Research on Climate v6* (MIROC6), sexta geração do projeto desenvolvido para projeções climáticas futuras em cooperação na comunidade japonesa (TATEBE, 2019).

Para os dois modelos adotados nesse estudo (CanESM5 e MIROC6), foram obtidas simulações da temperatura média mensal e de variáveis Bioclimáticas (por exemplo, a temperatura mínima do mês mais frio) para os períodos selecionados. Os cenários de mudanças climáticas escolhidos foram os dois mais extremos que existem: SSP126 (otimista) e SSP585 (pessimista), simulando dois tipos de cenários de emissões futuras impulsionados por diferentes condutas globais e pressupostos socioeconômicos. A Tabela 02 apresenta as características descritivas de cada cenário em questão.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 02 – Descrição de tendências relativas a processos e comportamentos nos SSP's

SSP	Cenário e Narrativa até 2100 (<i>Shared Socio-economic Pathways</i>)
SSP126	O mundo muda gradualmente, mas de forma abrangente, em direção a um caminho mais sustentável, enfatizando um desenvolvimento mais inclusivo que respeite os limites ambientais percebidos. A gestão dos bens comuns globais melhora lentamente, os investimentos em educação e saúde aceleram a transição demográfica e a ênfase no crescimento econômico muda para uma ênfase mais ampla no bem-estar humano. Impulsionada por um compromisso cada vez maior de atingir as metas de desenvolvimento, a desigualdade é reduzida tanto entre os países quanto dentro dos países. O consumo é orientado para baixo crescimento material e menor intensidade de recursos e energia.
SSP585	Este mundo coloca cada vez mais fé em mercados competitivos, inovação e sociedades participativas para produzir rápido progresso tecnológico e desenvolvimento do capital humano como o caminho para o desenvolvimento sustentável. Os mercados globais estão cada vez mais integrados. Também há fortes investimentos em saúde, educação e instituições para aumentar o capital humano e social. Ao mesmo tempo, o impulso para o desenvolvimento econômico e social está associado à exploração de abundantes recursos de combustíveis fósseis e à adoção de estilos de vida com uso intensivo de recursos e energia em todo o mundo. Todos esses fatores levam a um rápido crescimento da economia global, enquanto a população global atinge seu pico e declina no século 21. Problemas ambientais locais, como poluição do ar, são gerenciados com sucesso. Existe fé na capacidade de gerenciar com eficácia os sistemas sociais e ecológicos,

Fonte: Riahi *et al.* (2017); Carbon Brief (2021).

Os dados dos cenários SSP126 e SSP585 foram coletados em formato *Raster*, em escala espacial de 2,5 minutos (WORLDCLIM, 2021), e foram produzidos mapas do Continente Antártico através do software *ArcGIS*. A análise teve como foco o comportamento e as variações das temperaturas ao longo do tempo e espaço. Como ponto de referência para exemplificar e descrever alguns dados no artigo, foi utilizada a Estação Antártica Comandante Ferraz, base pertencente ao Brasil inserida na ilha do Rei George e localizada na latitude 62° 05'S e longitude 58° 24'W (PROANTAR, 2021).

3. Resultados e discussão

A partir dos procedimentos metodológicos previamente adotados, foi possível produzir uma série de mapas do Continente Antártico da distribuição dos dados obtidos. A Figura 02 (modelo CanESM5) e Figura 03 (modelo MIROC6) ilustram alguns mapas produzidos na pesquisa referentes à temperatura média anual para os cenários SSP126 (mais otimista) e SSP585 (mais pessimista), para os períodos de 2021-2040, 2041- 2060, 2061-2080 e 2081-2100, auxiliados pela Normal Climatológica de 1970-2000.

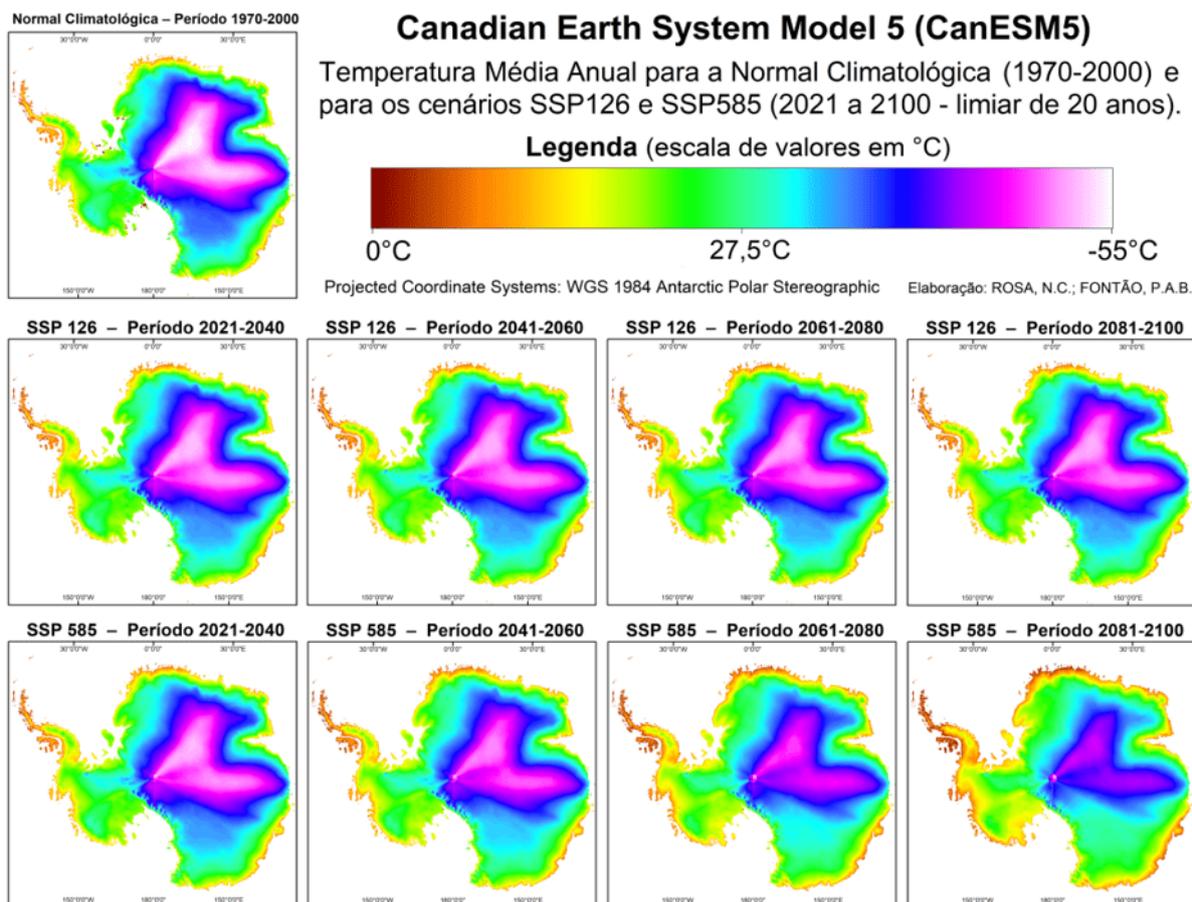


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 – Mapas de Temperatura Média Anual (CanESM5)



Fonte: WorldClim (2021).
Elaboração: Rosa e Fontão (2021).

Em geral, a análise bidecadal das temperaturas médias antárticas evidenciaram uma tendência de aquecimento futuro para os dois cenários SSP's, ao menos até o ano de 2100. Embora o aumento tenha sido mais tímido no cenário SSP126, em que apesar das temperaturas terem apresentado uma tendência de elevação elas não tenham se mostrado tão graduais e significativas, no SSP585 foi possível encontrar em alguns locais do continente estimativas de até 4,9°C (MIROC6) e 10,6°C (CanESM5) de elevação na temperatura média anual até o ano de 2100, valores bastante significativos dessa variável.

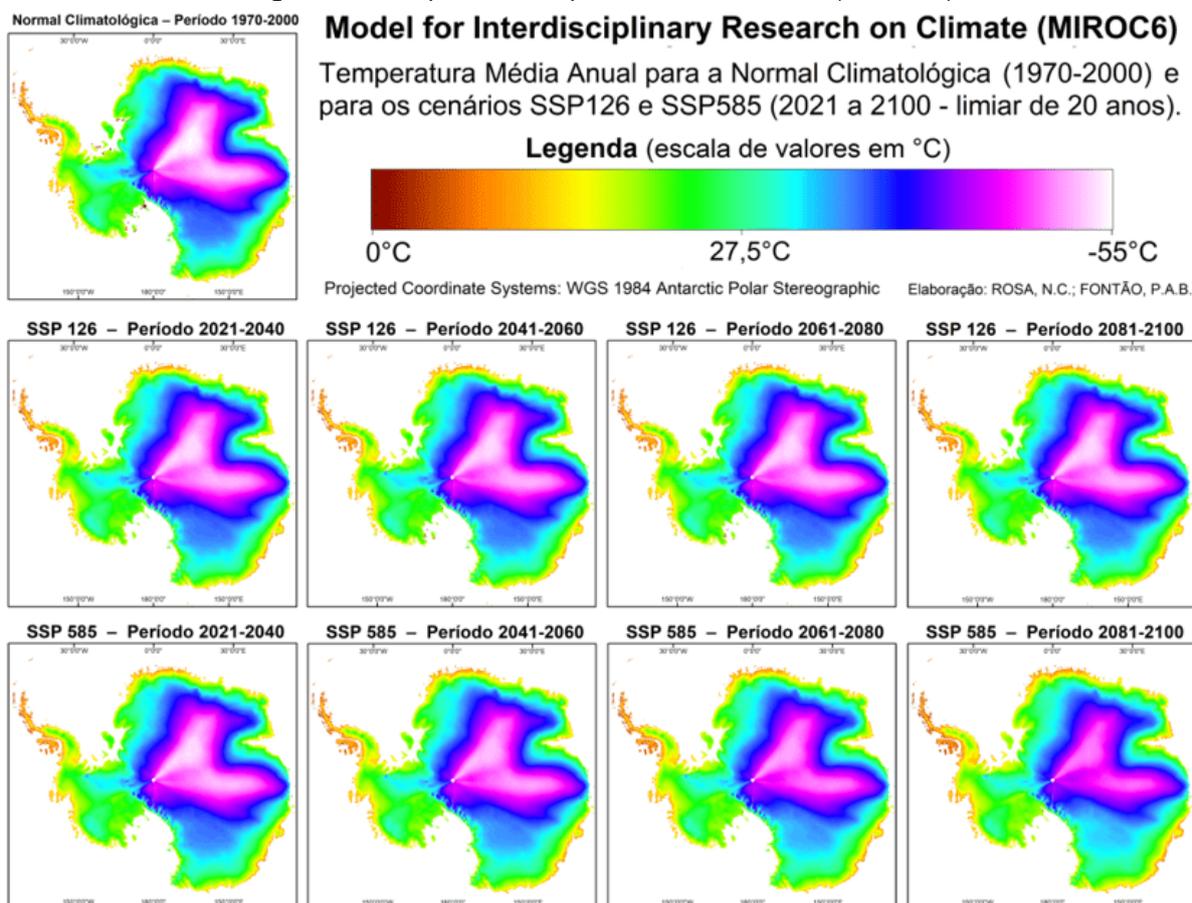


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 03 – Mapas de Temperatura Média Anual (MIROC6)



Fonte: WorldClim (2021).
Elaboração: Rosa e Fontão (2021).

De forma comparativa, em ambos os modelos (Figura 02 e 03) foi possível notar diferenças entre os dois cenários propostos, ficando mais nítido no período 2081-2100, em que se vê a redução das tonalidades mais frias no centro do continente, evidenciando o aquecimento na região. Nas bordas e proximidades com o litoral, o aumento das tonalidades mais avermelhadas também destaca essa questão. Tal aspecto é mais intenso quando comparamos a Normal Climatológica ao cenário SSP585 no período 2080-2100, em que uma parte considerável da periferia do continente é tomada por tons mais alaranjados, sobretudo na península antártica, localizada parte esquerda do mapa, que conta com um aquecimento muito mais intenso se comparado com o cenário SSP126, o que pode acarretar em possíveis impactos ambientais e na logística de pesquisas e infraestruturas existentes na região.



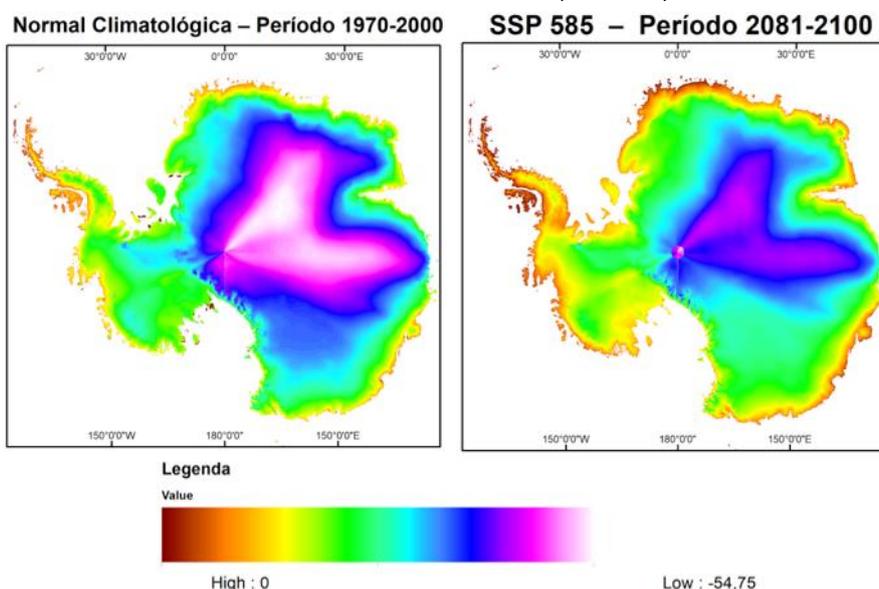
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A título de exemplo, no pixel mais à esquerda da área de estudo, onde encontra-se a ilha do Rei George e a Estação Comandante Ferraz, a temperatura média da Normal Climatológica (1970-2000) é de $-2,59^{\circ}\text{C}$, enquanto nos modelos para o cenário pessimista, de maior emissão de CO_2 no planeta (SSP585), indicam valores médios de $-1,8^{\circ}\text{C}$ (MIROC6) e $1,82^{\circ}\text{C}$ positivos (CanESM5) até 2100. No modelo CanESM5 os valores médios ficaram acima de zero graus centígrados na média anual, evidenciando uma maior frequência de temperaturas positivas e aquecimento de mais de 3°C ao longo dos períodos bidecadais. Buscando realçar e apresentar em maiores detalhes as diferenças aqui abordadas, a Figura 04 destaca as normais de 1970-2000 e as estimativas para o período 2081-2100 do modelo CanESM5 no cenário mais pessimista (SSP585). Nesses dois mapas ampliados, fica mais evidente o contraste entre as temperaturas médias observadas e previstas.

Figura 04 – Normal Climatológica e estimativas de temperatura média anual para o período 2081-2100 no modelo CanESM5 (SSP585)



Modelo CanESM5

Fonte: WorldClim (2021).

Elaboração: Rosa e Fontão (2021).

Com relação à temperatura mínima média do mês mais frio, também se verifica no continente uma leve tendência de elevação desses valores mais baixos que são registrados no período invernal. Para o cenário pessimista (SSP585), o contraste fica ainda mais evidente,



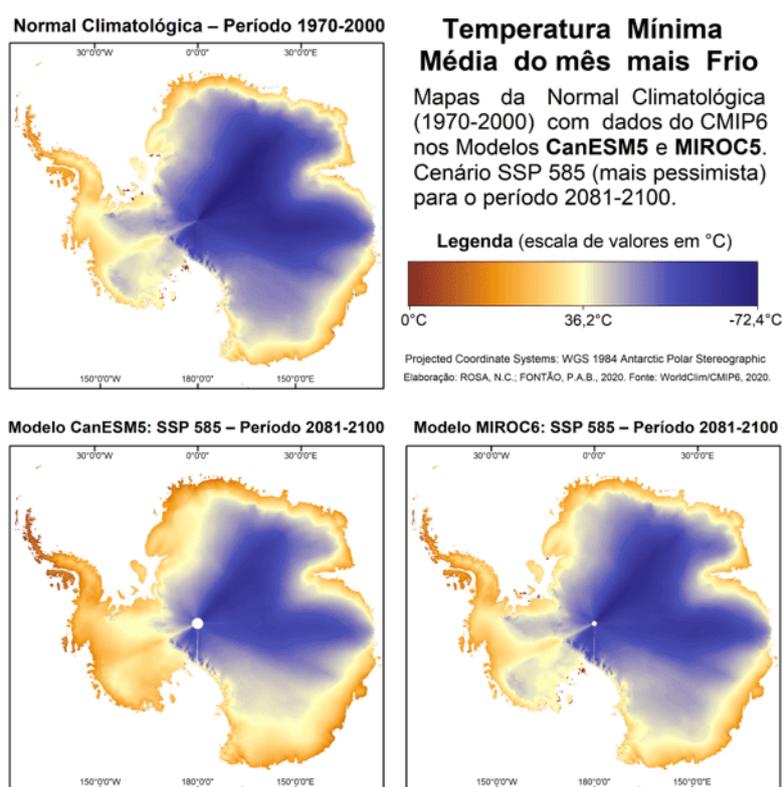
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

conforme pode ser observado na Figura 05. Nos mapas em destaque, pode-se analisar que as tonalidades dos tons de roxo perdem intensidade em ambos os modelos, que são tomados pelo aquecimento nas bordas continentais. Nas proximidades do polo e na porção central da Antártica, as mínimas ainda se mantêm mais gélidas, porém o impacto dessas alterações poderá ser refletido em diversos âmbitos, como na dinâmica climática, biológica e na criosfera da região. No caso da Estação Comandante Ferraz, por exemplo, as projeções indicam que as mínimas desses meses frios poderão diminuir de cerca de -10°C para algo entre $-8,8^{\circ}\text{C}$ (MIROC6) e $-2,0^{\circ}\text{C}$ (CanESM5).

Figura 05 – Mapa de Temperatura Mínima Média do Mês mais frio na Normal Climatológica e no período de 2081-2100 para os modelos CanESM5 e MIROC6 (SSP585)



Fonte: WorldClim (2021).
Elaboração: Rosa e Fontão (2021).

Por fim, cabe ressaltar que os resultados aqui constatados em escala de análise temporal-espacial e baseados na sexta geração do CMIP6 coincidem e/ou se aproximam dos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

observados nos modelos das gerações anteriores (CMIP5 e nas demais), conforme pode-se verificar nos estudos de Böning *et al.* (2008) e Bronselaer *et al.* (2018). Tais mudanças poderão refletir diretamente nos ecossistemas marinhos (ROGERS *et al.*, 2020) e, conforme apontado por Lee *et al.* (2017), repercutir em alterações na extensão e configuração das áreas sem gelo durante o ano e, conseqüentemente, na parca biodiversidade existente no continente gelado.

4. Considerações finais

Os resultados dessa pesquisa contribuem para destacar e demonstrar as tendências de alterações ambientais que vem ocorrendo desde as últimas décadas no Planeta e no Continente Antártico, e que poderão acarretar em futuras oscilações na circulação atmosférica e, de forma indireta, em possíveis conseqüências socioeconômicas à população. Nesse ponto de vista, o fortalecimento de investigações no âmbito da modelagem climática e na análise temporal e espacial dessas tendências, de forma cada vez mais detalhada e completa, ganham importância e serão cada vez mais necessárias para entender a formação e evolução do comportamento glacial nos polos.

Dessa forma, cabe ressaltar que os modelos em si não são perfeitos, seus produtos são estimativas derivadas de representações e/ou de medidas de tendência central. Existem incertezas associadas às projeções climáticas por conta das imperfeições na representação dos processos físicos e dinâmicos do clima terrestre que devem ser levadas em consideração numa análise. Contudo, embora os modelos estejam em constante atualização, é importante verificar que as tendências de aquecimento frequentemente observadas devem servir de sinal de alerta para repensar políticas públicas que estimulam cada vez mais o controle ambiental. Isto posto, fica em aberto a discussão sobre os eminentes impactos diretos e indiretos dessas tendências nos segmentos da economia, turismo, geopolítica, biologia entre outras áreas do conhecimento.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

AHLERT, S.; SIMÕES, J. C. O sensoriamento remoto como recurso no estudo da Antártica. **Quarta jornada de educação em sensoriamento remoto no âmbito do Mercosul**, p. 1-5, 2004.

BÖNING, C. W.; DISPERT, A.; VISBECK, M. RINTOUL, S. R.; SCHWARZKOPF, F. U. The response of the Antarctic Circumpolar Current to recent climate change. **Nature Geoscience**, v. 1, n. 12, p. 864-869, 2008.

BRONSELAER, B. *et al.* Change in future climate due to Antarctic meltwater. **Nature**, v. 564, n. 7734, p. 53-58, 2018.

CARBON BRIEF. **Explainer**: How 'Shared Socioeconomic Pathways' explore future climate change. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change>. Acesso em: 20 fev. 2021.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 70-75, 2005.

CONVEY, P. C. *et al.* Antarctic climate change and the environment. **Antarctic Science**, v. 21, n. 6, p. 541-563, 2009.

FIELD, C. B.; BARROS, V. R. (Ed.). **Climate change 2014—Impacts, adaptation and vulnerability**: Regional aspects. Cambridge University Press, 2014.

HAUSFATHER, Z. Explainer: How 'Shared Socioeconomic Pathways' explore future climate change. **Carbon Brief**, April, v. 19, 2018.

LEE, J. R.; RAYMOND, B.; BRACEGIRDLE, T. J.; CHADES, I.; FULLER, R. A.; SHAW, J. D. TERAUDS, A. Climate change drives expansion of Antarctic ice-free habitat. **Nature**, v. 547, n. 7661, p. 49-54, 2017.

MATTHEWS, P. Why are people skeptical about climate change? Some insights from blog comments. **Environmental Communication**, v. 9, n. 2, p. 153-168, 2015.

MCTI. **Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI/Brasil, 2016.

MEEHL, G. A. *et al.* Overview of the coupled model intercomparison project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 86, n. 1, p. 89-93, 2005.

MICHAELS, P. J.; BALLING JR, R. C. **Climate of extremes**: global warming science they don't want you to know. Washington D.C., USA: Cato Institute, 2009.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MILLER JR, G. T. **Ciência Ambiental**. Tradução de: All Tasks. Revisão técnica de: DELITTI, Wellington Braz Carvalho. 11^a ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, 2008.

PROANTAR. **Programa Antártico Brasileiro**. Disponível em: <https://proantar.com.br/>. Acesso em: 26 mar. 2021.

RIahi, K. *et al.* The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. **Global Environmental Change**, v. 42, p. 153-168, 2017.

ROGERS, A. D. *et al.* Antarctic futures: An assessment of climate-driven changes in ecosystem structure, function, and service provisioning in the Southern Ocean. **Annual Review of Marine Science**, v. 12, p. 87-120, 2020.

SAMPAIO, G.; DIAS, P. L. S. Evolução dos Modelos Climáticos e de Previsão de Tempo e Clima. **Revista USP**, n. 103, p. 41-54, 2014.

STOTT, Peter. How climate change affects extreme weather events. **Science**, v. 352, n. 6293, p. 1517-1518, 2016.

SWART, Neil C. *et al.* The canadian earth system model version 5 (CanESM5. 0.3). **Geoscientific Model Development**, v. 12, n. 11, p. 4823-4873, 2019.

TATEBE, H. *et al.* Description and basic evaluation of simulated mean state, internal variability, and climate sensitivity in MIROC6. **Geoscientific Model Development**, v. 12, n. 7, p. 2727-2765, 2019.

WEGENER, L. Can the Paris Agreement Help Climate Change Litigation and Vice Versa?. **Transnational Environmental Law**, v. 9, n. 1, p. 17-36, 2020.

WORLDCLIM. **WorldClim**. Disponível em: <https://www.worldclim.org/>. Acesso em: 25 jan. 2021.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E REFLEXOS MIDIÁTICOS NA CIDADE DE MANAUS/AM ENTRE 2008 A 2019

VALDIR SOARES DE ANDRADE FILHO¹
FILIPE DE ARAUJO OLIVEIRA²

RESUMO

A zona urbana da cidade de Manaus-AM, assim como todas as cidades sofrem com os impactos do clima urbano. Os eventos extremos de precipitação é um dos eventos meteorológicos desse clima que causa transtorno no cotidiano da população. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo analisar a ocorrência de eventos extremos de precipitação na cidade de Manaus e os reflexos nos jornais locais no período de 2008 a 2019. Com os dados diários de precipitação do INMET tabulados e analisados, foram possíveis determinar mensalmente e anualmente o total de precipitações iguais ou superiores a 50 mm diários, a soma e a média dos números de dias chuvosos e além de identificar o maior evento extremo de precipitação em cada ano. As notícias de eventos extremos de chuva foram coletadas de três sites de jornais locais, Portal do Holanda, D24AM e Amazonas Atual. De acordo com os resultados, foram observados 97 eventos extremos de acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia e 137 notícias de eventos extremos de precipitação. Correlacionando esses dados, é visível a diferença nos resultados, tanto no total de eventos extremos, quanto na identificação através das notícias que as perturbações das chuvas na sociedade manauara acontecem abaixo de 50 mm.

Palavras-chave: Eventos extremos; Precipitação; Jornais.

ABSTRACT

The urban area of the Manaus city, as well as all cities suffer from the impacts of the urban climate. The extreme events of precipitation is one of the meteorological events of this climate that causes disturbance in the daily life of the population. Thus, the present study has object of analysis the occurrence of extreme precipitation events in Manaus city and the effects on local newspapers from 2008 to 2019. With INMET's daily precipitation data tabulated and analyzed, it was possible to determine monthly and yearly the total precipitation equal to or greater than 50 mm daily, the sum and average of the numbers of rainy days and in addition to identifying the greatest extreme precipitation event each year. News of extreme rain events was collected from three local newspaper sites, Portal do Holanda, D24AM and Amazonas Atual. According to the results, 97 extreme events were observed according to data from the National Institute of Meteorology and 137 news of extreme precipitation events. Correlating these data, it is visible the difference in the results, both in the total of extreme events, and in the identification through the news that the disturbances of the rains in the Manaus city happen below 50 mm.

Keywords: Extreme events; Precipitation; Newspapers.

¹ Professor Doutor, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, vfilho@uea.edu.br

² Graduando em Geografia, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, fao.geoi18@uea.edu.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

A cidade é o espaço onde a população se relaciona com o meio ambiente, ambiente esse dotado de muitas variáveis, como o clima, que é afetado diretamente pelas ações humanas. O espaço urbano de uma cidade, por exemplo, é uma demonstração do uso do solo que modifica a relação natural anteriormente produzida sem a presença do homem entre a superfície e a atmosfera. Os equipamentos e as características que o ser humano impõe ao meio produzem o que denominamos de clima urbano e, segundo Monteiro (1976) e Mascaró (1996), se posicionássemos esse clima numa escala, ele estaria situado no microclima.

O clima urbano, afirma Monteiro (1976, p. 95) “é um sistema que compreende o clima de um determinado espaço territorial e sua urbanização. É um mesoclima que está inserido no macroclima e, que sofre, ao nível do solo, influências microclimáticas, provenientes dos espaços urbanos”. E esses espaços apresentam equipamentos provedores, destaca Mascarenhas Junior, (2009, p. 18) como “a retirada da cobertura vegetal, a impermeabilização dos solos, o desvio de cursos de rios, a implantação de indústrias, a circulação de veículos automotores e várias outras interferências humanas”.

De acordo com Castells e Borja (1996) todas essas alterações realizadas no meio urbano são características da cidade no intuito de garantir o bem-estar do homem que busca migrar para grandes cidades à procura de melhores condições de vida. Essa é uma ação de cunho de crescimento populacional que segundo Albuquerque e Lopes (2016), nos acarreta os mais variados problemas ambientais.

As interações entre a atmosfera e o espaço geográfico acabam se tornando perigosas para a sociedade quando os fenômenos naturais, acabam superando a “capacidade material de determinada organização social para absorver, amortizar ou evitar seus efeitos negativos” relata Gonçalves (2003, p. 75). E a partir dessa relação atmosfera e o espaço geográfico podem surgir os eventos extremos, que são, segundo Mascarenhas Junior (2009, p. 44) eventos naturais que perturbam de “alguma forma o cotidiano das sociedades, provocando remodelações, por vezes drásticas, em seus ambientes”. Alguns exemplos de eventos extremos que ocorrem na sociedade são as enchentes, desmoronamentos, vendavais, secas, terremotos, etc.

As análises para definir um evento extremo podem ser feitas por meio de dados estatísticos e também utilizando registros que mostrem os impactos causados naquele



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ambiente, é o que diz Souza e Sant'anna Neto (2004, p. 01) citando alguns desses tipos de registros, como os “indicadores meteorológicos, as fontes históricas, os registros da defesa civil e a imprensa, também se configuram como importantes agentes potenciais de informações úteis para compreensão dos fenômenos”. É possível destacar também essa preocupação nas possibilidades de métodos de análise nos relatos de Monteiro:

O canal dos “impactos meteóricos”, ou seja, o dos grandes aguaceiros desorganizadores eventuais da vida urbana, requer uma análise geográfica acurada dos atributos urbanos para “responder” a tais impactos, cujo estudo, exige um rumo no passado, pesquisa na memória da cidade (registros, arquivos de jornais, etc.) e a análise espacial dos episódios pluviais (MONTEIRO, 1991, p. 11).

Há várias formas de mídias existentes nos dias de hoje como TVs, rádios, jornais impressos e sites na internet que proporcionam uma possibilidade de análise, no que diz respeito aos eventos climáticos detalhando características daquela área de estudo, ou seja, uma análise mais geográfica, permitindo segundo Souza e Sant'anna Neto (2004, p. 01) “a interação da análise dos elementos meteorológicos, do comportamento do clima regional e do impacto socioeconômico”. Conforme uma das notícias da presente pesquisa, podemos observar essas características inseridas normalmente nas notícias de eventos meteorológicos causadores das perturbações no dia a dia da sociedade que trazem informações como a zona da cidade, o bairro, o dia ocorrido e o impacto sofrido. Essas informações com vantagens qualitativas não são possíveis quando são analisadas apenas de modo estritamente estatístico.

Neste trabalho propõe-se o estudo sobre eventos extremos de precipitação, mais especificamente, a chuva, utilizando além dos dados meteorológicos secundários de precipitação como também os dados de notícias de jornais locais sobre episódios extremos de chuvas. Baseando-se na pesquisa realizada por Mascarenhas Junior (2009) foi possível observar que os eventos extremos de precipitação em Manaus ocorrem quando os índices de chuvas diários são iguais ou superiores a 50 mm.

A cidade de Manaus localiza-se na região amazônica, uma região que possui uma precipitação média de 2.300 mm anuais, com a estação chuvosa entre os meses de novembro a março, e estação seca ou baixa atividade convectiva entre os meses de maio a setembro.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Já os meses de abril e outubro são meses de transição de acordo com Figueroa e Nobre (1990 apud CPTEC/INPE).

Manaus, além de apresentar elementos como o citado anteriormente e fatores do clima específicos da região amazônica, ponto relevante a ser ressaltado em relação a sua especificidade de localização geográfica diante dos fenômenos urbanos, também dispõe de um histórico de exploração do uso do solo da região, principalmente pelas chegadas dos imigrantes, atraídas pelo polo industrial.

Considerando a necessidade de proporcionar maiores alternativas de análises sobre o clima da cidade de Manaus – AM, o presente trabalho teve como objetivo analisar a ocorrência de eventos extremos de precipitação na cidade de Manaus e os reflexos nos jornais locais no período de 2008 a 2019.

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela concessão de bolsa através do Programa de Apoio à Iniciação Científica.

2. Metodologia

Ao longo da presente pesquisa foram coletadas e analisadas as séries de dados climáticos secundários do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, da Estação convencional 82331, coordenadas de latitude Sul 03°10' e longitude Oeste 60°02'. Nessa coleta foi obtido a variável de precipitação diária no período de doze anos, entre os anos de 2008 a 2019. Com os dados diários foram possíveis determinar mensalmente e anualmente o total de precipitações iguais ou superiores a 50 mm diários, a soma e a média dos números de dias chuvosos e além de identificar o maior evento extremo de precipitação em cada ano.

As notícias jornalísticas foram coletadas de três sites de jornais locais que são o Portal do Holanda, D24AM e Amazonas Atual, entre os anos de 2010 a 2019. Por meio do buscador de notícias dos sites foi utilizado a palavra “chuva” para buscar todas as notícias relacionadas, e a partir de então selecionar as notícias que traziam impactos ou perturbações pela chuva para a população de Manaus. Dessas notícias foram possíveis encontrar informações como o dia ocorrido, o índice de precipitação, as zonas da cidade afetadas e os tipos de impactos. Essas notícias jornalísticas possuem ocorrências como queda de árvores, casas alagadas, ruas alagadas, deslizamento de terra, destelhamento, etc.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para organização, tabulação e análise dos dados foi utilizado o software Excel. Todos os dados foram analisados por meio de estatísticas descritivas de somatório, média, máxima e mínima. Tabelas, gráficos e mapas foram gerados para melhor representação e análise dos resultados obtidos. Com os dados dos números de ocorrências de eventos extremos de cada zona administrativa de Manaus obtidos pelas notícias jornalísticas, foi produzido um mapa no Sistema de Informações Geográfico, Qgis versão 3.10.7, com projeção Latlong e Datum Sirgas 2000.

3. Resultados e discussão

Os resultados aqui apresentados pertencem as análises e comparações dos dados secundários advindo do INMET e dados de notícias jornalísticas a respeito de eventos extremos de precipitações.

3.1 Análises de dados estatísticos de precipitação

Após as coletas de dados do INMET e a tabulação e sistematização, foram possíveis analisar os dados, resultando no total de 2195 dias com chuvas, correspondendo em média 183 dias ao ano, precipitação essa identificada nos últimos 12 anos, de 01/01/2008 a 31/12/2019.

Desses 2195 dias chuvosos, 52% dos dias aconteceram dentro da estação chuvosa, 29% na estação seca e 19% nos meses de transição. Observando a figura 01, janeiro, março e abril são os meses com maior número de dias chuvosos, tendo em média 21 dias de chuva para cada mês, sendo janeiro e março meses da estação chuvosa e abril um dos meses de transição. Enquanto nos meses de julho, agosto e setembro fazem parte da estação seca, e apresentam os menores números de dias com chuva, respectivamente 9, 6 e 7 dias.

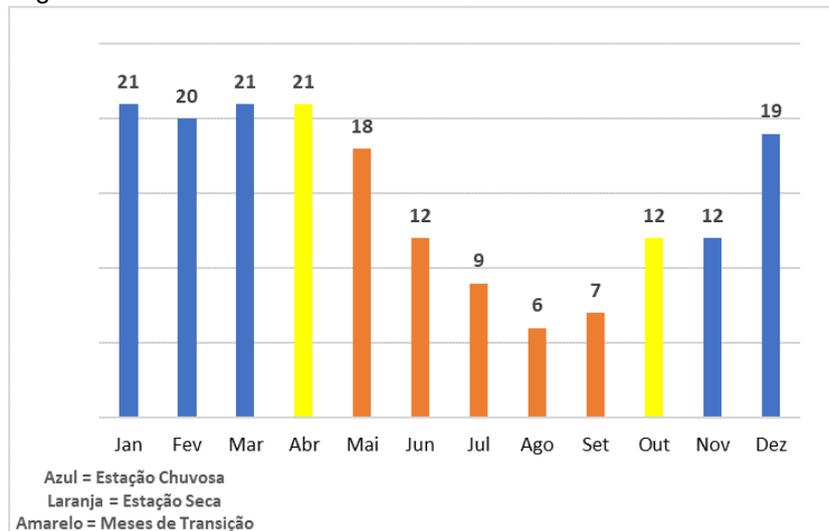


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 - Média mensal do número de dias chuvosos - 2008 a 2019



Fonte: INMET (2008 – 2019).
Elaboração: Filipe de Araujo Oliveira.

Tabela 01 – Total anual de eventos extremos de chuva

Anos	Eventos Extremos
2008	17
2009	5
2010	5
2011	11
2012	7
2013	8
2014	9
2015	5
2016	7
2017	9
2018	4
2019	10
Total	97

Fonte: INMET (2008 – 2019).
Elaboração: Filipe de Araujo Oliveira.

Parte dessa pesquisa foram dados de precipitação secundário do INMET tabulados e analisados baseando-se nas pesquisas de Mascarenhas Junior no ano de 2009, que define por meio dos jornais impressos que os eventos extremos de Manaus aconteciam quando a precipitação diária atingia o valor igual ou maior que 50 mm. Sendo assim, foram encontrados



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

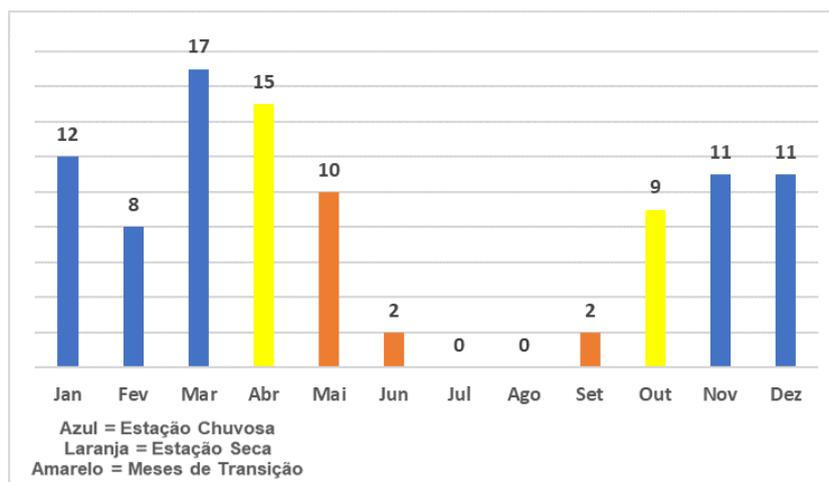
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

97 registros de eventos extremos de precipitação, com ocorrências em média de 7 vezes ao ano, com o maior número de eventos extremos em 2008 no total de 17 registros, e o menor número em 2018 com 4 registros, veja na tabela 01.

Os eventos extremos de precipitação se comportaram mensalmente, figura 02, no período de estudo com uma porcentagem de 61% na estação chuvosa, 25% nos meses de transição e 14% na estação seca. Os três meses com maiores números de dias chuvosos são também os meses que apresentam os maiores números de eventos extremos, janeiro, março e abril, respectivamente com 12, 17 e 15 eventos cada. Os meses de julho e agosto, meses da estação seca, apresentam 0 eventos extremos.

Figura 02 - Total mensal de eventos extremos de precipitação - 2008 a 2019.



Fonte: INMET (2008 – 2019).
Elaboração: Filipe de Araujo Oliveira.

Os meses de abril e novembro são os meses que por mais vezes aparecem com maiores índices diários de precipitação durante um ano. Dos 12 anos analisados, o mês de abril desponta três vezes, nos anos de 2008, 2011 e 2013 respectivamente com 84,2 mm, 116,2 mm e 140 mm e o mês de novembro também três vezes nos anos de 2009, 2014 e 2016 respectivamente com 72 mm, 89,6 mm e 117,8 mm. E por fim, o ano de 2019 apresentou nesse período de estudo o maior evento de precipitação diário com 143,2 mm, no dia 28 de setembro, evento este que foi apenas o segundo do mês de setembro.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

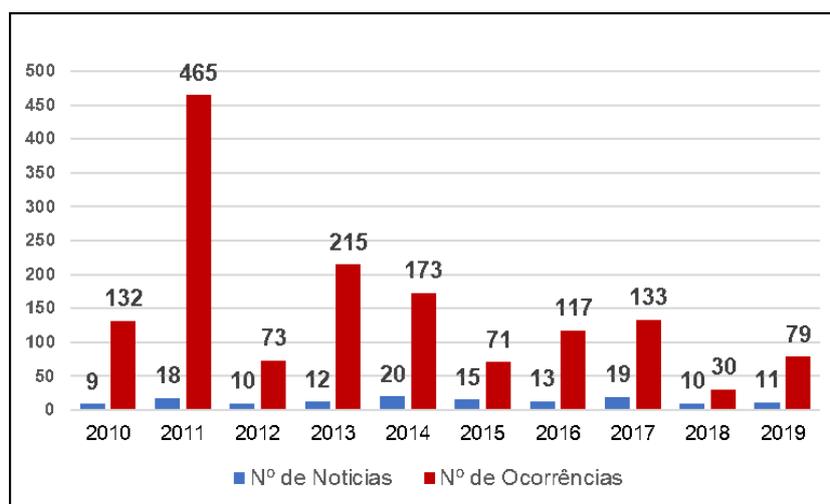
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3.2 Análises dos dados das notícias jornalísticas

Os resultados referentes às notícias jornalísticas carregam consigo dados de ocorrências relacionadas a eventos extremos de precipitação entre 2008 a 2019, notícias essas obtidas de sites dos jornais locais da cidade de Manaus, como o D24AM, Portal do Holanda e Amazonas Atual. Primeiramente não foi possível colher dados de 2008 a 2009, uma vez que nenhum dos sites tinham notícias referentes a esses dois anos. De 2010 a 2019 foram obtidas 137 notícias jornalísticas, figura 03, resultando dessas notícias 1488 ocorrências sobre eventos extremos de precipitação. Os anos com os maiores números de ocorrências relacionados a eventos extremos foi o de 2011 com 465 ocorrências, 2013 com 215 ocorrências e 2014 com 173.

Figura 03 - Total de notícias e ocorrências – 2010 a 2019



Fonte: Portal do Holanda, D24AM e Amazonas Atual (2010-2019).
Elaboração: Filipe de Araujo Oliveira.

Já os quatro meses que apresentaram maiores números de ocorrências relacionadas a eventos extremos de precipitação representados na figura 04 é abril, fevereiro, novembro e março, respectivamente, 378, 216, 201 e 187 e dentre todos os meses de 2010 a 2019 os meses entre novembro a março, chamada estação chuvoso, representa 50% das ocorrências, 35% para os meses de transição e 15% para a estação seca.

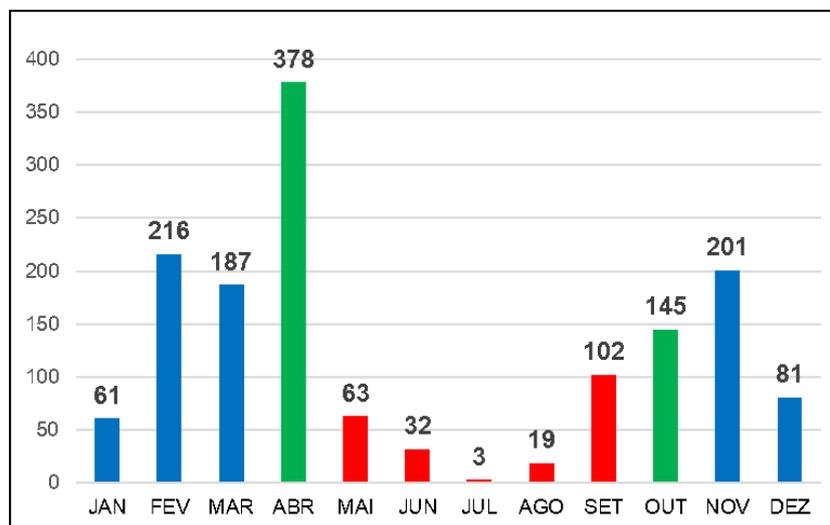


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04 - Total mensal de ocorrências de notícias jornalística - 2010 a 2019



Fonte: Portal do Holanda, D24AM e Amazonas Atual (2010-2019).
Elaboração: Filipe de Araujo Oliveira.

De acordo com Bitoun *et al.* (2009) apud Marciel (2016) a zona leste de Manaus é a zona com maior grau de vulnerabilidade social da cidade, classificada com vulnerabilidade alta e média alta como pode ser visto na figura 05. Bitoun *et al.* (2009) apud Marciel (2016, p. 274) “advogam que a vulnerabilidade social faz referência à conjuntura de “risco social”, ou seja, pessoas que enfrentam fatores adversos, geralmente negativos, em suas moradias”. Bitoun *et al.* utilizou variáveis para a classificação da vulnerabilidade social como a falta de banheiro, água encanada, coleta de lixo e energia elétrica.

Essa classificação da vulnerabilidade social das zonas de Manaus comparadas aos números de ocorrências das notícias de eventos extremos de precipitação, figura 06, converge na ideia de que segundo Mascarenhas Junior (2009, p. 45) “notadamente, locais com menos infraestrutura são os que sofrem mais com os impactos causados por esse tipo de evento. Bairros mal projetados e moradias construídas em terrenos de risco, resultados da ocupação urbana desordenada”. A zona leste é a área de Manaus mais afetada pelas ocorrências de eventos extremos com 520 ocorrências, além dela, pode-se observar na figura 05 que grande parte da área da zona norte e zona sul também são classificadas como vulnerabilidade social alta e média alta, e essas zonas são as segunda e terceira mais afetada em ocorrências de eventos extremos.

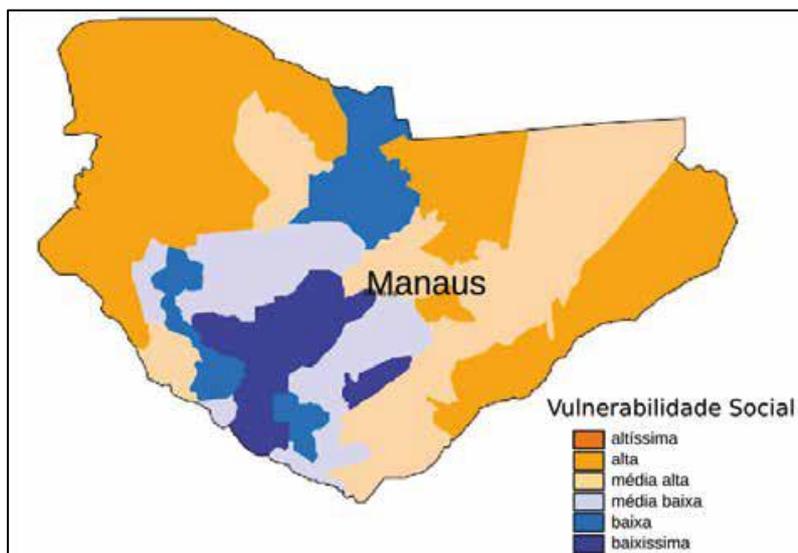


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

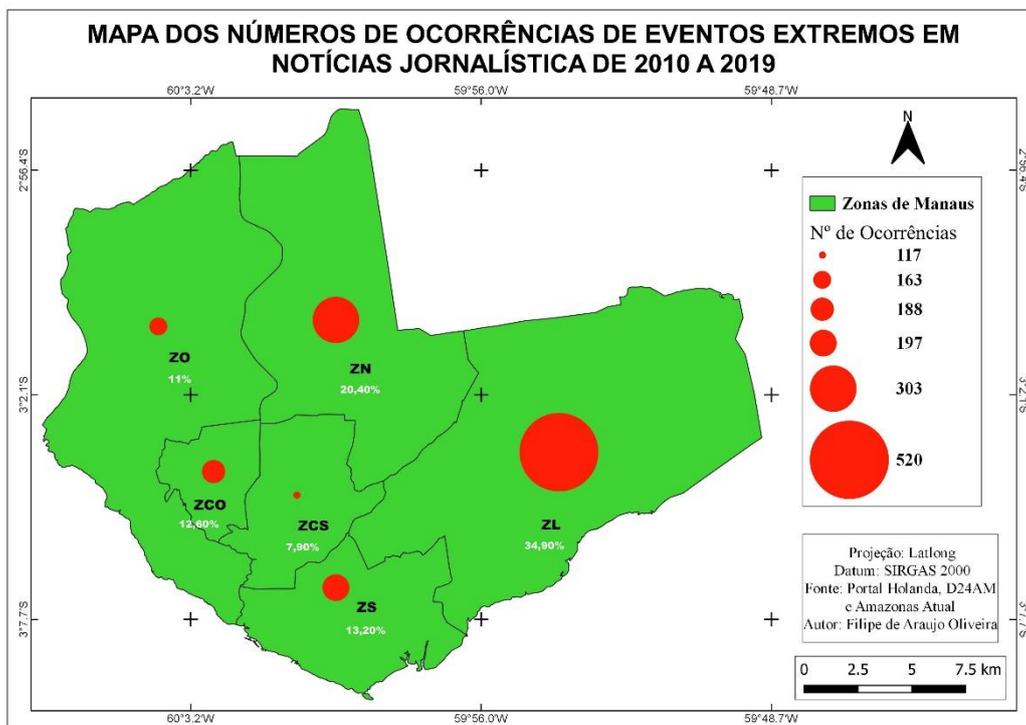
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 05 - Grau de vulnerabilidade social das zonas de Manaus no ano de 2000



Fonte: Maciel (2016, p. 277).

Figura 06 – Números de ocorrências de eventos extremos em notícias jornalísticas – 2010 a 2019



Fonte: Portal do Holanda, D24AM e Amazonas Atual (2010-2019).
Elaboração: Filipe de Araujo Oliveira.



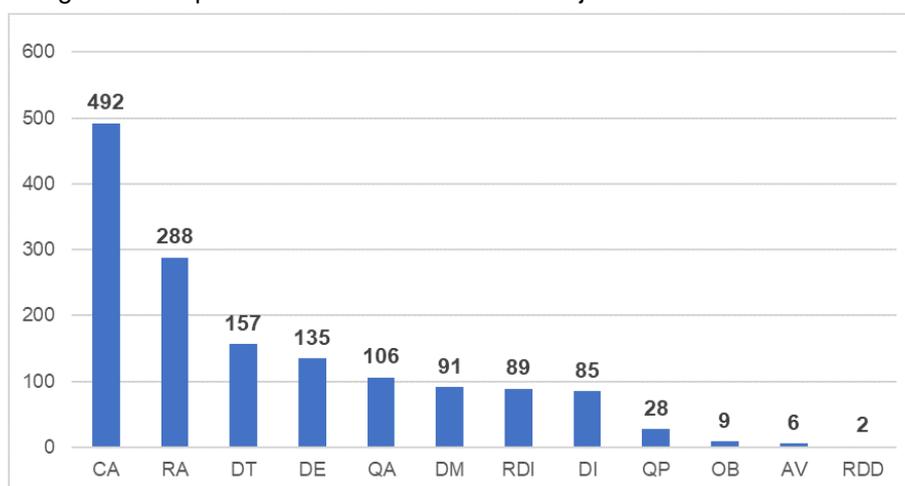
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os tipos de impactos sofridos na cidade de Manaus são diversos, entre eles estão casas alagadas - CA, ruas alagadas - RA, deslizamento de terra – DT, destelhamento - DE, queda de árvores - QA, desabamento de muro - DM, risco de desabamento de imóvel - RDI, desabamento de imóvel – DI, queda de poste - QP, óbito - OB, acidente de veículos - AC e rompimento de rede de drenagem – RRD. O impacto que ocorreu com mais frequência foi casas alagadas com 492 ocorrências.

Figura 07 - Tipos de ocorrências nas notícias jornalísticas - 2010 a 2019



Fonte: Portal do Holanda, D24AM e Amazonas Atual (2010-2019).

Elaboração: Filipe de Araujo Oliveira.

3.3 Comparação entre dados secundários de precipitação de eventos extremos e dados das notícias jornalísticas

Foi constatado que os dados de precipitação da maioria das notícias jornalísticas sobre perturbações de eventos extremos de chuva no dia a dia da cidade de Manaus não convergem com os dados de precipitação do INMET. Pode-se observar na tabela 2, notícia 1, que o índice de precipitação da notícia jornalística não é igual ao do INMET. Esses índices de precipitação das notícias ou são maiores do que do INMET para aquele dia em questão, ou menores. Na notícia 3 por exemplo, acontece também que enquanto a mídia relata que houve um forte temporal para esse dia com ocorrência de destelhamento, o dado de precipitação do INMET para o dia 03/09/2017 é zero (0), não havendo o informe do índice de precipitação por parte do jornal.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Na notícia 4, com 13 mm de precipitação divulgado pela notícia do dia 07/08/2017, a chuva contribuiu para várias ocorrências. Nesse mesmo dia o INMET indica 1,8 mm, enquanto no dia seguinte 08/08/2017, o instituto aponta 13,4 mm de chuva.

Um dos motivos para essa divergência de dados é como as informações do índice de precipitação são tratadas pelo INMET e pelo canal de notícia. O instituto organiza o acúmulo de precipitação diária no intervalo de 24h, começando um intervalo as 12h de um dia e fechado as 12h do outro. Já o canal de notícia busca informar naquele dia, objetivamente, o índice de precipitação daquele intervalo de tempo que se deu a chuva sem levar em consideração o critério técnico que define a precipitação acumulada daquele dia.

O exemplo é a notícia 2, o horário de até 16h que é relata na notícia do dia 13/02/2019, pertence 4h de acúmulo do índice de precipitação ao dia seguinte, dia 14, de acordo com os padrões do instituto, isso porque o horário de acúmulo do dia 13 fecha às 12h, assim como todos os dias. Então, como a notícia não leva em consideração esse padrão técnico, as informações entre o instituto e o jornal não convergem. No INMET o dia 13/02/2019 tem um acúmulo de 6,4 mm, enquanto o dia 14/02/2019, com 87,5 mm.

Por isso a importância, caso haja o objetivo de comparação entre as duas informações, não averiguar nos dados do INMET somente o dia em questão, mas também a precipitação do dia posterior, como pode-se observar na tabela 2, isso porque dependendo do horário que a notícia pode ser dada naquele dia, tal precipitação acumulada que proporcionou alguma perturbação ao meio seja apontada pelo INMET como precipitação do dia seguinte.

Outro motivo possível para essa divergência de dados pode ser a estação, já que nesse trabalho foi trabalhada apenas com uma estação, a do INMET, localizada na rua Maceió, bairro Adrianópolis, zona centro sul. Tendo em vista que essa única estação não condiz com a realidade de todas as zonas administrativas de Manaus, tornando os dados dessa estação demasiadamente abrangente. Além do que, os canais de notícias utilizados por essa pesquisa recorreram a outras fontes para informar os índices de precipitação nas notícias, como a Defesa Civil do Município e o Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM.

Das 137 notícias que informaram algum tipo de perturbações referente a chuva sobre a cidade de Manaus, 20 notícias apontavam precipitações igual ou acima de 50 mm, 33



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

indicaram precipitações abaixo de 50 mm e 84 notícias não informaram o índice de precipitação.

Tabela 02 – Notícias de eventos extremos de precipitação

Precipitação INMET	Precipitação NOTÍCIAS	NOTÍCIAS
11/02/2019 26,2 mm (12/02/2019) 45,9	11/02/2019 16,2 mm	Notícia 1 - Manaus (11/02/2019) – A Defesa Civil de Manaus registrou, na tarde desta segunda-feira (11), um deslizamento de barranco, na Travessa Joaquim Ribeiro, bairro São Francisco, zona sul da cidade, em decorrência da chuva registrada na capital. Até às 13h55 desta segunda-feira, a Defesa Civil informou que a média de chuva foi de 16,2 milímetros na cidade. A zona centro-sul foi a mais atingida, com 32 milímetros.
13/02/2019 6,4 mm (14/02/2019) 87,5 mm	13/02/2019 74 mm	Notícia 2 - Manaus (13/02/2019) – Em decorrência da forte chuva que atingiu a capital nesta quarta-feira (13), 36 ocorrências foram registradas pela Defesa Civil de Manaus, até às 16h. A média de chuva foi de 74 mm, sendo as zonas centro-oeste e oeste as mais atingidas, com 56 mm e 48,2 mm, respectivamente. [...] Foram registrados pela Defesa Civil, em várias zonas da capital, 15 deslizamentos de barranco, oito alagações [...]
03/09/2017 0 mm (04/09/2017) 0 mm	03/09/2017 -	Notícia 3 - Manaus/AM (03/09/2017) - Um forte temporal, na tarde deste domingo (3), arrancou diversos telhados e destruiu partes de alguns prédios do Conjunto Viver Melhor 2, zona Norte de Manaus. Segundo a moradora, Kássia Lopes, a chuva começou por volta das 14h.
07/08/2017 1,8 mm (08/08/2017) 13,4 mm	07/08/2017 13 mm	Notícia 4 - Manaus (07/08/2017) - Na manhã desta segunda-feira (7), a Defesa Civil, por meio da central 199, registrou 21 ocorrências, sendo dez destelhamentos, [...]. Ainda segundo a Defesa Civil, a zona norte foi a mais afetada pela chuva, com média de 13mm. Duas casas em área de risco no Beco Irara, na comunidade Nossa Senhora do Perpétuo, foram atingidas por uma árvore.

Fonte: Portal do Holanda, D24AM e Amazonas Atual (2010-2019).

Elaboração: Filipe de Araujo Oliveira.

4. Considerações finais

Ao longo do período de estudo, para a cidade de Manaus foram observados 97 eventos extremos de acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia e 137 notícias de eventos extremos de precipitação. Correlacionando esses dados, é visível a diferença nos resultados, tanto no total de eventos extremos, quanto na identificação através das notícias que as perturbações das chuvas na sociedade manauara acontecem abaixo de 50 mm, como



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mostra alguns exemplos na tabela 04. Índice este, na qual essa pesquisa se baseou para análises os dados secundários do INMET.

Os 30 eventos a mais evidenciados pelas notícias demonstram a importância de se trabalhar com memórias da cidade, Monteiro (1991), que são registros que lhe proporcionam análises mais geográficas, não se prendendo apenas nas análises estatísticas. E as mídias jornalísticas são uma das memórias da cidade que demonstram sua importância para sociedade em pesquisa como essas, proporcionando a esses trabalhos elementos qualitativos que resultam de representações do cotidiano em meio aos acontecimentos reais dos eventos meteorológicos extremos.

Algumas zonas da área urbana de Manaus apresentam vulnerabilidade social, espaços fragilizados, que em contato com determinados índices pluviométricos, provocam perturbações no dia a dia da população. Os estudos de eventos extremos como esse contribuem como importantes fontes de informações para compor possíveis medidas de planejamento contra os riscos socioeconômicos e de saúde da sociedade.

5. Referências

ALBUQUERQUE, M.M.; LOPES, W.G.R. Influência da vegetação em variáveis climáticas: estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. **Revista Raega – O espaço Geográfico em Análise**. Curitiba, v. 36, p.38-68, abr./2016.

CASTELLS, M.; BORJA, J. A Cidade como atores políticos. **Revista Novo Estudos - CEBRAP**. n. 45, p. 152-166, jul./1996.

CPTEC/INPE. **Clima da Amazônia**. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>. Acesso em: 3 agos. 2019.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador In: MONTERIO, C. A. F. & MENDONÇA, F. (Org.) **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MACIEL, F. B. Assentamentos precários: o caso de Manaus. In: MORAIS, M. P.; KRAUSE, C.; LIMA NETO, V. C. **Caracterização e tipologia de assentamentos precários: estudos de caso brasileiros**. Brasília: Ipea, 2016. p. 249-304.

MASCARENHAS JUNIOR, T. A. **Fenômenos meteorológicos extremos em Manaus – AM: sazonalidade e impactos no ambiente urbano**. Manaus: 2009. 199f. Dissertação (Mestrado



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

em Geografia). Inst. de Ciências Humanas e Letras. Universidade Federal do Amazonas. Disponível em: < <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp119137.pdf> >. Acesso em: 21 jul. 2019.

MASCARÓ, L. R. **Ambiência Urbana = Urban Enviroment**. Porto Alegre: Sagra: DC LUZZATTO, 1996.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos Geográficos de clima urbano no Brasil. **Geosul**. Florianópolis, nº 9, p. 06-17, jan./jun., 1991.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1976.

SOUZA, C. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. A imprensa como fonte de análise da adversidade climática. In: **Anais...** Goiânia: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2004.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A IMPORTÂNCIA DA ABORDAGEM CLIMÁTICA PARA A COMPREENSÃO DOS PROCESSOS NO ECOSISTEMA MANGUEZAL

NADIA GILMA BESERRA DE LIMA¹
EMERSON GALVANI²
ANA LUCIA GOMES DOS SANTOS³
MARÍLIA CUNHA-LIGNON⁴

RESUMO

Os manguezais estão entre os ecossistemas mais produtivos e importantes do mundo, fornecendo bens e serviços para as sociedades e os sistemas costeiros. Do ponto de vista climático, apesar de uma compreensão qualitativa dos efeitos do clima sobre os ecossistemas costeiros, a influência dessas interações na composição, estrutura e função do ecossistema ainda não foram totalmente equacionadas. Ao considerar a temática das mudanças climáticas, essa afirmação torna-se ainda mais premente. Assim, o objetivo principal deste artigo é apresentar uma revisão bibliográfica sobre a importância da abordagem climática para a melhor compreensão dos processos que agem sobre os manguezais. Foram destacadas pesquisas que investigam a dinâmica climática atual e futura, assim como seus possíveis impactos no ecossistema manguezal. A obtenção de base de dados climáticos e o monitoramento em áreas de manguezais tem sido fundamental para aperfeiçoar o entendimento sobre esse ecossistema, analisar seu estado de conservação e fornecer informações sobre as respostas do ecossistema frente às alterações antrópicas e naturais. Diante disso, pesquisas que contribuam para um melhor conhecimento do ecossistema manguezal, de sua vulnerabilidade e resiliência perante a dinâmica climática atual e futura tornam-se fundamentais, inclusive podendo auxiliar em proposições de medidas de adaptação às mudanças climáticas para a zona costeira.

Palavras-chave: Clima; Monitoramento; Processos costeiros.

ABSTRACT

Mangrove ecosystems are among the most biologically productive and important in the world, providing ecosystem goods and services that are important and unique to society and coastal and marine systems. From a climatic point of view, despite a qualitative understanding of the effects of climate on coastal ecosystems, the influence of these interactions on the composition, structure and function of the ecosystem has not been fully resolved. When considering climate change, this statement becomes even more important. Thus, the main objective of the article is to review the importance of the climate approach for a better understanding of the processes that act on mangroves. Research that investigates current and future climate dynamics was highlighted and its possible impacts on the mangrove. Climate database and monitoring in mangrove areas has been important to improve understanding of

¹ Doutora, Instituto Geológico do Estado de São Paulo, nadia.lima@alumni.usp.br

² Professor Doutor, Universidade de São Paulo, egalvani@usp.br

³ Pós doutoranda, Universidade de São Paulo, analuciasantos@usp.br

⁴ Professora Doutora, Universidade Estadual Paulista, cunha.lignon@unesp.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

the ecosystem. This contributes to the analysis of its conservation status and provides information on the responses of ecosystems to human and natural changes. Therefore, research that contributes to a better understanding of the mangrove ecosystem, its vulnerability and resilience in the face of current and future climatic dynamics becomes fundamental, including being able to assist in proposing measures to adaptation to climate change for the coastal zone.

Keywords: Climate; Monitoring; Coastal processes.

1. Introdução

Ao longo das duas últimas décadas é crescente a produção bibliográfica acerca do ecossistema manguezal. Importantes periódicos que publicam temas relacionados ganharam quantidade e qualidade, como por exemplo: Estuarine, Coastal and Shelf Science; Marine Pollution Bulletin; Ocean & Coastal Management; PloS One; Science of the Total Environment; entre outros. Eventos científicos destinados a debater o tema com o recorte e olhar para o manguezal também aumentaram nesse período, tais como 'Mangrove Macrobenthos & Management meeting' (MMM), que são reuniões internacionais com foco na compreensão, conservação e uso sustentável do ecossistema manguezal em todo o mundo. O 1º MMM foi realizado em 2000, na Austrália, para aumentar a conscientização sobre a situação dos manguezais, que continua sendo um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta. As reuniões do MMM são organizadas por especialistas em manguezais a cada três a seis anos, em países onde esse ecossistema é um componente importante da paisagem costeira. Outros eventos científicos auxiliam na divulgação de referências bibliográficas sobre os manguezais como o Congresso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, o IUCN Mangrove Symposium e diversos simpósios brasileiros: Ecologia, Geografia Física Aplicada, Climatologia Geográfica, Oceanografia, Sensoriamento Remoto, Unidades de Conservação, entre outros.

Os manguezais estão distribuídos na zona intertidal – entre marés - nas regiões tropicais e subtropicais, entre 30°N e 30°S de latitudes. Sua distribuição global é delimitada pelas grandes correntes oceânicas e a isoterma de 20°C da água do mar (ALONGI, 2009). Esse ecossistema encontra-se na interface entre os ambientes terrestres e marinhos, caracterizando-se como um sistema aberto, que recebe entrada de água do oceano (carreada pelas marés), de água doce (pela ação fluvial e pluvial), além de receber e fornecer sedimentos e nutrientes para as áreas adjacentes.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O Brasil possui a terceira maior área de manguezal, com 962.683 ha, o que representa 7% do total global, ficando atrás somente da Austrália 7,1% do total e da Indonésia 22,6% do total global (GIRI *et al.*, 2011). Dos 17 estados costeiros brasileiros, 16 possuem manguezais, que se estendem de 04°20'N a 28°30'S, por cerca de 6.000 km de costa (ICMBIO, 2018). Em termos de proteção legal, o país possui 120 Unidades de Conservação (UCs) com manguezais em seu interior (sendo 83% da categoria UC de Uso Sustentável e 17% da categoria UC de Proteção Integral), os quais cobrem uma área de 1.211.444 ha (ICMBIO, 2018).

Biologicamente os manguezais estão entre os ecossistemas mais produtivos e importantes do mundo, fornecendo bens e serviços exclusivos para as sociedades e os sistemas costeiros (DUKE *et al.*, 2007; GIRI *et al.*, 2011; UNEP, 2014). As funções de berçário natural para espécies da fauna marinhas e costeiras, de filtro biológico, de manutenção da linha de costa, de proteção contra os eventos extremos, entre outras, são consideradas serviços ecossistêmicos, fornecidos pelos manguezais (MUKHERJEE *et al.*, 2014).

Estudos analisam a importância dos manguezais como proteção da linha de costa em caso de eventos extremos climáticos e geológicos (LACAMBRA; SPENCER; MOELLER, 2008; KRAUSS *et al.*, 2009; MCLVOR *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2012). Outros estudos apontam o manguezal como indicador biológico das mudanças climáticas globais e do aumento do nível médio relativo do mar (MCKEE; ROGERS; SAINTILAN, 2012; CAVANAUGH *et al.*, 2014). Há ainda pesquisas em que o microclima vem sendo analisado como indicador de alterações na estrutura do manguezal, em sua borda e no interior do ecossistema (MEDELLU *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2013; LIMA; GALVANI, 2018).

Do ponto de vista climático, apesar de uma compreensão qualitativa dos efeitos do clima sobre os ecossistemas costeiros, a influência de suas interações sobre a composição, estrutura e função do ecossistema ainda não foi totalmente elucidada (OSLAND *et al.*, 2015). Ao considerar a temática das mudanças climáticas, essa afirmação torna-se ainda mais urgente e importante.

Diante dessa constatação, o presente artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a importância da abordagem climática para a melhor compreensão dos processos que agem sobre os manguezais, como forma de destacar as pesquisas que investigam a dinâmica climática atual e futura, assim como seus possíveis impactos no ecossistema.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2. Aspectos climáticos e manguezais

Os processos físicos que ocorrem dentro de um manguezal são tão importantes quanto os aspectos biológicos associados ao ecossistema. Diversos fatores físicos são fundamentais para a instalação e desenvolvimento dos manguezais, entre eles o fluxo de águas fluvial e pluvial, o movimento e a energia das marés, vestem a importância na troca de materiais entre o manguezal e o oceano, além do fluxo de água subterrânea, a topografia local, os processos atmosféricos, entre outros (MAZDA; WOLANSKI; RIDD, 2007).

Os manguezais são influenciados por elementos atmosféricos, como radiação solar, vento, chuva, evapotranspiração, temperatura e umidade do ar (BLASCO, 1984; WOODROFFE; GRINDROD, 1991; MAZDA; WOLANSKI; RIDD 2007). No entanto, esses elementos são frequentemente negligenciados em estudos sobre os manguezais, por serem considerados sem importância, em comparação com a influência dos parâmetros biológicos e hidrodinâmicos (MAZDA; WOLANSKI; RIDD, 2007).

A temperatura do ar e a precipitação são dois fatores ambientais, que, em partes, explicam a distribuição regional dos manguezais na escala zonal. As reduzidas temperaturas do ar e da água restringem a extensão latitudinal de diferentes espécies e áreas de maior precipitação apresentam um maior número de espécies vegetais. Essa influência se dá não apenas como resultado da precipitação que incide diretamente no manguezal, mas também como resultado do escoamento das bacias fluviais (DUKE; BALL; ELLISON, 1998).

Para Spalding; Kainuma; Collins (2010), os manguezais prosperam em áreas onde a água salgada é diluída por alta regularidade de chuvas, fluxos de água subterrânea e rios. Em locais onde as condições são ideais, os mangues formam extensas florestas, com dossel acima de 30 metros. Por outro lado, onde as condições são mais áridas ou salinas, poucas espécies vegetais podem sobreviver, e essas têm altura que raramente atinge três metros.

A temperatura mínima do ar é amplamente considerada como controle primário sobre os limites latitudinais de manguezais no globo (TOMLINSON, 1986; DUKE; BALL; ELLISON, 1998; STEVENS; FOX; MONTAGUE, 2006; STUART *et al.*, 2007; OSLAND *et al.*, 2013 e CAVANAUGH *et al.*, 2014).

Quisthoudt *et al.* (2012) realizaram estudos para analisar os limites latitudinais de dois gêneros de mangue, preto e vermelho (*Avicennia* e *Rhizophora*, respectivamente). Para os limites da *Avicennia*, a temperatura da superfície do oceano variou entre 4,3°C e 13,8°C e



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

a temperatura anual entre 6,2°C e 20,6°C. Diferenças semelhantes foram encontradas entre os limites da *Rhizophora*, com temperaturas da superfície do oceano variando de 4,3°C a 13,2°C e temperaturas do ar entre 3,8°C a 15,8°C.

Outras pesquisas investigam a expansão e/ou o recuo dos manguezais ligados a períodos de maior aquecimento e resfriamento atmosférico (FELLER *et al.*, 2010; OSLAND *et al.*, 2013, 2016; SAINTILAN *et al.*, 2014). Há ainda pesquisas que analisam as mudanças influenciadas pelas chuvas, onde sua expansão está ligada principalmente a condições de maior precipitação (GILMAN *et al.*, 2008; ESLAMI-ANDARGOLI; DALE; SIPE, 2013) e o cenário alternativo, perda ou recuo do manguezal, está ligado à seca e/ou diminuição da precipitação (GILMAN *et al.*, 2008; DUKE *et al.*, 2017).

Vale destacar que muitas dessas pesquisas baseiam-se em dados médios mensais, portanto, na escala global e regional, e que apesar de sua magnitude biologicamente relevante, um organismo está exposto a temperaturas reais muito diferentes, sendo essas temperaturas extremas decisivas para explicar a distribuição das plantas. Além disso, os manguezais são frequentemente encontrados em baías e estuários abrigados, onde podem existir microclimas, que não são captados pela resolução espacial dos conjuntos de dados globais. Assim, bases de dados climáticos específicos para as zonas costeiras e monitoramento meteorológico de manguezais são, portanto, importantes para otimizar os estudos futuros (QUISTHOUDT *et al.*, 2012).

3. O Projeto “Monitoramento Microclimático em Manguezais”

No litoral sul de São Paulo, no Sistema Costeiro Cananeia-Iguape (localizado entre as latitudes 24°40'S e 25°19'S), o monitoramento microclimático dos manguezais vem sendo realizado e suas variações interpretadas como indicador de alterações na estrutura do manguezal, em sua borda e no interior do ecossistema; LIMA; GALVANI, 2013, LIMA *et al.*, 2013, LIMA; GALVANI, 2018). Essa região abriga os manguezais mais conservados e extensos do litoral do estado de São Paulo, com 11.943,24 ha (CUNHA-LIGNON, 2020).

No setor norte do Sistema Costeiro Cananeia-Iguape, na Barra do Ribeira, localiza-se parte da Área de Proteção Ambiental Cananeia-Iguape-Peruíbe (APACIP), Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável. O levantamento microclimático foi iniciado em 2008, com a instalação de uma torre, contendo duas estações meteorológicas automáticas (EMA) a



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

24°38'S, de forma a efetuar análises da variação vertical dos atributos climáticos e da influência do dossel de manguezal no microclima. A primeira EMA foi instalada a 2 m de altura, contendo sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, temperatura do solo, precipitação e radiação solar global, visando obter os dados com a influência do dossel. A outra EMA foi instalada a 12 m de altura, de forma a ultrapassar o dossel da vegetação, com o intuito de registrar os atributos climáticos antes da interferência da floresta, comportando além dos descritos anteriormente, também um saldo-radiômetro (LIMA; GALVANI, 2018). Nesse setor foram identificadas alterações nos manguezais quanto à dinâmica e seu desenvolvimento estrutural (CUNHA-LIGNON *et al.*, 2015; CUNHA-LIGNON; LIMA, 2021).

Em 2011, no setor sul do Sistema Costeiro Cananeia-Iguape, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso (PEIC), localizado a 25°04'S, UC de Proteção Integral, foi instalada outra EMA, contendo sensores de temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento, radiação solar global, pluviosidade, temperatura da água e altura da coluna d'água, instalados a 2 m do solo.

Com as duas torres instaladas (figura 01), o projeto teve como objetivo monitorar e comparar o microclima de bosques de mangue em UCs de diferentes categorias de manejo. Além disso, analisou-se o Índice de Área Foliar (IAF) e os dados de estrutura da vegetação de cada ponto, como forma de caracterizar os bosques nos dois ambientes.

Os resultados da comparação entre manguezais em diferentes estados de conservação indicaram: a) maior estabilidade térmica em termos de temperatura máxima, mínima e média do ar e nos valores de amplitude térmica, enquanto as maiores amplitudes foram registradas em manguezais alterados, onde parte considerável da vegetação está morta. b) o papel da vegetação foi perceptível na (re)distribuição de energia no interior do dossel quando foram avaliados os valores de radiação solar global nos bosques de mangue conservado e alterado; c) O manguezal pode desempenhar importante interação com eventos extremos reduzindo seus efeitos. Dessa forma, constatou-se ser fundamental a manutenção do bom estado de conservação dos manguezais do litoral sul de São Paulo e consequentemente de seus serviços ecossistêmicos relacionados à estabilização do microclima (CUNHA-LIGNON *et al.*, 2015; GALVANI; LIMA; CUNHA-LIGNON, 2017). A tabela



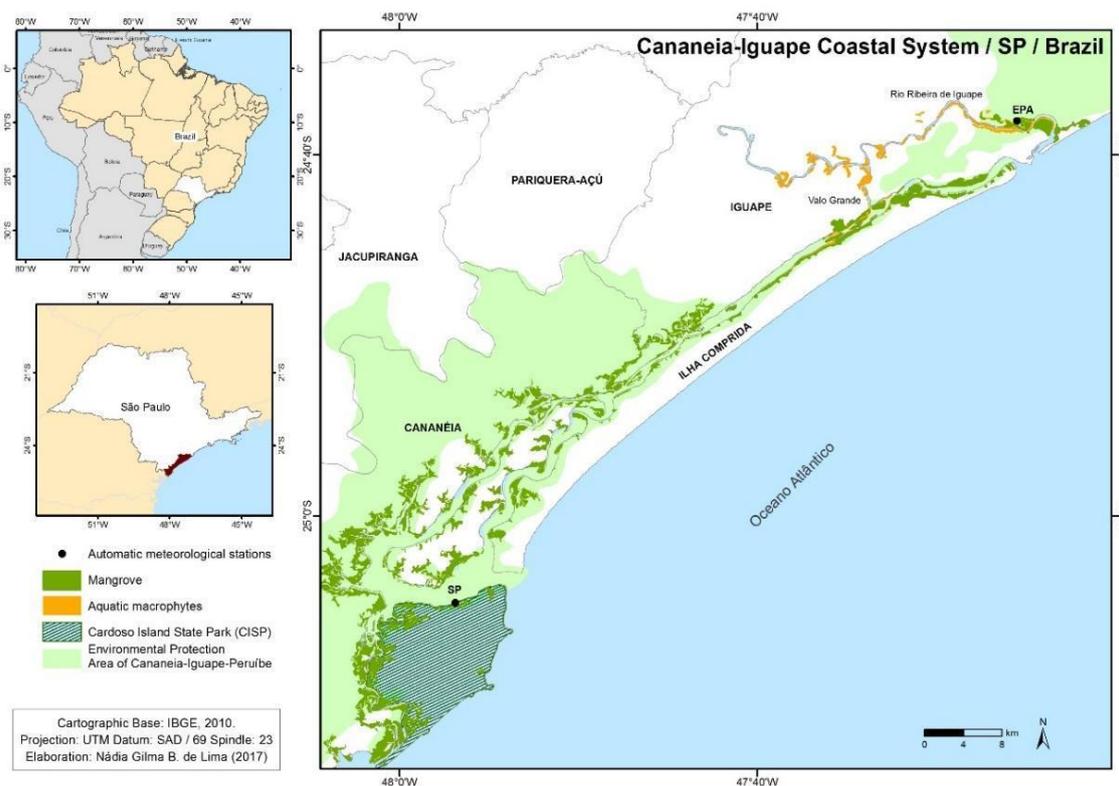
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

01 apresenta a síntese dos valores de temperatura do ar e suas derivadas entre outubro de 2011 e abril de 2015.

Figura 01 – Localização das Estações Meteorológicas utilizadas no Monitoramento Microclimático nos manguezais do Sistema Costeiro Cananéia Iguape, litoral sul de São Paulo



Fonte: Galvani, Lima e Cunha-Lignon (2017).

A obtenção de base de dados climáticos em áreas de manguezais tem sido fundamental para aperfeiçoar o entendimento sobre esse ecossistema, analisar seu estado de conservação e fornecer informações sobre suas respostas frente às alterações antrópicas e naturais. Os manguezais também desempenham papel importante na interação com eventos climáticos, pois podem reduzir seus impactos, principalmente nas áreas em bom estado de conservação (LIMA *et al.*, 2013; CUNHA *et al.*, 2015; GALVANI; LIMA; CUNHA-LIGNON, 2017; LIMA; GALVANI, 2018).

Lima e Galvani (2018) também destacaram o papel da maré no manguezal, contribuindo com a entrada e saída de energia no ambiente. Os dois momentos diários de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

entrada de maré contribuem, por vezes, com o resfriamento do ambiente, como em dias quentes durante os períodos de primavera e verão em que a temperatura da água é inferior à temperatura do ar. Por outro lado, nos momentos em que a temperatura do ar está reduzida, a entrada de maré pode contribuir para um aquecimento relativo desse ambiente. Há ainda destaque para o dossel da floresta de mangue que apresenta um importante agente na atenuação da velocidade do vento e na interceptação da precipitação (LIMA; GALVANI, 2018).

Tabela 01 - Síntese dos valores máximos, mínimos e médios e amplitudes térmicas nos dois bosques de mangue: alterado e conservado (01/10/2011 a 30/04/2015)

Condição do bosque de mangue	Valores médios (°C)			Valores absolutos (°C)		Amplitude Térmica (°C)
	T _{max}	T _{min}	T _{med}	T _{max}	T _{min}	
Alterado	26,5	18,7	22,1	39,1	7,2	31,8
Conservado	25,8	19,5	22,4	36,6	6,7	29,9
Desvio	0,7	-0,8	-0,3	2,5	0,5	

Fonte: Galvani, Lima e Cunha-Lignon (2017).

De acordo com Dale e Cunha-Lignon (2021), estudos sobre a situação atual dos manguezais nas diferentes categorias de UCs, reforçando a importância da função das áreas protegidas para efetiva gestão e conservação do ecossistema manguezal são fundamentais.

Outra avaliação da saúde dos manguezais em diferentes estados de conservação foi realizada a partir da condição do dossel (IAF e abertura), 14 parcelas permanentes delimitadas no litoral sul de São Paulo, desde 2001. As florestas de mangue conservadas apresentaram altos valores de IAF (entre 0,88 e 0,91) se comparados às florestas de mangue impactadas (0,23). Florestas de mangue alteradas apresentaram altas porcentagens de abertura do dossel, com média de 80%. Enquanto que florestas conservadas apresentaram menores valores de abertura do dossel, com médias variando de 42% a 44%. Dados de IAF e abertura de dossel são complementares ao monitoramento da estrutura vegetal para análise da saúde dos manguezais (CUNHA-LIGNON; LIMA, 2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Os manguezais e as mudanças climáticas

As mudanças climáticas têm um impacto substancial nos manguezais, por meio de processos que incluem aumento do nível do mar, mudanças nas correntes oceânicas, eventos climáticos extremos com maior frequência e intensidade, aumento da temperatura do ar e do mar, alterações na precipitação e aumento de dióxido de carbono. Esses fatores se inter-relacionam e são espacialmente variáveis em escalas regionais, considerando o clima, a geomorfologia, a biodiversidade, a estrutura florestal, a amplitude das marés e os impactos das mudanças climáticas (MCKEE; ROGERS; SAINTILAN, 2012; ELLISON, 2015; OSLAND *et al.*, 2015; WARD *et al.*, 2016).

As mudanças nas variáveis climáticas podem alterar a função, bem como muitos serviços ecossistêmicos obtidos com os manguezais, como seu potencial de sequestro e armazenamento de carbono e proteção de linha de costa (DUKE *et al.*, 2007; MCKEE; ROGERS; SAINTILAN, 2012; WARD *et al.*, 2016; FRIESS *et al.*, 2020).

O aumento do nível do mar é o componente da mudança climática que provavelmente terá o maior impacto nas zonas úmidas costeiras porque os regimes de inundação e salinidade são fatores abióticos efetivos dentro desses sistemas (OSLAND *et al.*, 2016). Manguezais localizados em áreas de micromarés estão geralmente em maior risco derivados do aumento do nível médio do mar, do que aqueles situados em ambientes de macromarés (LOVELOCK *et al.*, 2015).

Embora vários estudos tenham feito contribuições substanciais sobre as influências de fatores físicos e climáticos sobre os processos costeiros-estuarinos (LOVELOCK *et al.*, 2015; JIANG *et al.*, 2016; OSLAND *et al.*, 2013, 2016), lacunas ainda permanecem na compreensão de como os manguezais respondem e como determinados fatores influenciam nos processos dentro do ecossistema (DUKE *et al.*, 2019).

Existem muitos outros aspectos das mudanças climáticas que também afetarão as zonas úmidas costeiras (MCKEE; ROGERS; SAINTILAN, 2012), e alguns desses fatores são importantes demais para serem ignorados. Embora o clima atue sobre a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas, os aspectos climáticos nem sempre são incorporados às avaliações de vulnerabilidade das zonas úmidas costeiras (OSLAND, *et al.*, 2016).

As mudanças nos padrões de precipitação provavelmente influenciarão a distribuição, extensão e taxas de crescimento das florestas de mangue (GILMAN *et al.*, 2008).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Essas mudanças são relevantes para os manguezais, particularmente quanto à redução da precipitação, que poderá alterar a entrada de sedimentos, a salinidade e conseqüentemente a produtividade do ambiente, refletindo em aumento e/ou recuo do ecossistema (WARD *et al.*, 2016; DUKE *et al.*, 2019). Eventos, como a morte generalizada de manguezais na Austrália (DUKE *et al.*, 2017), fornecem uma indicação convincente dos limites e vulnerabilidades desse ecossistema (DUKE *et al.*, 2019).

É provável que o aumento de temperatura influencie a composição das espécies de mangue, a fenologia, a produtividade e, em última instância, a amplitude latitudinal de sua distribuição (WARD *et al.*, 2016). Eventos extremos de reduzida temperatura do ar, como geadas em curto período, também podem provocar impactos diretos sobre os manguezais (DUKE *et al.*, 2017; FRIESS *et al.*, 2020).

Estudos têm avaliado a importância dos manguezais como proteção da linha de costa em caso de tempestade, furacão e tsunamis (ALONGI, 2008; LACAMBRA; SPENCER; MOELLER, 2008; KRAUSS *et al.*, 2009; MCLVOR *et al.*, 2012 e ZHANG *et al.*, 2012). Para Das e Vincent (2009), a capacidade dos manguezais em reduzir os danos causados por tsunamis e tempestades tropicais é declaradamente um dos serviços ecossistêmicos mais subvalorizados prestados por esse ecossistema.

Além da proteção da costa, os manguezais fornecem números outros serviços ecossistêmicos, como a produção de alimentos, o fornecimento de matéria-prima, recursos genéticos e compostos bioquímicos, a regulação climática, o controle de erosão e retenção de sedimentos, a estabilidade geotécnica (prevenção de desastres naturais), a proteção contra vento, a estabilidade da linha de costa, a fixação de dunas, a remoção/estoque de dióxido de carbono, a polinização, a manutenção da biodiversidade e exportação de biomassa e, por fim, os culturais, como a recreação, o ecoturismo, a conservação da paisagem, entre outros (ALMEIDA; COELHO JUNIOR, 2018).

No entanto, as áreas de manguezais estão perdendo seus serviços ecossistêmicos ao longo do tempo (DUKE *et al.*, 2007). No Brasil, os manguezais estão submetidos a uma série de ameaças, tais como a perda e fragmentação da cobertura vegetal, a deterioração da qualidade dos habitats aquáticos, devido à ocupação, à poluição e às mudanças na hidrodinâmica, o que tem promovido a diminuição na oferta de recursos dos quais muitas



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

comunidades humanas dependem diretamente. Estima-se que 25% dos manguezais em todo o Brasil tenham sido destruídos desde o começo do século XX (ICMBIO, 2018).

As mudanças do clima têm agravado os efeitos de muitas dessas ameaças naturais e antrópicas. A degradação e perda desses sistemas costeiros devido às mudanças climáticas e impactos humanos diretos anula a proteção que eles fornecem durante eventos extremos e reduz sua capacidade de adaptação, com significativas consequências ambientais, sociais e econômicas para as comunidades costeiras (ELLISON; ZOUH, 2012).

4. Considerações finais

A abordagem climática tem se mostrado fundamental na compreensão dos processos ao qual o manguezal está submetido, em diferentes escalas de abordagens (global, regional, local e microclimática). Ao considerar as alterações oriundas da ação antrópica e os efeitos decorrentes das mudanças climáticas, essa afirmação tornou-se ainda mais evidente. Essas mudanças têm acarretado tanto na degradação do ecossistema e perda de serviços ecossistêmicos, quanto na redução de sua capacidade de adaptação.

De acordo com a literatura consultada ao longo deste estudo, é provável que esteja havendo um maior impacto das tempestades tropicais nas costas da América do Sul (OSLAND *et al.* 2016). Diante disso, quais impactos, a curto, médio e longo prazos, tais como aumento da temperatura do ar, variabilidade da precipitação e ocorrência de eventos climáticos extremos mais frequentes terão sobre os manguezais no Brasil, considerando ainda os diferentes aspectos físicos e de ocupação da costa brasileira? Perguntas como essa precisam ser investigadas diante dos importantes serviços ecossistêmicos prestados pelos manguezais e que por ventura possam ser negativamente impactados. Vale destacar que esses impactos devem ser geograficamente diferentes tanto em escala local quanto regional, o que sugere que as pesquisas precisam ser realizadas considerando as particularidades da zona costeira.

Pesquisas que contribuam para um melhor conhecimento do ecossistema manguezal, das possíveis alterações na distribuição espacial, funcionalidade e estrutura do ecossistema, de sua vulnerabilidade e resiliência perante à dinâmica climática atual e futura tornam-se fundamentais, tanto para a identificação e quantificação da perda de serviços



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ecossistêmicos prestados, quanto para o auxílio de futura proposição de medidas de adaptação às mudanças climáticas para a zona costeira.

5. Referências

ALMEIDA; R.; COELHO JUNIOR, C. Manguezal e serviços ecossistêmicos. In: ICMBIO, **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. p. 85-96.

ALONGI, D. M. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, p. 1-13. 2008.

ALONGI, D. M. **The energetics of mangrove forests**. Queensland: Springer Science, 2009. 216 p.

BLASCO, F. Climatic factors and the biology of mangrove plants. In: SNEDAKER, S. C.; SNEDAKER, J. G. (Org.) **The mangrove ecosystem: research methods**. Paris: UNESCO, 1984. p. 18-35.

CAVANAUGH, K. C., *et al.* Poleward expansion of mangroves is a threshold response to decreased frequency of extreme cold events. **PNAS**, v. 111, n. 2, p. 723-727, 2014.

CUNHA-LIGNON, M., *et al.* Monitoramento de manguezais: abordagem integrada frente às alterações ambientais. **Anais... VIII CBUC - Trabalhos técnicos**, Curitiba, p. 1-17, 2015.

CUNHA-LIGNON, M. (Coord.) **Projeto Cílios do Lagamar: monitoramento da vegetação ciliar nativa e invasora**. Relatório FEHIDRO, 2017-RB-322, 2020. 56 p.

CUNHA-LIGNON, M.; LIMA, N. G. B. Health status of the mangrove forest on the southeastern coast of the State of São Paulo (Brazil): From the bottom (soil salinity and vegetation biomass) to upwards (canopy). **Book of abstracts – VLIZ Marine Science Day**, Oostende, n. 85, p. 40-41, 2021.

DALE, M. V.; CUNHA-LIGNON, M. A reflection on mangroves within Brazilian Protected Areas. **Book of abstracts – VLIZ Marine Science Day**, Oostende, n. 85, p. 42-43, 2021.

DAS, S.; VINCENT, J. R. Mangroves protected villages and reduced death toll during Indian super cyclone. **PNAS**, v. 106, n. 18, p. 7357-7360, 2009.

DUKE, N. C.; BALL, M. C.; ELLISON, J. C. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. **Global Ecology and Biogeography Letters**, n. 7, p. 27-47, 1998.

DUKE, N. C. *et al.* A world without mangroves? **Science**, n. 317, p. 41-42, 2007.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

DUKE, N. C., *et al.* Large-scale dieback of mangroves in Australia's Gulf of Carpentaria: a severe ecosystem response, coincidental with an unusually extreme weather event. **Marine and Freshwater Research**, v. 68, n. 10, p. 1816–1829, 2017.

DUKE, N. C *et al.* Rainfall and its possible hysteresis effect on the proportional cover of tropical tidal-wetland mangroves and saltmarsh–saltpans. **Marine and Freshwater Research online**, 2019.

ELLISON, J.; ZOUH, I. Vulnerability to Climate Change of Mangroves: assessment from Cameroon, Central Africa. **Biology**, n. 1, p. 617-38, 2012.

ELLISON, J.C. Vulnerability assessment of mangroves to climate change and sea-level rise impacts. **Wetlands Ecol Manage** n. 23, p. 115-137, 2015.

ESLAMI-ANDARGOLI, L.; DALE, P.; SIPE, N. Does spatial scale affect the pattern of mangrove change under different rainfall regimes? An example in southeast Queensland, Austrália. **Austral Ecology**, n. 38, p. 208–218,, 2013.

FELLER, I. C. *et al.* Biocomplexity in mangrove ecosystems. **Annual Review of Marine Science**, n. 2, p. 395–417, 2010.

FRIESS, D. A. *et al.* Mangrove Blue Carbon in the Face of Deforestation, Climate Change, and Restoration. **Annual Plant Reviews online**, p. 427-456, 2020.

GALVANI, E.; LIMA, N. G. B.; CUNHA-LIGNON, M. Análise microclimática de manguezais em Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável. In: PEREZ FILHO, , A.; REIS, R. R.. (Org.). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017. p. 1457-1468.

GILMAN, E. L. *et al.* Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. **Aquatic Botany**, n. 89, p. 237–250. 2008.

GIRI, C. *et al.* Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Global Ecology and Biogeography**, n. 20, p. 154-159, 2011.

ICMBIO, **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p.

JIANG, J. *et al.* Defining the next generation modeling of coastal ecotone dynamics in response to global change. **Ecological Modelling**, n. 326, p. 168-176, 2016.

KRAUSS, *et al.* Water level observations in mangrove swamps during two hurricanes in florida. **Wetlands**, v. 29, n. 1, p. 142-149, 2009.

LACAMBRA, C.; SPENCER, T.; MOELLER, I. Tropical coastal ecosystems as coastal defences. **ProAct Network**, Unitec Kingdom, p. 1-22, 2008.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

LIMA, N. G. B., *et al.* Air temperature and canopy cover of impacted and conserved mangrove ecosystems: a study of a subtropical estuary in Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue no. 65, 2013.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Mangrove Microclimate: a case study from southeastern Brazil. **Earth Interactions**, v. 17, p. 1, 2013.

LIMA, N. G. B.; GALVANI, E. Interaction of climatic attributes in the mangroves of the south coast of São Paulo and their relation with climatic controls. **CONFINS (PARIS)**, v. 1, p. 1-23, 2018.

LOVELOCK, C. E. *et al.* The vulnerability of Indo-Pacific mangrove forests to sea-level rise. **Nature**, n. 526, p. 559-563, 2015.

MAZDA, Y.; WOLANSKI, E.; RIDD, P. V. **The Role of Physical Processes in Mangrove Environments. Manual for the Preservation and Utilization of Mangrove Ecosystems.** Tokyo: TERRAPUB, 2007.

MCKEE, K.; ROGERS, K.; SAINTILAN, N. **Response of salt marsh and mangrove wetlands to changes in atmospheric CO₂, climate, and sea level.** NEW YORK: SPRINGER, 2012.

MCLVOR, A. *et al.* **Storm surge reduction by mangroves.** Natural Coastal Protection Series: Report 2. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 41. 2012.

MEDELLU, C. *et al.* The influence of opening on the gradient and air temperature edge effects in mangrove forests. **International Journal of Basic & Applied Sciences**, v. 12, n. 2, 2012.

MUKHERJEE, N. *et al.* Ecosystem service valuations of mangrove ecosystems to inform decision making and future valuation exercises. **Plos One**, v. 9, n. 9, p. 1-9, 2014.

OSLAND M. J. *et al.* Winter climate change and coastal wetland foundation species: salt marshes versus mangrove forests in the southeastern United States. **Global Change Biology**, n. 19, p. 1482-1494, 2013.

OSLAND M. J. *et al.* Life stage influences the resistance and resilience of black mangrove forests to winter climate extremes. **Ecosphere**, v. 6, n. 9, 15 p., 2015.

OSLAND, M. J. *et al.* Beyond just sea-level rise: considering macroclimatic drivers within coastal wetland vulnerability assessments to climate change. **Global Change Biology**, n. 22, p. 1-11. 2016.

QUISTHOUDT, K. *et al.* Temperature variation among mangrove latitudinal range limits worldwide. **Trees**, n. 26, p. 1919-1931. 2012.

SAINTILAN, N. *et al.* Mangrove expansion and salt marsh decline at mangrove poleward limits. **Global Change Biology**, n. 20, p. 147-157, 2014.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. **World Atlas of Mangroves**. London: Earthscan. 2010.

STEVENS, P. W.; FOX, S. L.; MONTAGUE, C. L. The interplay between mangroves and saltmarshes at the transition between temperate and subtropical climate in Florida. **Wetlands Ecology and Management**, n. 14, p. 435-444, 2006.

STUART, A. *et al.* The role of freezing in setting the latitudinal limits of mangrove forests. **New Phytologist**, v. 173, Issue 3, p. 576-583, 2007.

TOMLINSON, P. B. **The Botany of Mangroves**. Cambridge, UK: Cambridge. University Press, 1986. 413 p.

UNEP, **The Importance of Mangroves to People: a call to action**. van Bochove, J., Sullivan, E., Nakamura, T. (Eds). United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, 2014. 128 p.

WARD, R. D. *et al.* Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. **Ecosystem Health and Sustainability**. v. 2, n. 4, 2016.

WOODROFFE, C. D.; GRINDROD, J. Mangrove Biogeography: The Role of Quaternary Environmental and Sea-Level Change. **Journal of Biogeography**, v. 18, n. 5, p. 479-492, 1991.

ZHANG, K. *et al.* The role of mangroves in attenuating storm surges. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 102-103, p. 11-23, 2012.



COMPORTAMENTO DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO SUDOESTE DE MATO GROSSO

ADILSON RIBEIRO DE ARAÚJO¹
JULIANA RAMALHO BARROS²

RESUMO

A região sudoeste do Estado de Mato Grosso, no limite norte do Pantanal brasileiro, possui um padrão comportamental da escala espacial sub-regional sobre elementos climáticos que influencia nas chuvas e temperaturas. A região apresenta um clima tropical com inverno seco, variação altimétrica de 600 metros, áreas de vegetação e área de uso e ocupação de manejo rural. O objetivo deste trabalho é analisar a relação dos padrões comportamentais na influência de elementos climáticos (precipitação e temperatura) na sub-regional no sudoeste de Mato Grosso. Foram analisadas séries de dados de precipitação e temperatura do ar de estações e postos meteorológicos em três municípios da região dos comportamentos dos elementos climáticos. Os dados foram interpretados para identificar os relacionamentos entre eles. Os resultados mostram uma relação entre a distribuição temporal e espacial dos elementos climáticas, caracterizando padrões climáticos entre os municípios estudados. Enfim, observou-se uma diferença na precipitação anual total de 500 mm entre o planalto e a planície. Na temperatura do ar, indica uma diferença média de 3°C, ou seja, a planície é mais quente do que o platô.

Palavras-chave: Padrão Comportamental; Precipitação; Temperatura.

ABSTRACT

The southwestern region of the State of Mato Grosso, at the northern limit of the Brazilian Pantanal, has a sub-regional spatial scale behavioral pattern on climatic elements that influences rainfall and temperatures. The region presents a tropical climate with dry winter, altimetric variation of 600 meters, vegetation areas and rural management use and occupation area. The objective of this work is to analyze the relationship of behavioral patterns in the influence of climatic elements (precipitation and temperature) in the sub-region in the southwest of Mato Grosso. Series of precipitation and air temperature data from meteorological stations and posts in three municipalities in the region of the behaviours of the climatic elements were analysed. The data were interpreted to identify the relationships among them. The results show a relationship between the temporal and spatial distribution of climatic elements, characterizing climatic patterns among the municipalities studied. Finally, a difference in total annual precipitation of 500 mm was observed between the plateau and the plain. In air temperature, it indicates an average difference of 3°C, i.e. the plain is warmer than the plateau.

Keywords: Behavioral Pattern; Precipitation; Temperature.

¹ Doutorando em Geografia, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Goiás (UFG), endereço eletrônico: adilsonaraujo@discente.ufg.br

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás (UFG), endereço eletrônico: juliana@ufg.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. INTRODUÇÃO

Há diversidade climática e paisagística no extenso território do Estado de Mato Grosso, onde se encontram características variadas e organização que interagem entre a superfície terrestre e atmosférica. Ao se referir à região sudoeste do estado, no limite noroeste do Pantanal brasileiro, segue-se um padrão de escala espacial sub-regional sobre a elementos climáticos, influenciado no relevo, paisagem e uso e a ocupação do solo. Entre eles, o relevo pode influenciar no clima a partir de características como a orientação, a posição e a forma das vertentes, bem como a altitude e a declividade do terreno (OLIVEIRA; GALVANI, 2015).

Neste sentido, Mato Grosso apresenta o clima como fator determinante para a sua economia, que se baseia na pecuária e na agricultura, presentes desde o processo de formação do estado, marcado por conflitos e impactos ambientais. É um território que se encontra entre a latitude de 8° 0' a 16° 12' sul e longitude entre 50° 51' a 61° 6' oeste de Greenwich (TARIFA, 2011). Destaca-se uma sazonalidade na distribuição comportamentais entre as temperaturas e das precipitações. A sua dimensão territorial, manifesta uma variedade nas unidades climáticas. Segundo Tarifa (2011), essas unidades estão ligadas a uma realidade que delimita e busca criar uma identidade que nasce de conjuntos de relações indissociáveis do clima inserido numa paisagem, que proporciona condições favoráveis sobretudo para o setor agropecuário, expoente econômico estadual.

A partir da perspectiva de escala sub-regional do clima e da paisagem, a região compõe os domínios morfoclimáticos do Cerrado, Floresta Amazônica, Pantanal do Rio Guaporé e Faixa de Transição, o sistema organiza-se em definições hierárquicas a partir de conjuntos perceptíveis à escala humana (JARDIM et al. 2019). Sobre tal contexto, os aspectos fitogeográficos são formados por Floresta Estacional Decidual Submontana Dossel Emergente, Savana Arborizada com floresta-de-galeria, Savana Arborizada sem floresta-de-galeria, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial/Dossel Emergente, Savana Parque com floresta-de-galeria, Vegetação Secundária com Palmeiras e Pastagens e Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (MMA, 2010). Neste viés, destaca-se que a geomorfologia corresponde às diversas ordens de grandeza, ou seja, pode determinar a relação entre a paisagem e o clima na escala sub-regional ou fácies regional (MONTEIRO, 2011).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Entre a relação climática e a paisagem, as microrregiões do Alto Guaporé e Parecis encontram-se inseridas na geomorfologia de Planície, Depressão do Guaporé, Chapada dos Parecis e Serras Residuais Associadas (MORENO; HIGA, 2017). Desse modo, pode-se ressaltar os aspectos geológicos da região, a exemplo do Complexo Alto Guaporé, Formação Guaporé, Formação Salto das Nuvens, Formação Utiariti, Cobertura Detrito-Laterítica Neogênica, Suíte Intrusiva Guapé, Formação Fortuna, Aluviões Holocênicos e Formação Morro Cristalina. Acrescente-se, ainda na Geomorfologia, a Depressão do Guaporé, do Planalto dos Parecis, da Chapada dos Parecis, das Planícies e dos Pantanaís do Guaporé e dos Planaltos Residuais do Guaporé.

O presente estudo utilizou-se de séries temporais de elementos climáticos obtida por meio de estações automáticas cujo início do registro dos dados de temperaturas ocorreu somente em 2006 para a microrregião de Parecis, no município de Comodoro. Nos demais municípios analisados, pertencentes ao Alto Guaporé, Pontes e Lacerda e Vila Bela da Santíssima Trindade, os registros começaram em 2008.

Por outro lado, os estudos sobre a identificação dos elementos climáticos demonstram a conformidade com climas de outros municípios do Estado de Mato Grosso, embora essa aceitação esteja limitada à escala climática de detalhes regionais. Beck et al. (2018) mostram a região com uma alta confiança (>80% em dados de 1980 a 2016) de um tipo climático do tipo Aw (tropical com inverno seco), conforme a classificação climática de Köppen, ou seja, sobre o fato da existência de outra relação com os tipos climáticos das regiões. Alvares e colaboradores (2013) mostram o noroeste do estado com um tipo climático Am (tropical de monção), no limite com a Região Norte do Brasil, no contato com a Floresta Amazônia. Por sua vez, Dubreuil et al. (2017) afirmam que, na região de Mato Grosso, verifica-se um clima do tipo Aw com alta frequência anual (>80%), considerando a região de definição do tipo de clima anual (ACT) utilizado na pesquisa. Sendo assim, o tipo climático Aw é generalizado para grande parte do Centro-Oeste brasileiro e boa parte do Estado de Mato Grosso. No entanto, nos trabalhos citados, o nível de detalhe é regional.

Sabe-se que a escala de divisões climáticas regionais para o Brasil não consegue detalhar feições climáticas no nível sub-regional. Esta escala espacial detalhada é conseguida levando em conta atributos físicos da paisagem, além dos dados climáticos quantitativos. A escala climática sub-regional é organizada por intermédio de controles climáticos geográficos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e sua análise ocorre por meio de uma rede meteorológica de superfície e de mapeamento sistemático, cobrindo áreas de até centenas de quilômetros na superfície (MONTEIRO, 2011). A título de exemplo, o relevo pode influenciar em climas e paisagens a partir de características como altura, forma de vertentes, declividade, orientação e posição do terreno (OLIVEIRA; GALVANI, 2015).

Desse modo, foram identificadas diferenças entre temperatura e precipitação com o relevo na distribuição espacial e temporal dos elementos climáticos em outras diferentes regiões brasileiras (JARDIM et al., 2019; OLIVEIRA; GALVANI, 2015; WANDERLEY et al., 2018). No Mato Grosso, relacionando atributos e controles climáticos, pode ser reconhecida nas Unidades Climáticas no estado (TARIFA, 2011), com diferentes condições climáticas anuais (regimes de balanço hídrico, temperaturas) e diferentes níveis escalares (regional, sub-regional, local, topoclimático).

É, portanto, com a diversidade climática e paisagística do território mato-grossense, nas mais variadas características do sistema natural, que se representa a sub-região e faz com que a região sudoeste do estado, no limite noroeste do Pantanal brasileiro, siga um padrão comportamental de espacial sub-regional em suas características climáticas, influenciado por controles do climáticos, como o relevo e a cobertura do solo. A região possui um clima do tipo tropical predominante, com inverno seco (Aw), variação altimétrica de cerca de 600 metros, áreas de vegetação de savana e atividade de manejo rural em grande porção da área. Observa-se que o clima compreende um fator importante para a economia de Mato Grosso, pois o estado contribui na produção da *commodity* da soja, milho, algodão e gado (MORENO; HIGA, 2017).

A região sudoeste do estado, principalmente, destaca-se pelo extenso rebanho bovino e pela introdução da agricultura mecanizada em terrenos antes ocupados pela atividade pecuária. Essa região é marcada pelo contato de bordas de planaltos e pela planície de inundação do Pantanal do Guaporé, fortemente influenciados por elementos climáticos que ali se manifestam, tendo em vista a diversidade de paisagem. Neste sentido, o objetivo do trabalho residiu em analisar a influência comportamental da temperatura e pluviosidade no Planalto do Parecis e da Planície do Guaporé, ou seja, as diferenças entre os padrões comportamentais climáticos das três localidades.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2. METODOLOGIA

Os procedimentos na elaboração do estudo, ocorreram nas microrregiões Alto Guaporé e Parecis, com destaque para Vila Bela da Santíssima Trindade que, ao ser fundada, tornou-se a primeira capital de Mato Grosso, em 1752. Outro município que integra a pesquisa foi o distrito da antiga capital, Pontes e Lacerda, atualmente cidade polo da região fronteira Brasil-Bolívia. Tem destaque entre os municípios pesquisados, Comodoro, que compõe a microrregião de Parecis e, no passado, pertenceu à velha capital mato-grossense (SIQUEIRA, 2002). Isto é, a abordagem dos dados meteorológicos da pesquisa ocorreu nestes três municípios.

Ao se analisar de temperatura e precipitação como elementos representativos dos padrões climáticos da região do sudoeste do Estado de Mato Grosso, foram escolhidas estações chuvas e estações meteorológicas como área de estudo. Os municípios contemplados são: Pontes e Lacerda, Vila Bela da Santíssima Trindade e Comodoro. Os dados são comparados com os dados climáticos da região.

Os dados de comportamentos climáticos são analisados na região com referência aos três municípios, com características diferentes em seus interiores. Pontes e Lacerda e Vila Bela da Santíssima Trindade (Figura 1), ao sul, encontram-se nas províncias geomorfológicas sedimentares de planícies e depressões do vale do Rio Guaporé, com cotas altimétricas entre 200 e 300 metros. Ambos os municípios são banhados pela sub-bacia hidrográfica do Rio Guaporé, tributário da Bacia Amazônica; eles têm planície de inundação e planaltos residuais que atingem 1.000m de altitude; têm vegetação do tipo savana (cerrado brasileiro), com mata de transição e pantanais, áreas de predominância para o manejo agropecuário. Comodoro (Figura 1a), ao norte, está localizado preponderantemente no planalto sedimentar de Parecis, a cerca de 600m de altitude, e possui uma vegetação de transição entre os tipos savana e floresta tropical (floresta Amazônica). Pontes e Lacerda, Vila Bela da Santíssima Trindade e Comodoro possuem estimativas de 41.4, 14.4 e 18.1 mil habitantes, com percentual de populações urbanas de 84, 36 e 69% (IBGE, 2010), respectivamente. A área urbana de suas sedes municipais possui extensão de 8.545, 13.443 e 21,484 km², respectivamente (Figura 1).

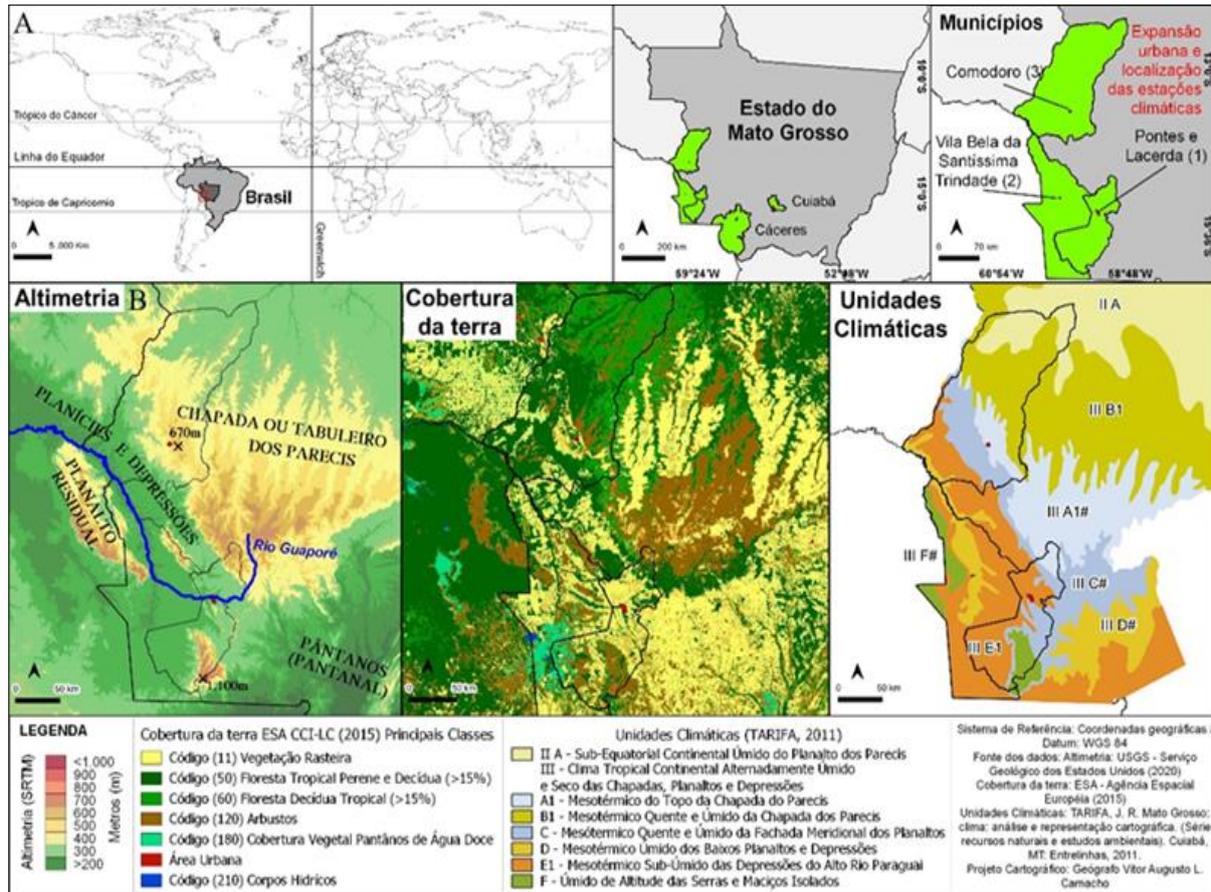


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 1 – a) Mapas de localização; e b) aspectos físicos da área de estudo



Fonte: Elaborado por Camacho e Araújo (2020)

A classificação das Unidades Climáticas (UC) para Mato Grosso subdivide o estado em unidades de diferentes tipos, diferenciadas por padrões de variabilidade nos atributos e controle climáticos de suas diferentes locais (TARIFA, 2011). No conjunto, hierarquicamente, as UCs são agrupadas em: macro unidades climáticas, diferenciadas por padrões climáticos anuais (I – Equatorial úmido continental com estação seca definida; II – Subequatorial úmido continental; III – Clima tropical continental alternadamente úmido e seco); subunidades intrarregionais ou sub-regionais (MONTEIRO, 2011), distinguidas pela interação das condições climáticas regionais e da condição locacional (A, B, C...); subunidades de nível local, que distinguem particularidades locais dentro de sub-regiões (1, 2, 3...); e o nível topoclimático de particularidades intralocais, que caracterizam detalhes em atributos climáticos (a, b, c...). As classes variam de acordo com as características de seus municípios, a temporalidade dos regimes (duração das estações chuvosa e seca) e a magnitude do balanço hídrico e as temperaturas médias.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Em razão do aumento da latitude no Hemisfério Sul e a distância da zona climática Equatorial no interior da zona tropical, verifica-se a variação espacial de um clima tropical para um clima temperado (ALVARES et al., 2013). No entanto, na região de estudo, o relevo na diferença entre o Planalto do Parecis e a Planície do Guaporé cria variabilidades comportamentos dos atributos climáticos tropicais. Isso subdivide a UC do tipo III, na figura 1, em unidades sub-regionais, fortemente influenciadas pela circunstância de formas de relevo e paisagem das áreas. Pontes e Lacerda está inserido no contato entre as UCs III C2 e III E1, que definem uma condição climática média entre a transição do planalto; Vila Bela da Santíssima Trindade está quase completamente inserida no clima tropical de planície (III D1b e III E1); ao passo que Comodoro está situado entre UCs III, influenciado pela altitude do planalto Parecis e pelo limite com uma região mais úmida ao norte, II A.

Ao analisar a condição climática da sub-região, a tabela 1 identifica os postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas - ANA e as estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia - Inmet presentes na área de estudo. Os dados da ANA foram coletados no endereço eletrônico da referida Agência, no banco de dados Hidroweb.

Tabela 1 - Postos pluviométricos, estações automáticas meteorológicas e falhas de dados

Postos de observação sob a responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA)								
Código	Nome Postos	Localidade	Latitude	Longitude	Altimetria (m)	Série Histórica	Falhas (%)	Operadora
1559000	Pontes e Lacerda	Pontes e Lacerda	-15,216	-59,354	236	1989-2018	0,80%	CPRM/GO
1559006	Mato Grosso	Vila Bela da SS ^a . Trindade	-15,008	-59,949	209	1989-2018	7,18%	CPRM/GO
1359001	Vila Alegre	Comodoro	-13,778	-59,768	548	1989-2018	3,53%	CPRM/GO
Estações automáticas sob a responsabilidade do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)								
OMM-86702	Morada da Serra	Pontes e Lacerda-A937	-15,325	-59,233	291	2008-2018	6,22%	INMET
OMM-86701	Centro	Vila Bela da SS ^a . Trindade-A922	-15,062	-59,872	213	2008-2018	14,98 %	INMET
OMM-86700	Chácara do Padre	Comodoro-A913	-13,708	-59,762	577	2006-2018	7,58%	INMET

Fonte: ANA/Inmet (2019). Org.: Oliveira e Galvani (2015), adaptado por Araújo (2020)

O acesso às informações das estações do Inmet foi solicitado à Seção de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Armazenamento de Dados Meteorológicos (Sadmet), que exibe códigos, nome dos postos, latitudes, longitudes, altimetrias e o período das séries. Posteriormente, foram realizados cálculos a fim de se obter os percentuais de dados faltantes (%), contudo, não se realizou o preenchimento das falhas.

Foram utilizados dados de precipitação (30 anos) e temperatura do ar (11 anos) de estações pluviométricas e estações meteorológicas automáticas dentro de cada um dos três municípios. As estações pluviométricas e as estações meteorológicas selecionadas então localizadas próximos às áreas urbanas dos municípios analisados. Sua localização não foi detalhada na figura 1 porque a escala de detalhes é pequena, mas exprime dados e identificação das estações pluviométricas e meteorológicas. Os locais para a coleta de dados de precipitação e temperatura do ar não são necessariamente os mesmos, ambos são representativos da mesma circunstância climática em proximidade de cada local. Portanto, foram utilizados dados de precipitação de 1989 a 2018. Para a temperatura do ar, foi utilizada uma série temporal de 2008 a 2018. Os dados de precipitação são da Agência Nacional de Águas (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), postos de Pontes e Lacerda, Vila Bela da Santíssima Trindade e Comodoro, respectivamente. Para ambas as variáveis, na análise da frequência mensal da série de dados, foram removidos os totais anuais e mensais com falhas de dados nas séries.

Convém salientar que foram elaborados gráficos das condições climáticas médias de frequência com os totais de precipitação mensal e anual, a fim de comparar o comportamento sazonal e anual para os respectivos locais analisados. As médias mensais das temperaturas média, máxima e mínima do ar também foram estimadas e plotadas. A faixa anual de médias de temperaturas do ar foi estimada. Além disso, foram apresentadas médias nos gráficos, onde o valor de R^2 é a forma para medir erros e prever a eliminação ao usar a regressão quadrante. De acordo com Alves e Loverde-Oliveira (2020), serve para testar a confiabilidade dos resultados registrados nos diferentes postos e estações pesquisadas.

Fez-se necessária a aplicação do método estatístico de regressão polinomial que traça um gráfico dos dados x e y , para se obter facilmente a linha de tendência destes pontos x e y , e, assim, efetuar a equação da curva (equação de ordem 2 a 6). O modelo obedeceu a um comportamento polinomial para adaptar a equação à função polinomial com tendência de sexta ordem. Sabe-se que a função polinomial é dita como função quando $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, na qual a



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

lei do polinômio tem o grau n . A fórmula é representada de modo genérico na expressão de: $f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_1 x^1 + a_0 x^0$ (GUIDORIZZI, 2001 apud ARAÚJO, 2018), das variáveis de temperaturas e precipitações dos postos e estações. Em virtude disso, os dados climáticos foram analisados, comparados na sua variabilidade de acordo com os diferentes locais e as diferentes características físicas: as áreas de planície e planalto em uma escala climática sub-regional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os municípios Pontes e Lacerda e Vila Bela da Santíssima Trindade fazem parte da microrregião do Alto Guaporé, da mesorregião do sudoeste mato-grossense. Enquanto Comodoro pertence à microrregião dos Parecis, da mesorregião norte mato-grossense. Encontram-se ainda em terrenos de altitudes médias de 200, 270 e 600 metros.

Neste sentido, a partir desta pesquisa, buscou-se analisar o comportamento de temperatura e chuvas nas condições climáticas sub-regionais. Os resultados demonstraram uma relação positiva entre a distribuição espacial e temporal das variáveis climáticas com as condições das formas de relevo e a característica da paisagem da região. Notou-se uma variabilidade climática sub-regional de norte a sul, influenciada pelo relevo, mais alto ao norte, no Planalto de Parecis, onde se situa Comodoro, e mais baixo e mais plano ao sul, no Vale do Rio Guaporé, que permeia os municípios de Pontes e Lacerda e Vila Bela da Santíssima Trindade. A figura 2 exibe um resumo da distribuição mensal das séries de dados climáticos analisados, precipitação e temperatura do ar, obtida da região.

Verificou-se, no planalto, um total anual médio de precipitação de cerca de 1.900 mm, e na planície, cerca de 1.300 mm. Além de perceber menores temperaturas do ar na sub-região do planalto, em detrimento da planície, mais aquecida, com uma diferença média de 3°C entre si, nas médias anuais, e máximas e mínimas médias. A média anual da temperatura do ar, e máxima e mínima médias atingem aproximadamente 32, 25 e 20°C na planície, e 29, 22, e 17°C no planalto, respectivamente.

Os totais anuais de precipitação (Figura 1b) mostram a diferença entre as condições da planície e do planalto. Na planície, são observados totais médios próximos a 1.400mm; no platô, os totais anuais atingem uma média de 2.000 mm. Entre eles, há uma diferença de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

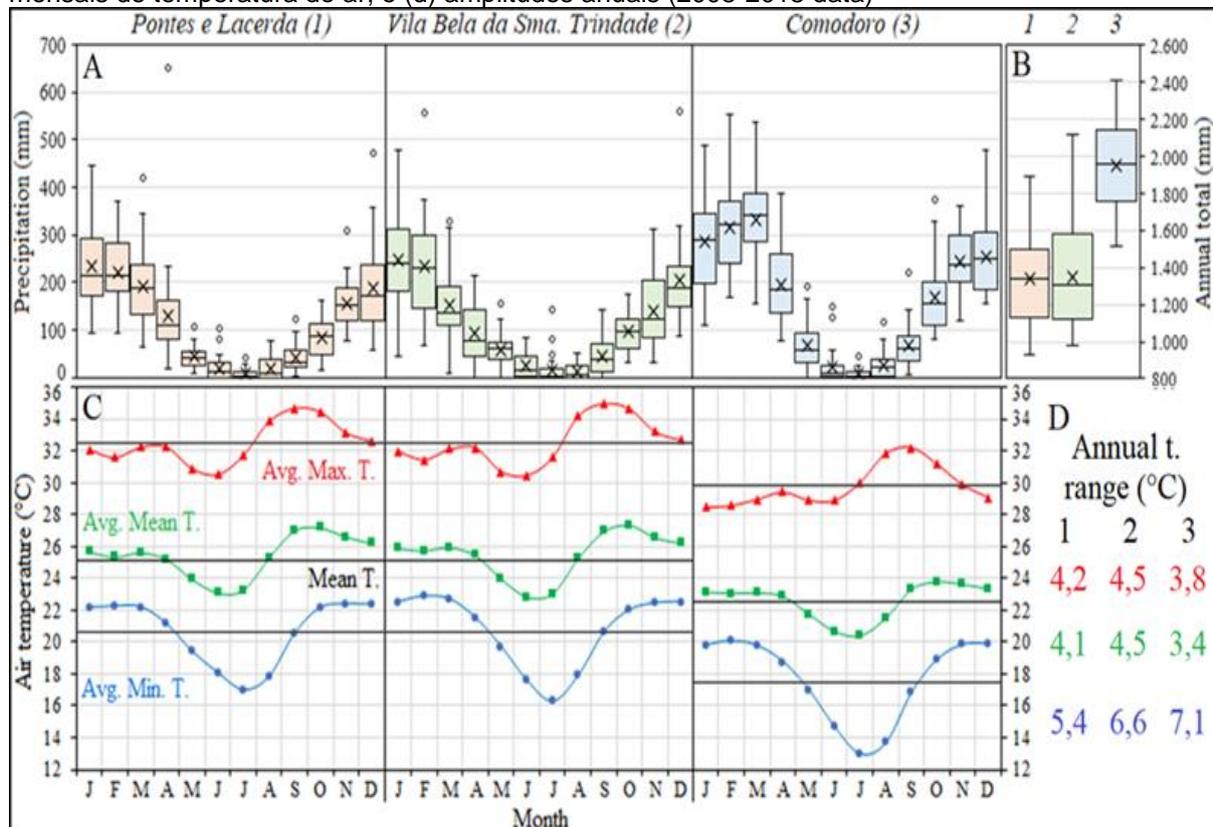
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

cerca de 500 mm por ano. O efeito disso na vegetação é observado nas áreas de planalto em uma transição entre savana (cerrado brasileiro) e floresta tropical. Na planície, os períodos mais longos de seca favorecem a presença de vegetação de savana; e o contraste na estação chuvosa, mostra a resiliência desse tipo de vegetação, principalmente em áreas úmidas.

A distribuição mensal da precipitação (Figura 2) em Pontes e Lacerda (1) e Vila Bela da Santíssima Trindade (2) é semelhante ao que diz respeito às condições climáticas dos municípios. Observa-se no primeiro e no último mês do ano (janeiro-março, novembro-dezembro), durante a estação chuvosa do verão no Hemisfério Sul, os totais mensais são próximos a 250 mm. A circunstância do clima tropical com inverno seco (Aw), influenciado pela continentalidade, significa que, nos meses da estação do inverno (maio-setembro), a precipitação mensal total próxima ou nula não é incomum.

Figura 2 – (a) Frequências de totais de precipitação mensais; (b) anuais (1989-2018 data); (c) médias mensais de temperatura do ar; e (d) amplitudes anuais (2008-2018 data)



Fonte: Elaboração de Araújo e Ferreira, (2019)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Esta condição de precipitação caracteriza a condição de um clima alternadamente chuvoso e seco na região (TARIFA, 2011; MORENO; HIGA, 2017), um padrão comum do tipo Köppen Aw (BECK et al., 2018; ALVARES et al., 2013; DUBREUIL et al., 2017). Os totais mensais de precipitação de Comodoro (3) diferem em magnitude e padrão climático dos anteriores. Em março, os totais mensais de precipitação atingem mais de 300 mm; em '1' e '2', há uma diminuição nos totais de precipitação de janeiro a fevereiro e março, o que não é visto em '3'. Essa condição está associada a um tipo climático mais chuvoso, próximo ao tipo Equatorial, e ao efeito da elevação mais alta, de acordo ao mencionado anteriormente sobre as estações pluviométricas e meteorológicas dos três locais (Figura 2).

Desse modo, a precipitação e a variação mensal na temperatura do ar (Figura 2C) entre '1' e '2' são bastante semelhantes; suas médias anuais de temperatura são praticamente idênticas (linha preta). Nos meses chuvosos, as temperaturas médias mensais são mais homogêneas, permanecendo próximas a 26, 32 e 22°C, para temperaturas média, máxima e mínima, respectivamente; na planície (1 e 2), e a 22, 29 e 20°C no platô (3). Nos meses secos, entre maio e setembro, são observadas temperaturas médias mais baixas e outros locais, isto é, médias mais elevadas. Essa maior amplitude de temperatura se deve à deficiência de água, ou seja, as condições de secas e de frentes esporádicas de frio na região (TARIFA, 2011). O platô mais úmido reduz a sua variação anual de temperatura que a da planície (Figura 2D). Desse modo, não é observado nas médias de mínimas correspondentes as estações, pois a combinação de umidade e temperaturas são baixas, acarretando maior amplitude térmica.

Em Comodoro, notou-se, para o período analisado, um início mais intenso da estação chuvosa, entre os meses de outubro e dezembro; cujo ápice acontece entre os meses de fevereiro e março, quando se registram os maiores totais mensais. É visível a diferença na precipitação mensal em alguns meses e no total anual entre os municípios.

Embora não conclusivo, acredita-se que as maiores amplitudes de temperatura anual observadas em Pontes e Lacerda tenham influência direta de seu clima urbano local. A estação meteorologia do Inmet selecionada localiza-se no interior da mancha urbana da sede municipal. Dessa maneira, a figura 3 detalha os resultados de dados analisados entre as médias temperaturas e precipitações nas referidas estações da sub-região.

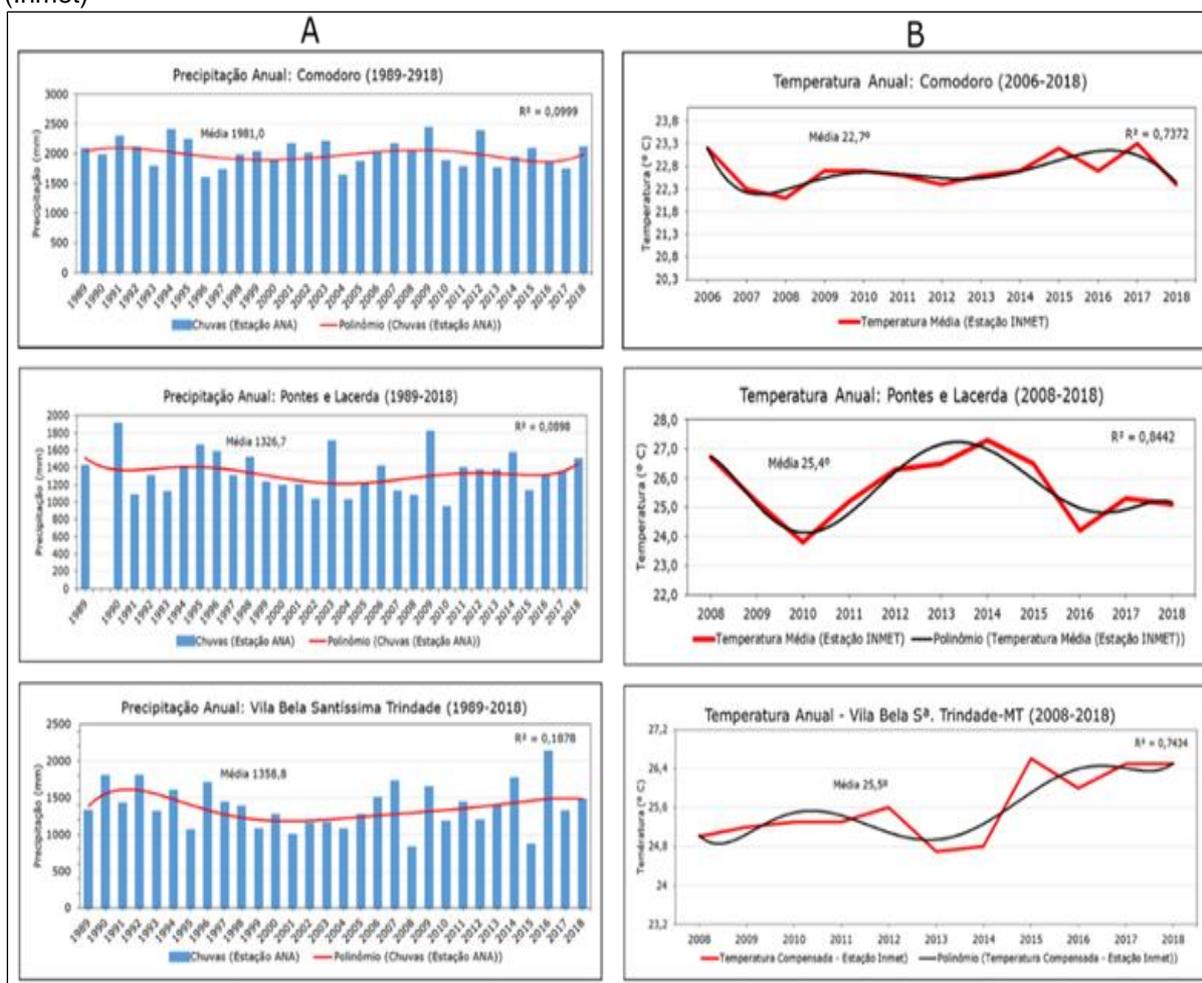


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 3 – (a) Variação das médias de pluviosidade anual, tendência polinômio e valor de R² das estações (ANA); (b) médias de temperaturas anuais, tendência polinomial e valor de R² das estações (Inmet)



Fonte: ANA/Inmet (2019). Elaboração: Araújo (2020)

Na figura 3 (a e b), destacam-se os detalhes das variáveis nos gráficos referentes aos três municípios analisados em relação à condição climática sub-regional. Em Comodoro revelou-se uma média anual de 1.981 mm, cujos maiores totais de precipitação ocorreram nos anos de 1994, 1995, 2009 e 2012, registrando máximas de chuvas acima de 2.356,4 mm, para o ano de 1996 o valor mínimo foi de 1.571 mm. De acordo com os registros, Comodoro apresentou média de temperatura de 22, 7^o. A maior máxima de temperatura em 2017 com 23,3^o C e a mínima de 22,1^oC no ano de 2008, considerando-se os dados analisados para a estação. Neste caso, os dados demonstram, no município, uma elevação no relevo e, portanto, apresenta médias diferentes com os demais.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

No tocante a Pontes e Lacerda, os anos que se mostraram mais chuvosos foram 1990 (1.895,1 mm), 2003 (1.691,7 mm) e 2009 (1.800,1 mm). Neste sentido, para o período analisado, teve média de chuvas de 1.326,7 mm, o que condiz com as tendências climáticas da microrregião do Alto Guaporé manifestadas pela sucessão de dados temporais. Entre o período de fevereiro de 2008 e dezembro de 2018, expressou uma média de temperatura de 25,4°C, tendo sido a mínima registrada em 2010 com 23,8°C. Na mesma série temporal, o valor máximo de temperatura localidade mencionada foi 27,3°C no ano de 2014.

No município de Vila Bela da Santíssima Trindade, houve precipitação de média anual no valor de 1.358,8 mm, ocorrendo uma oscilação entre o ano com mínima de 808,6 mm em 2008 e a máxima de pluviosidade atingiu os 2.214,5mm no ano de 2016. Ao tratar média da série temporal, foi no período de 2008-2018, onde obteve a maior média de temperatura entre as demais áreas de estudo, apresentando 25,5°C, para a máxima foi de 26,6°C e a mínima foi registrada 24,7°C. Pode-se ainda retratar, na figura 3, as linhas de tendências da regressão polinomial e o valor de R² para a confiança nos resultados.

Os resultados demonstraram ainda a tendência de comportamento das chuvas e temperaturas na área de estudo, onde se apresenta um relevo de platô a temperatura tem o valor menor e maior de precipitação. Assim, paralelamente a outro contexto geográfico, acontece da mesma forma no perfil Pontes e Lacerda e Vila Bela da Santíssima Trindade. O relevo destaca para menores cotas pluviométricas e, conseqüentemente, apresenta maiores temperaturas, entre máxima, mínima e média compensada. Vale enfatizar que a topografia do terreno influencia diretamente a geração de turbulências atmosféricas locais (OLIVEIRA; GALVANI, 2015). Enfim, as duas microrregiões estão evidenciadas pelos efeitos das condições entre o relevo, a paisagem e os climas que abrangem a sub-regional situados nos municípios.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, nos totais anuais e mensais, não foram detectadas tendências significativas de aumento das chuvas ao longo do período analisado com os totais de precipitação maior entre os municípios. Já para a temperatura, os municípios de Pontes e Lacerda e Vila Bela da Santíssima Trindade apresentam diferença comportamental entre a média compensada com Comodoro, devido ao “sítio urbano” do município.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os resultados mostraram uma relação entre a distribuição temporal e espacial dos elementos climáticos na organização dos padrões topográficos (relevo), caracterizando circunstância climática em escala sub-regional. Como em outros estudos (JARDIM et al., 2019; OLIVEIRA; GALVANI, 2015; WANDERLEY et al., 2018), foi percebido o efeito da variabilidade climática na região sudoeste de Mato Grosso.

Existe uma relação de causa e efeito entre os municípios terras mais baixas e planas, Pontes e Lacerda e Vila Bela da Santíssima Trindade, apresentam menores totais anuais de precipitação e temperaturas médias mais elevadas. Na região do platô, onde se localiza o município de Comodoro, apresenta maiores totais anuais de precipitação e temperaturas mais amenas.

Para trabalhos futuros, relacionando tipos de escalas climáticas, questiona-se até que ponto os sistemas de classificação climática são capazes de representar a variabilidade da magnitude de elementos climáticas a serem transpostas para uma escala espacial com detalhes. A partir de classificações climáticas, locais ou topoclimáticos, que permitem afirmar os elementos climáticos e a relação entre relevo e determina aspectos da paisagem, podendo intervir nos controles climáticos nos três municípios pesquisado. Finalmente o estudo explicitou que o padrão comportamental é deferente entre Planalto e Planície no clima sub-regionais.

5. REFERÊNCIAS

ANA. **Dados Convencionais**. s/d Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>> Acesso em: 13 mai. 2020.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, G. B. M.; LOVERDE-OLIVEIRA, S. M. Uso do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da distribuição e vigor da vegetação no Pantanal Norte. **Geografia (Londrina)**, v. 29, n. 1, p. 175-190, 2020.

ARAÚJO, A. R. **O tempo e o clima**: análise da dinâmica climática e das notícias veiculadas pelos meios de comunicação em Cuiabá, Mato Grosso. 2018. 235 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, História e Documentação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2018.

BECK, H. E. et al. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

resolution. **Scientific data**, v. 5, p. 180-214, 2018.

DUBREUIL, V. et al. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 a 2015. **EchoGéo**, n. 41, p. 1-27, 2017.

GUIDORIZZI, H. L. **Um Curso de Cálculo**: Volume 1. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2001.

IBGE. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>.> Acesso em: 15 mar. 2021.

IBGE, 2017. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt>. Acesso em: abr. 2021.

INMET. **Estações Automáticas**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em: 15 mar. 2020.

JARDIM, C. H. et al. Clima em áreas limítrofes ao planalto meridional do espinhaço: Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 15, v. 25, p. 549-570, 2019.

MMA. **Base cartográfica digital atualizada da Amazônia Legal**, Escala de 1:100.000. Brasília/DF: MMA 2010.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). Clima Urbano. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2011.

MORENO, G.; HIGA, T. C. S. **Geografia de Mato Grosso**: território, sociedade, ambiente. 2. ed. Cuiabá: Entrelinhas, 2017.

OLIVEIRA, M. R. P.; GALVANI, E. Avaliação do efeito orográfico na variação das precipitações no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Campos do Jordão (SP). **Entre-Lugar**, v. 6, n. 11, p. 133-151, 2015.

TARIFA, J. R. **Mato Grosso - Clima**: análise e representação cartográfica. Cuiabá: Entrelinhas, 2011.

SIQUEIRA, E. M. **História de Mato Grosso**: da ancestralidade aos dias atuais. Cuiabá: Entrelinhas, 2002.

WANDERLEY, L. S. A. et al. A relação entre o relevo e o clima como proposição de caracterização da fisiologia da paisagem em Pernambuco, Brasil. **Geo UERJ**, n. 34, e, 40942, p. 1-24, 2019.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ESTUDO DO MICROCLIMA NO ASSENTAMENTO 20 DE MARÇO

DIEGO DA SILVA BORGES¹
MAURO HENRIQUE SOARES DA SILVA²

RESUMO

O trabalho objetiva analisar o microclima no Assentamento 20 de Março, em Três Lagoas - MS, buscando contribuir para a qualidade de vida dos assentados e produção agroecológica. A metodologia consistiu na coleta de dados termo higrométricos durante o verão e inverno 2019, utilizando o instrumento fixo Hobo U23, instalado em quatro pontos distintos classificados como Ponto 1 (APP), Ponto 2 (Lote com agricultura), Ponto 3 (lote pecuário) e ponto 4 (Reserva Legal - RL), além de um transecto móvel percorrido por entre distintas configurações paisagísticas da área estudada, O Ponto 1 e 3 apresentaram maior amplitude térmica, o Ponto 2 e 4 mostraram amplitudes menores, sendo que a irrigação na área agricultável e proximidade da Reserva Legal constituída de vegetação arbórea densa são os fatores de maior influência. O transecto mostrou temperaturas altas e baixa umidade em áreas de pastagens e próximas ao monocultivo de eucalipto, revelando distinção em relação as áreas de vegetação esparsa (pomar e agricultura irrigada) e floresta densa. A conclusão principal refere-se a importância direta da preservação da vegetação arbórea densa para o arrefecimento térmico e manutenção da umidade em áreas de agricultura familiar com transição agroecológica.

Palavras-chave: Paisagens; Termohigrômetro; Agroecologia.

ABSTRACT

This paper aims to assess the microclimate in the 20 de Março settlement, in the municipality of Três Lagoas, MS, Brazil, seeking to contribute to the settlers' quality of life and agroecological production. The methodology consisted of the collection of thermo-hygrometric data during the summer and winter of 2019, using the fixed instrument Hobo U23, installed in four distinct points classified as Point 1 (APP), Point 2 (agriculture lot), Point 3 (livestock lot), and point 4 (Legal Reserve - LR), in addition to a mobile transect crossing different landscape configurations of the studied area. Points 1 and 3 showed greater thermal amplitude and Points 2 and 4 showed smaller amplitudes, while irrigation in the arable area and the proximity to the Legal Reserve, composed of dense tree vegetation, are the factors of greatest influence. The transect showed high temperatures and low humidity in pasture areas and near the eucalyptus monoculture, revealing a distinction in relation to areas of sparse vegetation (orchard and irrigated agriculture) and dense forest. The main conclusion refers to the direct importance of preserving dense tree vegetation for thermal cooling and maintaining humidity in areas of family farming with agroecological transition.

Keywords: Landscape; Thermohygrometer, Agroecology

¹ Mestrando, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - CPTL, diego98borges@gmail.com

² Professor Doutor, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - CPTL, mauro.soares@ufms.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

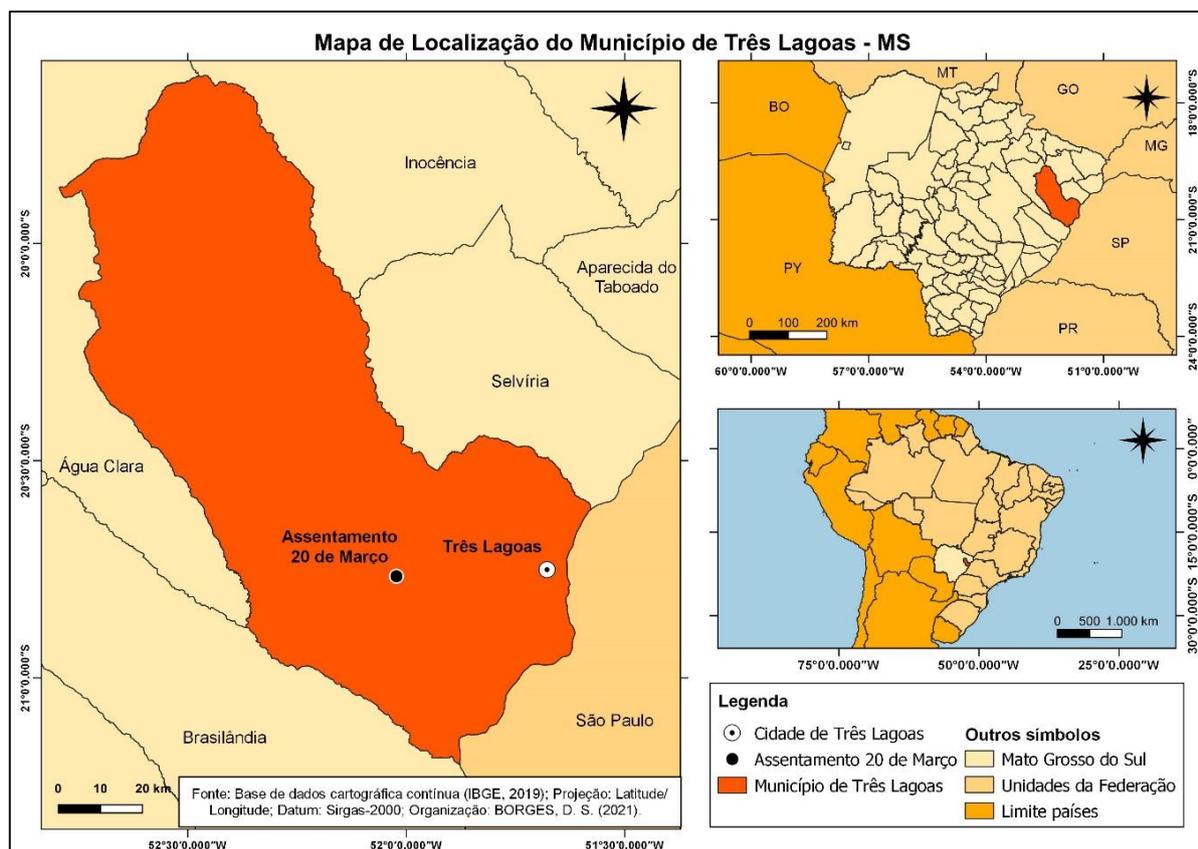
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

O município de Três Lagoas, em Mato Grosso do Sul (Figura 01), de acordo com Lopes e Miranda (2015) é espaço de atuação das duas maiores indústrias de pasta de celulose do mundo, as quais dominam a atual concentração fundiária da região, tornando-a hoje dominada principalmente pelo cultivo e manejo de eucalipto, um verdadeiro “deserto verde”. Nesse contexto, cercado pelo eucalipto, temos o Assentamento 20 de Março, distante aproximadamente 36 km da cidade de Três Lagoas, o qual, por sua vez, tem um papel importante na distribuição de alimentos para a região.

Figura 01 – Mapa de localização do município de Três Lagoas – MS



Fonte: Borges (2021).

A paisagem presente no assentamento, ainda segundo Silva e Silva (2018) se caracteriza por áreas de pastagens, as quais correspondem 48% de todo o território, a qual em sua maioria é de gramíneas, destinada principalmente à pecuária. Para a agricultura, são



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2% do território, com produção variada, e 21% corresponde a construções variadas. No que se refere a mata nativa, a região possui 29%, sendo está representada por áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal.

Com isto o presente trabalho busca compreender as dinâmicas de temperatura e umidade local, como forma de contribuir com o modo de vida sustentável e produção agroecológica da população local, buscando meios comprobatórios capazes de atrelar a importância da vegetação arbórea como influência do microclima, sendo este um fator importante para o bem estar humano, e assim também ressaltar “a importância do microclima mais estável para as espécies vegetais que compõem os sistemas, para a fauna do solo e aquela associada às plantas, bem como aos microrganismos.” (PADOVAN, 2016, p. 6).

1.2 Importância do estudo de climatologia

A climatologia ganhou impulso durante o período do Renascentismo, após um longo período que silenciou a ciência conhecido como obscurantismo religioso que visava colocar Deus como resposta para qualquer tipo de reação da natureza e afins, no entanto após este período a importância de se conhecer a atmosfera e suas dinâmicas foram ganhando força, ao ponto de ser ainda nessa época, inventado o primeiro termômetro, por Galileu Galilei, o interesse por se obter respostas continuou, e durante as grandes guerras mundiais, ao perceberem a importância de se conhecer as dinâmicas na atmosfera, tanto de seu território, quanto dos territórios inimigos, se fez necessário um impulso por meio dos pesquisadores da área, aos quais evoluíram muitos equipamentos e tecnologias além das novas que foram desenvolvidas com a finalidade de contribuir nos estudos meteorológicos.

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007) a climatologia surge com sua própria identidade após a sistematização da meteorologia. A climatologia então passa a ser responsável pelos estudos referentes aos fenômenos que ocorrem na atmosfera e evolução da mesma, através de médias pluviométricas, médias térmicas e de pressão, contribuindo assim para as classificações dos diferentes climas hoje já classificados ao longo de todo o planeta. Estas definições por meio das médias coletadas são definidas, de acordo com as análises feitas ao longo de 30 anos, conforme recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Assim os estudos de climatologia acabaram sendo muito utilizados pelas ciências geográficas.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A geografia por sua vez consegue perceber a importância da climatologia, justamente por ser uma ciência que estuda o espaço geográfico bem como as relações sociais sobre ele, sejam elas bióticas ou abióticas. Assim o estudo das dinâmicas da atmosfera é de suma importância para a sociedade, visando construir para uma sociedade autônoma e capaz de se desenvolver superando as dinâmicas climáticas.

Existem diversas atividades realizadas pela sociedade a qual demandam conhecer o clima local, como por exemplo tirar férias, planejar uma construção para que atenda a demanda de conforto em determinada região, e até mesmo se planejar uma cidade, afinal é importante manter uma boa drenagem em cidades com altos índices pluviométricos, arborização para amenidades térmicas, além de se ter conhecimento a respeito de espécies arbóreas as quais melhor se adequem para reflorestamento.

Para a agricultura, conhecer o clima é essencial, levando em consideração o fato de que a diversidade dos cultivos não se adequa de forma homogênea mediante as diferenças climáticas, assim conhecer o clima local contribui para a produção dos agricultores locais, bem como busca-se com este trabalho, onde o intuito é contribuir com a produção agropecuária do Assentamento 20 de Março.

1.3 Sobre o Assentamento 20 de Março

O município de Três Lagoas, de acordo com, Bispo (2018) *apud* INCRA (2017), possui apenas 3% do território composto por agricultura camponesa o que representa um número muito pequeno, levando em consideração principalmente as vastas terras de latifúndio. Estes 3% são constituídos em partes pelo PA Ponta do Faia e o Assentamento 20 de março ao qual teve sua luta pela terra iniciada, com acampados na fazenda Arapuá no ano de 2003, com cerca de 300 famílias iniciais, as quais acamparam inicialmente as margens do Córrego Moeda, em seguida se instalaram ao lado do Córrego do pinto até chegarem as margens da BR 262.

O Assentamento 20 de Março em questão de acordo com Silva e Silva (2018) foi conquistado no ano de 2009 após cinco anos de luta, no dia 20 de março dando assim origem ao seu nome. Mas vale a pena salientar que muitas famílias neste período de luta, em meio as dificuldades enfrentadas, desistiram, levando ainda em consideração o medo e insegurança gerado por conta dos latifundiários da região.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O assentamento passou anos de sua existência sem energia elétrica, água encanada e assistência com o manejo do solo, isso levando em consideração, o fato deste ter sido em sua história, local de manejo de gado com vastas pastagens, contribuindo assim com a baixa fertilidade, assim a falta de incentivos do governo para contribuir com a produção para a comercialização e geração de renda as famílias locais, dificultou muito a estadia destas que segundo Silva e Silva (2018) se resumem em 69 famílias em uma área total de 1.480,20 ha.

Mesmo com a falta de incentivo do Estado, os assentados se mostraram resistentes e permaneceram na terra demonstrando sua força e resistência. Atualmente um grupo dos assentados se reuniram e deram início ao processo de transição em seu modo de produção agrícola para uma produção agroecológica, levando em consideração que para estes camponeses, a terra tem um significado para além do lucro, mas como meio de reprodução do estilo de vida camponês e bem estar familiar, já que a mesma terra de trabalho, também é a mesma de seu lar.

O PA 20 de Março está localizado a 36 km da sede do município, possui uma entidade associativa de nome Associação dos Agricultores Familiares do 20 de Março. Atualmente conta com 23 associados que possuem variados grupos de trabalho, dentre eles o grupo das hortas que trabalha a partir do manejo de base agroecológica. (BISPO, 2018 p. 17).

Os assentados com uma relação de proximidade com a UFMS/CPTL, contribuiu para o desenvolvimento deste processo de transição e comercialização, através da feira agroecológica, que além desta, ainda comercializa seus produtos em mercados institucionais pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e pelo Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), os camponeses ainda conseguem fornecer seus laticínios e demais legumes e verduras a empresas, feiras em condomínio e ao ar livre, como na feira municipal no centro de Três Lagoas. (MERCADANTE, 2017, p. 63).

2. Metodologia

Inicialmente foram selecionados quatro locais amostrais dentro do assentamento 20 de Março, configurando paisagens distintas com base em Silva e Silva (2018). As áreas foram classificadas para melhor identificação e análise como, o Ponto 1, sendo esta uma Área de Preservação Permanente, com vegetação ciliar de bioma cerrado, o Ponto 2 é uma área de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

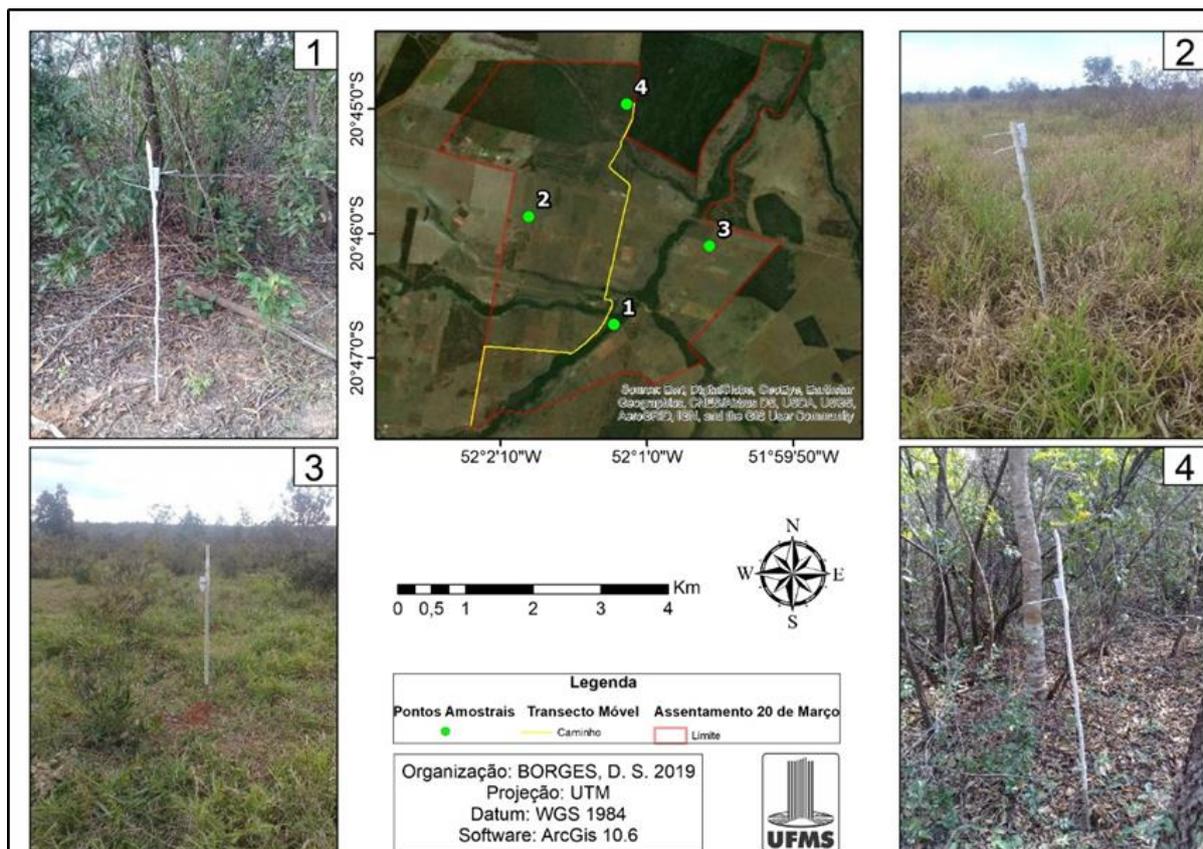
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

pastagem com agricultura familiar baseado no cultivo de hortaliças com irrigação, em processo de transição agroecológica, o Ponto 3 é um lote com pastagem e com produção de agricultura familiar baseada predominantemente na pecuária em pequena escala e por fim o Ponto 4 que é uma reserva legal, próxima a áreas de plantio de eucalipto.

Em cada ponto foram instalados um instrumento fixo Hobo U23, com o intuito de coletar dados termohigrométricos de hora em hora, nos pontos selecionados, sendo estas coletadas no verão nos dias 13 e 14 de janeiro de 2019 e no inverno nos dias 13 e 14 de julho do mesmo ano. Após o download, os dados foram transferidos para o Excel, onde em seguida foram organizados em gráficos e analisados em relação as distintas características da paisagem local. (Figura 02).

Figura 02 – Pontos de coleta dos dados termo higrométricos e percurso do transecto móvel.



Fonte: Borges e Silva.

Além dos Pontos Fixos, foi realizado um transecto móvel (Figura 02), que “consiste em um percurso previamente determinado, registrando as medições em pontos equidistantes”



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Araujo (2010). O percurso foi realizado durante o verão, no dia 15 de janeiro de 2019, com o uso do termo higrômetro Hobo U23, levando o tempo de aproximadamente 20 minutos para a conclusão do percurso, o qual se iniciou às 12h 00min, tendo como critério os dados pré-analisados de verão (entre os dias 13 e 14 de janeiro) que apontavam esse horário como o início da curva mais acentuada aquecimento na variação horária em cada ponto.

Justifica-se aqui, que mesmo com as recomendações da Organização Meteorológica Mundial WMO (World Meteorological Organization) indicando outros horários mais apropriados para aquisição deste tipo de dado, decidiu-se nesse trabalho manter a escolha do transecto às 12hs00min, por não se tratar de uma análise de clima urbano (como o recomendado pela OMM) e ainda apoiado nas afirmações de Valin Jr. e Santos (2020) que apontam a existência de transectos móveis nas metodologias das pesquisas brasileiras, fora dos horários recomendados pela OMM, atendendo aos objetivos específicos de cada pesquisa.

Contudo o aparelho utilizado para o Transecto Móvel foi programado para armazenar dados de temperatura e umidade a cada 30 segundos durante todo trajeto, o qual teve início alguns metros antes do Ponto 1, seguindo por entre os pontos 2 e 3, e finalizando o percurso chegando ao ponto 4 conforme ilustrado na Figura 02.

Em meio a este percurso, foi possível percorrer por diferentes características da paisagem, tais como: áreas de pastagens, floresta esparsa, corpos hídricos, malha asfáltica, floresta densa, pomar e mata de galeria. Estas, por se apresentarem com caráter paisagísticos distinto, permitem contribuir para uma comparação mais apurada sobre a influência de seus elementos constituintes nas características de temperatura e umidade da região. Os dados coletados, foram organizados em uma planilha do Excel, onde foram transformados em gráficos para melhor comparação e análises.

3. Resultados e discussão

Com base nos dados comparativos entre cada ponto evidenciou-se que no Ponto 1 (interior da área de preservação permanente), nos dias 13 e 14 de janeiro de 2019 houve amplitude térmica de 16,7°C e 18,4°C respectivamente, e a umidade oscilou em torno de 58%, com destaque para às 6:00, quando foram registrados 21,8°C e 96,9% de umidade no dia 13/01 e 20,8°C e 96,2% de umidade. Outros



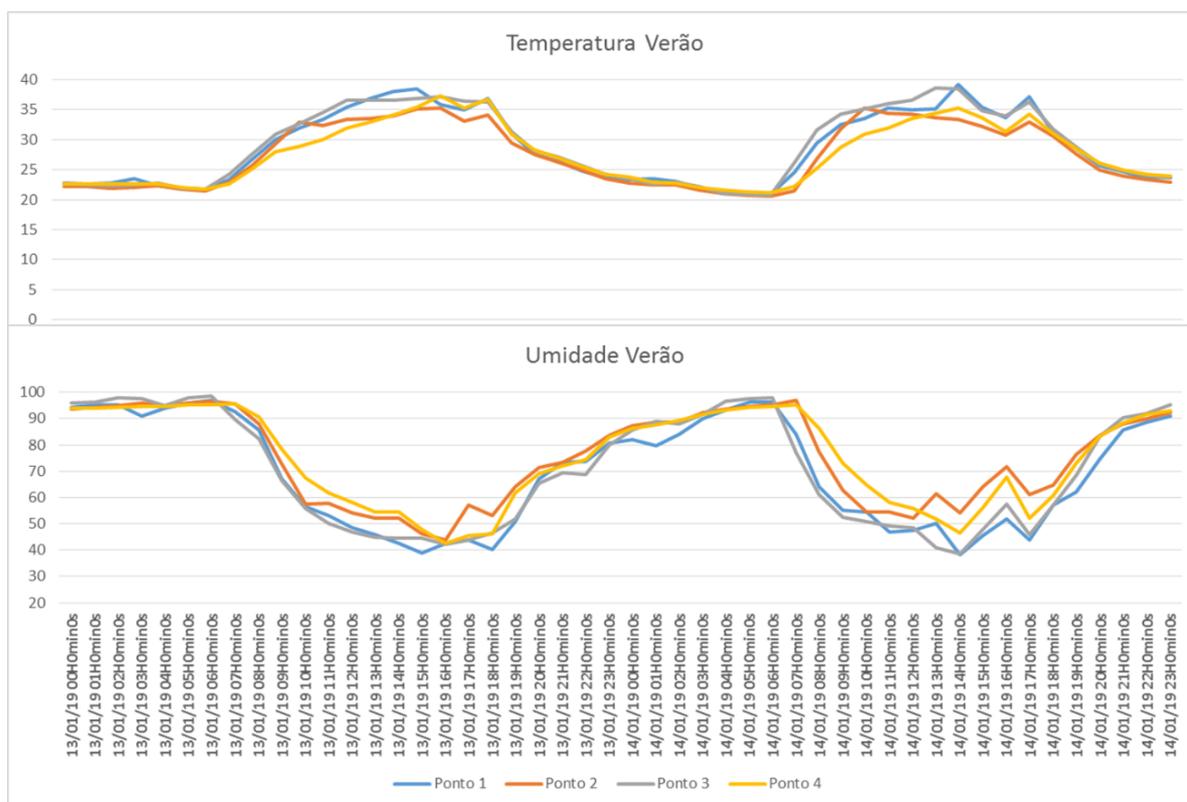
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

destaques foram às 15:00 do dia 13/01 (38,5°C e 39%) e às 14:00 do dia 14/01 (39,4°C e 38,4%). (Figura 03).

Figura 03 - Temperatura e umidade referente ao verão dos pontos pesquisados no Assentamento 20 de Março.



Fonte: Borges e Silva.

O Ponto 2 (lote com agricultura) apresentou amplitude de 13,8°C de temperatura e 52% de umidade no dia 13/01, com destaque para às 6:00 que apresentou 21,4°C e 96,4% e 35,2°C e 43,7% às 16:00. No dia 14/01 a amplitude foi de 15,3°C de temperatura e 44% de umidade, 20,5°C e 96% às 06:00 e 35,3°C às 10:00 e 52,1% às 12:00, este ponto por estar em área de proximidade com a irrigação de horticultura apresentou influências no microclima provocada pela proximidade com os sistemas de irrigação nesta área, apresentando microclima mais ameno do que apresentado em Área de Preservação Permanente.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O Ponto 3 (Lote com Pecuária), no dia 13 apresentou amplitude de 15,4°C e umidade em 56,3% sendo as 6:00 a hora mais fria e mais úmida registrada neste dia, com 21,7°C e 98,6% e 37,1°C e 42,3% às 16:00, sendo a hora mais seca e mais quente, já no dia 14 por sua vez a amplitude foi de 17,8°C e a umidade de 59,4%, apresentando 20,7°C e 97,8% às 6:00 e 38,4°C e 38,4% às 16:00, sendo estas destacadas por serem as horas mais frias e úmidas seguida pela mais seca e quente. É importante destacar, que esta área de pastagem, apresenta uma considerável ocupação por vegetação de porte arbustivo em meio à pastagem.

O Ponto 4 (Reserva legal), as amplitudes térmicas estiveram entre 15,4°C de temperatura e 52% de umidade, no dia 13/01 e 14,2°C de temperatura, e umidade em 48,7% no dia 14/01, sendo estas características que são capazes de evidenciar a importância da vegetação arbórea presente no ponto 4, capaz de demonstrar sua contribuição para com o equilíbrio termo higrométrico, diminuindo as amplitudes diárias para essas variáveis climáticas.

Os dados adquiridos na estação de inverno, mostraram também nítidas diferenças microclimáticas, mediante as distinções na composição paisagísticas de cada ponto de análise (Figura 04).

No ponto 01 observou-se uma amplitude térmica de 23,1° C durante o dia 13, sendo as 03:00 a mais fria com 10,2° C e as 14:00 a mais quente com 33,3° C, estas mesmas horas também se destacam por apresentarem maior umidade as 03:00 e menor as 14:00, registrando oscilação de 66,1%. No dia 14 a oscilação da temperatura se deu em 22,3° C sendo as 04:00 a mais fria e as 14:00 a mais quente, e referente a umidade a oscilação se teve em 60,5%, sendo a hora mais úmida as 05:00 e a mais seca as 14:00.

No ponto 02, foi registrado as 02:00 a hora mais fria do dia com 11,5° C e as 14:00 a mais quente, com 32,7°, apresentando uma oscilação de 21,5° C durante todo o dia. A umidade mais alta se apresentou as 06:00 com 95,5%, acompanhando a segunda temperatura mais baixa que foi de 11,7° C neste mesmo horário, e a hora mais seca foi as 14:00 com 28,5%. O dia 14 apresentou as 04:00 a hora mais fria com 12° C, e a mais úmida as 05:00 com 97,2%, a temperatura mais quente foi as 14:00 com 33° C, sendo esta a mais também a mais seca com 30%. Contudo a oscilação térmica se deu em 21° C e a umidade em 67,2%.

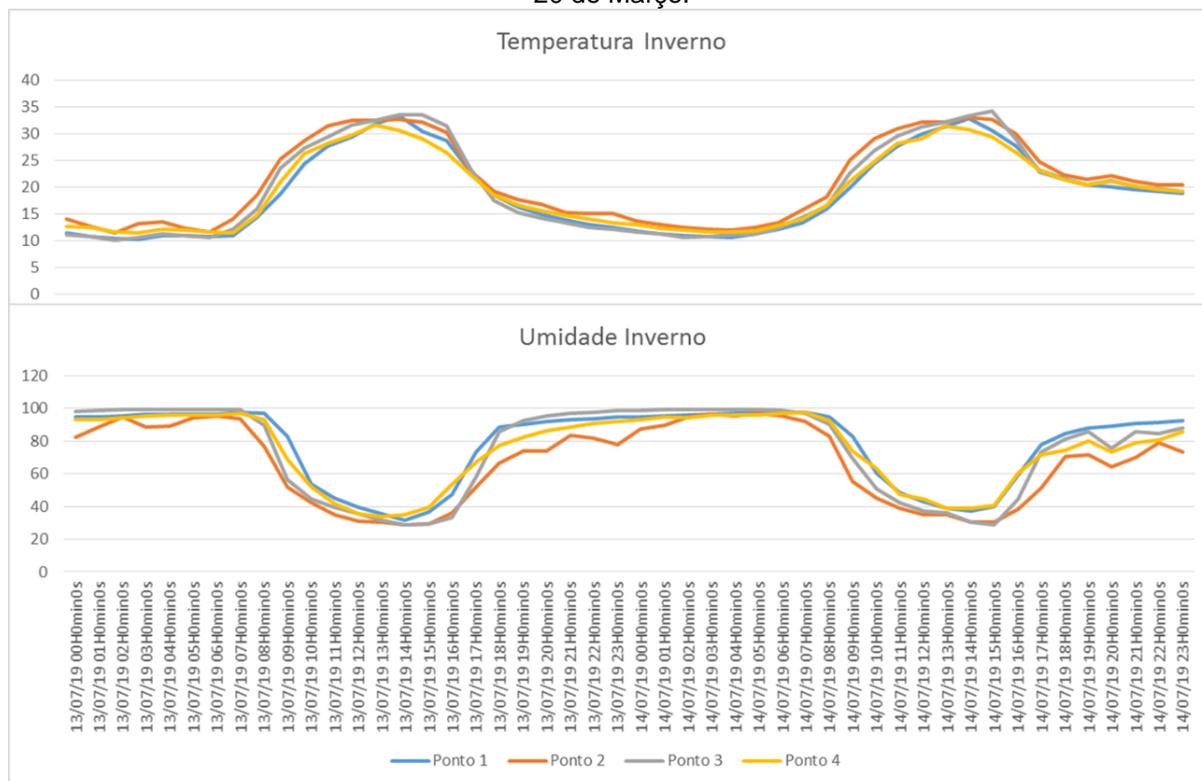


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04 - Temperatura e umidade referente ao inverno dos pontos pesquisados no Assentamento 20 de Março.



Fonte: Borges e Silva.

O ponto 03 apresentou no dia 13 as 02:00 sua temperatura mais baixa, sendo esta 10° C, e as 15:00 a temperatura mais alta, sendo 33,6° C, apresentando uma oscilação de 23,6° C. Referente a umidade deste mesmo dia a mais alta foi registrada as 07:00 com 99,3% e mais baixa foi de 28,4% as 14:00, sendo assim apresentado uma oscilação de 70,9%. No dia 14 a menor temperatura registrada foi as 02:00 com 10,5° C e a mais quente as 15:00 com 34,2° C, apresentando oscilação de 32,7° C. Referente a umidade, a mais alta foi as 04:00 com 99,3% e a hora mais seca as 15:00 com 28,8%, tendo uma oscilação de 70,5%.

O ponto 04 apresenta sua hora mais fria do dia 13 as 03:00 com 11,3° C e a mais quente as 13:00 com 31,6° C, apresentando assim uma oscilação de 20,3° C, referente a umidade a mais alta foi as 07:00 com 97,1% e a mais seca as 13:00 com 33,9%, refletindo assim uma oscilação de 63,2%. No dia 14 a temperatura mais baixa foi registrada as 04:00 com 11,6° C e mais alta as 13:00 com 31,4° C, com uma oscilação de 19,8° C, sendo a



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

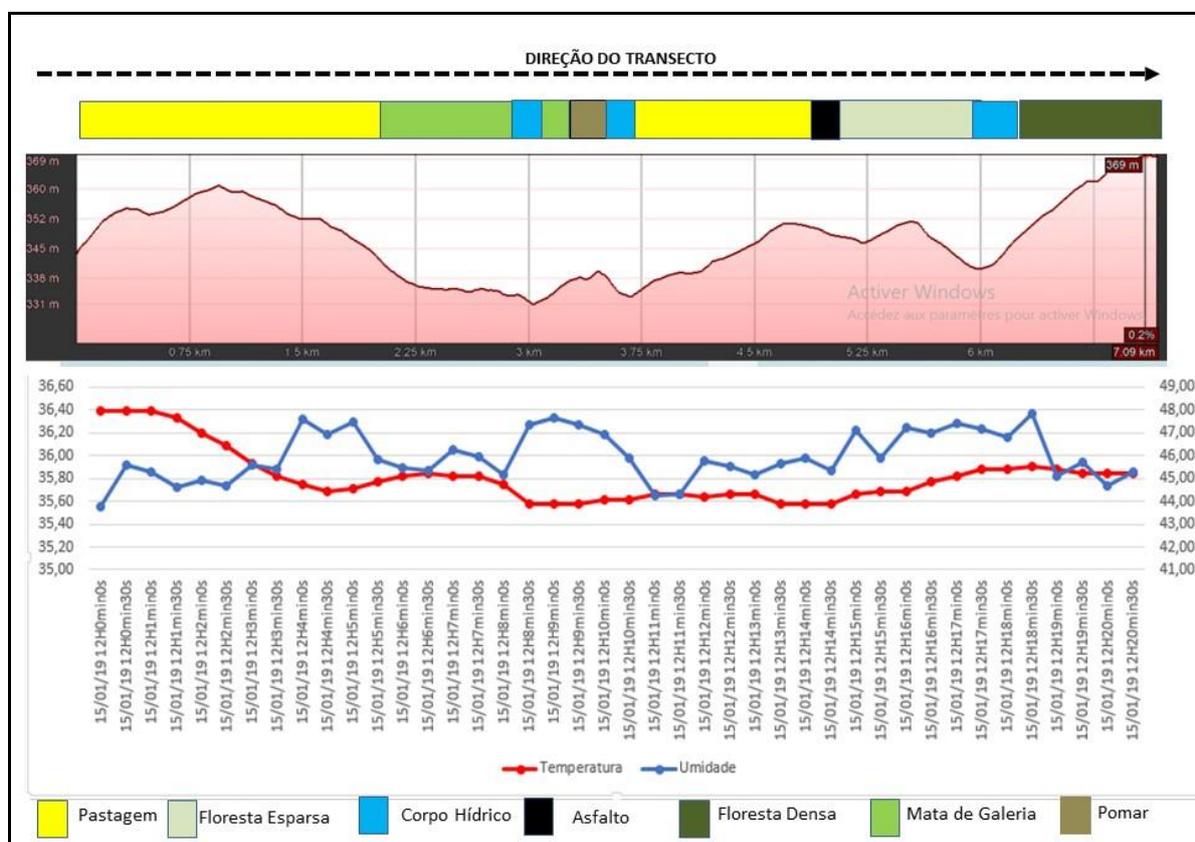
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

umidade mais alta as 07:00 com 97,5% e mais baixa as 13:00 com 39,1%, apresentando uma oscilação de 58,4%.

Referente ao transecto móvel, observa-se as distinções microclimáticas foram pouco expressivas entre as distintas paisagens para o horário, sendo que durante todo o trajeto obteve-se uma amplitude de 4.07% de umidade, e a temperatura mostrou uma amplitude térmica ainda menos expressiva, de 0.81°C. (Figura 05).

Figura 05 - Gráfico referente a temperatura e umidade do transecto móvel



Fonte: Borges e Silva.

Cabe ainda ressaltar que mesmo pouco expressivas quando comparadas à trabalhos de análise microclimática em clima urbano, as diferenças demonstram a influência da cobertura da superfície nas dinâmicas microclimáticas em área rural, sendo que essas áreas, diferentemente das cidades, não possuem muitas fontes adicionais de calor, resultantes das



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

atividades antropogênicas, como acentuado por Monteiro e Mendonça (2003) para o clima urbano. Ainda segundo esses autores dos distintos materiais que compõem as variadas superfícies das cidades, quase todos têm boa condutividade térmica e capacidade calorífica, provocando o aquecimento dos ambientes para onde flui o calor.

Evidenciamos que na área de estudo, área rural, as distinções estão mais relacionadas a diferentes configurações de cobertura vegetal, relacionado ao uso antrópico da superfície rural, o que evidencia variações microclimáticas pouco expressivas, no entanto muito significativa no contexto da agricultura familiar, dinâmica ativa na área de estudo. De acordo com Amaro et. al. (2007) a agricultura familiar necessita atenção às mínimas diferenças microclimáticas uma vez que a produção eficiente está diretamente ligada a fatores do clima, por exemplo, os três fatores climáticos mais importante para a produção de hortaliças, são a temperatura, a umidade e a luminosidade, uma vez que estes fatores influenciam no ciclo, qualidade e produtividade das hortaliças. Assim, a maioria das hortaliças é prejudicada pelo excesso de calor ou variações microclimáticas.

Contudo, na área de estudo é possível evidenciar a existência de variação termohigrométrica ao longo do transecto, relacionada aos componentes paisagísticos da superfície. Do início do transecto, entre a área de pastagem até a área constituída por mata de galeria, corpo hídrico e pomar, é notada uma variação de temperatura de 0,75°C e um aumento de 3,82% na umidade. Verifica-se que ao seguir em direção à Reserva Legal, constituída de floresta densa, a temperatura tende a se manter sem aumento significativo, com oscilação apenas em áreas de Asfalto, pastagem e floresta esparsa, verificando-se ainda aumento de umidade e queda na temperatura, ao se aproximar dos córregos, constituindo os corpos hídricos.

Em área de pomar a umidade provinda dos corpos hídricos se manteve preservada, diminuindo apenas 0,73%, além de apresentar temperatura estável, o que evidencia a importância dos sistemas florestais biodiversos, como exposto por Padovan (2016), reforçando assim a necessidade de preservação de tais espaços.

Na continuidade do Transecto mesmo passando por novas áreas de Pastagens e cruzando a rodovia a temperatura apresenta aumento pouco significativo provavelmente influenciada pela Reserva Legal nas proximidades, as quais contribuíram para uma melhor amenidade térmica do local (final do Transecto). Essa influência fica evidente ao observar que



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

a umidade do ar na reserva legal, aferida pelo ponto fixo instalado dentro da floresta (Figura 02) se mostrou superior a todos os pontos, nos horários entre as 10 e 15 horas, período de maior aquecimento da atmosfera local. Esses resultados estão de acordo com dinâmicas já pesquisadas em áreas rurais, tais como Langaro et. al. (2014) e Silveira e Carvalho (2016), que evidenciaram que as mudanças microclimáticas mais significativas das superfícies florestadas nestas áreas são entre às 11:00 e às 15:00 horas e em períodos noturnos.

Contudo, a umidade sofre declínio justamente ao entrar na área de reserva legal, fato que pode estar ligado com diversos fatores, os quais podem influenciar mudanças abruptas dos elementos microclimáticos ao longo do dia, tais como direção e velocidade do vento, morfologia da paisagem local, padrão de sombreamento, etc. o que no caso desta pesquisa merece mais aprofundamentos para esclarecimentos.

4. Considerações finais

O trabalho permitiu, identificar de modo geral, que na área de estudos as madrugadas foram úmidas e frias, e as tardes mais quentes e secas. No entanto, as madrugadas foram mais quentes na área de vegetação densa, no ponto 4, e durante o dia, suas temperaturas se mostraram mais baixas que os demais pontos, o que foi percebido também na área agrícola (ponto 2) a qual, mesmo não apresentando vegetação arbórea densa, apresenta vegetação cultivada com manejo do solo e atividades de irrigação.

A área de preservação permanente, por sua vez apresentou maior amplitude, assim como a área do Lote com pastagem e pecuária, sendo esses respectivamente os pontos 1 e 3, os quais apresentam temperaturas mais elevadas e menor umidade no início do período diurno, sendo que essa dinâmica só se inverte no finalzinho da madrugada evidenciando que esses pontos, possuem menor potencial de armazenamento da radiação solar relacionado a sua composição paisagística em comparação aos pontos 2 e 4. O ponto com área Agrícola, por exemplo, se mostrou com a menor amplitude, mediante ao sistema de irrigação, e a Reserva Legal (ponto 4), também revelou amplitudes menores, sendo este justificado pela vegetação arbórea.

O transecto percorrido por entre o assentamento, possibilitou observar a capacidade que a atmosfera tem em apresentar características diferentes de temperatura e umidade mesmo em mínimas distâncias de espaço, e em curtos períodos de tempo, mediante as



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

diferentes condições das paisagens. Reforçando a capacidade que a arborização tem em apresentar amplitudes térmicas menores que as demais a sua volta. Verificou-se que as temperaturas foram mais altas nas áreas de predomínio de pastagens, sendo amenizadas com a aproximação de áreas com presença de vegetação arbórea florestal, vegetação de sistemas agroflorestais e principalmente corpos d'água. Tais variações foram pouco expressivas se comparadas as dinâmicas do clima urbano, porém muito importantes na configuração das dinâmicas da agricultura familiar, sobretudo no viés da transição agroecológica, a qual é atualmente em andamento no Assentamento 20 de março.

Assim, percebe-se que as relações antrópicas sobre a natureza acarretam de forma direta nas dinâmicas da atmosfera, provocando influências microclimáticas capazes de impactar diretamente a qualidade de vida da população local, bem como sua produção, sobretudo em áreas de transição agroecológica, onde o manejo com o cultivo exige maiores cuidados, como no caso do Assentamento 20 de Março em Três Lagoas, no Mato Grosso do Sul.

Contudo, fica explícito a necessidade de se preservar os recursos hídricos bem como, as vegetações, seja ela natural ou de agrofloresta nos ambientes rurais, levando em consideração as alterações microclimáticas como resultado das relações antrópicas sobre o uso e ocupação desses espaços. Além disso reforça-se a necessidade de aprofundamentos em pesquisas sobre a variação microclimática no assentamento 20 de março, sobretudo em relação a recortes temporais que deem conta de captar e analisar a variabilidade nas escalas horárias em distintas estações do ano, de modo a contribuir para a transição agroecológica efetiva na área estudada.

Agradecimentos

Ao apoio infraestrutural da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e a bolsa de pesquisa concedida pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect).

5. Referências

AMARO, G. B.; SILVA, D. M.; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Circular Técnica. EMBRAPA – Brasília, 2007.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ARAUJO, A. P. Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente prudente – SP. **Revista Formação**, 17, volume 1 – p. 77-95. 2010.

BISPO, I. R. S. **Das Hortas Agroecológicas do PA 20 De Março À organização do Consumo no CPTL/UFMS: Histórico, Sujeitos e Conquistas**. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Três Lagoas – MS, 2018.

LANGARO, A. P.; MICHELUTTI, K. B.; ANTONIO, D. S. Análise Microclimática de dois Ambientes em uma Fazenda Localizada na Área Rural de Dourados – MS. **Revista eletrônica Anais do Encontro de Iniciação Científica – ENIC**. ANAIS DO 12º ENIC. Nº6, 2014

LOPES, Cláudio Ribeiro; MIRANDA, Napoleão. Desenvolvimento econômico de Três Lagoas/MS, desertos verdes e os cativeiros de papel. **Revista de Estudos Jurídicos UNESP**, Franca, ano 19, n.30, p.1-18, ago-dez, 2015

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. Moresco. Climatologia: noções e climas do Brasil. **Oficina de Texto**, São Paulo: 2007.

MERCADANTE, P. T. de M. Tese de mestrado. **Soberania Alimentar e transição agroecológica no Assentamento**, 20 de Março, Três Lagoas/MS. 2017.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. 192 p

PADOVAM, M. P. Potencial de sistemas agroflorestais biodiversos em processos de restauração ambiental. **Caderno de Agroecologia** – ISSN 2236-7934 – V. 11, N. 2, 2016 Dourados – MS.

SILVA, A. I. G.; SILVA, M. H. S. Mapeamento da Paisagem do Assentamento 20 de Março em Três Lagoas, MS. In: ANAIS...I **Encontro Regional em Comemoração ao Dia do Geógrafo**. UFMS. Três Lagoas, 2018. (101 a 112).

SILVEIRA, I. M. de M.; CARVALHO, R. G. **Microclima e conforto térmico na área da Mata da Bica, no município de Portalegre/RN**. Revista Brasileira de Geografia Física V. 09 N. 01 (2016) 062-078

VALIN JR, M. de O.; SANTOS, F. M. de M. Levantamento bibliográfico da utilização de transectos em pesquisas de clima urbano no brasil e recomendações de padronização nos procedimentos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

INFLUÊNCIA DO FENÔMENO EL NIÑO SOBRE CHUVAS E INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO (RJ) NO PERÍODO DE 2005 A 2018

CAMILA DE ALMEIDA LIMA¹
ANA VALÉRIA FREIRE ALLEMÃO BERTOLINO²
MARIA LUIZA FÉLIX MARQUES KEDE³

RESUMO

O presente trabalho apresenta a série histórica de 2005 a 2018 para avaliar a relação dos eventos de inundações com a intensidade das chuvas ocorridas sob influência do fenômeno climático El Niño. O estudo foi desenvolvido no município de São Gonçalo-RJ que é um dos 20 municípios mais populosos do Brasil. A região analisada possui clima quente com chuvas de verão e outono, o que permite caracterizá-la como Aw, conforme a classificação de Köppen. Os dados de precipitação foram coletados na Estação Climatológica Experimental Urbana da Universidade do Estado do Rio de Janeiro/Faculdade de Formação de Professores (UERJ/FFP) e os registros de inundações no município foram realizados pela Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de São Gonçalo-RJ. As análises consistiram em verificar a quantidade de eventos de chuva correspondentes às intensidades leve, moderada e forte, com os eventos de inundação sob atuação do fenômeno El Niño. Os resultados contemplaram uma relação entre os registros da quantidade de inundações com os eventos de chuvas em anos com atuação do El Niño, pois foram registradas 82,8% de ocorrências no município nos anos com El Niño e 16,9% casos em anos sem El Niño.

Palavras-chave: Variabilidade; El niño; São Gonçalo.

ABSTRACT

This paper presents the historical series from 2005 to 2018 to assess the relationship between flood events and the intensity of rainfall that occurred under the influence of the El Niño climatic phenomenon. The study was developed in the municipality of São Gonçalo-RJ, which is one of the 20 most populous municipalities in Brazil. The analyzed region has a warm climate with summer and autumn rains, which allows it to be characterized as Aw, according to the Köppen classification. Precipitation data were collected at the Experimental Urban Climatological Station of the State University of Rio de Janeiro / Faculty of Teacher Education (UERJ / FFP) and the flood records in the municipality were made by the Municipal Coordination of Civil Protection and Defense of São Gonçalo -RJ. The analyzes consisted of verifying the amount of rain events corresponding to the light, moderate and strong intensities, with the flood events under the action of the El Niño phenomenon. The results contemplated a relationship between the records of the amount of floods with the rain events in years when El Niño operated, since 82.8% of occurrences were recorded in the municipality in the years with El Niño and 16.9% of cases in years without El Niño.

¹ Mestranda, Bolsista do Programa de Apoio Técnico às Atividades de Ensino, Pesquisa e Extensão (PROATEC), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Brasil), camila.alima@live.com

² Professora Adjunta, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Brasil), anabertolino@uol.com.br

³ Professora Adjunta, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (Brasil), mluizakede@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Variability; El niño; Sao Gonçalo.

1. Introdução

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) ou simplesmente El Niño (quando referido a sua fase quente), passou a ser monitorado a partir da década de 50 pelo Centro de Previsões Climáticas da National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), mas foi entre as décadas de 80 e de 90 que as discussões sobre o fenômeno se iniciaram. Essa alteração se deu por conta da elevação da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) que não permitia a chegada das águas profundas, frias e ricas em nutrientes, à superfície para alimentarem os corais (ROSSI; SOARES, 2017).

No Brasil o fenômeno gera mudanças, elevando os acumulados de chuva na região Sul, enquanto no Nordeste, são agravados os polígonos da seca, devido à escassez de chuva provocada pelo fenômeno. No Sudeste, região de interesse deste estudo, as temperaturas médias são elevadas e as chuvas, conseqüentemente, são registradas em maiores acumulados e quantidades de eventos de maior intensidade. Em decorrência dos efeitos deste fenômeno, alguns desses eventos meteorológicos intensos podem ser capazes de produzir precipitações severas em uma dada região geográfica e, assim, estarem associados a episódios de inundações, enchentes e alagamentos.

Dessa forma, a pesquisa apresenta a série histórica de 2005 a 2018 para avaliar a relação dos eventos de inundações com a intensidade das chuvas ocorridas sob atuação do fenômeno climático El Niño. Portanto, o objetivo central deste trabalho é avaliar as inundações relacionadas com as chuvas ocorridas nos verões (Janeiro, fevereiro, março e dezembro), do período mencionado, e analisar as influências do fenômeno climático El Niño nesta relação. E para isso, serão consideradas as possíveis alterações na quantidade de eventos e na intensidade das chuvas, corroborando para o aumento de inundações no município de São Gonçalo, estado do Rio de Janeiro (Brasil).

2. Metodologia

O estudo foi desenvolvido no município de São Gonçalo-RJ (Figura 01) e conforme o IBGE (2010) é um dos 20 municípios mais populosos do Brasil e o segundo mais populoso do Estado do Rio de Janeiro. Com 1.084.839 habitantes (IBGE, 2019) o município possui



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

248,160 km² (IBGE, 2018) e está mais especificamente localizado na porção leste da Baía de Guanabara e sudoeste do Estado do Rio de Janeiro.

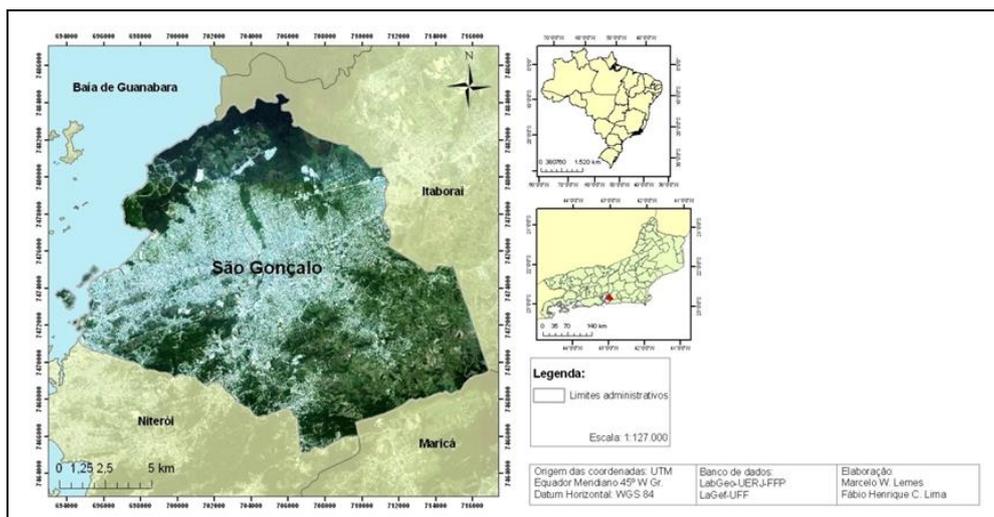
O município apresenta limites territoriais com o município de Niterói, ao Sul, Maricá a Sudeste, Itaboraí ao Norte e a Leste e com a Baía de Guanabara, a Oeste (Figura 01). Faz parte com outros municípios da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro.

O relevo do município é caracterizado por três feições distintas: relevo de morros isolados, planícies flúvio-marinhas e superfícies coluvionares. São Gonçalo é marcado por um relevo colinoso, que corresponde a 35% da área total, e pela presença de maciços, tabuleiros e planícies costeiras (PMSG, 2008).

A área é drenada pelas bacias do rio Bomba, Brandoas, Maribondo, Imboaçú, Alcântara e rio das Pedrinhas, e pelas sub-bacias do rio Guaxindiba, Goiana, Aldeia e Canal Porto da Rosa.

A região analisada possui clima quente com chuvas de verão e outono, o que permite caracterizá-la como Aw, conforme a classificação de Köppen (AYOADE, 1996). O período seco ocorre entre maio e outubro e o período no qual ocorre maior quantidade de chuva se encontra entre novembro e abril. Em geral, a região apresenta temperaturas quentes e alta umidade relativa do ar, em média 74,0%, na maior parte do ano (BERTOLINO *et al.* 2007).

Figura 01 – Limites administrativos do município de São Gonçalo



Fonte: Laboratório de Geociências (LabGeo) da UERJ/FFP (2021).



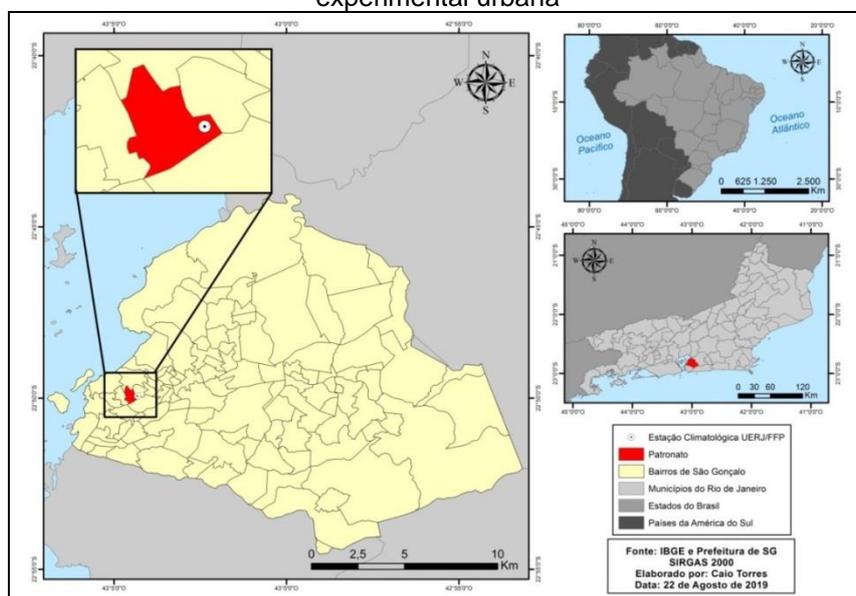
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os dados para este estudo foram obtidos na Estação Meteorológica Experimental Urbana (Figura 02), através das leituras diárias feitas às 12 TMG ou 9h da manhã, horário local, localizada na Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Faculdade de Formação de Professores (UERJ/FFP), no município de São Gonçalo-RJ, que se encontra nas coordenadas 22°49'55,97"S e 43°4'25,52"W e a 20 m de altitude.

Figura 02 – Localização do município de São Gonçalo-RJ e a estação climatológica experimental urbana



Fonte: Laboratório de Geociências (LabGeo) da UERJ/FFP (2021).

Para a análise dos dados foram realizados tratamentos estatísticos e estudos comparativos dos valores obtidos na Estação Meteorológica e dos padrões estabelecidos pelas Normais Climatológicas do INMET para a Estação do Rio de Janeiro, que foram baseadas numa série de dados obtidos entre 1961 e 1990.

A metodologia consistiu na realização de análises de precipitação e os eventos de inundação ocorridos nos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro, março) no município de São Gonçalo-RJ, no período de 2005 a 2018. As análises possuem o objetivo de mostrar se a quantidade de eventos mensais pluviométricos totais registrados e os possíveis registros de umidade antecedente tem alguma relação com os eventos de inundações. Além disso, foram realizadas comparações entre as chuvas de verão nos anos sob a influência do fenômeno El Niño e nos anos em que não houve atuação do fenômeno, com o objetivo de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

verificar se há alguma diferença no acumulado pluviométrico, devido às influências que o fenômeno ocasiona no município em questão.

A análise da chuva foi feita em três etapas, sendo a primeira relacionada à distribuição das chuvas em períodos com e sem El Niño. No segundo momento, foram decompostos os pluviogramas diários para que dessa forma pudessem ser obtidos os eventos de chuva, comparando seus registros conforme sua intensidade, leve ($\leq 2,5$ mm/h), moderada (entre 2,5 mm/h e 7,5 mm/h) e forte ($>7,5$ mm/h), conforme a escala Reichardt (1987), para posteriormente conhecer a dinâmica pluviométrica em anos com e sem El Niño.

No terceiro momento, foram analisadas as frequências de acumulados pluviométricos com o objetivo de observar um possível aumento de eventos de chuva de diversas intensidades que ocorreram em anos com e sem El Niño. As frequências de chuva foram contabilizadas de acordo com a quantidade de eventos que ocorreram dentro dos intervalos entre 0-10 mm; 10-20 mm; 20-30 mm; 30-40 mm; 40-50mm e acima de 50 mm. E, também, foram relacionados os acumulados de chuva sob atuação e ausência do fenômeno, além de comparações com os eventos de inundação registrados conforme os boletins de ocorrência da Defesa Civil Municipal (Figura 03).

Figura 03 – Ficha de campo para boletim de ocorrência (adaptado)

DEFESA CIVIL
MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA

PMSG/ COMDEC/ LAB GEO/ UERJ-FFP

LAB GEO

Folha de Campo

BO: _____

Protocolo: _____

Data Vistoria: ____/____/____

Data Georef: ____/____/____

Solicitante: _____ tel.: _____

Motivo: _____

Endereço: _____

Bairro/Distrito: _____

Referência: _____

Confirmações:

Vistoria ____/____/____ às ____:____ Agentes: Ana Carolina Barbosa de Oliveira
em: _____ Enzo Merlim Delazeri

Tipo de Informações
local: _____

UTM: _____ = E. _____ = S () / N ()

Relatório: _____

Fonte: Defesa Civil (adaptado) (2021).

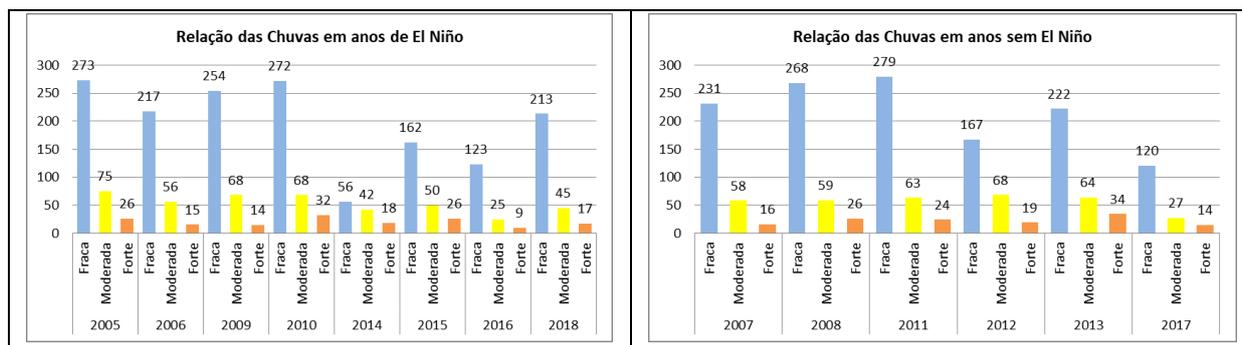


Os registros de inundações no município foram realizados pela Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de São Gonçalo-RJ e constam do Sistema de Informação da Defesa Civil (SIDEV). Os dados sobre as inundações entre o período de 2005 a 2018 foram obtidos por intermédio dos Boletins de Ocorrência da Defesa Civil de São Gonçalo, no qual constam em cada boletim de ocorrência informações referentes a coordenadas geográficas, endereço, bairro, data, hora, tipo de evento, descrição do cenário, e outras observações pertinentes ao trâmite interno da Prefeitura Municipal. Foram feitas coletas de informações para confecção de banco de dados relacionados às inundações do município de São Gonçalo. Todas as inundações que ocorreram no período de 2005 a 2018 foram georreferenciadas pela prefeitura do município, utilizando o Sistema de Posicionamento Global (GPS), buscando-se espacializar as ocorrências.

3. Resultados e discussão

Visando analisar os efeitos do El Niño, o período de estudo, a princípio, foi separado em anos com e sem atuação do fenômeno, que foi caracterizado através dos índices ONI maiores e menores que 0,5°C por mais de 3 meses consecutivos (PEREIRA *et al.*, 2020, no Prelo). É possível observar, na figura 4, a escala de intensidade de chuva, forte, moderada e fraca, (REICHARDT, 1987) durante o período e perceber certo equilíbrio em anos com e sem El Niño.

Figura 04 – Intensidade de Chuva no período de 2005 a 2018 com e sem atuação do El Niño



Fonte: Laboratório de Geociências (LabGeo) da UERJ/FFP (2021).

De modo a compreender a atuação das chuvas, buscou-se analisar a quantidade de chuva conforme sua frequência ao longo dos anos. Notou-se que sob a influência do El Niño o número de eventos de chuva foi de 2.163, enquanto em anos sem a atuação do fenômeno apenas 1.779. E, também, o número de chuvas nas frequências acima de 30mm foi maior em



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

anos com El Niño, no intervalo de 30-40mm tiveram 18 eventos; 40-50mm foram 6 e acima de 50mm, 13 eventos. Enquanto que em anos sem atuação do fenômeno tivemos respectivamente um total de 13, 4 e 5 eventos.

Tabela 1 - Eventos de chuva ao longo dos anos com e sem atuação do El Niño

Com El Niño	2.163 eventos													
Sem El Niño	1.779 eventos													
Frequência de chuva	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017*	2018
0-10 mm	360	265	282	329	307	344	364	228	288	100	216	147	150	260
10-20 mm	8	16	14	15	18	16	11	23	25	12	14	0	9	10
20-30 mm	0	6	7	3	6	7	3	0	4	3	4	5	2	2
30-40 mm	4	0	1	4	1	2	4	2	1	0	4	3	1	4
40-50 mm	1	0	1	1	3	1	0	1	1	1	0	0	0	0
> 50 mm	1	1	2	2	1	5	0	0	1	0	1	3	0	1
<i>Total</i>	<i>374</i>	<i>288</i>	<i>307</i>	<i>354</i>	<i>336</i>	<i>375</i>	<i>382</i>	<i>254</i>	<i>320</i>	<i>116</i>	<i>239</i>	<i>158</i>	<i>162</i>	<i>277</i>

*Problemas no monitoramento da Estação Climatológica.

Fonte: Laboratório de Geociências (LabGeo) da UERJ/FFP (2021).

Quando se compara os anos de 2005/2006 (anos com El Niño) com os anos de 2007/2008 (anos sem El Niño), percebe-se que o primeiro período registra um percentual de 2,2% maior no intervalo de 0 a 10 mm, em relação ao segundo biênio. Contudo, no acumulado maior que 50 mm, os anos de 2007/2008 apresentaram 50% de aumento, em relação aos anos de 2005/2006. Esse aumento pode ser justificado pela atuação de diversos fenômenos no ano de 2008 no Sudeste, como centros de baixa pressão, cavados e sistemas frontais associados a ciclones, que contribuíram para que o ano fosse classificado como “muito chuvoso”, conforme afirmado pelo INMET.

De acordo com os dados apresentados, é possível observar que na maioria dos anos que tiveram influência do El Niño foram encontradas maiores quantidades de eventos de chuva. No município de São Gonçalo-RJ, segundo os dados, é mais frequente ocorrer precipitação de menores acumulados, entre 0 e 10 mm, pois a média de eventos nesse intervalo foi de 249,4 ao longo da série analisada. Já os eventos dentro do intervalo maior que 50 mm, geralmente não ocorrem com a mesma frequência, podendo ser observada uma média de 1,2 eventos ao longo do período analisado, sendo 13 eventos nos anos com El Niño



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

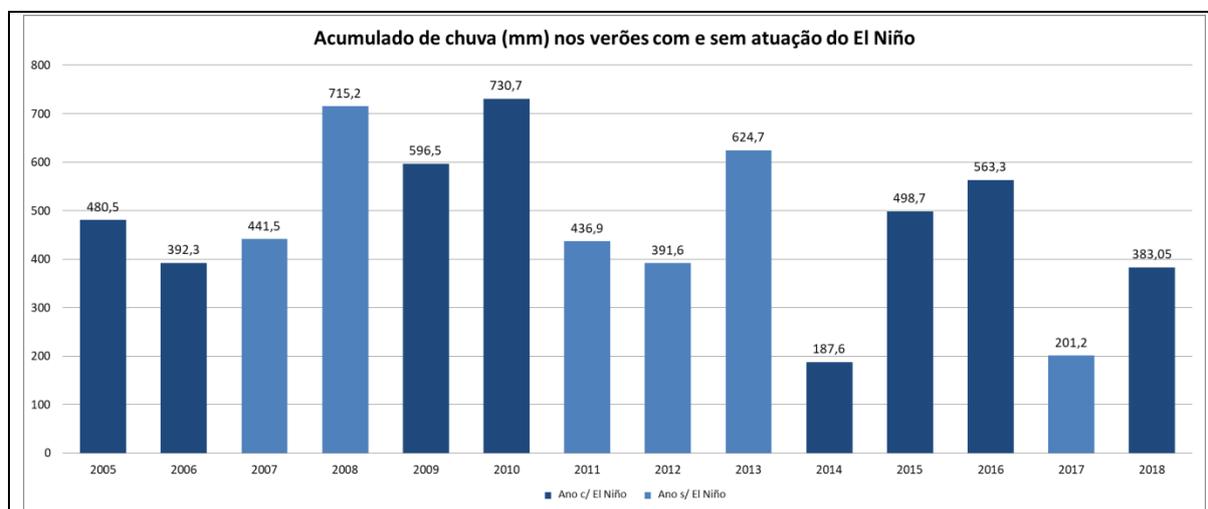
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e 5 eventos nos anos sem El Niño, significando um aumento de 61,5% dos eventos nesse intervalo em anos com atuação do fenômeno.

Segundo o acumulado de chuva registrado no período do verão de cada ano da série histórica analisada (Figura 05), é possível observar que os anos em que ocorreu o El Niño apresentaram maiores acumulados pluviométricos, podendo ser justificado pelo aumento da temperatura média, que intensifica a evaporação.

Seguindo a variabilidade temporal da precipitação, as taxas mais representativas foram registradas nos anos de 2005, com 116 eventos de chuva leve, 30 eventos moderados e 14 eventos fortes. O volume acumulado de chuva no verão desse ano foi de 480,5 mm. Já no ano de 2007 (ano sem El Niño em sua maior parte) puderam ser observados 85 eventos leves, 31 eventos moderados e apenas 4 eventos fortes, representando uma redução de 66,7% em comparação com o ano de 2006, que sofreu influência do fenômeno. A diferença registrada entre o valor obtido em 2007 pela Estação Climatológica da UERJ/FFP e a média de verão das Normais Climatológicas do INMET foi de 50,2 mm (Figura 05).

Figura 05 – Eventos de acumulado de chuva nos verões (2005-2018) – São Gonçalo-RJ, Brasil



Fonte: Laboratório de Geociências (LabGeo) da UERJ/FFP (2021).

No ano de 2008 houve uma significativa diferença quando comparado aos anos de 2005, 2006 e 2007, pois os mesmos ficaram abaixo da média, enquanto o ano de 2008 ficou 223,3 mm acima do esperado para o verão. Segundo Pereira (2009) e Tórnio (2019) o ano de 2008 foi classificado como um ano “chuvoso” pelo INMET devido aos fenômenos atuantes.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

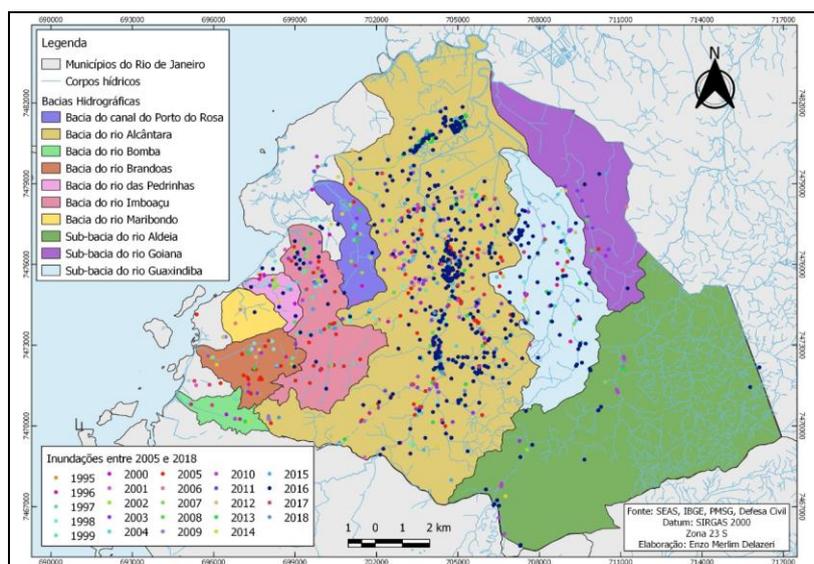
Entretanto, não houve muitos registros de inundações, indicando que a precipitação foi bem distribuída ao longo do verão.

No ano de 2016 (ano com El Niño) foram observados 82 eventos de chuva leve, 16 eventos de chuva moderada e 9 eventos de chuva forte. Ainda que esse ano tenha sido classificado como um ano “extremamente seco” pelo INMET (TÓRNIO, 2019), o verão do ano de 2016 ficou 71,6 mm acima da média esperada para os verões. E os episódios de chuva de maior intensidade foram suficientes para ocasionar inúmeras inundações no município de São Gonçalo-RJ devido à combinação da ocorrência de fenômenos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), cavados e sistemas frontais de característica fria. Esses fenômenos podem ser apontados como possíveis responsáveis pelo volume de 563,3 mm obtidos no verão de 2016, o que pode ter acarretado na elevada quantidade de inundações registradas.

3.1 Correlação dos dados de chuva com as inundações

As inundações registradas permitem observar os dados de cada ano da série histórica selecionada. Observa-se a maior quantidade de inundações na bacia do rio Alcântara (Figura 06), a qual sofreu com a intervenção antrópica ao longo dos anos, gerando alterações impactantes nos cursos dos rios e que, por sua vez, ocasiona diversos problemas para os bairros que se encontram nas imediações.

Figura 06 – Distribuição das inundações no município de São Gonçalo-RJ, Brasil



Fonte: Laboratório de Geociências (LabGeo) da UERJ/FFP (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

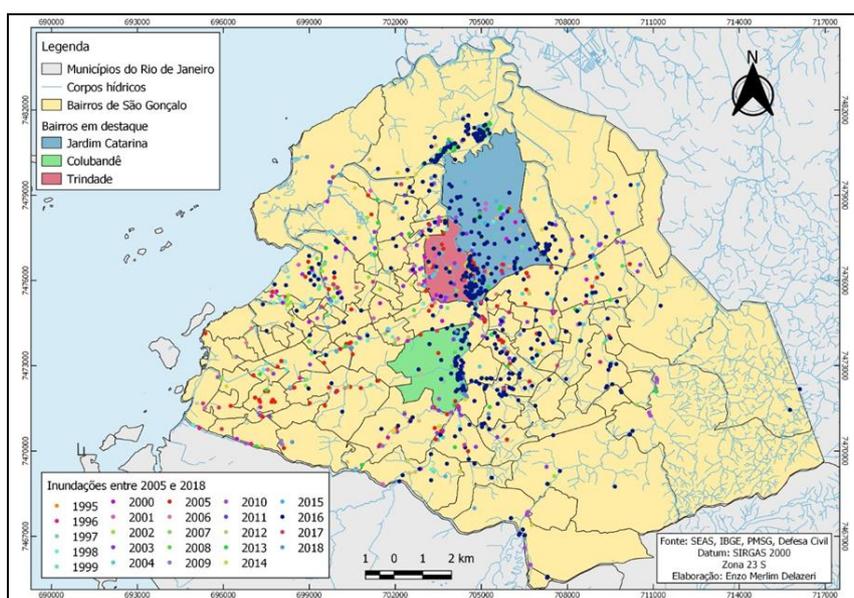
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Delazeri (2015) afirma que devido aos maiores registros de inundações nas regiões das bacias hidrográficas e sub-bacias destacadas, a Prefeitura do município e o Governo Estadual realizam periodicamente serviços referentes à dragagem em pequenos trechos, a fim de aprofundar os rios de modo a reduzir os eventos de inundações em tais locais.

Segundo Silva (2006), Pereira (2009) e Botelho, (2011), as inundações são decorrentes de diversos fatores, os quais quando combinados entre si, podem gerar transtornos de imensa magnitude, como a ocorrência de enxurradas, devido à baixa capacidade de infiltração da pavimentação asfáltica em áreas urbanas. Além disso, pode-se acrescentar como um dos fatores preponderantes a ação antrópica que exerce atividades prejudiciais à capacidade de infiltração do solo, como construções desordenadas e a deposição de lixo em vias públicas, entupindo bueiros, agravando a dificuldade para o escoamento da água da chuva.

É possível observar que a maior quantidade de pontos de inundações se concentra na parte central do município (Figura 06), onde é situada a bacia do rio Alcântara. É importante ressaltar que esta área sofre com adensamento urbano intenso junto com uma infraestrutura deficiente e precária, impermeabilização crescente do solo, dentre outros problemas. Na localização da bacia do rio Alcântara, percebe-se que os bairros correspondentes são os que mais sofrem com as inundações (Figura 07).

Figura 07 – Mapa de distribuição de pontos de inundações em São Gonçalo-RJ, Brasil



Fonte: Laboratório de Geociências (LabGeo) da UERJ/FFP (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

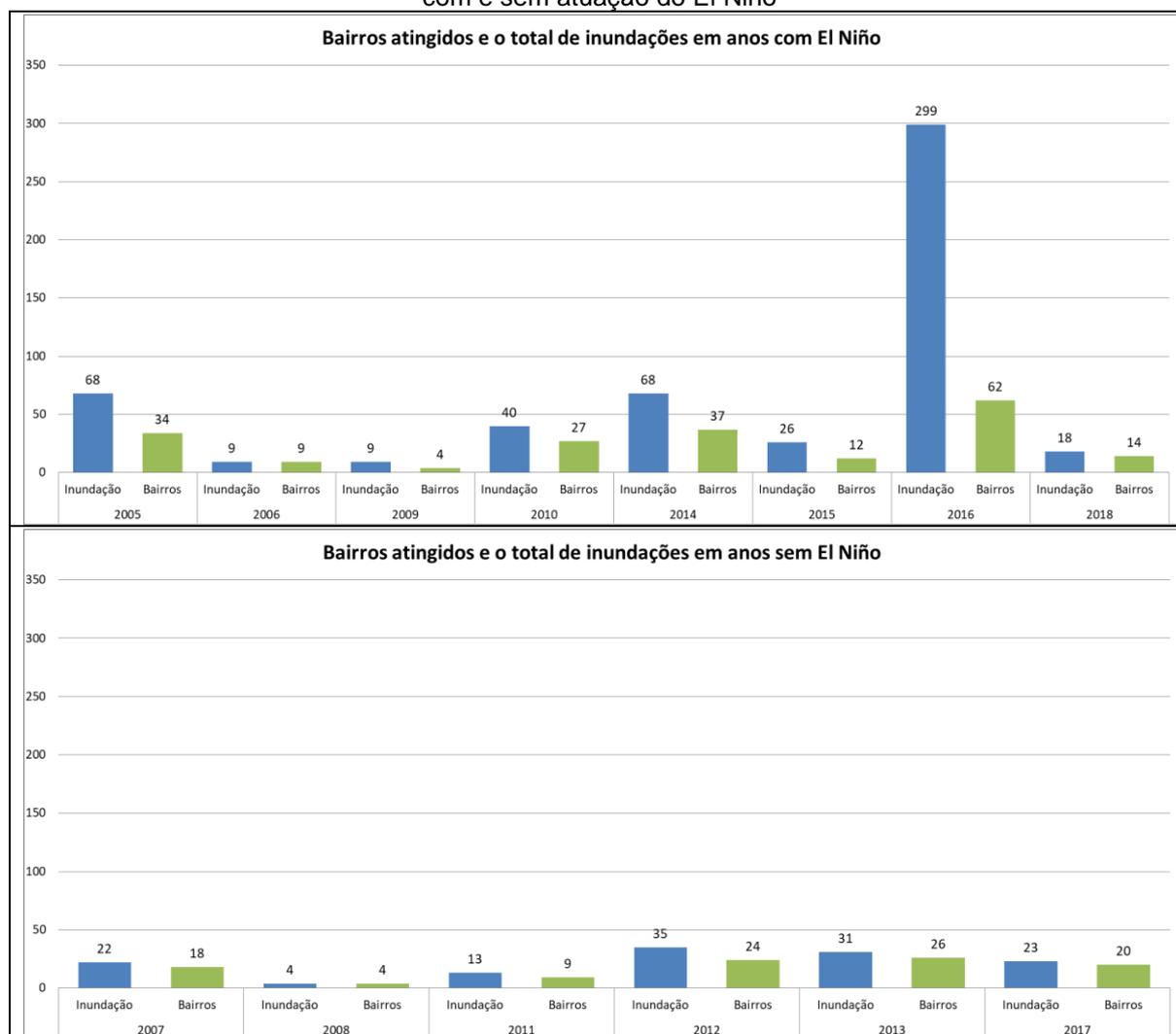
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ao observar a distribuição das inundações nos bairros do município de São Gonçalo, percebe-se que as maiores frequências de inundações foram no Jardim Catarina, seguido do bairro Colubandê e depois Trindade (Figura 07), indicando assim que são regiões de maior vulnerabilidade de São Gonçalo-RJ (SILVA, 2006; PEREIRA, 2009).

Ao observar o gráfico (Figura 08), em que temos o número de bairros atingidos e o número de ocorrências de inundações em anos com e sem a influência do El Niño, pode-se perceber que as maiores taxas foram observadas nos anos com atuação do fenômeno.

Figura 08 – Relação dos bairros atingidos e o total de eventos de inundações em anos com e sem atuação do El Niño



Fonte: Laboratório de Geociências (LabGeo) da UERJ/FFP (2021).



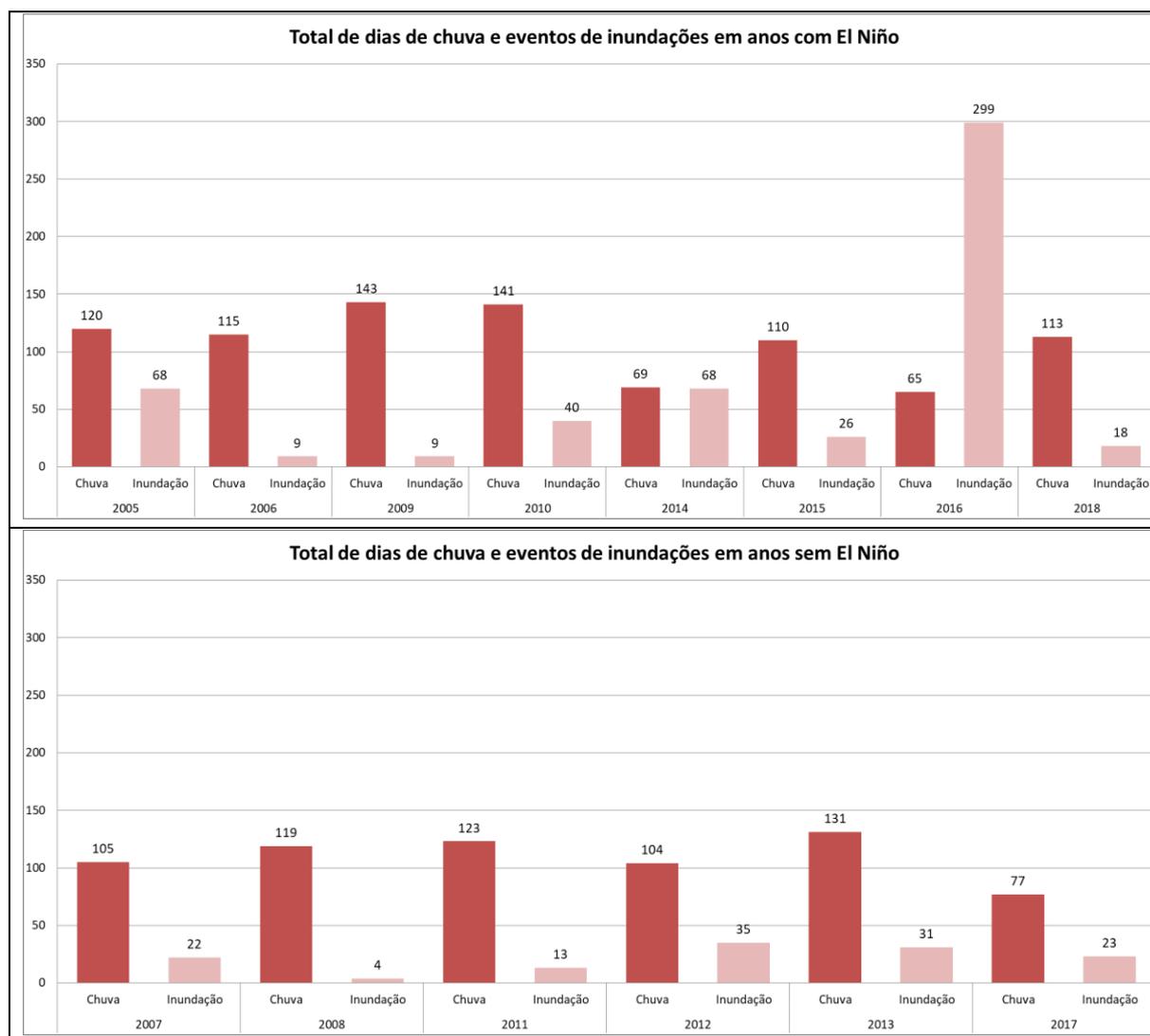
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ao relacionar o número de dias de chuva com os eventos de inundação (Figura 09), se torna mais nítida a influência do El Niño no aumento das chuvas e, conseqüentemente, das inundações no município.

Figura 09 – Relação de chuvas e eventos de inundação em anos com e sem atuação do El Niño



Fonte: Laboratório de Geociências (LabGeo) da UERJ/FFP (2021).

Dessa forma, podemos concluir que os resultados contemplaram uma relação entre os registros da quantidade de inundações com os eventos de chuvas em anos com atuação do El Niño, pois foram registradas 82,8% de ocorrências no município nos anos com El Niño e 16,9% casos em anos sem influência do fenômeno.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

Um grande número de bairros do município de São Gonçalo-RJ é afetado pelas inundações, principalmente os que se situam em meio à bacia do rio Alcântara, a qual vem passando por diversos processos de alteração, devido ao desenvolvimento urbano. Como foi exposto, existe uma relação entre as inundações e o aumento da urbanização, esses fatores quando somados aos fenômenos atmosféricos acabam por desencadear pontos de inundação no município.

Neste estudo foi possível observar, ao longo da série histórica analisada, que sob influência do El Niño há um aumento na quantidade de chuvas, o que ajuda a deflagrar problemas referentes às inundações em diversos bairros. Através das análises das chuvas em concomitância com as inundações, foi possível perceber que, por mais que o ano seja considerado seco, através da combinação ou da atuação de um único fenômeno atmosférico é possível ocorrer eventos significativos de chuva.

A partir das análises dos outros anos, percebeu-se que durante as edições do El Niño houve eventos mais expressivos de inundações, que podem ser explicados devido à elevação da temperatura média no Sudeste brasileiro. Entretanto, para reduzir esses eventos que proporcionam riscos à população gonçalense, existem alguns fatores que podem contribuir para a melhoria do município, como a adoção de uma política de educação ambiental destinada à população e a realização de obras direcionadas aos sistemas de drenagem. Visto que o objetivo é promover maior segurança aos munícipes mesmo em anos de El Niño ou em meio a ocorrências de fenômenos atmosféricos que venham a ocasionar maiores volumes de chuva.

5. Referências

AYOADE, J. O. Classificações climáticas e climas regionais. *In.*: AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p 231-234. Cap. 11. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos. Revisão de Suely Bastos. Coordenação editorial de Antonio Christofolletti.

BERTOLINO, A. V. F. A. *et al.* Análise da dinâmica climatológica no município de São Gonçalo RJ. **Revista Tamoios**, v. 4, p.1-13, triênio 2004 - 2007.

BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. *In.*: GUERRA, A.J.T. (Org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p 71-110.

DELAZERI, E. M. **Análise pluviométrica e sua relação com as enchentes em São Gonçalo, uma análise espacial por georreferenciamento das ocorrências dos anos de**



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2006 a 2014. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em licenciatura em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo-RJ, 2015. Orientadora: Ana Valéria Freire Allemão Bertolino.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Área Territorial.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/sao-goncalo.html>. Acesso em: 02 fev. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Área Territorial.** Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/sao-goncalo.html>. Acesso em: 02 fev. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População Estimada.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/sao-goncalo.html>. Acesso em: 02 fev. 2021.

PEREIRA, G. C. **Correlação dos dados de intensidade de chuva com as enchentes mais expressivas ocorridas no município de São Gonçalo – RJ no período de 2005 a 2008.** 2009. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em licenciatura em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo-RJ, 2009. Orientadora: Ana Valéria Freire Allemão Bertolino.

PEREIRA, J. C. M. *et al.* Risco de inundações com as chuvas de verão sob a influência do fenômeno El Niño entre 2005 e 2018 no município de São Gonçalo-RJ (Brasil). **Revista Territorium**, v.29, n.1, jan.-jun. 2022. No prelo.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GONÇALO. **Plano Diretor Municipal Participativo:** caracterização da situação atual. Disponível em: <http://www.saogoncalo.rj.gov.br>. Acesso em: 23 fev. 2021.

REICHARDT, K. **Água em sistemas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1987. 188p.

ROSSI, S.; SOARES, M. D. O. Effects of El Niño on the coastal ecosystems and their related services. **Mercator**, Fortaleza, online, v. 16, 2017. e-16011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v16/1984-2201-mercator-16-e16030.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.

SILVA, A. T. **Levantamento das áreas de inundação no médio e baixo curso da bacia do rio Guaxindiba - Alcântara - SG/RJ.** 2006. 94f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo-RJ, 2006. Orientadora: Ana Valéria Freire Allemão Bertolino.

TÓRNIO, C. A. A. (2019). **Dinâmicas atmosféricas e a gênese das chuvas no município de São Gonçalo (RJ) no período de 2005 a 2016.** 2019. 160f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em licenciatura em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo-RJ, 2019. Orientador: Maria Luiza Félix Marques Kede.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE DA TENDÊNCIA PLUVIOMÉTRICA ANUAL NA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, NO PERÍODO DE 1979 A 2019

RAFAEL GRECCO SANCHES¹
BRUNO CÉSAR DOS SANTOS²
MAURÍCIO SANCHES DUARTE SILVA³
GUSTAVO ZEN DE FIGUEIREDO NEVES⁴

RESUMO

A climatologia tropical se evidencia no comportamento das tendências nas chuvas nessa região central do estado de São Paulo. Para tanto, compreender seu comportamento temporal e espacial assume grande relevância, em função do impacto dessas na dinâmica urbana e rural, bem como para seu planejamento estratégico. Com isso, o estudo objetivou analisar as chuvas anuais na região central do Estado de São Paulo, a fim de compreender sua evolução temporal e espacial, além de avaliar possíveis tendências para essa, que se insere na dinâmica tropical (sazonalmente chuvoso/estiagem). Foram analisados 40 anos de dados diários de chuvas, em 31 postos pluviométricos. Utilizou-se da tendência *Laplace factor* para analisar os dados temporais históricos e de tendência. Além disso, notou-se que nos episódios de chuvas anuais há presença marcante de regiões orográficas, também, pode influenciar nos valores de chuvas e, resultar em um comportamento pluviométrico distinto por efeito orográfico, em relação a outras áreas onde o relevo é mais plano. As chuvas anuais, portanto, tendem a concentração, uma vez que os volumes anuais diminuem ou aumentam (ciclicamente), mas notam-se precipitações pluviométricas mais intensas (mm) em dias chuvosos, além do aumento da tendência dos dias com chuvas. Em tempo, nas tendências pluviométricas e, usando técnicas de aprendizado de máquinas em climas tropical, para as precipitações das chuvas de prever à precipitação a nível significativo e aceitável para a previsão, serão realizados outros trabalhos futuros.

Palavras-chave: Climatologia geográfica; Climatologia estatística; Tendências pluviométrica.

ABSTRACT

Tropical climatology is evident in trends in rainfall in this central region of the state of São Paulo. Therefore, understanding their temporal and spatial behavior assumes relevance due to their impact on urban and rural dynamics and their strategic planning. Thus, the study aimed to analyze the daily rainfall in the central region of the State of São Paulo to understand its temporal and spatial evolution and evaluate possible trends for this, which is part of the tropical dynamics (seasonally rainy/drought). Thirty-eight years of daily rainfall data were analyzed at 31 rainfall stations. We used the Laplace trend factor to analyze historical and trend time data. It noted that there is a significant presence of orographic regions in daily rainfall episodes, which can also influence rainfall values and result in a different rainfall behavior due to the

¹ Doutor Ciências Eng. Ambiental, Universidade de São Paulo, rafagsanches@alumni.usp.br

² Doutorando Ciências Eng. Ambiental, Universidade de São Paulo, bru_cesar@usp.br

³ Doutor Ciências Eng. Ambiental, Universidade de São Paulo, msan80@gamil.com

⁴ Doutor Ciências Eng. Ambiental, Universidade de São Paulo, gustavozen@usp.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

orographic effect. Therefore, daily rainfall tends to be concentrated as annual volumes decrease or increase (cyclically). However, more intense rainfall (mm) note on rainy days, in addition to an increase in the trend of rainy days. In time, on rainfall trends and using machine learning techniques in tropical climates, rainfall precipitation predicts rainfall at a significant and acceptable level for forecasting, and further work will be carried out.

Keywords: Geographic climatology; Statistical climatology; Rainfall trends.

1. Introdução

A dinâmica e os fluxos atmosféricos sul-americanos estão diretamente associados às chuvas, sendo que os aspectos físicos e de circulação da atmosfera tornam essa região do planeta uma das áreas com presença de chuvas mais intensas, destacando os ventos, uma vez que expressam áreas de convergência e entre outras (SERRA; RATISBONNA, 1942).

As chuvas na América do Sul são heterogêneas e, são complexas do seu entendimento. Diante das características que compõem os climas da América do Sul e do sudeste brasileiro, notam-se inúmeros estudos que reafirmam a complexidade dos seus elementos, bem como na análise temporal dos seus efeitos espaciais (DUFEK; AMBRIZZI, 2008; REBOITA *et al.*, 2012; CAVALCANTI *et al.*, 2009; HAYLOCK *et al.*, 2006; VÁSQUEZ *et al.*, 2018; ZILLI *et al.*, 2017).

No sudeste brasileiro tais anomalias podem ser verificadas por meio da influência em tendências para o aumento ou diminuição das temperaturas, bem como nas tendências dos volumes de chuvas (KAYANO; CAPISTRANO, 2014; PSCHIEDT; GRIMM, 2009; VÁSQUEZ *et al.*, 2018).

As teleconexões, nesse sentido, contribuem para o entendimento da flutuação climática por meio de dados oceânicos do Atlântico e do Pacífico, como a OMA (Oscilação Multidecadal do Atlântico), as fases do El Niño – sua fase positiva (ENSO – El Niño Oscilação Sul; aumento na temperatura do Pacífico) e La Niña – sua fase negativa (resfriamento na temperatura do Pacífico), a ODP (Oscilação Decadal do Pacífico), por exemplo. (DRUMOND; AMBRIZZI, 2008; EVANGELISTA *et al.*, 2007; KAYANO; CAPISTRANO, 2014; PSCHIEDT; GRIMM, 2009; VÁSQUEZ *et al.*, 2018).

Entretanto, tais estudos vêm apontando para mudanças significativas no comportamento temporal (anual, mensal e diários) e espacial das chuvas nessa região da



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Terra. Além disso, essas possíveis alterações se reafirmam por meio de impactos ambientais e sociais de grande ocorrência e recorrência significativas.

E, com isso, analisar o comportamento pluviométrico, principal elemento discutido na grande maioria dos estudos em climatologia tropical e nessa região do planeta, expressa inúmeras possibilidades e lacunas a serem preenchidas, por meio de estudos de natureza estatística, de climatologia regional, etc.

Dentre esses, o aumento nos dias chuvosos com baixo volume pluviométrico, a concentração do volume de chuvas em um menor número de dias chuvosos, entre outros. E, os estudos que possibilitem a compreensão dos dados pluviométricos, seu comportamento sazonal na região e as tendências para as chuvas, em seu total ou em eventos extremos, apresentam grande interesse em climatologia (DUFEK; AMBRIZZI, 2008; HAYLOCK *et al.*, 2006; VÁSQUEZ *et al.*, 2018; ZILLI *et al.*, 2017)

Este estudo pode contribuir para com a compreensão da dinâmica das chuvas, por meio de uma das regiões onde o comportamento pluviométrico é flutuante, sazonal, além de expressar umas das regiões do Brasil em que os aspectos do clima são mais heterogêneos espacial e temporalmente. Diante disso, o estudo objetivou analisar as chuvas anuais na região central do Estado de São Paulo, a fim de compreender sua evolução temporal, além de avaliar possíveis tendências para essa, que se insere na dinâmica tropical (sazonalmente chuvoso/estiagem).

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo, situa-se na região Sudeste do Brasil, no centro-leste do estado de São Paulo, totalizando uma área de 9.151,7 km² e que integra um total de 16 municípios paulistas: Analândia, Brotas, Charqueada, Corumbataí, Descalvado, Dois Córregos, Dourado, Ibaté, Ipeúna, Itirapina, Ribeirão Bonito, Rio Claro, Santa Maria da Serra, São Carlos, São Pedro e Torrinha (Figura 01).

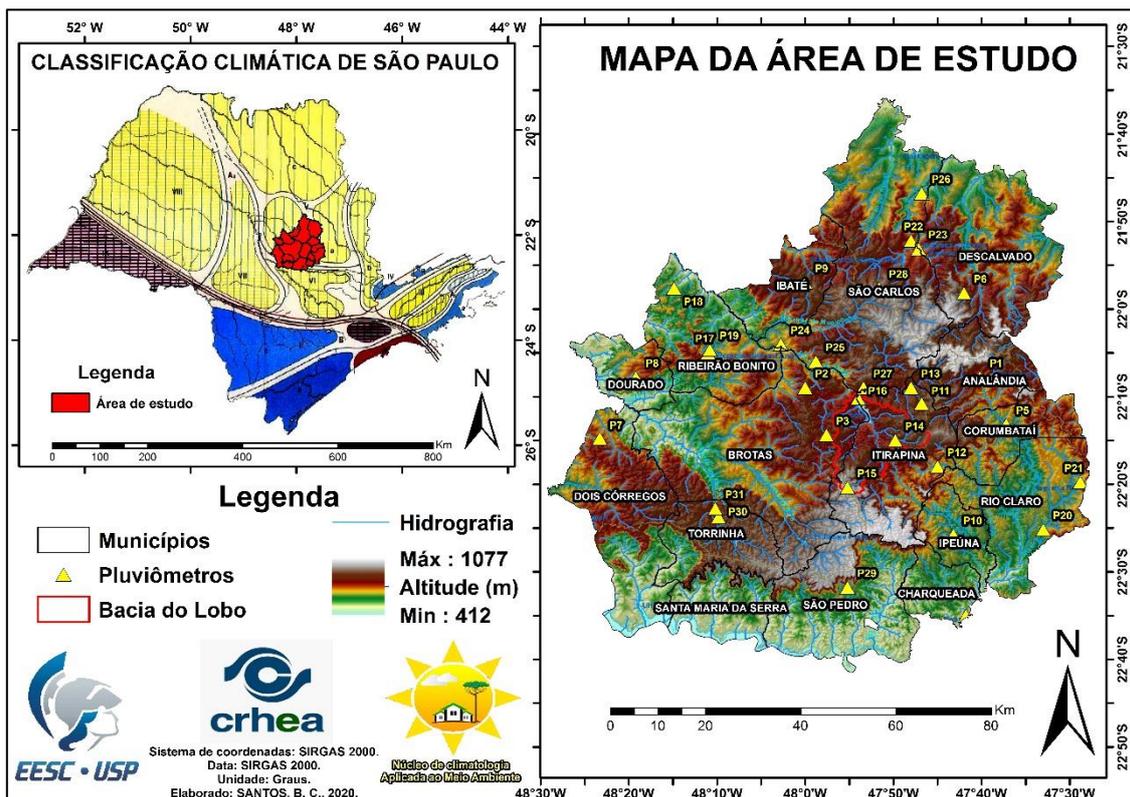


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 – Localização da área de estudo (vermelho) dentro da classificação climática de São Paulo. O mapa hipsométrico indicam a localização dos transectos apresentados na parte inferior. Os pontos em amarelo indicam a localização dos postos pluviométricos. A linha em vermelho delimita a bacia hidrográfica do reservatório do Broa



Elaboração: Sanches *et al.*

Tais municípios enquadram, segundo a classificação de Monteiro (1973), em climas regionais tropicais alternadamente secos (abril a setembro) e úmidos (outubro a março) com predomínio do tipo A2/Vb (Serra de São Carlos).

Isso, representa, um aspecto importante e pontual de variação sazonal da distribuição das chuvas frente ao padrão da circulação atmosférica regional que compõe a área estudada (MORUZZI; OLIVEIRA, 2009; ZILLI *et al.*, 2017; SANCHES *et al.*, 2018; SANCHES, 2019; SANTOS *et al.*, 2017; 2018 e 2020), diante da eventualidade de episódios excepcionais se manifestarem na região.

Em termos geomorfológicos, a área encontra-se na transição entre duas morfoestruturas, o Planalto Ocidental, formada numa grande zona de relevo suave compostas



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

por colinas, morros baixos e serras, com uma altitude média aproximadamente de 900m e a Depressão Periférica Paulista apresentando um relevo predominantemente colinoso e suave, além de morros e serras isoladas com níveis de aproximadamente 600m (ROSS; MOROZ, 1997; PINHEIRO; QUEIROZ NETO, 2014). Detalhes sobre a estrutura podem ser vistos nos transectos apresentados na Figura 01.

Dessa forma, toda a conjuntura das serras situadas ao norte e ao sul da área tem um papel fundamental em colaborar com a dinâmica da circulação regional, principalmente, quando está sob a influência dos diferentes tipos de tempos que possam contribuir na formação ou intensificação das chuvas orográficas durante as sazonalidades do ano (SANTOS *et al.*, 2018).

2.2 Seleção dos dados pluviométricos

Para a realização do estudo, utilizou 31 postos pluviométricos (Figura 01), com dados diários, de séries históricas de 38 anos (1979-2019) e que tenham o mínimo possível de falhas. Para o acesso aos dados de chuva, foram consultadas: a plataforma online hidroweb, pertencente a Agencia Nacional de Águas (ANA) e pelo o site do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).

A Tabela 01 mostra as informações dos postos pluviométricos escolhidos para a área de estudo.

Tabela 01 – Informações sobre os postos pluviométricos selecionados dentro da área de estudo

CÓDIGO DO POSTO	NOME DO POSTO	ÓRGÃO RESPONSÁVEL	MUNICÍPIO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (Metros)	FALHAS (%)
2247004	ANALÂNDIA	DAEE-SP	ANALÂNDIA	-22 7 48.000	-47 40 12.000	660	0,4%
2247185	FAZENDA CAMPO ALEGRE	ANA	BROTAS	-22 9 0.000	-48 0 0.000	733	8,1%
2247197	EST. FERROVIÁRIA CAMPO ALEGRE	ANA	BROTAS	-22 14 24.000	-47 57 36.000	747	4,4%
2247208	RECREIO	DAEE-SP	CHARQUEADA	-22 35 1.000	-47 41 47.000	530	0%
2247010	CORUMBATAI	DAEE-SP	CORUMBATAI	-22 13 12.000	-47 37 12.000	600	0,4%
2147043	FAZENDA SANTA RITA	DAEE-SP	DESCALVADO	-21 58 12.000	-47 42 0.000	780	0,2%
2248116	GUARAPUA	DAEE-SP	DOIS CORREGOS	-22 14 46.000	-48 23 18.000	719	13,8%



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2248009	DOURADO	DAEE-SP	DOURADO	-22 7 48.000	-48 19 12.000	700	0,6%
2148164	IBATÉ	ANA	IBATÉ	-21 57 0.000	-48 0 0.000	-	7%
2247021	IPEUNA	DAEE-SP	IPEUNA	-22 25 48.000	-47 43 12.000	630	7%
2247198	FAZENDA PEQUENA HOLANDA	ANA	ITIRAPINA	-22 10 48.000	-47 46 48.000	780	2,7%
2247015	GRAUNA	DAEE-SP	ITIRAPINA	-22 18 0.000	-47 45 0.000	610	4,4%
2247006	VISCONDE DE RIO CLARO	DAEE-SP	ITIRAPINA	-22 9 0.000	-47 48 0.000	740	11,5%
2247180	ITIRAPINA	ANA	ITIRAPINA	-22 15 0.000	-47 49 48.000	739	10,4%
2247184	ITAQUERI DA SERRA	ANA	ITIRAPINA	-22 20 24.000	-47 55 12.000	894	2,7%
2247196	CRHEA-BROA	ANA	ITIRAPINA	-22 10 12.000	-47 54 0.000	732	0%
2248005	RIBEIRÃO BONITO	DAEE-SP	RIBEIRÃO BONITO	-22 4 48.000	-48 10 48.000	590	7%
2148168	GUARAPIRANGA	ANA	RIBEIRÃO BONITO	- 21 57 36.000	-48 15 0.000	-	7,2%
2248110	RIBEIRÃO BONITO 2	ANA	RIBEIRÃO BONITO	-22 4 48.000	-48 10 48.000	486	6,4%
2247020	RIO CLARO	ANA	RIO CLARO	-22 25 12.000	-47 33 0.000	600	2,1%
2247018	FAZENDA SÃO JOSE	DAEE-SP	RIO CLARO	-22 19 48.000	-47 28 48.000	600	5,5%
2147059	USINA CAPÃO PRETO	DAEE-SP	SÃO CARLOS	-21 52 12.000	-47 48 0.000	610	8,3%
2247060	FAZENDA DA BARRA	DAEE-SP	SÃO CARLOS	-21 53 8.000	-47 47 9.000	610	0,2%
2247109	FAZENDA AGUA BRANCA	DAEE-SP	SÃO CARLOS	-22 4 3.000	-48 2 46.000	598	2,1%
2247206	FAZENDA SANTA BÁRBARA	DAEE-SP	SÃO CARLOS	-22 6 0.000	-47 58 48.000	780	1,4%
2147031	SANTA EUDOXIA	DAEE-SP	SÃO CARLOS	-21 46 48.000	-47 46 48.000	620	1,2%
2247182	RIBEIRÃO DO FEIJÃO	ANA	SÃO CARLOS	-22 9 0.000	-47 53 24.000	676	4,4%
83726	INMET/UFSCar	INMET	SÃO CARLOS	-21 57 37.723	-47 51 37.650	856	3,2%
2247025	SÃO PEDRO	DAEE-SP	SÃO PEDRO	-22 31 48.000	-47 55 12.000	600	1,4%
D5-006	SITIO BOA VISTA	DAEE-SP	TORRINHA	-22 23 45.000	-48 9 50.000	783	1,7%
2248045	PCH TRÊS SALTOS	JAYADITYA	TORRINHA	-22 22 48.000	-48 10 12.000	720	1,7%

Fonte: Hidroweb-ANA (2019).



2.3 Tratamento dos dados pluviométricos

Após aquisição dos dados, foi realizado uma seleção das informações obtidas e um tratamento quantitativo dos dados diários de precipitação, organizando tudo na forma de tabelas e gráficos através do *software Microsoft Excel 2017*, na escala temporal mensal e anual, de maneira a otimizar a análise regional das chuvas para o presente estudo. Para tanto, ressalta-se que na Climatologia a escala é bastante aplicada aos estudos, contendo uma hierarquia dimensional ou ordem de grandeza, espacial (extensão) e temporal (duração), relacionadas com o comportamento atmosférico, uma vez que o clima se manifesta em todos os locais do Planeta (RIBEIRO, 1993; BARRY; CHORLEY, 2011).

A etapa seguinte realizou o processo de preenchimento mensal/anual das lacunas existentes nos dados dos postos que apresentaram falhas, e para isto, foi utilizado o método da ponderação regional (BERTONI; TUCCI, 2009). Este método é capaz de estimar o valor de precipitação em postos que não contém informações. Desta forma, foi considerado os valores de precipitações dos postos vizinhos e usados para preenchimento mensal e anual. Para isso, é necessário a utilização de pelo menos 3 postos vizinhos, próximos daqueles postos com falhas e que estejam localizados na mesma região climática.

A Eq. (1) que representa o método de ponderação regional:

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{P_z}{P_{zm}} + \frac{P_y}{P_{ym}} + \frac{P_w}{P_{wm}} \right) \cdot P_{xm}, \quad (1)$$

Na equação acima, P_x é o posto com a existência de lacunas a preencher e P_z , P_y e P_w são os postos com dados disponíveis no mesmo intervalo de tempo, nos arredores do posto P_x . Já as variáveis P_{xm} , P_{zm} , P_{ym} e P_{wm} , são os valores médios da precipitação para cada posto. Dessa forma, foi possível corrigir as lacunas existentes e utilizar um número maior de postos pluviométricos no estudo, tornando a análise mais completa e voltada ao entendimento da tendência pluviométrica temporal das chuvas na área de estudo.



2.4 Análise da tendência anual das chuvas

A observação temporal da precipitação é de interesse substancial, embora diferentes técnicas sejam empregadas para análises espaciais e temporais. Assim, a observação de tendências em estações pluviométricas compreende a principal forma de compreensão e aplicabilidade, como frequência, picos de variância e significância, entre outros aspectos estatísticos.

Com a finalidade de entender sobre a variabilidade da tendência pluviométrica ao longo dos últimos quarenta anos (1979-2019), foi realizado o cálculo das tendências anuais das chuvas.

O método conhecido como '*Laplace Test*' (*Laplace trend factor*), foi aplicado no conjunto de dados para observar as tendências dos valores de precipitação anuais na área estudada e, permitiram em um conjunto de dados baseado em um valor $u(t)$, considerando um dado período $[0, t]$, pela seguinte Equação 4 Kanoun *et al.* (1991):

$$u(t) = \frac{\frac{\sum_{i=1}^t ((i-1)n_i) - (t-1)}{N(t)} - \frac{(t-1)}{2}}{\sqrt{\frac{t^2-1}{12(N(t))}}} \quad \text{Equação (4)}$$

- Onde:
- t: representa o número de meses
- ni: é a variável analisada no tempo i (valor da precipitação anual dos postos)
- N(t): indica o número cumulativo em relação à variável analisada

Os cálculos e da sistematização dos dados foram realizados no software Microsoft Office Excel 2017, onde também foram elaborados tabelas e gráficos dos resultados obtidos por meio dos métodos aplicados.

Entretanto, o teste consiste em examinar os valores de tendência dos dados pluviométricos em um determinado período e identificar as tendências de aumento ou diminuição da precipitação global ao longo desse período e, quando apropriado, analisar as tendências localmente.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

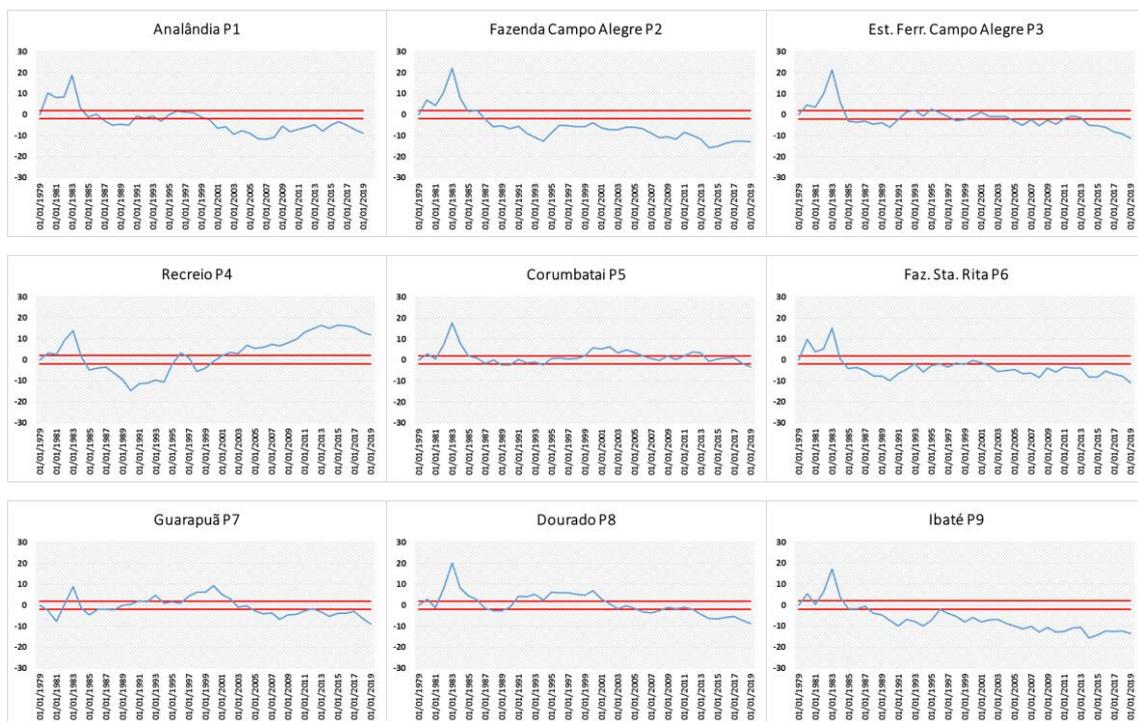
E, o teste de tendência de *laplace*, ao considerar 2 desvios, o valor é um pouco superior a 95,44% (97,72499% da área). Assim sendo, que foi feita uma aproximação do intervalo entre usando $[-1,96$ e $+ 1,96]$ para $[-2$ e $2]$, ou seja, o teste foi feito usando o intervalo $[-2,2]$ como critério de decisão análogo à distribuição normal.

O teste de Laplace é comumente utilizado na literatura para identificar tendências em diferentes situações, tais como: falhas de software de modelagem (SUKHWANI *et al.*, 2016), identificando tendências em vulnerabilidades de segurança computacional (MIANI *et al.*, 2015) e, realizando análise de confiabilidade em projetos de engenharia (AL-CHALABI *et al.*, 2016 e CHRUN *et al.*, 2008).

3. Resultados e discussão

A Figura 02 resume os resultados para a análise de tendência. Valores acima de (+2) indicam tendências de aumento da precipitação mensal ao longo da série, e valores abaixo de (-2) indicam tendências de período de diminuição da precipitação anual ao longo do tempo.

Figura 02 – Tendência ao longo do período de 1979 a 2019 para os 31 postos pluviométricos

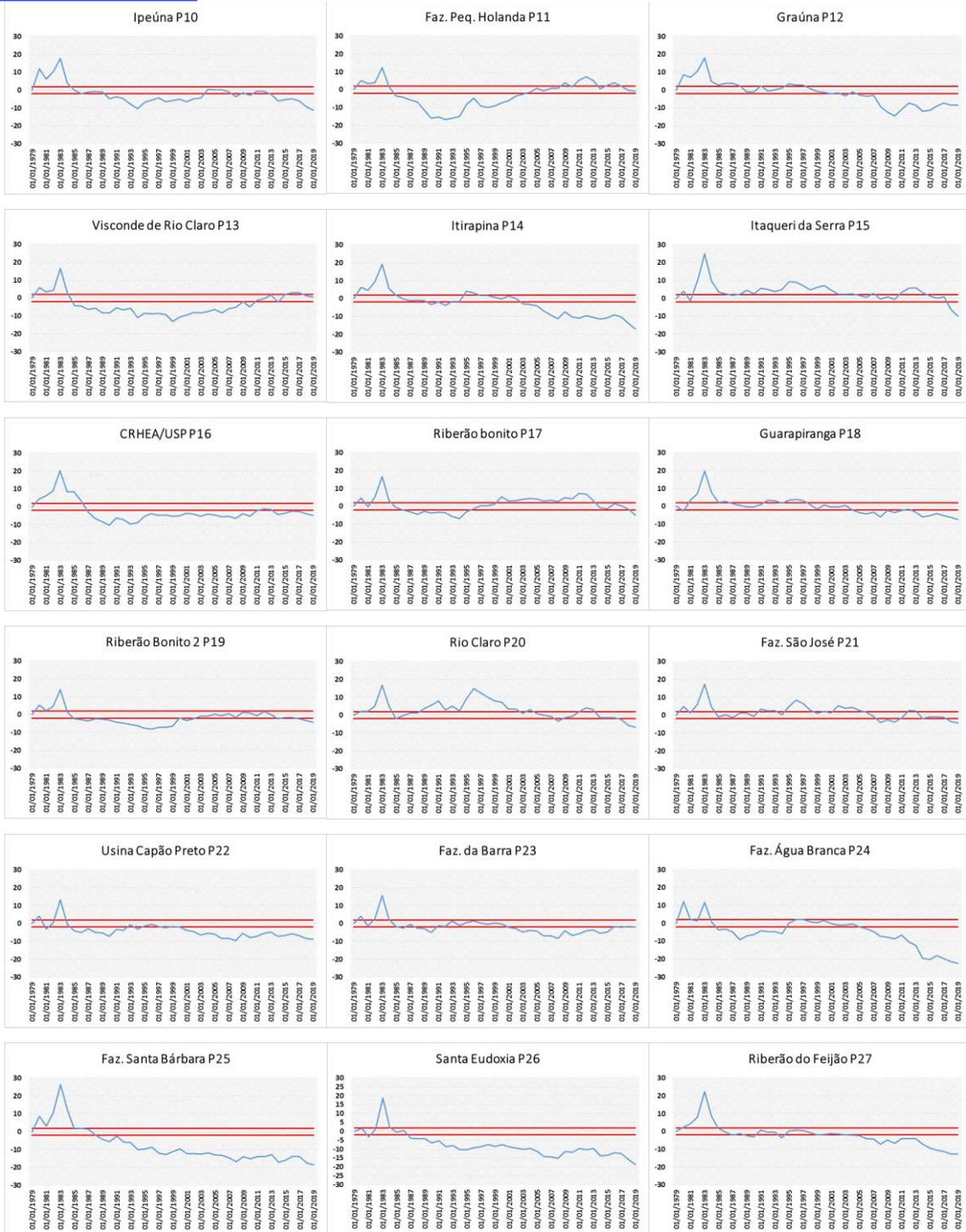




XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

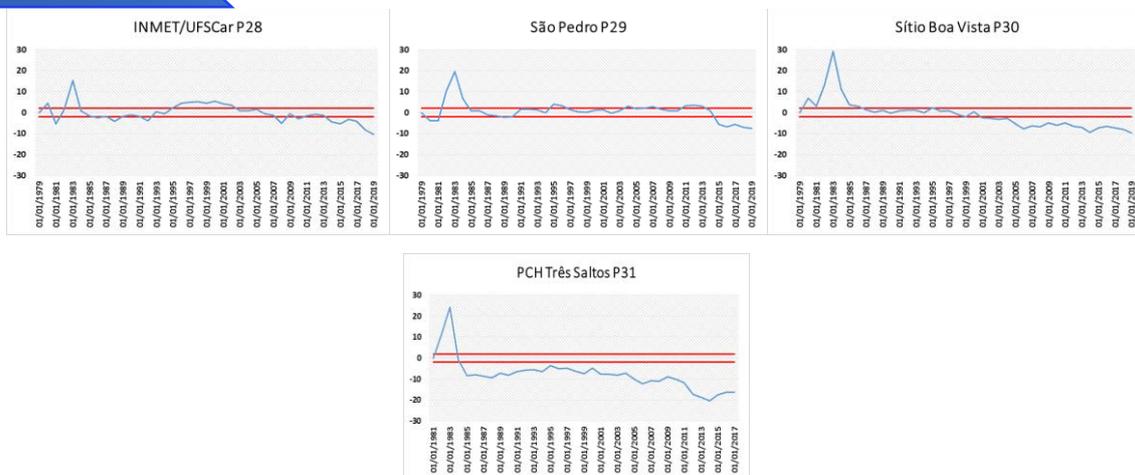




XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: Sanches *et al.*

Nos resultados, é possível observar que a variabilidade das tendências anuais das chuvas entre o período de 1979 a 2019. Nota-se, que houve momentos ao longo das séries históricas, tendências positivas, normais e, nos últimos anos, uma tendência na redução das chuvas, para a maioria dos postos. Porém, alguns postos demonstraram tendências dentro da normalidade e, outros, no aumento das chuvas anuais.

Portanto, a maioria dos postos evidenciaram uma tendência negativa das chuvas anuais para a área estudada. Esse padrão de comportamento negativo, também foi observado na região por Sanches *et al.* (2020), que apontou uma redução das chuvas para o município de São Carlos-SP.

O período de 1979-1984 se mostrou com as mais significativas flutuações, bem como para o aumento exponencial das chuvas, além de sua mudança abrupta para tendente à diminuição. Tal período representou, com isso, grande variabilidade no volume das chuvas e, no ano de 1983, notou-se o maior valor observado interanualmente.

Entretanto, dentre as principais justificativas para tal variabilidade, destacam-se as influências oceânicas por meio das teleconexões, em que as chuvas se mostraram com grande variabilidade interanual, que coincide com fases positivas e negativas (aquecimento e resfriamento, respectivamente) nos oceanos, especialmente, o Pacífico pela Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e a Oscilação Sudeste do Pacífico (*ENSO*) – *El Niño* e *La Niña*, respectivamente (VÁSQUEZ *et al.*, 2018).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

No entanto, o período de 1982-1983, notaram-se os maiores valores de tendência positiva (aumento) para a série histórica (e entres os postos pluviométricos), sendo um período em que as chuvas se intensificaram no sudeste do Brasil e, coincidente com o *El Niño*, fase positiva do *ENSO*, em função do aumento da temperatura de superfície do mesmo (VÁSQUEZ *et al.*, 2018 e ZILLI *et al.*, 2017).

Nota-se também, que no período 1979-1981 e 1984-1985, as chuvas apresentaram certa redução, o que coincide com o período de tendência negativa para o fenômeno La Niña, fase negativa do Pacífico, pela queda da temperatura superficial desse Oceano (VÁSQUEZ *et al.*, 2018 E ZILLI *et al.*, 2017).

A partir da década de 1990, o comportamento das chuvas entre os postos pluviométricos aprofundou os aspectos locais, ou seja, notou-se que, até este período, os postos apresentavam comportamento semelhante, quantitativamente. Entretanto, as disparidades entre os postos se acentuaram desde então.

Diante disso, cerca de 87% dos postos pluviométricos manifestaram redução nas chuvas anuais. Para o caso das chuvas dentro da normalidade, estas foram encontradas em 10% dos postos de superfície. E por último, em apenas 3% dos postos foram evidenciadas tendências no aumento das chuvas.

Por último, a presença marcante de regiões orográficas, também, pode influenciar nos valores de chuvas (DINKU *et al.*, 2011, RAHMAN *et al.*, 2009, TOTÉ *et al.*, 2015) e, com isso, resultar em um comportamento pluviométrico distinto por efeito orográfico (SANTOS *et al.* 2019; 2020), em relação a outras áreas onde o relevo é mais plano.

4. Considerações finais

Os resultados obtidos com o teste de tendência de Laplace das chuvas para as 31 estações de superfície localizada na região central do Estado de São Paulo, se mostraram satisfatórios.

Entre as tendências analisadas, de modo geral, demonstraram um mesmo padrão da variabilidade do ritmo pluviométrico durante o período de 1979 a 2019 (40 anos) para todas estações. Além disso, houve a prevalência de tendência de 87% na redução das chuvas anuais para a maioria das estações analisadas, com exceção de algumas estações em que foram encontradas em alguns momentos tendências opostas, ou seja, cerca de 10% com uma



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

tendência dentro da normalidade e apenas 3% evidenciaram uma tendência no aumento das chuvas ao longo do ano.

Entretanto, essa diferença pode estar associada a efeitos orográficos, dada a complexidade do terreno que algumas áreas apresentam, bem como relacionada a redução das chuvas com a influências oceânicas em determinado período do recorte temporal analisado nesse estudo.

Assim, o presente estudo também considera o teste para detectar tendências na precipitação, sem deixar de lado a importância de outras técnicas já validadas neste tipo de avaliação, o que reafirma o potencial dessa ferramenta nesses tipos de estudos.

5. Referências

AL-CHALABI, H.; HOSEINIE, H.; LUNDBERG, J. Monte Carlo Reliability Simulation of Underground Mining Drilling Rig. In: U. Kumar; A. Ahmadi; A. K. Verma; P. Varde (Orgs.); Current Trends in Reliability, Availability, Maintainability and Safety. **Anais...**, Lecture Notes in Mechanical Engineering. p.633–643, 2016. Springer International Publishing.

BARRY, G.R.; CHORLEY, J.R. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2013.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. p. 177-241.

CAVALCANTI, I. R. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A.; DIAS, M. A. F. S. (Orgs.) **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CHRUN, D.; SNEERINGER, G.; CUKIER, M. On the Use of Security Metrics Based on Intrusion Prevention System Event Data: An Empirical Analysis. 2008 11th IEEE High Assurance Systems Engineering Symposium(HASE). **Anais...** . p.49–58, 2008. DINKU, T., CECCATO, P., CONNOR, S.J.; Challenges of satellite rainfall estimation over mountainous and arid parts of east Africa. **Int. J. remote Sens**. 32 (21) pag. 5965-5979, 2011.

DRUMOND, A. R. DE M.; AMBRIZZI, T. The role of the South Indian and Pacific oceans in South American monsoon variability. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 94, n. 3/Abr, p. 125–137, 2008.

DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, n. 3, p. 167–178, 2008.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

EVANGELISTA, H.; GODIVA, D.; SIFEDDINE, A.; *et al.* Evidences linking ENSO and coral growth in the Southwestern-South Atlantic. **Climate Dynamics**, v. 29, n. 7–8, p. 869–880, 2007.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M.; *et al.* Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. **Journal of Climate**, v. 19, n. 8, p. 1490–1512, 2006.

KANOUN, K.; MARTINI, M. R. DE B.; SOUZA, J. M. DE. A method for software reliability analysis and prediction application to the TROPICO-R switching system. **IEEE Transactions on Software Engineering**, v. 17, n. 4, p. 334–344, 1991.

KAYANO, M. T.; CAPISTRANO, V. B. How the Atlantic multidecadal oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall: AMO MODIFIES ENSO INFLUENCE. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 1, p. 162–178, 2014.

MIANI, R. S.; ZARPELAO, B. B.; SOBESTO, B.; CUKIER, M. A Practical Experience on Evaluating Intrusion Prevention System Event Data as Indicators of Security Issues. 2015 IEEE 34th Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS). **Anais...** . p.296–305, 2015.

MONTEIRO, C.A.F. **A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas**. São Paulo: USP/IG, 1973.

MORUZZI, R.B.; OLIVEIRA, S.C. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Rio Claro, SP: métodos e aplicação. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 13, p. 59-68, 2009.

PINHEIRO, M.R.; QUEIROZ NETO, J.P. Reflexões sobre a gênese da Serra Geral e da Depressão Periférica Paulista: O exemplo da região da Serra de São Pedro e do Baixo Piracicaba, SP. **Revista do Instituto Geológico**, v. 35, n. 1, p. 47-59, 2014.

PSCHEIDT, I.; GRIMM, A. M. Frequency of extreme rainfall events in Southern Brazil modulated by interannual and interdecadal variability. **International Journal of Climatology**, v. 29, n. 13, p. 1988–2011, 2009.

RAHMAN, S.H., SENGUPTA, D., RAVICHANDRAN, M; Variability of Indian summer monsoon rainfall in daily data from gauge and satellite. **J. Geophys. Res. Atmos.** 114 (D17), 2009.

RIBEIRO, A.G. Climatologia geográfica e a organização do espaço agrário. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, v. 23, n. 45-46, p. 34-38, 1993.

REBOITA, M. S. *et al.* Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terra e Didática**, v. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 41-58, 1996.

SANCHES, R. G. *et al.* Intense Rainfall in São Carlos/SP: Determination of Threshold Values Using Climate Indices and Their Spatio-Temporal Repercussion. **American Journal of Climate Change**, v. 07, p. 388, 17 ago. 2018.

SANCHES, R.G. ,*et al.* A. (2020) Analysis of Daily Rainfall in São Carlos/SP, Brazil over 1979-2017 Using Laplace Trend Test. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, 8, 104-125. doi: 10.4236/gep.2020.87006.

SANTOS, B. C. DOS; SOUZA, P. H. DE; VECCHIA, F. A. DA S. A caracterização da precipitação do ano hidrológico de 2013-2014 na região de São Carlos/SP e sua repercussão no espaço geográfico. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, n. 0, 15 set. 2017.

SANTOS, B.C.; SANCHES, R.G.; SILVA, M.S.D.; KAYANO, T.Y.K.; SOUZA, P.H.; TECH, A.R.B. Análise do efeito orográfico por meio da interpolação de índices climáticos. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 8, n. 2, p. 114-132, 2018.

SANTOS, B. C. dos, FONTÃO, P. A. B., & SOUZA, P. H. de. (2020). O efeito do relevo nas chuvas na porção central do Estado de São Paulo em anos padrão extremos. **Revista Do Departamento De Geografia**, 40, 132-147.

SERRA, A.; RATISBONA, L. As massas de ar na América do Sul. **Revista Geográfica**, n.51, p. 67-129, 1942.

SUKHWANI, H.; ALONSO, J.; TRIVEDI, K. S.; MCGINNIS, I. Software Reliability Analysis of NASA Space Flight Software: A Practical Experience. 2016 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS). **Anais...** . p.386–397, 2016.

TOTE, C., PATRICIO, D., BOOGAARD, H., VAN DER WIJNGAART, R., TARNAVSKY, E., FUNK, C.: Evaluation of satellite rainfall estimates for drought and flood monitoring in Mozambique. **Remote Sensing**. 7 (2), Pág. 1758-1776, 2015.

VÁSQUEZ P., I. L.; DE ARAUJO, L. M. N.; MOLION, L. C. B.; *et al.* Historical analysis of interannual rainfall variability and trends in southeastern Brazil based on observational and remotely sensed data. **Climate Dynamics**, v. 50, n. 3, p. 801–824, 2018.

ZILLI, M. T.; CARVALHO, L. M. V.; LIEBMANN, B.; SILVA DIAS, M. A. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 5, p. 2269–2279, 2017.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

VARIABILIDADE DAS PRECIPITAÇÕES EM CURITIBA (PARANÁ) E O EFEITO DE DIFERENTES TIPOS DE EL NIÑO - OSCILAÇÃO SUL (ENOS)

GABRIELA GOUDARD¹

RESUMO

As sociedades estão cada vez mais expostas aos riscos climáticos, de modo que a compreensão das variabilidades do clima, dos eventos extremos e de seus impactos tem se revestido de grande importância. Dentre os modos acoplados oceano-atmosfera, o El Niño – Oscilação Sul (ENOS) configura-se como o principal modulador da variabilidade interanual, apresentando reflexos distintos nos regimes pluviais ao se considerar as suas diferentes tipologias: Convencional (EP), Modoki (CP) e MIX. Partindo-se destas premissas, o presente artigo coloca em evidência uma análise das precipitações (habituais e excepcionais) em relação aos eventos ENOS em Curitiba no recorte temporal de 1980 a 2015. Para tanto foram utilizados dados observados, de grade e registros de impactos ligados às precipitações. Os resultados alcançados indicaram aumentos nas precipitações anuais, na frequência de eventos pluviais extremos e na deflagração de impactos durante os anos de El Niño moderado a forte, ao passo que em anos de La Niña, notaram-se diminuições destas dinâmicas. Os resultados permitiram evidenciar ainda os reflexos dos diferentes tipos de ENOS no regime pluvial.

Palavras-chave: Variabilidade pluvial; ENOS; Eventos pluviais extremos

ABSTRACT

Societies are increasingly exposed to climate risks, so the understanding of climate variability, extreme events and their impacts has been of great importance. Among the coupled ocean-atmosphere modes, El Niño - South Oscillation (ENSO) is configured as the main modulator of interannual variability, presenting different reflexes in rainfall regimes when considering its different typologies: Conventional (EP), Modoki (CP) and MIX. Based on these premises, the present article highlights an analysis of the rainfall (usual and exceptional) in relation to the ENSO events in Curitiba in the period from 1980 to 2015. For this purpose, observed data, grid and impact records related to rainfall were used. The results achieved indicated increases in annual rainfall, the frequency of extreme rain events and the outbreak of impacts during the moderate to strong El Niño years, whereas in La Niña years, decreases in these dynamics were noted. The results also allowed to show the reflexes of the different types of ENSO in the pluvial regime.

Keywords: Rainfall variability; ENSO; Extreme rain events

¹ Mestre em Geografia e Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Professora Colaboradora na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), gabigoudard.ufpr@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

As sociedades estão cada vez mais expostas aos riscos climáticos, de modo que a compreensão das variabilidades do clima, dos eventos extremos e de seus impactos tem se revestido de grande importância, sobretudo, no âmbito dos estudos da climatologia.

Em face das mudanças climáticas globais, as modelagens regionais indicam intensificações das precipitações, tanto em termos de frequência, como de intensidade no Sul do Brasil. Os prognósticos apresentados pelo IPCC (2013) e pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014) preveem aumentos de cerca 30% nas chuvas até 2100 e sugerem eventos pluviais extremos mais expressivos no Sul no Brasil. Estes fatos reiteram a necessidade de compreensão das gênese associadas às dinâmicas climáticas.

A cidade de Curitiba (Figura 01), recorte espacial do presente estudo, apresenta um histórico de impactos relacionados às anomalias positivas de chuvas, cujos reflexos ocorrem no ambiente urbano na forma de inundações (MENDONÇA, 2012; GOUDARD e MENDONÇA, 2019; GOUDARD e MENDONÇA, 2020). Desse modo, a compreensão não apenas das relações expressas pelo clima urbano, mas também o entendimento das variabilidades oceano-atmosféricas que interferem nos padrões das precipitações torna-se relevante.

Neste sentido, dentre os modos acoplados oceano-atmosfera, o ENOS (El Niño - Oscilação Sul), marcado pelo aquecimento / resfriamento do Oceano Pacífico Equatorial Centro-Leste, configura-se como o principal modo de variabilidade interanual, apresentando reflexos, particularmente, nos regimes pluviais (GRIMM, 2009; DESER *et al.*, 2010).

O Sul do Brasil, região na qual Curitiba encontra-se inserida, configura-se como uma das áreas mais sensíveis em relação às teleconexões ENOS, de modo que durante a fase quente (El Niño) as precipitações anuais e a frequência de eventos extremos de precipitação aumentam, enquanto que durante a fase fria (La Niña) as chuvas diminuem consideravelmente (GRIMM *et al.*, 1998; GRIMM e TEDESCHI, 2009; GRIMM, 2009).

Entretanto, os efeitos na variabilidade das precipitações são heterogêneos ao se considerar as tipologias dos ENOS em Canônico/ Convencional (EP), Modoki/ Central (CP) e MIX (ASHOK *et al.*, 2007; ANDREOLI *et al.*, 2016; KAYANO *et al.*, 2016; CAI *et al.*, 2020). Neste contexto, estudos recentes de Cai *et al.* (2020) demonstram que nem todos os El Niños causam anomalias positivas de chuva no Sul da América do Sul, bem como nem todas as La Niñas são associadas às anomalias pluviais negativas no recorte espacial supracitado.

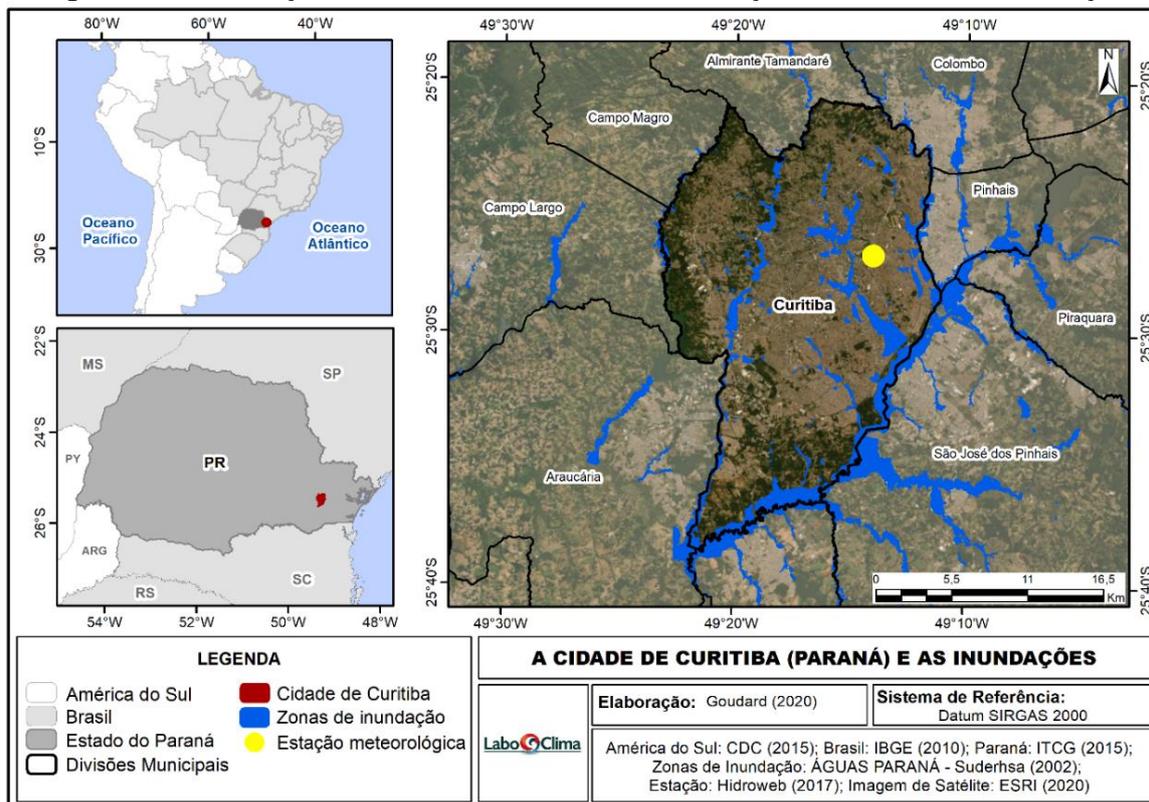


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 – Localização da cidade de Curitiba e caracterização das manchas de inundação



Elaboração: Goudard (2020).

Partindo destes pressupostos, o presente estudo coloca em evidência uma análise integrada dos seguintes aspectos: I) a variabilidade das precipitações e sua relação com os diferentes tipos de ENOS na temporalidade de 1980 a 2015, II) os eventos pluviiais extremos (EPEs) e suas associações aos ENOS, III) os episódios pluviiais extremos (condições em que eventos extremos geram impactos na forma de inundações, enchentes e alagamentos).

Desse modo, este estudo visa contribuir para uma melhor compreensão da variabilidade das precipitações e de seus extremos, bem como para a gestão dos riscos climáticos urbanos no universo de análise de Curitiba.

2. Metodologia

No intuito de evidenciar as relações entre os diferentes tipos de ENOS, as anomalias pluviiais e os extremos de precipitação em Curitiba, os seguintes procedimentos foram adotados:



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2.1 Coleta e tratamento de dados de precipitação

Para a análise das precipitações foram utilizados dados pluviométricos da estação meteorológica de Curitiba (2549006 – Figura 01), coletados por meio da plataforma *Hidroweb* – Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA). A caracterização da variabilidade pluviométrica foi realizada com base nos seguintes parâmetros estatísticos: I) verificação do coeficiente de variação (equação 1) e do desvio padrão da precipitação de 1980 a 2015; II) classificação dos anos-padrão considerando as seguintes classes de quartis (q): extremamente seco (q < 0,10), seco (q entre 0,10 e 0,35), habitual/normal (q entre 0,35 e 0,65), chuvoso (q entre 0,65 e 0,90) e muito chuvoso (q > 0,90), segundo Nascimento Junior (2013).

$$CVP = \left[\frac{X1 - M}{M} \right]$$

Equação 01 – CVP é o coeficiente de variação anual da precipitação; X1 é a precipitação anual e M denota a média dos totais de precipitação que constituem a série histórica (1980 - 2015).

Para as análises das anomalias pluviométricas associadas a distintos tipos de ENOS, foram utilizados dados mensais de grade do GPCC - *Global Precipitation Climatology Centre*. As espacializações foram realizadas no software GrADS (*Grid Analysis and Display System*).

2.2 Coleta e tratamento de dados de temperatura da superfície do mar (TSM) e de eventos ENOS

A identificação dos eventos ENOS foi realizada através do índice ONI (*Oceanic Niño Index*). Este índice é compilado pelo *Climate Prediction Center* (CPC / NOAA), levando em consideração os dados da média móvel de TSM de três meses para a região de Niño. 3.4. A classificação dos tipos e intensidades do ENOS foi realizada com base nos estudos de Andreoli *et al* (2016) e Kayano *et al* (2016).

As espacializações das anomalias de TSM foram feitas a partir do banco de dados do NOAA (Divisão de Ciências Físicas), presente no site: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>, considerando a versão 5 de reanálise (*NOAA extended SST V5 – ERSST*). A definição dos períodos para a elaboração das anomalias foi pautada no registro histórico de eventos do *Climate Prediction Center* (CPC/NOAA).



2.3 Identificação dos eventos pluviais extremos (EPEs) e seus impactos

Para a identificação dos eventos pluviais extremos foram utilizados dados diários da estação Curitiba (Figura 01) no período de 1980 a 2015. O limiar correspondente aos EPEs foi estabelecido em 48,6 mm/24h, correspondendo ao percentil 99 para o período analisado. Os eventos foram caracterizados pela frequência, relativa ao número de dias de chuva iguais ou superiores ao percentil 99.

Os episódios pluviais extremos (impactos decorrentes de eventos extremos) foram identificados por meio do limiar de 48,6 mm/24h, tendo como base dados de jornais locais (Gazeta do Povo), sendo estes consultados em relação ao dia anterior, dia do evento e posterior ao evento pluvial extremo. Ressalta-se que o recorte temporal adotado no referido estudo se encontra atrelado, sobretudo, a coleta dos dados de impactos supracitados.

3. Resultados e discussão

No recorte temporal do presente estudo (1980 a 2015) foram identificados 16 eventos ENOS – El Niño Oscilação Sul, dos quais dez episódios foram de El Niño (EN) e seis de La Niña (LN), com diferentes tipologias (EP – Convencional/Canônico, CP – Modoki/ Central, MIX) e intensidades (fraca, moderada, forte, muito forte) – Quadro 01.

Quadro 01 – Eventos ENOS – El Niño Oscilação Sul: tipologias e intensidades

El Niño (EN)	Tipo	Intensidade	La Niña (LN)	Tipo	Intensidade
1982 - 1983	EP	Forte	1988 – 1989	CP	Forte
1986 - 1987	MIX	Moderada	1995 - 1996	MIX	Fraca
1991 - 1992	MIX	Moderada	1998 - 2001	MIX	Moderada
1994 - 1995	CP	Fraca	2007 - 2008	CP	Moderada
1997 - 1998	EP	Muito forte	2010 - 2011	MIX	Moderada
2002 - 2003	CP	Moderada	2011 - 2012	MIX	Fraca
2004 - 2005	CP	Fraca			
2006 - 2007	EP	Fraca			
2009 - 2010	CP	Moderada			
2015 - 2016	EP	Forte			

Fonte: Andreoli *et al* (2016), Kayano *et al* (2016) e CPTEC / INPE (2018). Em cinza os eventos que foram analisados no recorte temporal do presente estudo. Organização: Goudard (2020).



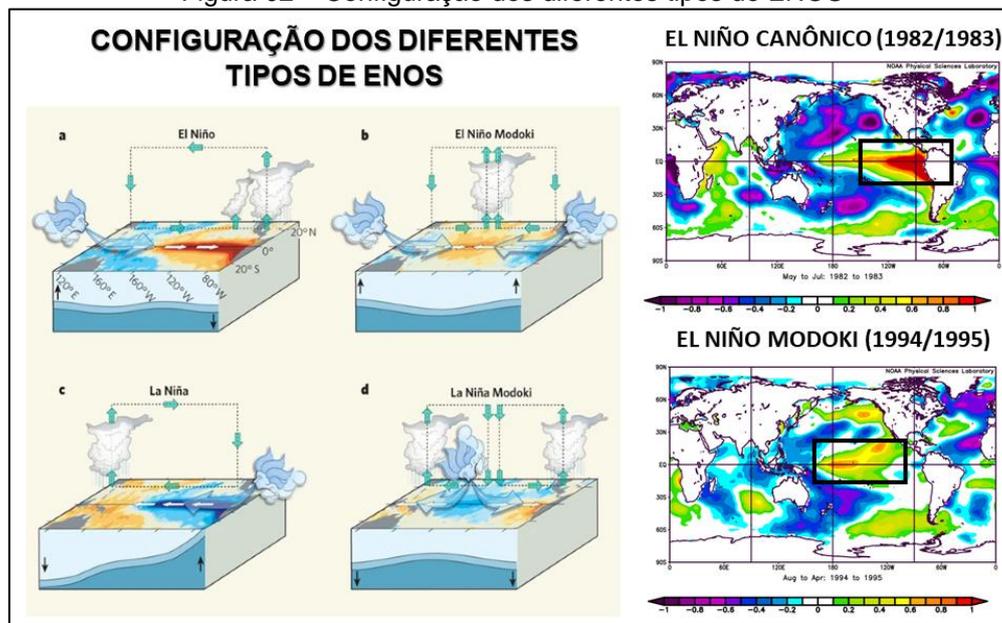
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Dentre estes eventos, quatro foram categorizados como EP (Convencional /Canônico), nos quais a anomalia máxima de TSM ocorre na região Equatorial Centro-Leste do Pacífico (Figura 02); seis apresentaram a tipologia CP (Modoki / Central), onde a anomalia máxima de TSM ocorre no Pacífico Central (Figura 02); e seis foram identificados como MIX, marcados pela combinação de EP e CP durante a evolução do evento. Estes processos apresentam diferentes reflexos no que se refere às precipitações (ASHOK *et al.*, 2007; WENG *et al.*, 2007; ASHOK; YAMAGATA, 2009; BRITO, 2011; TEDESCHI, 2013; TEDESCHI *et al.*, 2015; TEDESCHI *et al.*, 2016; ANDREOLI *et al.*, 2016; KAYANO *et al.*, 2016; WELTER, 2018).

Figura 02 – Configuração dos diferentes tipos de ENOS



Fonte: Ashok e Yamagata (2009) e PSL-NOAA (2020). Organização: Goudard (2020).

Desse modo, do ponto de vista da variabilidade espaço-temporal das precipitações em Curitiba, pode-se notar aumentos (diminuições) significativos na pluviosidade na fase quente (fria) do ENOS para a área de estudo. Contudo, estes processos não ocorrem de maneira homogênea, considerando-se os diversos tipos de ENOS (Quadro 02).

O Quadro 02 permite evidenciar as anomalias de TSM e de precipitações para cinco eventos ENOS, quais sejam: EN 1991 – 1992 (MIX – Intensidade Moderada), EN 1997 – 1998 (EP – Intensidade Muito forte), EN 2009 – 2010 (CP – Intensidade Moderada), LN 1988 – 1989 (CP – Intensidade Forte) e LN 2010 – 2011 (MIX – Intensidade Moderada).



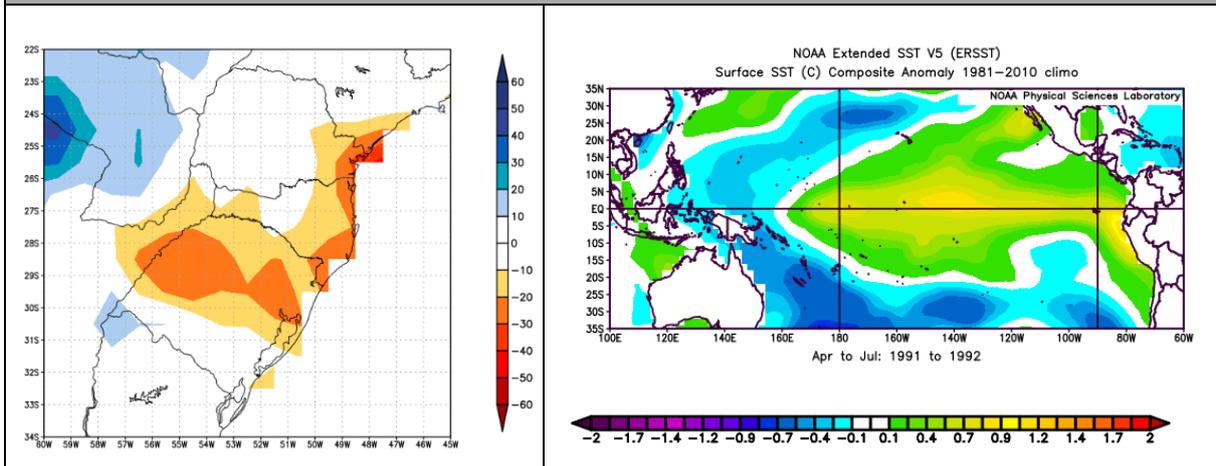
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

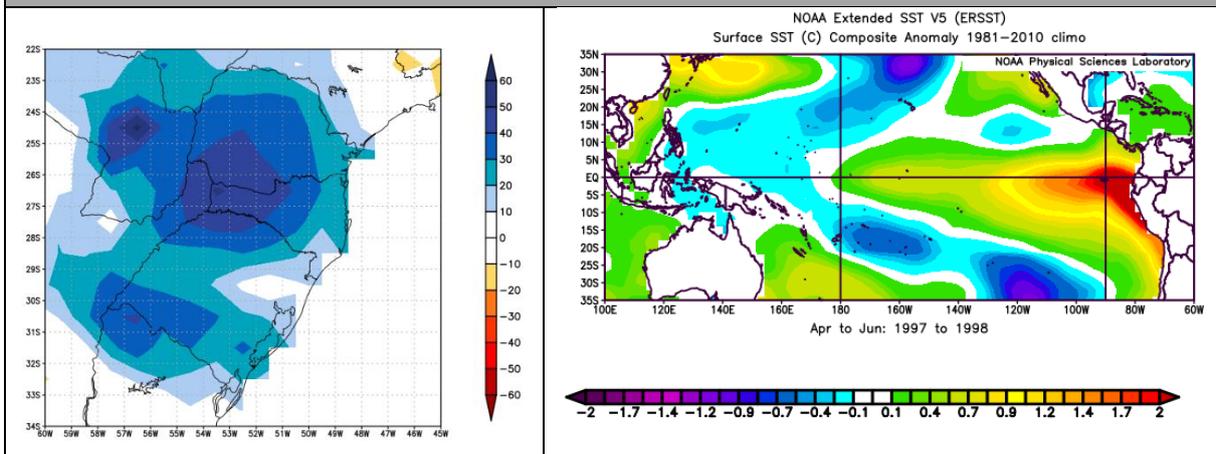
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Quadro 02 – Anomalias de precipitação e de TSM associadas a diferentes tipos de ENOS

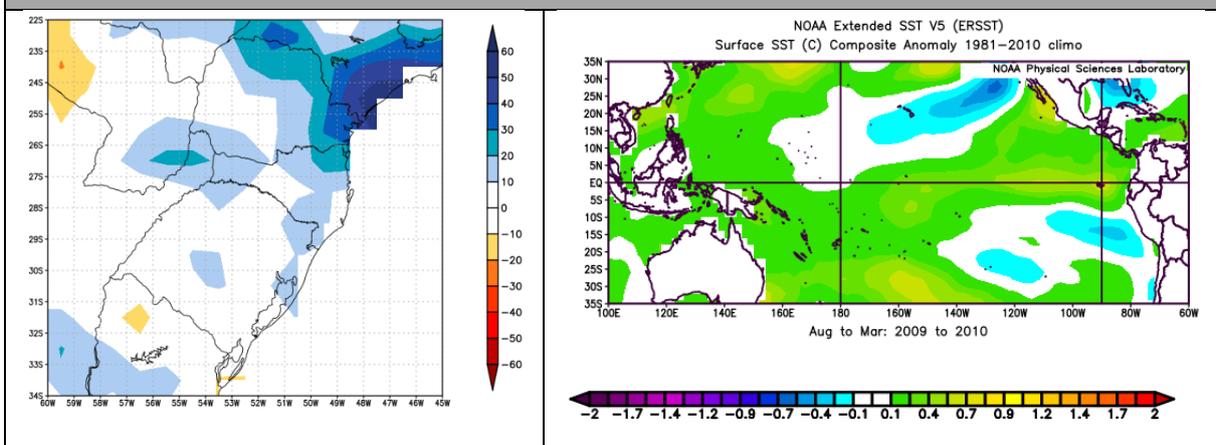
(A) - EL NIÑO 1991 – 1992 (MIX – Intensidade Moderada)



(B) - EL NIÑO 1997 – 1998 (EP – Intensidade Muito forte)



(C) - EL NIÑO 2009 – 2010 (CP – Intensidade Moderada)



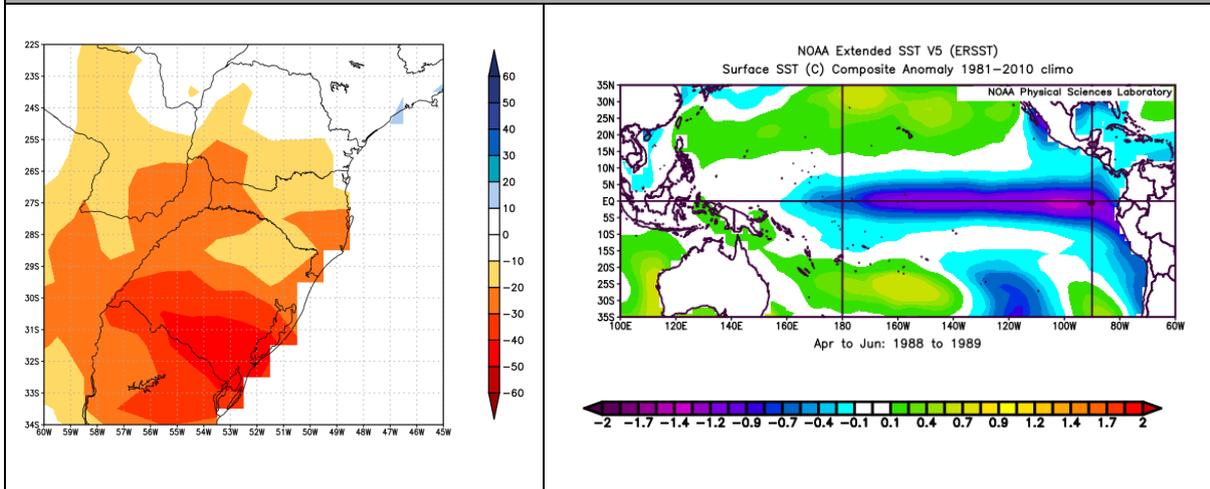


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

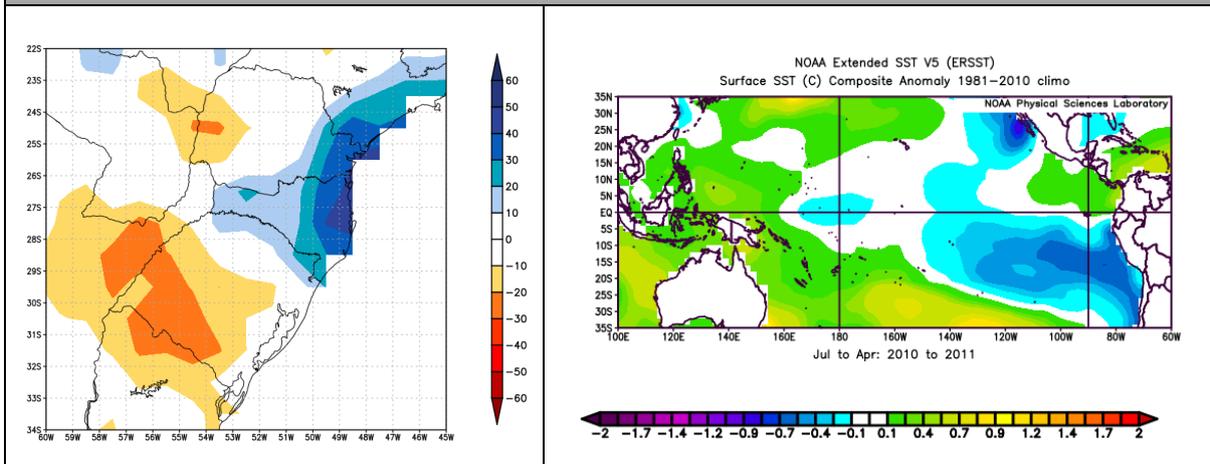
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

(D) - LA NIÑA 1988 – 1989 (CP – Intensidade Forte)



(E) - LA NIÑA 2010 – 2011 (MIX – Intensidade Moderada)



Fonte dos dados: GPCC (2020) – precipitações, PSL-NOAA (2020) – TSM, *Climate Prediction Center* (2020) – períodos dos ENOS. **Legenda:** Anomalias de precipitação nos anos de El Niño (1991 – 1992, 1997 – 1998, 2009-2010) e La Niñas (1988-1989, 2010-2011), com variações de -60 a 60 mm. Anomalias de TSM com variações de -2 a 2 graus de temperatura.

Desse modo, notam-se os seguintes aspectos (Quadro 02):

- O EN de 1991/1992 foi considerado MIX de intensidade moderada, com anomalias positivas de TSM ocorrendo entre os meses de abril de 1991 a julho de 1992 (Quadro 02A). Do ponto de vista dos reflexos na variabilidade pluvial, foram evidenciadas anomalias negativas em Curitiba neste evento (Quadro 02A), fato que também pode ser verificado pela classificação dos anos-padrão (Figura 03a). Dessa forma, ainda que tenha sido um EN, este gerou anomalias negativas de chuva na área de estudo.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

- O EN de 1997/1998 apresentou características de um evento convencional/canônico de intensidade muito forte, cujas anomalias positivas de TSM foram verificadas entre os meses de abril de 1997 a junho de 1998 (Quadro 02B). Em relação às precipitações, constataram-se anomalias positivas na área de estudo (Quadro 02B), sendo que os anos de 1997 e 1998 foram classificados como chuvosos e extremamente chuvosos, respectivamente (Figura 03a).
- O EN de 2009/ 2010 foi classificado como Modoki de intensidade moderada, com anomalias positivas de TSM entre os meses de agosto de 2009 a março de 2010 (Quadro 02C). No que se refere às anomalias pluviais, estas foram positivas na área de estudo (Quadro 02C), sendo os anos classificados como chuvosos e extremamente chuvosos (Figura 03a), respectivamente.
- A LN de 1988/1989 foi considerada Modoki de intensidade forte, como variações negativas de TSM entre os meses abril de 1988 a junho de 1989 (Quadro 02D). As precipitações neste período foram marcadas por anomalias negativas em Curitiba (Quadro 02D), sendo os anos de 1988 e 1989 classificados como seco e habitual, respectivamente (Figura 03a).
- A LN de 2010/2011 apresentou características de MIX de intensidade moderada, com anomalias negativas de TSM entre os meses de julho de 2010 a abril de 2011 (Quadro 02E). No que tange às precipitações em Curitiba, estas estiveram acima da média (Quadro 02E), sendo os anos de 2010 e 2011 classificados como extremamente chuvosos e habituais, respectivamente, ainda que associados a uma LN (Figura 03a).

A análise combinada dos tipos de ENOS (Quadro 01), dos anos- padrão (Figura 3a), coeficientes de variação de chuva e o índice ONI (Figura 3b) para Curitiba, demonstram que os anos caracterizados como sendo de EN são, predominantemente, chuvosos (entre 1640,2 e 1905,4 mm / ano) e muito chuvosos ($\geq 1905,4$ mm / ano), com exceção de 1986 - 1987 (MIX moderado), 1991 - 1992 (MIX moderado), 2004 - 2005 (CP fraco), 2006 - 2007 (EP fraco). Na fase fria (LN) predominam os anos secos (1988 - 1989, 2007 - 2008) e os habituais (2010 - 2011, 2011 - 2012). Entretanto, a intensidade e o sinal da anomalia pluvial dependem dos tipos de ENOS e dos meses de ocorrências das variações de TSM, denotando a complexidade destes processos, assim como evidenciado em estudos recentes de Cai *et al* (2020).

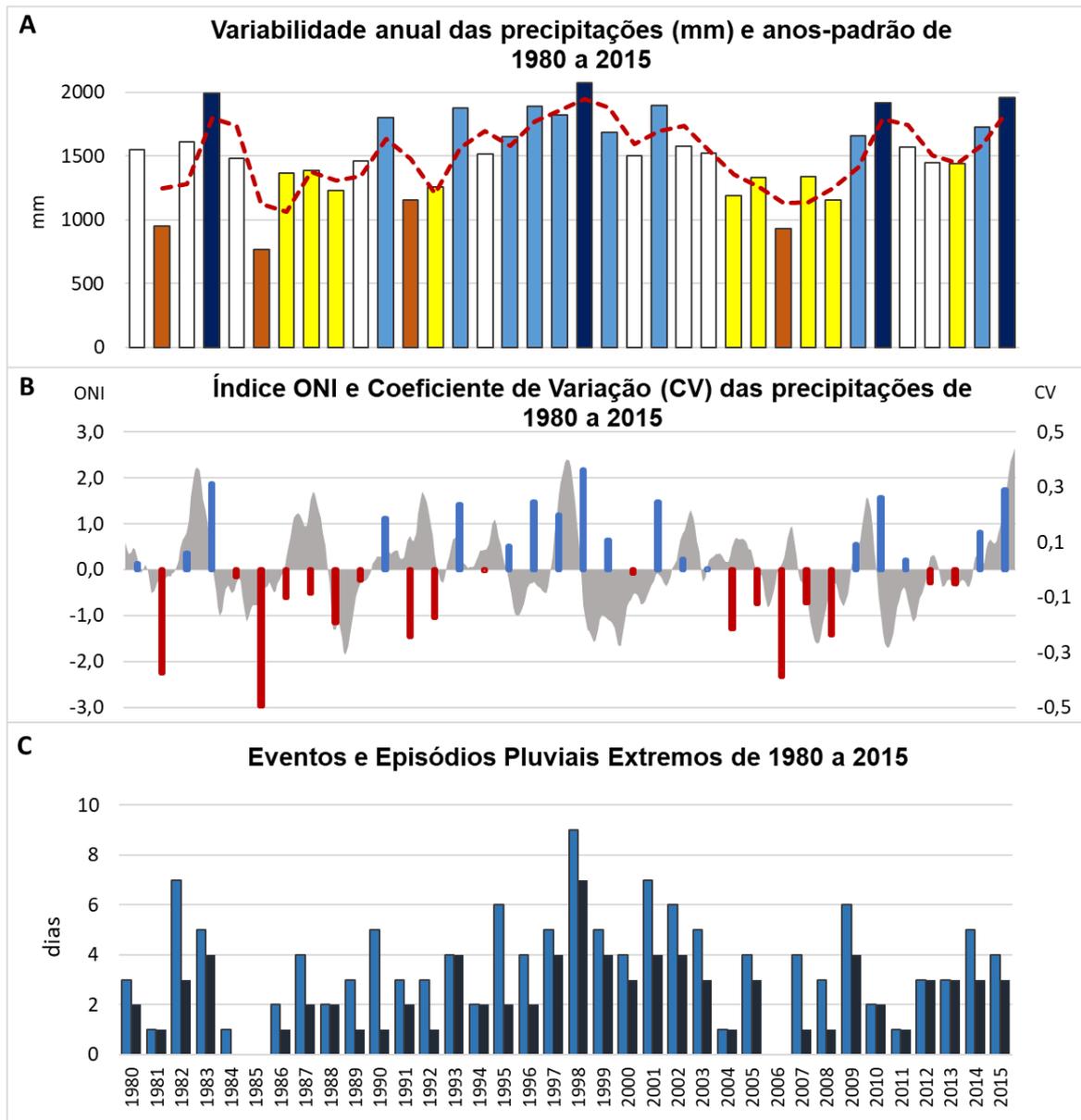


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 03 – Variabilidade pluvial em Curitiba (1980 - 2015): (A) totais anuais e classificação dos anos-padrão, (B) índice ONI e coeficiente de variação, (C) Eventos e episódios pluviais extremos.



Legenda: (A): Laranja – anos extremamente secos (< 1154,5 mm), Amarelo – anos secos (1154,5 - 1442,4 mm), Branco – anos habituais (1442,4 - 1640,2 mm), Azul claro - anos chuvosos (1640,2 - 1905,4 mm), Azul escuro – anos extremamente chuvosos (>1905,4 mm), Linha pontilhada em vermelho – média móvel. (B): Em cinza o índice ONI (*Oceanic Niño Index*), em azul - coeficientes de variação positivos e em vermelho - coeficientes de variação negativos. (C): Azul claro – eventos pluviais extremos (iguais ou superiores ao Percentil 99), Azul escuro: episódios pluviais extremos – casos de inundações, enchentes e alagamentos registrados. Organização: Goudard (2020).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A verificação do índice ONI associado ao coeficiente de variação (CV) da chuva (Figura 03b) permite constatar que nas décadas de 1980 e 2000, foram evidenciadas variações negativas na precipitação (CV negativo), com precipitações abaixo da média como em 1981 (947,4 mm), 1985 (765,5 mm), 1988 (1227,5 mm), 2004 (1191,2 mm), 2006 (932,4 mm) e 2008 (1157,8 mm). A La Niña mais forte de 1988 - 1989 foi registrada neste período (Figura 03 a, b; Quadro 01).

Na década de 1990 e entre 2010 e 2015, observou-se o predomínio de El Niños e, portanto, de CVs positivos (Figura 03b). Os anos com maiores precipitações foram 1983 (1992,7 mm), 1993 (1876,2 mm), 1996 (1891,8 mm), 1997 (1820,0 mm), 1998 (2071,2 mm), 2010 (1916,7 mm) e 2015 (1959,4 mm), dentre os quais o EN mais forte do período foi registrado em 1997-1998 (Figura 03 a, b; Quadro 01).

No que se refere aos eventos pluviiais extremos - EPEs (Figura 03c) e suas repercussões espaciais na forma de inundações, enchentes e alagamentos (episódios) na cidade de Curitiba, observam-se padrões semelhantes aos mencionados nas anomalias anuais de chuva, a saber: intensificação (diminuição) nas fases quentes (frias) do ENOS.

No recorte temporal do presente estudo (1980 a 2015) foram registrados 132 dias de eventos pluviiais extremos - EPEs ($\geq P99$), dos quais 28 ocorreram entre 1980 e 1989, 46 entre 1990 e 1999, 40 entre 2000 e 2009 e 18 entre 2010 e 2015. Desses eventos, 84 apresentaram impactos negativos, na forma de inundações, enchentes e alagamentos na cidade de Curitiba.

A análise da Figura 03c coloca em evidência uma concentração de EPEs e seus impactos na década de 1990, momento no qual o índice ONI mostrava-se mais elevado (Figura 3b). Nos anos de EN destacaram-se os seguintes períodos quanto aos extremos pluviiais: 1982 - 1983 (12 EPEs e 7 episódios pluviiais extremos – inundações, enchentes e alagamentos), 1997 - 1998 (14 EPEs e 11 impactos), 2009 - 2010 (8 EPEs e 6 episódios extremos). Enquanto na LN, os anos de 1988 - 1989 (5 EPEs e 3 impactos), 1995 - 1996 (10 EPEs e 4 casos de inundações) e 2007 - 2008 (7 EPEs e 2 impactos) foram os mais significativos.

Dessa forma, constata-se que nos anos de El Niño, os eventos pluviiais extremos são mais frequentes, bem como nota-se uma maior quantidade de eventos que estão associados ao desencadeamento de inundações urbanas na cidade, em detrimento dos anos de LN. Estas observações estão de acordo com os resultados de diversos estudos realizados por



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Grimm *et al* (1998), Grimm e Tedeschi (2009), Tedeschi (2013), Tedeschi *et al.* (2015, 2016), Goudard (2019) sobre a variabilidade da precipitação.

Ressalta-se que as variabilidades pluviais (habituais e excepcionais) se encontram relacionadas tanto ao efeito de diferentes tipos de ENOS, como apresentam associação com outras interações oceano-atmosféricas interdecadais não abordadas neste estudo, tais como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

Cavalvanti e Ambrizzi (2009) e Kayano e Andreoli (2009) destacam que a ODP pode atuar de forma construtiva para a ocorrência de ENOS, de modo que quando o ENOS e a ODP estão na mesma fase (fase oposta), um modo atua construtivamente (desconstrutivamente) para o padrão do outro.

De modo semelhante, Zhang *et al.* (1997), Kayano e Andreoli (2009) e Nascimento Junior (2013) apontam que na ODP positiva há tendência de maior número e intensidade de episódios de ENOS em fase quente (El Niños) e menor número e intensidade de ENOS em fase fria (La Niña), sendo que o oposto é evidenciado em fases negativas da ODP. Neste sentido, a década de 90, marcada por predomínio de anomalias de chuva positivas no contexto deste estudo, também esteve atrelada a fase positiva da ODP.

4. Considerações finais

Este trabalho possibilitou verificar a variabilidade da precipitação pluvial em Curitiba associada às diferentes tipologias do evento El Niño- Oscilação Sul. Os resultados alcançados permitiram evidenciar os seguintes aspectos:

- Os anos caracterizados como sendo de El Niño são, predominantemente, chuvosos e muito chuvosos, ao passo que na fase fria (La Niña) predominam os anos secos e os habituais. Além disso, notaram-se variações das anomalias pluviais em relação às diferentes tipologias do ENOS (como em 1991-1992 - EN com chuvas abaixo da média; e 2010-2011 - LN com chuvas acima da média);
- Na década de 1980 e 2000 observou-se o predomínio de coeficientes de variação (CVs) negativos, ao passo que na década de 1990 e nos anos de 2010 a 2015, notou-se o predomínio de El Niños e de CVs positivos na área de estudo;
- Em anos de El Niño, os eventos pluviais extremos são mais frequentes, bem como nota-se uma maior quantidade de episódios extremos em detrimento dos anos de LN;



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

- Constataram-se variações das precipitações (habituais e excepcionais) em decorrência das tipologias dos ENOS, denotando a necessidade de estudos que abordem estes processos para além apenas da fase quente e fria do evento;
- O presente estudo possibilitou evidenciar ainda que a compreensão das interações oceano-atmosféricas em diversas escalas temporais (interanuais e interdecadais) torna-se relevante para o entendimento da variabilidade das precipitações habituais e excepcionais, bem como para a gestão de riscos climáticos.

Agradecimentos: À CAPES/ Ministério da Educação do Brasil pelo suporte financeiro desta pesquisa.

5. Referências

ANDREOLI, R.V.; OLIVEIRA, S.S.; KAYANO, M.T.; VIEGAS, J.; SOUZA, R.A.F.; CANDIDO, L.A. The influence of different El Niño types on the South American rainfall. **International Journal of Climatology (published online)**. 2016.

ASHOK, K. *et al.* El Niño Modoki and its possible teleconnection. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 112, n. C11, 2007.

ASHOK, K.; YAMAGATA, T. The El Niño with a difference. **Nature**, v. 461, n. 7263, p. 481-484, 2009.

BRITO, A. S. **El Niño and El Niño Modoki impacts on South American rainfall**. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência, Climate Change Research Centre, University Of New South Wales, Sydney, 2011.

CAI, W., MCPHADEN, M. J., GRIMM, A. M., RODRIGUES, R. R., TASCHETTO, A. S., GARREAUD, R. D., ... & NG, B. Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. **Nature Reviews Earth & Environment**, 1(4), 2020, p.215-231.

CAVALCANTI, I.F.A. e AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A. *et al.* (orgs) **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CPC-NOAA. **Climate Prediction Center**. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>

DESER, C. *et al.* Sea surface temperature variability: Patterns and mechanisms. **Annual review of marine science**, v. 2, p. 115-143, 2010.

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F.A. ENSO et les impacts des événements pluviaux extrêmes à Curitiba (Brésil). In: **Actes du XXXII Colloque Annuel de l'Association Internationale de Climatologie**. Tessalonique (Grécia): Aristotle Univ Tessalonique. v. 1. 2019, p. 187-192.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

GOUDARD, G. **Eventos pluviiais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na Bacia do Alto Iguazu (Paraná)**. 236f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Setor de Ciências de Terra – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

GOUDARD, G; MENDONÇA, F.A. Eventos e episódios pluviiais extremos: a configuração de riscos hidrometeorológicos em Curitiba (Paraná - Brasil). **IDEAS**, v. 15, p. 1-18, 2020.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, n.10, 1998, p. 2863-2880.

GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.F.S. (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos, 2009, p. 260 -275.

GRIMM, A.M.; TEDESCHI, R.G. ENSO and extreme rainfall events in South America. **Journal of Climate**. 22: 2009, p. 1589–1609.

HIDROWEB. **Sistema de Informações Hidrológicas – Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>

IPCC. **Climate Change - The Physical Science Basis. Summary for Policymakers - Technical Summary**, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. 222p.

KAO, H. Y. e YU, J.-Y. Contrasting Eastern-Pacific and Central-Pacific Types of ENSO. **Journal of Climate**, vol. 22, 615-632, 2009.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. Variabilidade decenal e multidecenal, In: Cavancanti, I.F.A et al. (ed.). **Tempo e Clima no Brasil**, Oficina de Textos, São Paulo, 2009. p. 375-383.

KAYANO, M. T. et al. El Niño e La Niña dos últimos 30 anos: diferentes tipos. **Revista Climanalise**. Edição Comemorativa de, v. 30. 2016.

MENDONCA, F. A. Les inondations urbaines à Curitiba (Brésil). **Actes du XXV Colloque Annuel de l'Association Internationale de Climatologie**. Grenoble: Univ Grenoble. v. 1. 2012, p. 517-523.

NASCIMENTO JUNIOR, L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. 162f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2013.

PBMC. Impactos, vulnerabilidades e adaptação. **Primeiro Relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas**, Volume 2, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PSL-NOAA. **Monthly/Seasonal Climate Composites**. Disponível em: <https://psl.noaa.gov/cgi-bin/data/composites/printpage.pl>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

TEDESCHI, R. G. **As influências de tipos diferentes de ENOS na precipitação e nos seus eventos extremos sobre a América do Sul - observações, simulações e projeções.** Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2013.

TEDESCHI, R. G., GRIMM, A. M., CAVALCANTI, I. F. A. Influence of Central and East ENSO on extreme events of precipitation in South America during austral spring and summer. **International Journal of Climatology**, 35(8), 2045-2064. 2015.

TEDESCHI, R. G., GRIMM, A. M., CAVALCANTI, I. F. A. Influence of Central and East ENSO on precipitation and its extreme events in South America during austral autumn and winter. **International Journal of Climatology**, 36(15), 4797-4814. 2016.

WENG, H.; ASHOK K.; BEHERA S. K.; RAO S. A.; YAMAGATA T. Impacts of recent El Niño Modoki on dry/wet conditions in the Pacific rim during boreal summer. **Climate Dynamics**, 29, p. 113-129, 2007.

WELTER, V. **Precipitação em verões sob influência de eventos ENOS canônico e Modoki no sudeste da América do Sul.** 76f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de M. C. Rondon. Marechal Cândido Rondon, 2018.

ZHANG, Y.; WALLACE, J. M.; BATTIST, D. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93. **Journal of Climate**, v. 10, n. 5, p. 1004-1020, 1997.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

PROJEÇÕES FUTURAS DA TEMPERATURA MÉDIA DO AR PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS

CELSO VÍTOR TAMBORIN ¹
CAMILA BERTOLETTI CARPENEDO ²
CARLOS BATISTA DA SILVA ³

RESUMO

As mudanças climáticas vêm cada vez mais se tornando parte de debates referentes às consequências de atividades humanas. Compreender como as mudanças climáticas afetam o meio e a sociedade é importante para o desenvolvimento de técnicas para mitigação dos impactos. O presente trabalho objetivou verificar as projeções futuras em cenários de mudanças climáticas da temperatura do ar no estado de Minas Gerais, nos períodos entre 2006-2055 e 2050-2099, bem como avaliar e validar os modelos de circulação geral oceano-atmosfera do CMIP5. Utilizou-se a temperatura média do ar da série temporal (1956-2005) das reanálises do ERA-20C (ECMWF) e a temperatura média do ar simulada pelos modelos do CMIP5 para o mesmo período, permitindo a validação dos modelos. Utilizou-se também os dados referentes às projeções futuras para a temperatura média do ar do CMIP5, para os cenários RCP4.5 e RCP8.5, para avaliar e quantificar as mudanças climáticas projetadas. Como resultado, notou-se uma superestimação do CMIP5 em relação às reanálises do ERA-20C nas simulações históricas. Para o período de 2006-2055 há um aumento na temperatura média do ar de +1,5°C e +1,75°C nos cenários RCP4.5 e RCP8.5, respectivamente. Para o período de 2050-2099 o aumento é de +2,5°C e +4,5°C nos cenários RCP4.5 e RCP8.5, respectivamente.

Palavras-chave: Modelos de circulação geral oceano-atmosfera; CMIP5; ERA-20C.

ABSTRACT

Climate change is increasingly becoming part of debates regarding the consequences of human activities. Comprehend how climate change affects the environment and society is important for the development of techniques to mitigate impacts. The present work aimed to verify the future projections in climate change scenarios of air temperature in the state of Minas Gerais, in the periods between 2006-2055 and 2050-2099, as well as to evaluate and validate the CMIP5 general ocean-atmosphere circulation models. The mean air temperature of the time series (1956-2005) of the ERA-20C reanalysis (ECMWF) and the mean air temperature simulated by the CMIP5 models for the same period were used, allowing the models to be validated. We also used data related to future projections for the average air temperature of CMIP5, for scenarios RCP4.5 and RCP8.5, to assess and quantify the projected climate changes. As a result, an overestimation of the CMIP5 was noted in relation to the reanalysis

¹ Graduando em Geografia, Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Geociências, c252052@dac.unicamp.br. Iniciação científica realizada junto ao Programa de Educação Tutorial (PET SESu/MEC) do curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

² Doutora em Ciências, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná (DSEA/UFPR), camila.carpenedo@ufpr.br

³ Pesquisador da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo (FFLCH/USP), krlsbatist@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

of the ERA-20C in the historical simulations. For the period 2006-2055 there is an increase in the average air temperature of + 1.5°C and + 1.75°C in the scenarios RCP4.5 and RCP8.5, respectively. For the period 2050-2099 the increase is + 2.5°C and + 4.5°C in the scenarios RCP4.5 and RCP8.5, respectively.

Keywords: General ocean-atmosphere circulation models; CMIP5; ERA-20C.

1. Introdução

Quando falamos em mudanças climáticas, dois grandes eventos políticos de cunho científico irão se destacar no final do século XX: em primeiro lugar temos a ECO 92, que visou acordar um desenvolvimento mais sustentável para os 172 países envolvidos juntamente com a criação da convenção do clima para discussão sobre as mudanças climáticas, e em segundo lugar temos o protocolo de Kyoto onde ocorreu um acordo para que os países se comprometessem a reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

Ambos os documentos foram essenciais para fomentar necessárias visibilidades políticas, econômicas e sociais necessárias para à preservação do meio ambiente, principalmente para as questões referentes ao uso de recursos naturais e os impactos causados na concentração de gases dentro da atmosfera.

Especificamente, o protocolo de Kyoto teve como objetivo principal a redução de emissão de gases que colaboram para o efeito estufa e para o aquecimento global. Neste documento países que integram a Organização das Nações Unidas (ONU) acordaram inúmeras orientações que resultassem na diminuição dos impactos ambientais causados pela atividade humana, sobretudo, dentro da atmosfera.

Mesmo esse protocolo definindo os limites de emissão de carbono na atmosfera, os efeitos desses processos já podem ser vistos nos dias de hoje, através do aumento do nível médio do mar, aumento do derretimento de neve e gelo, aumento da temperatura dos oceanos, aumento da frequência de eventos extremos e, principalmente, no aumento da temperatura do ar (BANCO MUNDIAL, 2010).

O aumento de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e vapor de água (H₂O), é o grande responsável pelas mudanças climáticas globais decorrente de atividades econômicas, principalmente as atividades relacionadas ao uso de combustíveis de origem fóssil, que somado com o



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

desmatamento e o uso inadequado do solo, contribuem para acréscimos de décimos no aumento da temperatura média global (HORTON *et al.*, 2010).

Neste mesmo sentido, Solomon *et al.* (2007) atestam que grande parte do aumento da temperatura média global é justificado pelo aumento nas concentrações de GEE na atmosfera. As evidências científicas sugerem que as concentrações crescentes de GEE já resultam em mudanças climáticas significativas e, ainda, há previsão de mais aumentos no futuro (UNCTAD, 2009).

Contudo, se faz necessário afirmar que os GEE são importantes para o equilíbrio térmico da Terra, pois permite a existência da vida como é conhecida atualmente. No entanto, um aumento nas concentrações atmosféricas desses gases pode influenciar no aumento da temperatura média no planeta devido à absorção de radiação terrestre por estes gases, os quais excitam e aquecem a atmosfera adjacente (AMBRIZZI, 2012).

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMCM, 2014) declara que os cenários de mudanças climáticas indicam para uma alteração na temperatura do ar acima de 2°C, o que resultará no desequilíbrio de ecossistemas fundamentais para a sobrevivência da humanidade e a velocidade e a magnitude das mudanças do clima poderiam condenar à extinção de muitas espécies.

As atuais projeções de mudança no clima global (SOLOMON *et al.*, 2007) consideram o Brasil vulnerável aos impactos das mudanças climáticas pela alta dependência produtiva que as principais culturas agrícolas têm em relação as variáveis climáticas, assim como a baixa capacidade técnica de mitigação dos efeitos dos eventos extremos em ambientes urbanos.

De acordo com o Banco Mundial (2010), a produtividade agrícola será afetada em todo o mundo com as mudanças climáticas, especialmente nos trópicos, ameaçando a segurança alimentar de muitos países, especialmente, àqueles tecnicamente menos desenvolvidos e com grande dependência do ritmo climático sazonal, como é o caso do Brasil e, especificamente, do estado de Minas Gerais.

O estado de Minas Gerais possui cerca de 1/3 do Produto Interno Bruto (PIB) dependente do setor agrícola (MARTINS *et al.*, 2018) e já sofre com os efeitos das mudanças, tanto devido às mudanças na distribuição espacial e temporal da precipitação pluvial, quanto devido à mudança na temperatura média do ar. Mostra-se então, a necessidade de haver



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

esforços científicos para realizar a detecção das mudanças climáticas, visando à elaboração e a tomada de medidas para diminuir os efeitos sobre os recursos hídricos, produtividade das lavouras, segurança alimentar e qualidade de vida (ÁVILA *et al.*, 2014).

Existem alguns estudos relacionados às mudanças climáticas e projeções futuras para Minas Gerais, como por exemplo Ávila *et al.* (2014), que avaliaram as tendências de temperatura do ar, tanto mínimas quanto máximas, avaliando dados de 43 municípios. Os autores observaram uma tendência de aumento na temperatura mínima na escala anual e no mês de julho de até +1,5°C por década na maior parte do estado, especialmente no sentido sul-norte de Minas Gerais.

Natividade *et al.* (2017) desenvolveram um estudo usando indicadores de extremos climáticos de temperatura do ar e precipitação pluvial em Minas Gerais, utilizando a projeção de 19 modelos de circulação geral oceano-atmosfera (MCGOA) pertencentes ao CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*), nos períodos de 1948-2005, 2041-2070 e 2071-2100, em que observaram uma tendência de aumento dos extremos relacionados à temperatura do ar.

Com base nas discussões supracitadas, juntamente com a necessidade da realização de pesquisas focadas na questão de mudanças climáticas, principalmente em regiões que podem se tornar vulneráveis economicamente, por sofrer impactos severos devidos a tais mudanças, o objetivo deste estudo foi realizar uma validação da temperatura do ar nos MCGOA do CMIP5, juntamente com a análise e avaliação das projeções futuras de mudanças climáticas para o período de 2006-2055 e 2050-2099.

2. Metodologia

2.1 Descrição dos dados

Para projetar o clima futuro se faz necessário o uso de cenários, que são suposições das atividades humanas e efeitos naturais no futuro. Para o Quinto Relatório de Avaliação (*Fifth Assessment Report - AR5*) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*; IPCC, 2013) foram desenvolvidos quatro cenários, chamados de *Representative Concentration Pathways* (RCPs) (MOSS *et al.*, 2010).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Neste estudo são usados dois cenários de forçantes radiativas futuras, sendo estes: RCP4.5 e RCP8.5. Ao grosso modo estes cenários contam com distinções nas mudanças do balanço de energia motivadas pela entrada e saída de radiação causada por alterações na composição de constituintes atmosféricos (MOSS *et al.*, 2010). O RCP4.5 trata-se de um cenário de emissão de GEE médio e o RCP8.5, que é o cenário mais pessimista, é caracterizado pelo aumento das emissões dos GEE ao longo do tempo.

Desenvolvido em 2008 pelo WCRP (*World Climate Research Programme*) por meio do *The Working Group on Coupled Modelling* (WGCM), o CMIP5 define um conjunto de trinta e cinco experimentos de modelos climáticos que permite, por exemplo, examinar a "previsibilidade" do clima e explorar a capacidade dos modelos de prever o clima em escalas de tempo decadais (CMIP5, 2013).

O IPCC (2013) afirma que os modelos climáticos são a representação numérica do sistema climático, baseados nas características físicas, químicas e biológicas e nas propriedades de seus componentes, suas interações e processos de *feedback* e contabilização de algumas de suas propriedades conhecidas. Os modelos climáticos são usados como ferramentas de pesquisas, que possibilitam o estudo e a simulação do clima, usados para fins operacionais, como previsões do tempo e do clima.

O ERA-20C é a primeira reanálise climática para o século XX, oriunda do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). A reanálise refere-se a uma previsão de curto período, que equipara dados resultantes de redes compostas por estações de superfície, radiossondagens, satélites, boias, registros de aviões e embarcações, dentre outras fontes, mantendo o modelo numérico sem modificação ao longo do tempo (PINHEIRO, 2019). A reanálise resulta em conjuntos de dados em grade, que estimam uma grande variedade de variáveis atmosféricas, do mar e da superfície da terra (DEE *et al.*, 2014).

2.2 Métodos

Para realizar um estudo sobre as mudanças climáticas no estado de Minas Gerais foram utilizadas as médias de temperatura do ar do MCGOA do CMIP5.

As séries de dados do experimento histórico (1956-2005) e das **projeções futuras (2006-2055 e 2050-2099)** de temperatura média do ar anual dos modelos foram obtidas por



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

meio do **NOAA PSL** (*National Oceanic and Atmospheric Administration Physical Sciences Laboratory*; <https://www.psl.noaa.gov/ipcc/ocn>).

Foram utilizadas as médias históricas da temperatura do ar entre 1956 e 2005 das reanálises do ERA-20C (ECMWF; <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era-20c>). As reanálises foram utilizadas para validar as saídas do experimento histórico (1956-2005) dos MCGOA do CMIP5.

Com o auxílio do *Climate Data Operators* (CDO) foram realizadas médias anuais dos dados do ERA-20C, para o período de 1956 a 2005. Com o programa *Grid Analysis and Display System* (GrADS - <http://cola.gmu.edu/grads>), foi realizado a conversão dos dados de temperatura média do ar das reanálises do ERA-20C de Kelvin (K) para Celsius (°C). O GrADS permitiu também que fosse realizado modelagem espacialização das médias do CMIP5 para os períodos de estudo, possibilitando a criação de mapas e figuras para análise e comparação dos resultados.

3. Resultados e discussão

3.1 Avaliação dos modelos de circulação geral oceano-atmosfera do CMIP5

Diferença entre os dados da média histórica simulados pelos MCGOA do CMIP5 e dos cenários RPC4.5 e RPC8.5 foram observadas¹

A Figura 01a refere-se à temperatura média do ar em Minas Gerais oriunda das reanálises climáticas do ERA-20C (1956-2005). Nota-se que as menores temperaturas médias do ar se encontram no sul do estado, apresentando valores inferiores a 18°C e alcançando 19°C. Já no oeste e nordeste do estado, as temperaturas variam entre 20°C e 21,5°C. O norte do estado apresenta as maiores temperaturas, sendo superiores a 23,5°C.

¹ A diferença se dá quando se compara a simulação histórica dos cenários RPC4.5 e RPC8.5, que, por se referir ao mesmo período histórico (1956-2005), não deveria apresentar divergências, já que os cenários são usados somente para projetar o futuro. Isso ocorre porque há diferença no número de modelos do CMIP5 utilizados para realizar a simulação histórica e as projeções entre os dois cenários para a variável “*Air temperature*”. Pode-se observar a lista dos modelos que foram utilizados para o experimento no item “*field*” no seguinte endereço: <https://www.psl.noaa.gov/ipcc/ocn/>



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Já a Figura 01b mostra a temperatura do ar dos modelos do CMPI5 no cenário RCP4.5 para o período histórico (1956-2005). Percebe-se que as menores médias de temperatura do ar estão localizadas no sul de Minas Gerais, assim como observado nas reanálises do ERA-20C, apresentando temperatura média do ar variando entre 19°C e 21,5°C. Já no norte e nordeste do estado a temperatura média varia entre 22°C e 23,5°C. Percebe-se que as maiores temperaturas simuladas pelos modelos se encontram no sul do estado, onde os valores variam entre 22°C e 24°C.

A Figura 01c mostra que a temperatura do ar simulada no cenário RCP4.5 é maior do que em relação aos dados observados do ERA-20C, apresentando assim diferenças positivas. Com isso, é possível afirmar que as simulações superestimam os dados observados de temperatura do ar em todo o estado de Minas Gerais, entre 1956 e 2005. Em parte do sul e centro de Minas Gerais essa superestimação foi de +2,5°C, também mantendo essa característica em parte do oeste do estado. No norte essa superestimação é menor que 1,5°C. Nas outras áreas houve uma superestimação de +2°C.

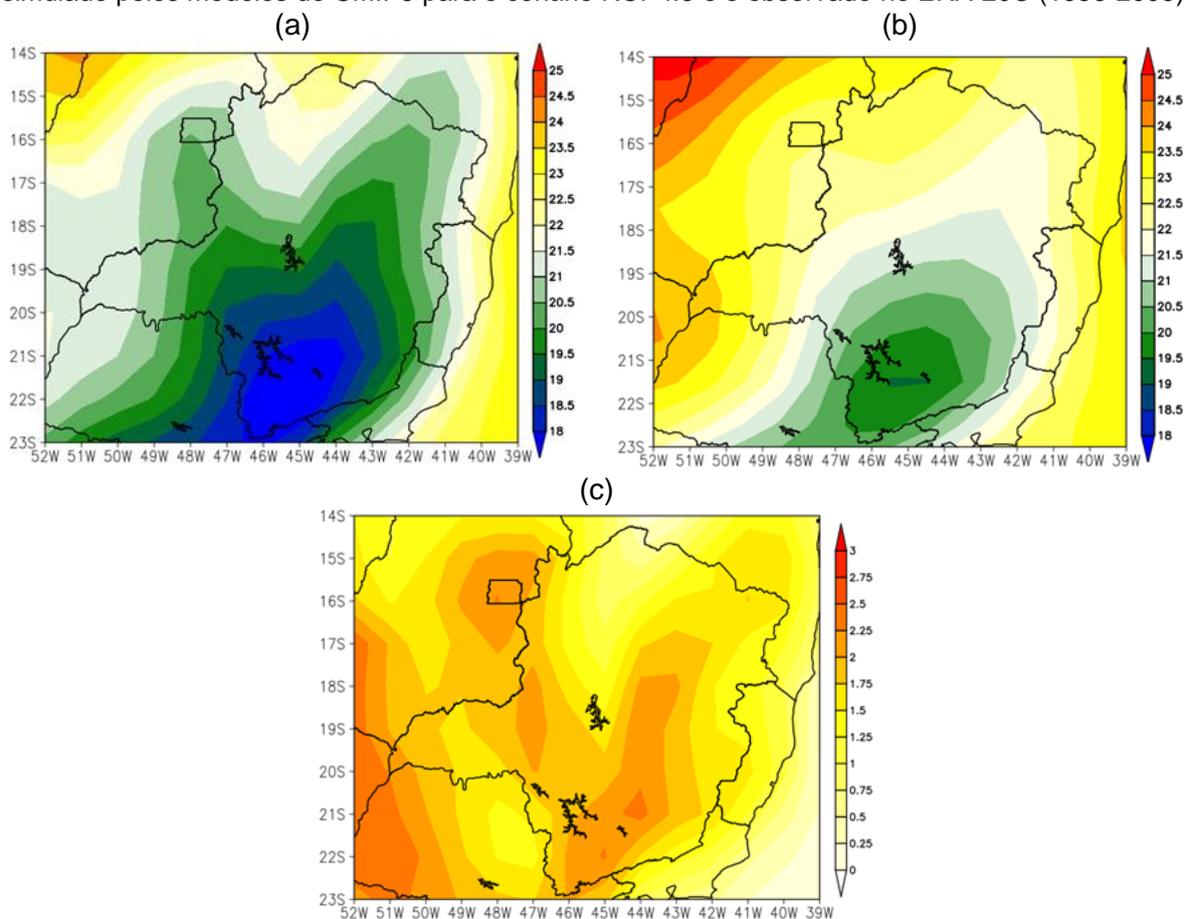


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 – Média anual de temperatura do ar (°C) (a) das reanálises do ERA-20C, (b) do experimento histórico - média por conjunto - para o cenário RCP4.5 e (c) campo de diferença entre o simulado pelos modelos do CMIP5 para o cenário RCP4.5 e o observado no ERA-20C (1956-2005).



Fonte: ECMW. PSL NOAA.
Elaboração: Tamborin (2020).

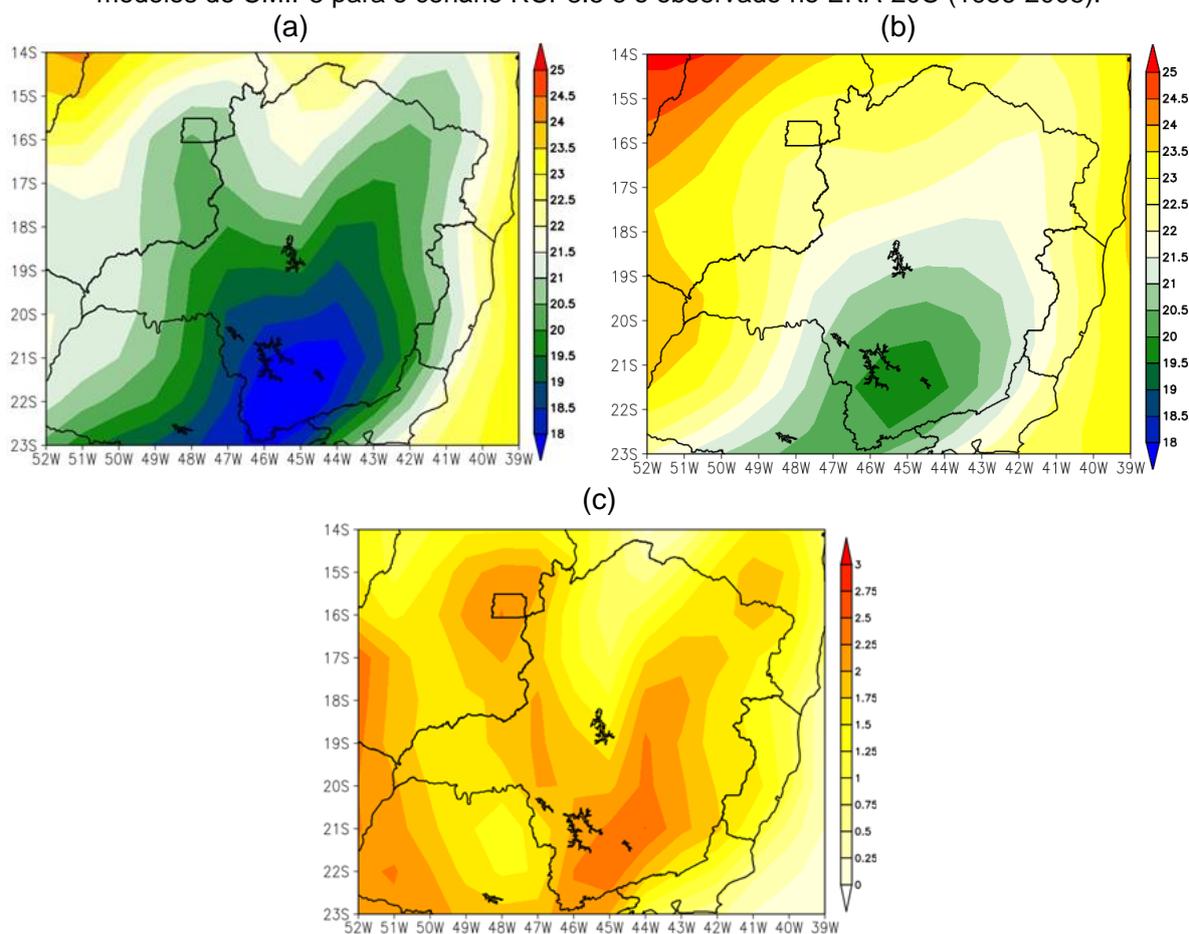
A Figura 02b mostra a temperatura média do ar anual simulada pelos modelos do CMIP5 no cenário RCP8.5 para o período histórico (1956-2005). Percebe-se que as menores médias estão no sul de Minas Gerais, variando entre 20°C e 21°C, enquanto no norte e nordeste variam entre 22°C e 23,5°C. Assim, as maiores temperaturas são encontradas no oeste do estado, tendo uma variação entre 22°C e 24°C.

A simulação dos modelos para as temperaturas médias do ar no cenário RCP8.5 também é maior que os dados observados do ERA-20C (Figura 02c). Isso mostra que os modelos superestimam a temperatura média do ar em todo o estado entre 1956 e 2005. No Sul, parte do oeste e centro de Minas Gerais essa superestimação é de +2,5°C. No norte do



estado essa superestimação é de até $+1,5^{\circ}\text{C}$. Nas demais regiões a superestimação é de $+2^{\circ}\text{C}$.

Figura 02 - Média anual de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) (a) das reanálises do ERA-20C, (b) do experimento histórico - média por conjunto - para o cenário RCP8.5 e (c) campo de diferença entre simulado pelos modelos do CMIP5 para o cenário RCP8.5 e o observado no ERA-20C (1956-2005).



Fonte: ECMW. PSL NOAA.
Elaboração: Tamborin (2020).

3.2 Cenários futuros de mudanças climáticas

A distribuição espacial da temperatura média do ar simulada pelos modelos do CMIP5 no período de 2006 a 2055, tanto para o cenário RCP4.5, quanto para o cenário RCP8.5, podem ser observadas na Figura 3, juntamente com a diferença entre as projeções futuras nos referidos cenários (2006-2055) em relação às simulações históricas dos respectivos cenários (1956-2005).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Com base na Figura 03a, referente à média anual de temperatura média do ar em Minas Gerais no experimento RCP4.5 para o período de 2006 a 2055, podemos observar que o sul de Minas Gerais apresenta temperaturas $\leq 21,5^{\circ}\text{C}$, sendo estas as menores temperaturas projetadas. Para o norte, verifica-se que parte do estado mineiro apresenta temperaturas médias do ar $\geq 24,5^{\circ}\text{C}$.

A partir da análise das anomalias referente ao período de 2006-2055 no cenário RCP4.5 (Figura 03b), percebe-se que há um aquecimento em relação ao período histórico (1956-2005) de até $+1,25^{\circ}\text{C}$ em parte do sul, sudeste e nordeste de Minas Gerais. Já no oeste e norte do estado, o aquecimento foi igual a $+1,5^{\circ}\text{C}$.

Em relação à Figura 03c, que se refere ao experimento RCP8.5 no período de 2006 a 2055, é possível identificar que o sul de Minas Gerais apresenta as menores temperaturas projetadas para o período, variando entre $21,5^{\circ}\text{C}$ e $22,5^{\circ}\text{C}$, mantendo o mesmo padrão de apresentar as menores temperaturas, como observado no cenário RCP4.5. Para o nordeste e sudeste, as temperaturas médias do ar variam entre $23,5^{\circ}\text{C}$ e 24°C . O norte e oeste de Minas Gerais apresenta temperaturas um pouco mais altas, sendo projetadas médias que variam entre $23,5^{\circ}\text{C}$ e $25,5^{\circ}\text{C}$.

Por fim, através dos resultados provenientes das anomalias, referente ao período de 2006-2055 no cenário RCP8.5 em relação ao período histórico (1956-2005), nota-se que houve um aumento da temperatura no cenário futuro (2006-2055), sendo esta de $+1,75^{\circ}\text{C}$ sobre parte do norte e oeste de Minas Gerais. Já sobre parte do norte e nordeste, centro e sul do estado houve um aquecimento de $+1,5^{\circ}\text{C}$. Em pequenas partes do sudeste e nordeste, esse aumento foi de $+1,25^{\circ}\text{C}$.

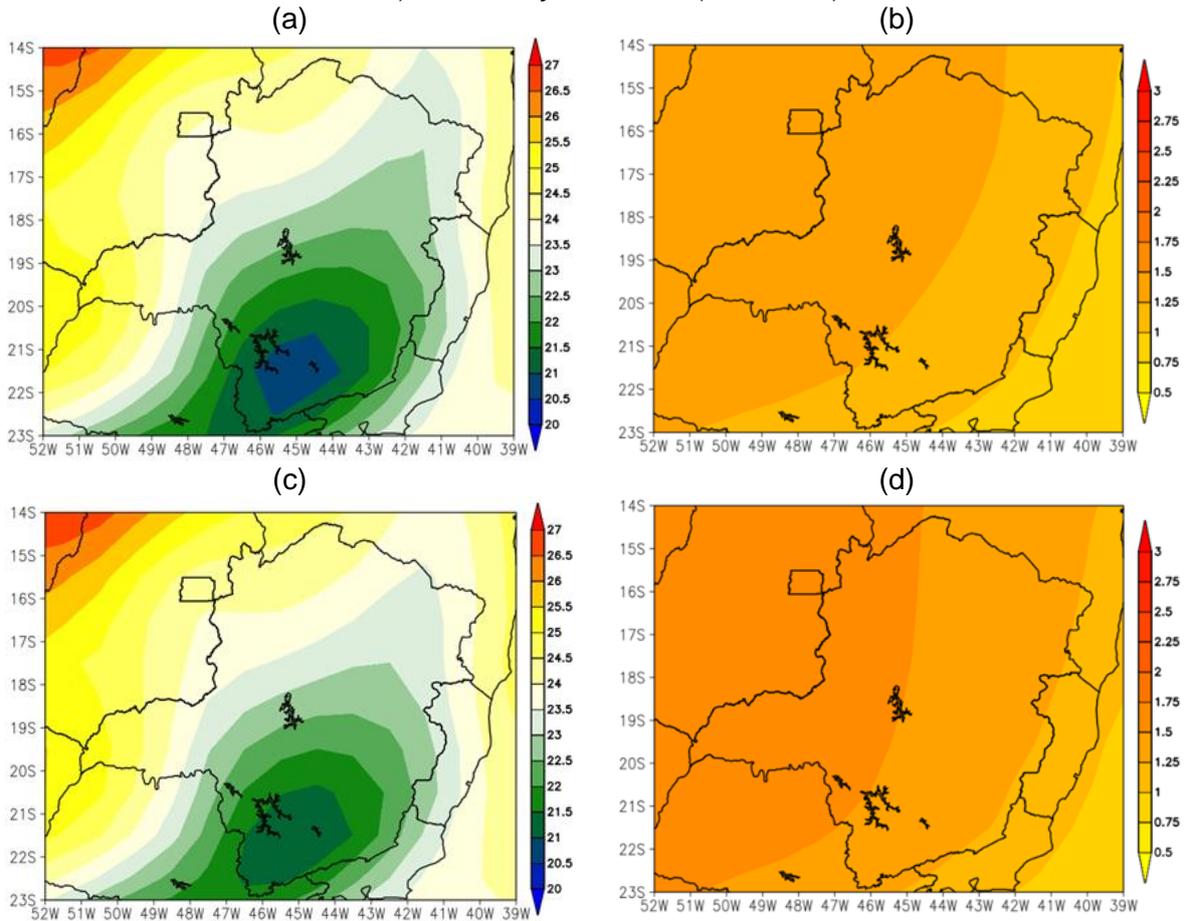


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 03 - Temperatura média do ar anual em Minas Gerais (a) para o cenário futuro RCP4.5 (2006-2055), (b) diferença entre o cenário futuro RCP4.5 (2006-2055) e a simulação histórica (1956-2005), (c) para o cenário futuro RCP8.5 (2006-2055) e (d) diferença entre o cenário futuro RCP8.5 (2006-2055) e a simulação histórica (1956-2005).



Fonte: PSL NOAA.

Elaboração: Tamborin (2020).

A Figura 04a, referente à média anual de temperatura média do ar em Minas Gerais no experimento RCP4.5 (2055-2099), mostra que o sul de Minas Gerais apresenta temperaturas que variam entre 22°C e 23°C, sendo estas as menores temperaturas projetadas no estado. Em parte do norte, nordeste e sudeste do estado é possível notar temperaturas médias do ar que variam entre 23°C e 25,5°C. Parte do oeste de Minas Gerais apresenta temperaturas de até +26,5°C, sendo a maior temperatura projetada para esse período.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

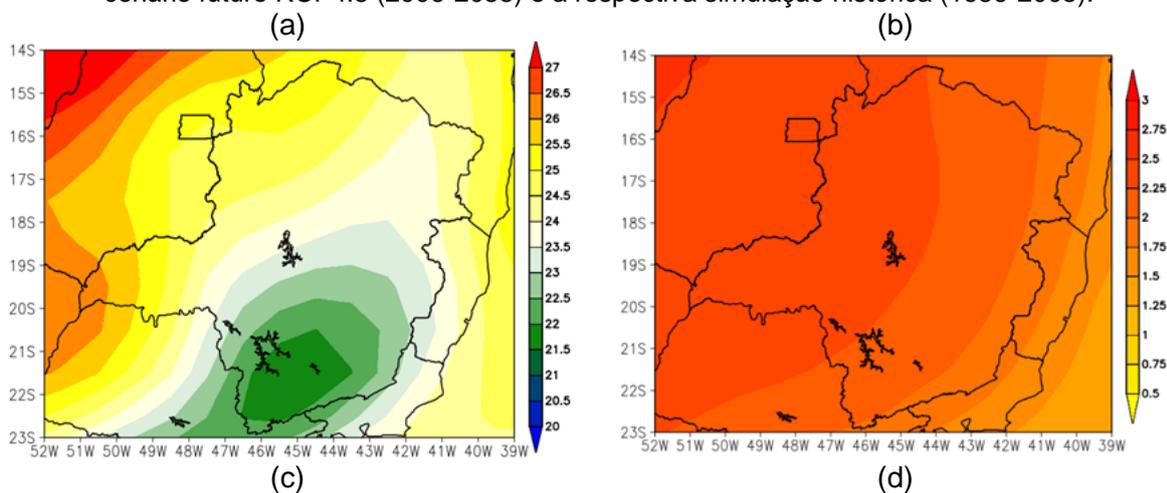
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Conforme as anomalias entre 2050-2099 no cenário RCP8.5 (Figura 04b), nota-se que também há um aquecimento em relação ao período histórico (1956-2005), de $+2,5^{\circ}\text{C}$ no oeste e parte do norte de Minas Gerais, e entre $+1,75^{\circ}\text{C}$ e $+2,00^{\circ}\text{C}$ nas demais regiões.

Em relação à Figura 04c, que se refere a projeção para o cenário RCP8.5 no período de 2050 a 2099, nota-se que o sul de Minas Gerais apresenta as menores temperaturas projetadas para o período, variando entre 23°C e $24,5^{\circ}\text{C}$. Percebe-se que a maior temperatura média do ar simulada se encontra no norte e oeste do estado, apresentando temperaturas que variam entre 26°C e 27°C . Para o nordeste e sudeste do estado, as temperaturas variam entre 25°C e $26,5^{\circ}\text{C}$.

Por meio dos resultados provenientes das anomalias, percebe-se que há um aumento da temperatura no cenário futuro RCP8.5 (2050-2099), sendo esse aumento de $+3,5^{\circ}\text{C}$ no sudeste e nordeste do estado. Já em parte do sul, centro e norte do estado há um aumento de $+4^{\circ}\text{C}$, enquanto no oeste este aumento chega a $+4,5^{\circ}\text{C}$.

Figura 04 - Média anual de temperatura média do ar em Minas Gerais (a) para o cenário futuro RCP4.5 (2050-2099), (b) diferença entre o cenário futuro RCP4.5 (2050-2099) e a respectiva simulação histórica (1956-2005), (c) para o cenário futuro RCP8.5 (2050-2099) e (d) diferença entre o cenário futuro RCP4.5 (2006-2055) e a respectiva simulação histórica (1956-2005).

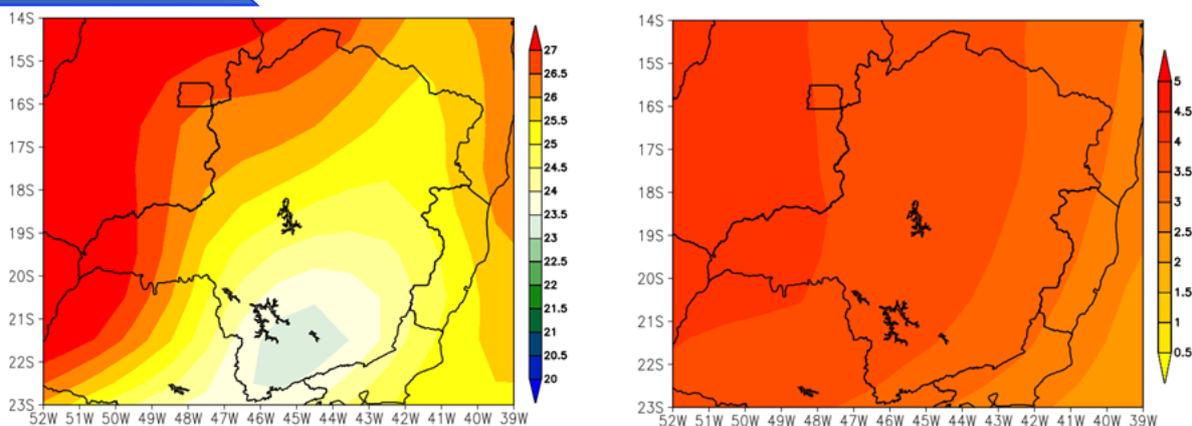




XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: PSL NOAA.

Elaboração: Tamborin (2020).

4. Considerações finais

Uma investigação sobre as mudanças na temperatura média do ar no estado de Minas Gerais, utilizando dados de modelos climáticos de séries históricas e de cenários de projeção, foi realizada.

A análise dos dados apresentada no tópico de resultados possibilitou verificar que há uma superestimação da temperatura do ar nos modelos do CMIP5 quando comparado com as reanálises do ERA-20C, já que foi observado uma superestimação de +2,5°C no estado de Minas Gerais.

Nas projeções futuras do cenário RPC4.5, há um aumento de mais de 1,5°C para o período de 2006-2055, e de 2,5°C para o período de 2050-2099. Para o cenário RPC8.5, mais pessimista, observou-se um aumento de 1,75°C para o período de 2006-2055, e para o período de 2050-2099, esse aumento foi de +4,5°C, mostrando o quão necessário são os estudos climatológicos atualmente. Notou-se também, que as menores temperaturas projetadas pelos modelos do CMIP5 tendem a se localizar no sul do estado de Minas Gerais.

Por fim, cabe-se pontuar a importância dos resultados observados nesse trabalho, principalmente quando se observa uma projeção de +4,5°C na média de temperatura do ar no estado de Minas Gerais, deixando claro o risco que isso significa para o setor agrícola, para a precipitação pluvial e para a sociedade como um todo, sendo necessário mais estudos sobre mudanças climáticas para o estado e o desenvolvimento de medidas mitigadoras para diminuir tais impactos.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

AMBRIZZI, T. *et al.* Variabilidade e mudança no clima: passado, presente e futuro. **Mudanças climáticas: do global ao local**, p. 1-38, 2014.

ÁVILA, L. F. *et al.* Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 4, p. 247-256, 2014.

Banco Mundial. **Desenvolvimento e mudança climática**. Relatório sobre Desenvolvimento Mundial. São Paulo, SP: Editora Unesp. 440pp, 2010.

CÂNDIDO, L. A. *et al.* O clima atual e futuro da Amazônia nos cenários do IPCC: a questão da savanização. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 44-47, 2007.

CMIP5. Disponível em: <<https://www.wcrp-climate.org/wgcm-cmip/wgcm-cmip5>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

DEE, D. P. *et al.* Toward a consistent reanalysis of the climate system. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 95, n. 8, p. 1235-1248, 2014.

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. 2014, updated daily. ERA-20C Project (ECMWF Atmospheric Reanalysis of the 20th Century). Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory. <https://doi.org/10.5065/D6VQ30QG>. Acesso em 28/12/2020.

HORTON, R. *et al.* **Climate observations and projections**. Capítulo 3. In: Climate Change Adaptation in New York City: Building a Risk Management Response. [New York City Panel on Climate Change (Org.)], 2009 Report. Ann. N.Y. Acad. Sci., 1196, 41-62, 2010.

IPCC. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 p., 2013.

MARTINS, F. B. *et al.* Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, 2018.

MOSS, R. H. *et al.* The Next Generation of Scenarios for Climate Change Research and Assessment. **Nature**, v. 463, p.747-756, 2010.

NATIVIDADE, U. A.; GARCIA, S. R.; TORRES, R. R. Tendência dos índices de extremos climáticos observados e projetados no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 4, p. 600-614, 2017.

PBMC, 2014: **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Assad, E.D., Magalhães, A. R. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 414 pp. ISBN: 978-85-285-0207-7

PINHEIRO, E. **Análise dos impactos de variabilidades de baixa frequência no Atlântico tropical e nordeste do Brasil utilizando a reanálise centenária ERA-20C.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SCOTT, J. D.; Alexander, M. A.; Murray, D. R.; Swales, D.; Eischeid, J. The Climate Change Web Portal: A System to Access and Display Climate and Earth System Model Output from the CMIP5 Archive, **Bulletin of the American Meteorological Society**, 97(4), 523-530, 2016.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (Ed.). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University, 996p., 2007.

UNCTAD. **Multi-Year Expert Meeting on Transport and Trade Facilitation: Maritime Transport and the Climate Change Challenge, Summary of Proceedings,** United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), Geneva, CH, pp.1-47, 2009.



VARIABILIDADE DOS DIAS CONSECUTIVOS SECOS NO MUNICÍPIO DE POCINHOS (PB)

NATÁLIA DUARTE DE SOUSA¹
DAISY BESERRA LUCENA²

RESUMO

O município de Pocinhos está localizado no semiárido nordestino, especificamente na região pluviométrica do Cariri-Curimataú, sendo uma das regiões com menor índice pluviométrico do estado da Paraíba. O clima pode ser considerado como a característica mais importante da região, uma vez que as secas estacionais e periódicas é que vão determinar o êxito da agropecuária e a sobrevivência de muitas famílias. Este trabalho visa analisar o índice de Dias Consecutivos Secos (DCS) de Pocinhos entre o período de 1994 a 2018, a partir da aplicação de estatísticas descritivas, para observar o seu comportamento anual e sazonal, identificando possíveis alterações na sua variabilidade. DCS é um dos índices relativos à precipitação e, devido à peculiaridade do Cariri-Curimataú paraibano, adaptou-se o conceito para o número máximo de dias consecutivos com quantidade de precipitação diária inferior a 5 mm, em vista da elevada evapotranspiração diária. O maior DCS anual registrado foi 222 dias iniciado em 2012, terminando no ano subsequente. Já o menor DCS anual ocorreu no ano 2000 com 55 dias. Analisando detalhadamente o que ocorreu nestes anos, em 2000, foram identificados 9 períodos de DCS durante as estações pré-chuvosa e chuvosa (veranicos), contabilizando 196 dias secos ao total do ano. No caso do ano 2012, observou-se apenas cinco veranicos, 206 no total anual. Por fim, em 2013, foram observados 7, que contabilizam um total de 200 dias secos. Estes resultados apontam para a quantidade expressiva de DCS que atinge o modo de vida da população, bem como o desenvolvimento socioeconômico municipal.

Palavras-chave: Estatística descritiva; Precipitação; Cariri-Curimataú.

ABSTRACT

The county of Pocinhos is located in the northeastern semi-arid, specifically in the Cariri-Curimataú rainfall region, being one of the regions with the lowest rainfall in the state of Paraíba. The climate can be considered as the most important characteristic of the region, since seasonal and periodic droughts will determine the success of agriculture and the survival of many families. This work aims to analyze the Index of Consecutive Dry Days (CDD) Pocinhos between 1994 to 2018, using descriptive statistics, to observe its annual and seasonal behavior, identifying possible changes in its variability. The CDD is one of the indexes related to precipitation and, due to the peculiarity of Cariri-Curimataú in Paraíba, the concept has been adapted for the maximum number of consecutive days with daily precipitation less than 5 mm, due to the high daily evapotranspiration. The highest annual CDD recorded was

¹Graduanda em Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba (UFPB),
nds2@academico.ufpb.br

²Doutora em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG),
daisyblucena@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

222 days starting in 2012, ending the following year. The lowest annual CDD occurred in 2000 with 55 days. Analyzing in detail what happened in these years, in 2000, 9 periods of CDD were identified during the pre-rainy and rainy seasons (dry spells), accounting for 196 dry days in total for the year. In the case of the year 2012, there were only five dry spells, 206 in the annual total. Finally, in 2013, 7 were observed, which account for a total of 200 dry days. These results point to the significant amount of CDD that affects the population's way of life, as well as the municipal socioeconomic development.

Keywords: Descriptive statistics; Precipitation; Cariri-Curimataú.

1. Introdução

Vários estudos têm apontado o aumento da temperatura média do planeta, o qual acarretará alterações do ciclo hidrológico, gerando, conseqüentemente, a modificação na ocorrência das chuvas, especialmente dos eventos extremos, o que interfere na qualidade de vida das populações, principalmente as afetadas pela disponibilidade hídrica na região que poderá sofrer inúmeras transformações (SILVA; MONTENEGRO; SOUZA, 2017).

Segundo Nóbrega, Farias e Santos (2015), os eventos extremos associados à precipitação, a exemplo das grandes secas e enchentes, são responsáveis por modificar notavelmente as características inerentes de uma região, causando problemas para os habitantes dos seus centros urbanos, onde é comum a ocorrência de inundações, bem como do sertão, com as estiagens prolongadas.

O semiárido brasileiro é a área semiárida mais povoada do mundo, mas, por causa da sua baixa pluviosidade e da pequena capacidade de retenção de água na maioria dos tipos de solos da região, uma parcela da população depende notoriamente da água da chuva, além da sua captação e armazenamento, pois os rios desta região possuem, em geral, um regime temporário/intermitente (MOURA *et al.*, 2007). Os autores acrescentam que, o clima pode ser considerado como a característica mais importante do semiárido, uma vez que as secas estacionais e periódicas é que vão determinar o êxito da agropecuária e a sobrevivência de inúmeras famílias.

É comum, em grande parte da região do semiárido brasileiro, o enfrentamento da problemática da falta de água em decorrência da irregularidade das chuvas e dos baixos volumes pluviométricos, sendo este um dos empecilhos para a prática de atividades agrárias e agropecuárias nesta localidade (MARENGO *et al.*, 2011). Trabalhos como o de Farias *et al.* (2017) e, Sena, Moraes Neto e Lucena (2019) mostram os impactos dos eventos extremos,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

especialmente das secas severas e chuvas intensas, na produção agropecuária dos municípios de Boqueirão e, Sumé e São João do Cariri, respectivamente.

Diante desta necessidade de estudar as mudanças climáticas, a Organização Mundial Meteorológica (OMM) criou a Equipe de Especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas (*Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices – ETCCDMI*), a qual faz parte do Programa Internacional de Pesquisa em Previsão da Variabilidade Climática (CLIVAR) da Iniciativa de Mudança Climática (*Climate Change Initiative – CCI*). Este grupo de trabalho elaborou Índices de Detecção de Mudanças Climáticas a fim de uniformizar os trabalhos que tratam do tema, sendo estabelecidos 27 índices, em que 11 são referentes à precipitação e 16 estão associados à temperatura do ar (ZHANG; YANG, 2004).

Dentre os índices de precipitação, tem-se o índice de Dias Consecutivos Secos (DCS) que, por definição, corresponde a quantidade máxima de dias consecutivos com precipitação menor que 1 mm (ZHANG; YANG, 2004). Trabalhos como o de Ferreira *et al.* (2017), Silva *et al.* (2019), Vale *et al.* (2020) e diversos outros utilizam o índice de Dias Consecutivos Secos para estudar os eventos extremos climáticos de precipitação, visando a identificação de algum indicativo de mudança no clima do Nordeste do Brasil (NEB), especialmente na região semiárida.

O município de Pocinhos, foco deste trabalho, está situado no semiárido nordestino, especificamente na região pluviométrica do Cariri-Curimataú (BRAGA; SILVA, 1990), que é uma das regiões com menor índice pluviométrico do estado da Paraíba. Por ser uma área já impactada pela baixa quantidade de chuvas, torna-se necessário estudar os dias consecutivos secos deste local a fim de identificar indícios de alguma alteração climática, bem como entender os impactos da baixa pluviosidade na agricultura, sobretudo nos períodos pré-chuvoso e chuvoso.

Estudos que analisam a tendência das séries históricas de precipitação pluviométrica permitem deduzir se está ocorrendo uma mudança climática local (SILVA; MONTENEGRO; SOUZA, 2017), o que é de grande importância para mitigar ou minimizar os possíveis efeitos na economia, na saúde, na infraestrutura e em outros segmentos das cidades. Dito isto, o objetivo deste trabalho é analisar o índice de Dias Consecutivos Secos (DCS) do município de Pocinhos para o recorte temporal de 1994 a 2018, a partir da aplicação de estatísticas



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

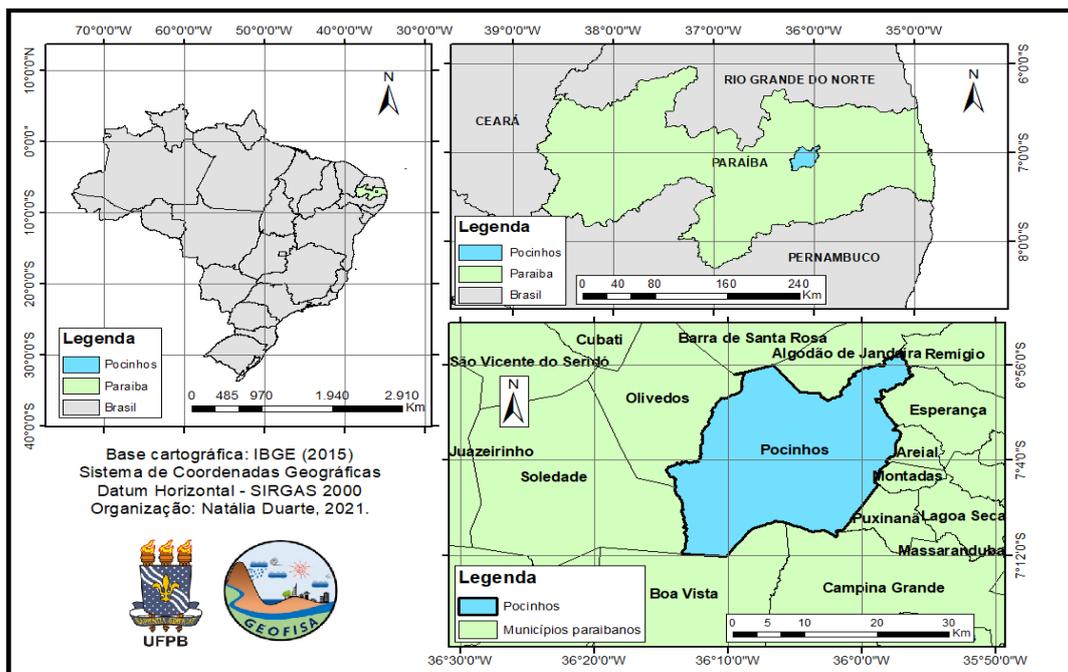
descritivas, para observar o seu comportamento anual e sazonal, identificando possíveis alterações na sua variabilidade, que possam ser indicativos de alterações ou modificações no clima. Ademais, pretende-se levantar reflexões sobre os possíveis impactos dessas mudanças nas atividades da agricultura local.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O município de Pocinhos pertence ao Estado da Paraíba, o qual faz parte da região Nordeste do Brasil. Situa-se no Planalto da Borborema, fazendo parte da mesorregião do agreste paraibano (FRANÇA *et al.*, 2014) e da microrregião pluviometricamente homogênea do Cariri-Curimataú (BRAGA; SILVA, 1990). Apresenta uma área de 628,1 km², localizada na Caatinga paraibana, fazendo fronteira com os municípios de Olivedos, Soledade, Boa Vista, Campina Grande, Puxinanã, Montadas, Areal, Esperança, Remígio, Algodão de Jandaíra e Barra de Santa Rosa (Figura 01). Localiza-se a 142 km da capital, João Pessoa, e 30 km da cidade de Campina Grande.

Figura 01 - Mapa de localização do município de Pocinhos



Fonte: Sousa e Lucena (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A sede está situada a, aproximadamente, 640 metros acima do nível do mar, sendo as suas coordenadas geográficas de 7° 04' 36" de latitude sul e 36° 03' 40" de longitude oeste. De acordo com o último Censo Demográfico (IBGE, 2010), o município apresenta uma população total de 17.032 habitantes, sendo a sua densidade demográfica de 27,12 hab/km². Estima-se que em 2020 a população tenha atingido a marca de 18.708 pessoas (IBGE Cidades, 2021).

Segundo a nota técnica do Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios da Paraíba (PARAÍBA, 2017), o município de Pocinhos se destaca entre as cinco maiores participações no total estadual do setor da agropecuária, ficando atrás apenas de Pedras de Fogo (4,2%) e Santa Rita (3,9%). De 2016 para 2017, houve uma mudança no terceiro lugar que passou de Alagoa Nova para Pocinhos com 3,3% de participação. Além disso, a agropecuária é a segunda maior atividade do município com o percentual expressivo de 31,7% na formação da sua economia.

Vale destacar que, no *ranking* do produto interno bruto per capita do estado, Pocinhos está situado na 25ª posição, considerando os 223 municípios paraibanos. Logo, de certa forma, ocupa uma posição de destaque na economia estadual. Entre as 14 regiões geoadministrativas do Estado da Paraíba, Pocinhos encontra-se na 3ª região, Sede Campina Grande, na qual ocupa o 7º lugar na participação do PIB da região, com 1,75% em participação e 0,38% de participação no PIB do estado.

2.2 Fonte dos dados

Para este estudo, foram utilizados dados diários de chuva para o município de Pocinhos fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), referente ao período entre os dias 01/01/1994 e 31/12/2018.

Nesta pesquisa, não se realizou o preenchimento dos dados faltosos da série temporal, tendo em vista que estes representam apenas 0,68%, não comprometendo a confiabilidade dos resultados. Além disso, é possível observar a irregularidade espacial e temporal das chuvas no Semiárido (SILVA; PEREIRA; ALMEIDA, 2012), fazendo com que o processo do preenchimento correto das falhas seja muito laborioso e difícil, principalmente quando se trata do período chuvoso.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os dados brutos foram previamente rodados num programa gerado no *software MatLab* para realizar o tratamento dos dados de precipitação adquiridos na AESA e obter o índice dos Dias Consecutivos Secos (DCS) em escala anual e para o período pré-chuvoso e chuvoso do município, que corresponde aos meses de novembro a maio para a microrregião do Cariri-Curimataú (SILVA, 2007). Acrescenta-se ainda que, o programa identificou os anos em que os dias consecutivos secos continuaram de um para o outro, além da quantidade de dados faltosos por ano. Por fim, o programa retornou também as datas de ocorrência da maior sequência de DCS anual e do período pré-chuvoso e chuvoso, possibilitando análises futuras, relacionando o DCS aos eventos atmosféricos, por exemplo.

2.3 Dias consecutivos secos (DCS)

Dias Consecutivos Secos (DCS), do inglês *Consecutive Dry Days* (CDD), é um dos índices relativos à precipitação produzidos pelos peritos do CCI/CLIVAR para ETCCDMI. No caso do DCS, corresponde ao número máximo de dias consecutivos com quantidade de precipitação diária inferior a 1 mm (SANTOS, 2010). No entanto, este parâmetro não condiz com a realidade do Nordeste brasileiro tão pouco com a do Cariri-Curimataú paraibano, que apresenta baixos índices de precipitação e altos valores de evapotranspiração.

Sendo assim, Cabral Júnior e Bezerra (2018) estabeleceram que o Estado da Paraíba apresenta Evapotranspiração de referência que varia entre 5,7 a 4,5 mm/dia, sendo a média de 5,1 mm/dia. Logo, um volume de precipitação igual ou menor a este valor, pode ser considerada uma chuva “desprezível” pequena, já que a água será perdida para a atmosfera em volume igual ou maior. Desta forma, adaptou-se o conceito de dias consecutivos secos para o número máximo de dias consecutivos com quantidade de precipitação diária inferior a 5 mm.

2.4 Estatística descritiva

Para complementar a análise dos dados, utilizou-se a estatística descritiva por meio da elaboração de um gráfico do tipo Box Plot no RStudio. O gráfico Box Plot, também chamado de “desenho esquemático”, permite realizar uma análise gráfica por meio de cinco medidas estatísticas, são elas: valor mínimo, valor máximo, mediana, primeiro e terceiro quartil da variável quantitativa. Desta forma, é possível ter uma ideia do comportamento dos

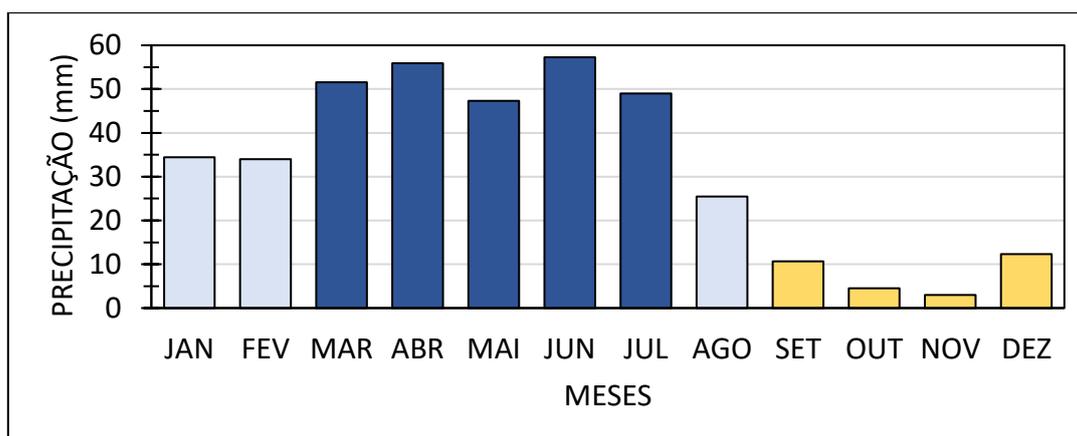


dados através da sua posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes (GUEDES *et al.*, 2005). Optou-se por aplicar esse tipo de gráfico no índice DCS anual e do período pré-chuvoso e chuvoso, uma vez que ele permite a identificação da variabilidade dos dados.

3. Resultados e discussão

Como forma de compreender melhor o comportamento da precipitação no município de Pocinhos, foi elaborado o gráfico do ciclo anual da localidade (Figura 02) a partir da média mensal dos dados de precipitação para cada mês. Assim, é possível identificar o período chuvoso e seco, além dos meses que se encontram entre as estações.

Figura 02 – Ciclo anual da precipitação do município de Pocinhos/PB (1994 - 2018)



Fonte: Sousa e Lucena (2021).

Pela análise da Figura 02, é possível identificar que a estação mais chuvosa está compreendida entre os meses de março a julho (em azul escuro), já a estação mais seca ocorre entre os meses de setembro a dezembro (em laranja). Os meses de janeiro e fevereiro estão na transição entre a estação seca para chuvosa e o mês de agosto corresponde à transição da estação chuvosa para seca (em azul claro).

Em seguida, elaborou-se também o gráfico para o ciclo interanual da precipitação. Logo, pode-se determinar quais anos foram mais secos e quais os mais chuvosos. A partir disso, serão confrontados os resultados encontrados com a análise do índice DCS no mesmo período.

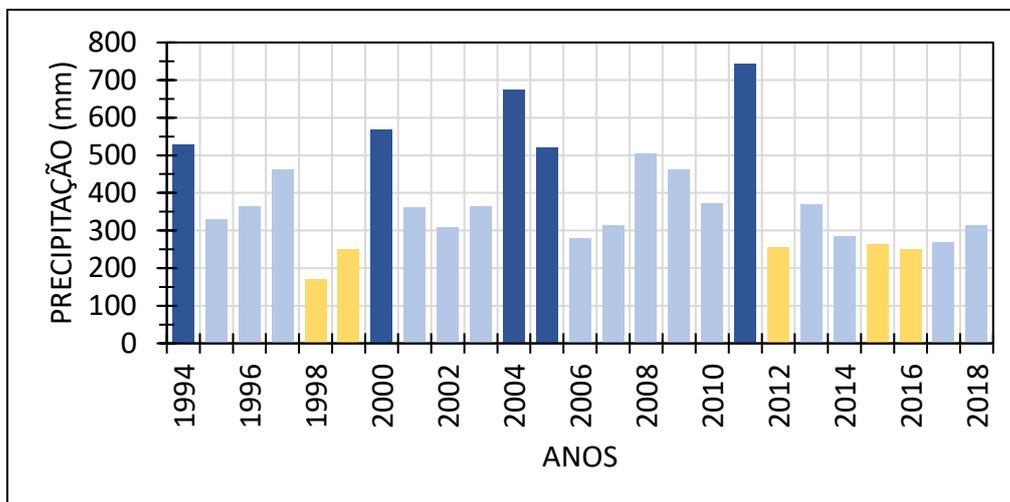


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 03 – Ciclo interanual da precipitação do município de Pocinhos/PB (1994 - 2018)



Fonte: Sousa e Lucena (2021).

Por meio dos resultados da Figura 03, pode-se afirmar que os cinco anos mais chuvosos em Pocinhos, em ordem decrescente, foram 2011, 2004, 2000, 1994 e 2005, ficando o acumulado de precipitação anual acima de 500 mm. Desta forma, encontram-se acima da distribuição anual média que costuma estar compreendida entre 300 e 500 mm para a microrregião do Cariri-Curimataú (FRANCISCO; SANTOS, 2017). Neste estudo, foi verificada uma média de 384 mm para o período em análise, estando dentro dos limites esperados.

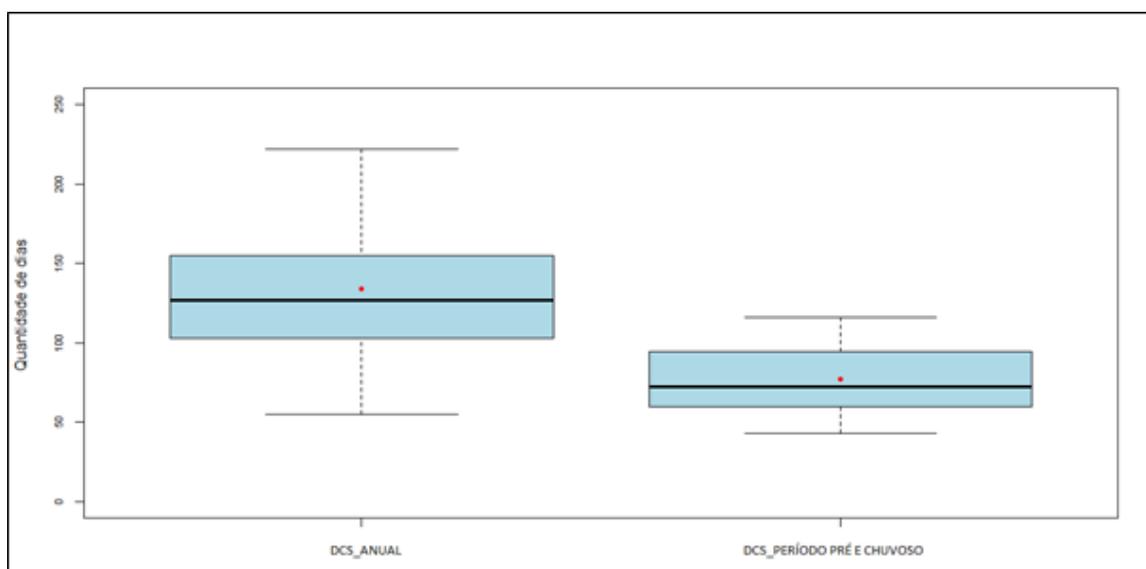
Por outro lado, os cinco anos mais secos, em ordem crescente, foram 2015, 2012, 2016, 1999 e 1998, ficando abaixo dos 300 mm. Os resultados encontrados corroboram com os estudos de Sena *et al.* (2014) e Neto *et al.* (2016) que também apontaram os anos de 1998 e 2012 como um dos mais secos da Paraíba. Os anos de 2000 e 2011 também foram destacados por serem os anos mais úmidos por Neto *et al.* (2016). É importante destacar que o ano de 2018 apresenta dados faltosos no mês de dezembro.

Posteriormente, foi elaborado o Box Plot com os DCS anual e para o período pré-chuvoso e chuvoso (Figura 04), compreendido entre os meses de novembro a maio de acordo com Silva (2007). Justifica-se e ressalta-se que a análise dos DCS foi realizada para o período supracitado e não para o período pré-chuvoso e chuvoso do município (descrito anteriormente), tendo em vista que essa parte dos DCS faz parte de um projeto maior que



avalia os DCS para todos os municípios que compõe a região do Cariri-Curimataú para caracterizar e comparar. Continuando, tem-se que a partir do gráfico Box Plot é possível verificar a variabilidade da variável e estatísticas descritivas como a sua média, mediana, valores mínimo e máximo, 1º e 3º quartis, além dos *outliers* que correspondem aos pontos discrepantes dos dados.

Figura 04 – Box-plot da variabilidade dos Dias Consecutivos Secos do município de Pocinhos/PB (1994 - 2018)



Fonte: Sousa e Lucena (2021).

Logo, pode-se observar que a média do DCS anual (representada pelo ponto vermelho) corresponde a 134 dias consecutivos secos, que é, como esperado, maior do que os DCS para o período pré-chuvoso e chuvoso, de 77 dias, já que o intervalo de dias analisados é muito menor com apenas 5 meses. O mesmo se observa para a mediana (representada pela linha preta destacada) que também foi maior para o DCS anual do que o do período pré-chuvoso e chuvoso, sendo o primeiro de 127 dias contra 73 dias.

O menor valor observado de DCS anual foi de 55 dias (linha inferior) e o maior valor foi de 222 dias (linha superior), o que indica uma alta variabilidade do índice DCS anual. Por outro lado, o DCS do período pré-chuvoso e chuvoso apresentou uma variabilidade menor do que a do DCS anual, sendo o menor valor registrado de 43 dias e o maior de 116 dias.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Destaca-se que tanto no DCS anual quanto no DCS do período pré-chuvoso e chuvoso não foram observados pontos discrepantes ou *outliers*.

Diante do exposto, é perceptível o possível impacto que isso pode trazer para uma localidade, afinal se pensarmos que o período chuvoso da região se concentra em poucos meses e, dentro desses meses, normalmente, em torno de dois ou mais meses seguidos sem precipitação, o impacto em diversos setores como, por exemplo, a agricultura é intenso. Destaca-se que, em todos os anos analisados, foram verificados eventos de Dias Consecutivos Secos, ou seja, é algo que impacta todos os anos a localidade. E apesar dessa recorrência anual, a resiliência da sociedade é muito pequena, provavelmente, devido a fatores socioeconômicos e isto revela o quanto estudos dessa natureza é importante para os gestores e a sociedade.

Ao contrário do que foi observado por Neto *et al.* (2016) e Costa (2017) para a Paraíba, em Pocinhos, o ano 2000 se destacou por ter sido um dos cinco anos mais chuvosos e este, foi o ano em que se registrou o menor DCS anual no município. Ademais, os anos de 2012 e 2013 também se destacaram por terem registrado o maior DCS anual, sendo o 2012 enquadrado como um dos cinco anos mais secos. Por causa disso, surgiu a necessidade de analisar de maneira mais aprofundada a ocorrência de dias consecutivos secos, mas, desta vez, por meio dos veranicos. Enfatiza-se que, a análise anterior abrangia o ano todo e, com os veranicos, é possível analisar os dias secos consecutivos apenas na estação mais chuvosa a fim de entender melhor as consequências desse baixo índice pluviométrico na agricultura da região.

Os veranicos são caracterizados como a ocorrência de períodos com pouquíssima ou nenhuma chuva durante a estação chuvosa, sendo esta mais uma adversidade climática que afeta a exploração agrícola na região do semiárido nordestino, o qual sofre também com os anos secos e a curta duração da estação chuvosa (SILVA; RAO, 2002). Assim, utilizando o limiar de dias consecutivos secos proposto por Cabral Júnior e Bezerra (2018), definiu-se como veranico o período de três ou mais dias consecutivos com precipitação diária igual ou inferior a 5 mm. Na Figura 05, são apresentados os gráficos da ocorrência de veranicos nos anos de 2000, 2012 e 2013 no município de Pocinhos/PB, considerando as estações pré e chuvosa do Cariri-Curimataú, que compreende os meses de novembro a maio, proposta por Silva (2007).

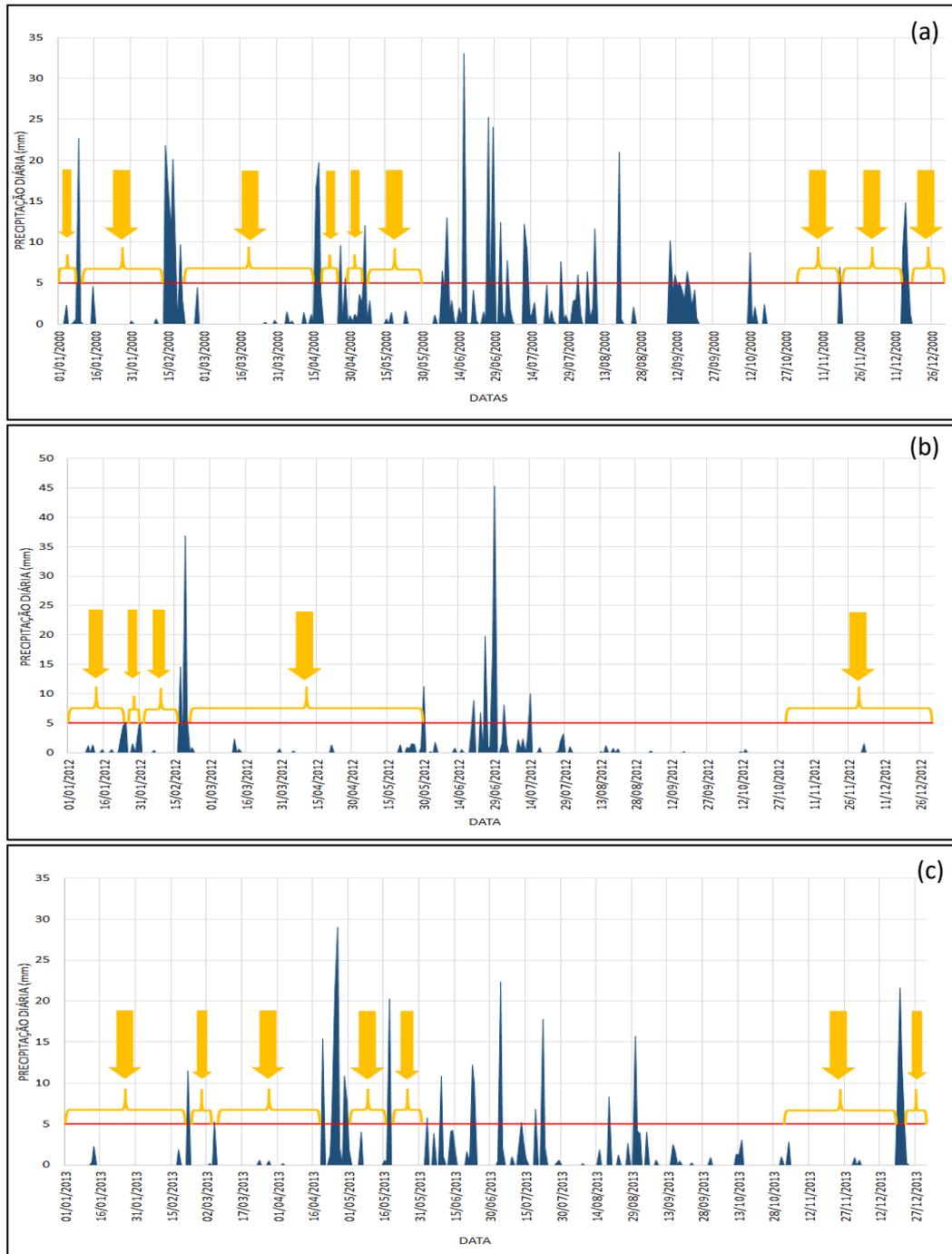


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 05 –Veranicos no município de Pocinhos/PB nos anos de (a) 2000 (b) 2012 e (c) 2013



Fonte: Sousa e Lucena (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Notoriamente, é possível perceber que em todos os anos analisados ocorre veranicos. No ano 2000 (Figura 05a), foram identificados 9 veranicos, destacados pelas setas em amarelo, sendo o maior deles registrado entre os dias 21 de fevereiro e 15 de abril, contabilizando 55 dias, que corresponde ao DCS anual. Ao somar os nove períodos, obtém-se o total de 196 dias secos, o que é considerado um valor alto para a região que já sofre com o baixo índice pluviométrico anual.

No caso do ano de 2012 (Figura 05b), foram identificados apenas 5 veranicos, porém estes correspondem a intervalos de dias secos muito maiores, em que o maior deles teve duração de 99 dias e ocorreu entre 21 de fevereiro e 29 de maio. Somando os 5 veranicos, tem-se um total de 206 dias secos fora os demais que não ocorreram nas estações pré-chuvosa e chuvosa.

Em 2013 (Figura 5c), observa-se a ocorrência de 7 veranicos em período mais curtos do que o de 2012. O maior veranico registrado ocorreu entre 1 de janeiro e 21 de fevereiro com um total de 52 dias secos. É importante destacar que esta série de dias secos acabou sendo quebrada na análise do veranico, pois ela se iniciou ainda no ano anterior no mês de julho. A série completa de dias secos corresponde ao DCS anual do ano de 2012. Somando os veranicos deste ano, tem-se um total de 200 dias secos.

Menezes, Brito e Silva (2011) também estudaram os veranicos da região do Cariri-Curimataú só que para o intervalo entre 1975 e 1994, com exceção do ano de 1972, e perceberam que é comum os veranicos ultrapassarem os 30 dias sem chuva ou com chuva abaixo de 2 mm. Além disso, os autores apontaram uma forte tendência linear de aumento da duração dos veranicos, o que pode ser comprovado com a análise deste estudo, uma vez que de 2000 para 2012 e 2013, os veranicos foram maiores, inclusive superando, em alguns casos, a média de 30 dias sem chuva.

De maneira geral, percebe-se que a soma dos veranicos de cada ano ultrapassa a média de DCS anual observada para o município, a qual foi de 134 dias. Isso corresponde a mais de 4 meses sem chuva. Dessa forma, é importante que os diversos setores da sociedade civil tenham conhecimento acerca da intensidade da precipitação, uma vez que o seu excesso ou a sua escassez é capaz de provocar mudanças sociais e econômicas significativas por causa dos seus efeitos (SENA *et al.*, 2014). Ademais, pode acontecer das chuvas que ocorrem



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

entre um veranico e outro serem em um total precipitado baixo de tal forma que não é capaz de suprir as necessidades da população e dos setores econômicos.

4. Considerações finais

Analisando os Dias Consecutivos Secos, percebeu-se que em todos os anos há períodos ininterruptos sem chuvas acima do limiar da evapotranspiração, que é de 5 mm. Em média, o DCS anual é de 134 dias, enquanto no período pré-chuvoso e chuvoso é de 77 dias, sendo equivalente a aproximadamente, mais de 4 meses e mais de 2 meses consecutivos sem precipitação significativa, respectivamente, e isto, repercute negativamente no modo de vida da população e nos setores em que a chuva tem influência.

Quando a análise é voltada para o detalhamento dos veranicos em alguns anos, em que se estuda os intervalos menores de dias secos que ocorrem no período pré-chuvoso e chuvoso, verifica-se a maior gravidade da situação, já que o somatório desses dias secos será muito maior que a média do DCS anual. Posto isto, toda a sociedade, bem como os gestores públicos precisam ter ciência e compreender essa característica da região para propor e adotar estratégias, por meio de políticas públicas, com o intuito de enfrentar os seus efeitos futuros na economia e, conseqüentemente, o desenvolvimento socioeconômico.

5. Referências

BRAGA, C. C. SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado da Paraíba. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 6, Salvador. Anais... Salvador, 1990. p.200-205.

CABRAL JÚNIOR, J. B.; BEZERRA, B. G. Análises da evapotranspiração de referência e do índice de aridez para o Nordeste do Brasil. **Regne**, v. 4, n. 1, 2018.

COSTA, S. G. F. **Análise espaço-temporal de chuvas na Paraíba utilizando estimativas do satélite TRMM**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

FARIAS, A. A.; SOUSA, F. A. S.; MORAES NETO, J. M.; ALVES, A. S. Secas e seus impactos no município de Boqueirão, PB. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, vol.12, n.2, 2017.

FERREIRA, P. dos S.; GOMES, V. P.; GALVÍNCIO, J. D.; SANTOS, A. M. dos; SOUZA, W. M. de. Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 13, v. 21, p. 113-134, 2017.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

FRANÇA, A. S.; FERNANDES, D. A.; MACÊDO, I. S. M.; OLIVEIRA, P. S.; COSTA, D. A. Plantas medicinais comercializadas na feira livre do município de Pocinhos - PB: conhecimentos do raizero versus literatura. **Scientia Plena**, v. 10, n. 10, 2014.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba**. Editora da Universidade Federal de Campina Grande – EDUFPG, Campina Grande, 2017.

GUEDES, T. A.; MARTINS, A. B. T.; ACORSI, C. R. L.; JANEIRO, V. **Projeto de Ensino – Aprender Fazendo Estatística: Estatística Descritiva**. Instituto de Matemática e Estatística (USP), São Paulo, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 jan. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pocinhos/panorama>. Acesso em: 28 jan. 2021.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande-PB, 2011.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B. de; SILVA, L. L. da. **Área colhida de milho e feijão e sua relação com veranico no Cariri/Curimataú da Paraíba**. In: III Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro, 2011, Juazeiro - BA. Experiências para mitigação e adaptação, 2011.

MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. S.; SILVA, T. G. F. **Clima e água de chuva no Semi-Árido**. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007.

NETO, R. M. B.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M. da.; COSTA, S. G. F. **Análise espacial da quantidade de dias secos e úmidos no Estado da Paraíba**. In: XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2016, Aracajú – SE.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L.; SANTOS, C. A. C. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.30, n. 2, 171-180. 2015.

PARAÍBA. Nota Técnica. **PIB dos Municípios Brasileiros – Produto Interno Bruto dos municípios do Estado da Paraíba – 2017**. Disponível em: https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-planejamento-orcamento-e-gestao/arquivos/pib-estadual/nota-tecnica_pib-do-estado-da-paraiba-2017-1.pdf/view. Acesso em: 04 mai. 2021.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SANTOS, E. M. dos. **Estudo da Variabilidade e Mudanças Climáticas na Região de Manaus.** Dissertação (Mestrado em Clima e Ambiente), Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2010.

SENA, J. P. de O.; MELO, J. S.; LUCENA, D. B.; MELO, E. C. de S. Caracterização da precipitação na microrregião do Cariri paraibano por meio da técnica dos quantis. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 05, p. 871-879, 2014.

SENA, J. P. de O.; MORAES NETO, J. M.; LUCENA, D. B. Variabilidade da precipitação em Sumé e São João do Cariri e suas consequências na agropecuária. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 15, v. 25, p. 278-293, 2019.

SILVA, F. A. S.; RAO, T. V. R. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.453-459, 2002.

SILVA, L. L. **Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba.** Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

SILVA, P. E. da; SANTOS E SILVA, C. M.; SPYRIDES, M. H. C.; ANDRADE, L. de M. B. Análise de Índices de Extremos Climáticos no Nordeste e Amazônia Brasileira para o Período de 1980 a 2013. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 42-2, p. 137-148, 2019.

SILVA, R. O. D. da; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. de. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 22, n. 3, 2017.

SILVA, V. D. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo Da Variabilidade Anual E Intra-Anual Da Precipitação Na Região Nordeste Do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 163–172, 2012.

VALE, T. M. C.; SPYRIDES, M. H. C.; ANDRADE, L. de M. B.; BEZERRA, B. G.; SILVA, P. E. da. Subsistence Agriculture Productivity and Climate Extreme Events. **Atmosphere**, v. 11, 2020.

ZHANG, X., YANG, F. **RClimDex (1.0) User Guide.** Climate Research Branch Environment Canada. Downsview (Ontario, Canada), 2004, 22p.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CARACTERIZAÇÃO OMBROTÉRMICA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO ATLÂNTICO LESTE E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS RECENTES

DANIEL SENA DE JESUS¹
JUNIA KACENELENOGEN GUIMARÃES²

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi caracterizar climaticamente e analisar as alterações climáticas recentes da região hidrográfica do Atlântico Leste. A área estudada compreende parcialmente os estados da Bahia, Sergipe, Minas Gerais e São Paulo e compreende totalmente os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Esse trabalho realizou a análise histórica entre 1961 e 2016 de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia de pluviosidade e de temperatura mínima, máxima e média compensada de quarenta e seis estações presentes na área de estudo. Além disso, realizou-se um diagrama ombrotérmico para cada estação. Também foram ajustadas retas de tendência às series históricas de temperatura e precipitação. A partir das análises dos dados, a região foi dividida em cinco setores com características climatológicas semelhantes, sendo eles: o Interior Norte, o Litoral Norte, o Litoral Sul, o Oeste, e o Sudeste. Observou-se pelo coeficiente angular da reta de tendência de temperatura que todos os cinco setores apresentaram uma tendência de aumento. O setor que houve maior aumento nesse coeficiente foi o setor Interior Norte, apresentando uma taxa média de 2,7°C/ano, enquanto o que apresentou o menor aumento foi o Litoral Sul, com uma taxa média de 1,1°C/ano. Com base no coeficiente angular da reta de tendência de precipitação, o único setor que apresentou um índice positivo foi o setor Sudeste, com uma taxa média de 2,37mm/ano. Em relação aos demais, o setor Interior Norte foi o que apresentou um maior índice negativo de tendência com uma taxa média de -8,68mm/ano.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Setores climáticos; Região hidrográfica Atlântico Leste.

ABSTRACT

The objective of this work was to describe the climate and the recent climate variation of the hydrographic region of the East Atlantic. The studied area comprises the states of Espírito Santo and Rio de Janeiro and part of the states of Bahia, Sergipe, Minas Gerais and São Paulo. This work carried out the historical analysis between 1961 and 2016 of data of rainfall and minimum, maximum and average compensated temperature of forty-six stations present in the study area, made available by the National Institute of Meteorology. In addition, an ombrothermical diagram was made for each station. Trend lines were adjusted to the

¹ Graduando em geografia, Universidade Federal da Bahia, danielsenajesus@gmail.com

² Professora Dra. do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Bahia, juniakg@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

temperature and precipitation time series. Based on the data analysis, the region was divided into five sectors with similar climatological characteristics: the North Interior, the North Coast, the South Coast, the West, and the Southeast. It was observed by the slope of the temperature trend line that all five sectors showed an upward trend. The sector with the highest increase in this coefficient was the Interior North sector, with an average rate of 2.7° C/year, while the one with the lowest increase was the South Coast, with an average rate of 1.1°C/year. Based on the slope of the precipitation trend line, only the sector Southeast had a positive index, with an average rate of 2.37mm/year. The Interior North sector was the one with the highest negative trend index with an average rate of -8.68mm/year.

Keywords: Climate change; Climatic sectors; East Atlantic hydrographic region.

1. Introdução

As primeiras grandes civilizações se desenvolveram, quase sempre, próximas a uma fonte de água, uma vez que a água é fundamental para a produção e reprodução da vida humana. Souza (2016) cita como exemplo as primeiras civilizações, os povos mesopotâmicos e egípcios (na antiguidade), que desenvolveram um sistema de percepções sobre os ciclos pluviométricos, pois o ciclo da água era fundamental (e ainda é) para a reprodução do seu modo de vida.

Os egípcios dividiam os sistemas de chuvas em três estações definidas, sendo elas: “a estação da inundação, da germinação, e da colheita” (SOUZA, p. 195, 2016). Dessa forma, podemos afirmar que existe uma relação entre desenvolvimento, reprodução da vida humana e dinâmica das chuvas. Portanto, entender a dinâmica das chuvas, e nesse caso de estudo, a dinâmica do clima é fundamental para um gerenciamento do território mirando no farol do ecossocialismo para a construção de uma sociedade justa.

Muitos estudos climatológicos partem da lógica de uma geografia socioambiental de Mendonça (2001), iniciando os seus trabalhos a partir da caracterização do regime pluviométrico para entender o espaço de forma sistêmica.

Esse trabalho teve como objetivo caracterizar a Região Hidrográfica do Atlântico Leste quanto à distribuição e às características climáticas de temperatura e precipitação, bem como reconhecer se ocorreram mudanças climáticas significativas no período entre 1961 e 2016, a partir dos dados das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A Região Hidrográfica do Atlântico Leste drena uma área de cerca de 386.092km², o equivalente a 4% do território brasileiro (BRASIL, 2006). Essa bacia está sobre o território dos



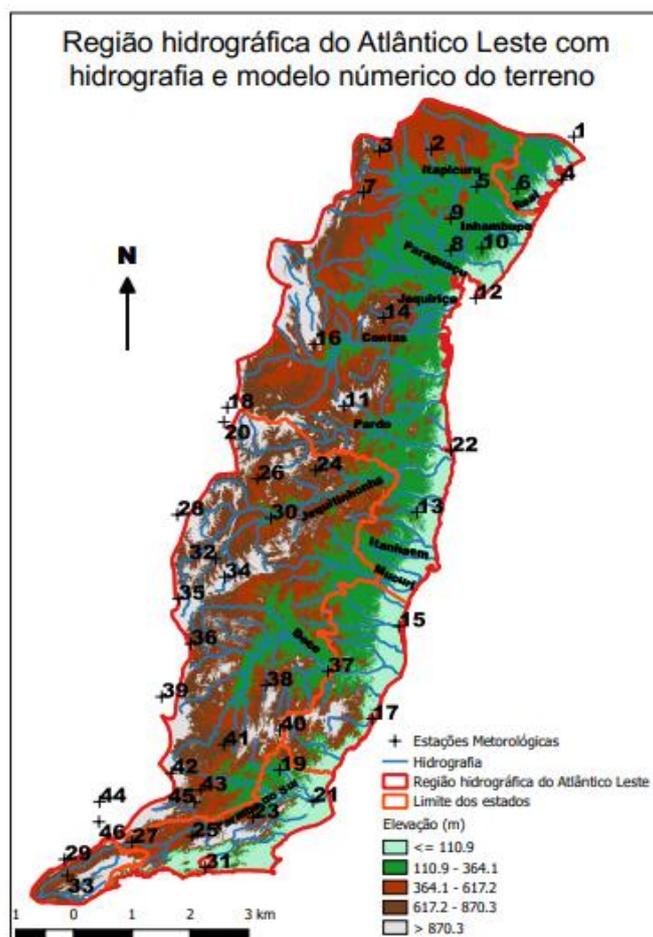
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, além de estar parcialmente no território dos estados de São Paulo, Bahia, Sergipe e Minas Gerais (Figura 01).

Figura 01 – Mapa de localização, hidrografia, modelo numérico do terreno (EMBRAPA, 2017) e estações analisadas da Região Hidrográfica do Atlântico Leste



Elaboração: Sena.

Na região estudada se encontram 5 capitais brasileiras, sendo elas: Aracaju, Salvador, Belo Horizonte, Vitória e Rio de Janeiro. Segundo o IBGE (1997), nessa região o índice de pobreza é elevado e ela é caracterizada pelo processo de êxodo rural, tendo como consequência a concentração da população nas capitais.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A maioria dos rios presentes na região hidrográfica é de pequeno e médio porte. Os principais rios da bacia são os rios Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul, que concentram diversas atividades econômicas, entre elas a mineração (IBGE, 1997).

Quanto ao relevo da região, observa-se que em todo o litoral a altitude varia em torno de 100m. À medida que vamos em direção ao interior do continente a elevação aumenta gradativamente, passando a atingir altitudes de em média 400m e na parte do extremo oeste da região altitudes superiores a 800m (Figura 01).

Esse trabalho se mostra relevante uma vez que existem poucos estudos climáticos na área estudada. Ademais, os estudos de alterações climáticas atualmente se fazem necessários, em especial, na área de estudo, uma vez que diversas atividades econômicas e sociais estão relacionadas com a disponibilidade de água na região.

2. Metodologia

O estudo do comportamento espaço-temporal climatológico utilizado por esse trabalho baseou-se na sistematização de dados históricos de temperatura e pluviosidade de 1961 a 2016 do INMET.

Foram utilizados dados de séries mensais, de 31 de janeiro de 1961 até 31 de dezembro de 2016. Ao total foram 46 estações estudadas: 13 do estado da Bahia, 2 do Espírito Santo, 20 do estado de Minas Gerais, 5 do Rio de Janeiro, 3 de Sergipe e 3 de São Paulo (Figura 01).

Os dados foram analisados na ferramenta Excel. Primeiro separou-se os dados por meses, e calculou-se a média mensal de precipitação e de temperatura média compensada, para a realização do diagrama ombrotérmico, elaborado para todas as estações.

Além disso, outros parâmetros estatísticos foram calculados: média anual da temperatura média compensada, temperatura média compensada do mês mais frio, temperatura média compensada do mês mais quente, amplitude térmica anual, precipitação anual (mm), duração do período seco e estação do período seco. Todos os dados climatológicos foram espacializados no programa QGIS.

Em seguida, para calcular as tendências de alteração de precipitação e temperatura para cada estação da área de estudo, os dados foram separados por anos, mantendo-se para o cálculo apenas os anos que tinham os dados completos, de janeiro a dezembro. Depois, foi



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

feita a soma das precipitações mensais para obter o total anual de precipitação e a média das temperaturas médias compensadas mensais para obter a temperatura média anual.

Posteriormente, foram realizados os gráficos de precipitação total anual e de temperatura compensada média anual, ambos em função do tempo, em anos; gráficos esses aos quais foram ajustadas as retas e extraídos os coeficientes angulares, que se positivos ou negativos, denotam, respectivamente, tendência de aumento ou diminuição dos parâmetros estudados.

Por último, como produto final, foi realizada a setorização climática com base nos dados calculados, nos diagramas ombrotérmicos e com a utilização do mapa de vegetação original do Brasil (IBGE, 2004). Para cada setor foram obtidos os valores médios dos parâmetros climatológicos e dos coeficientes angulares das retas de tendência de precipitação e temperatura.

3. Resultados e discussão

Esse trabalho obteve como resultado a elaboração de mapas com a espacialização dos dados de temperatura média compensada e precipitação total anual da área de estudo, ambos apresentados na figura 02. Além disso, também foram geradas tabelas com estatísticas climatológicas (figuras 03 e 04), gráficos de variação de temperatura média compensada e de precipitação total anual ao longo dos anos e diagramas ombrotérmicos de cada estação (exemplificados pelas Figuras 06 a 10).

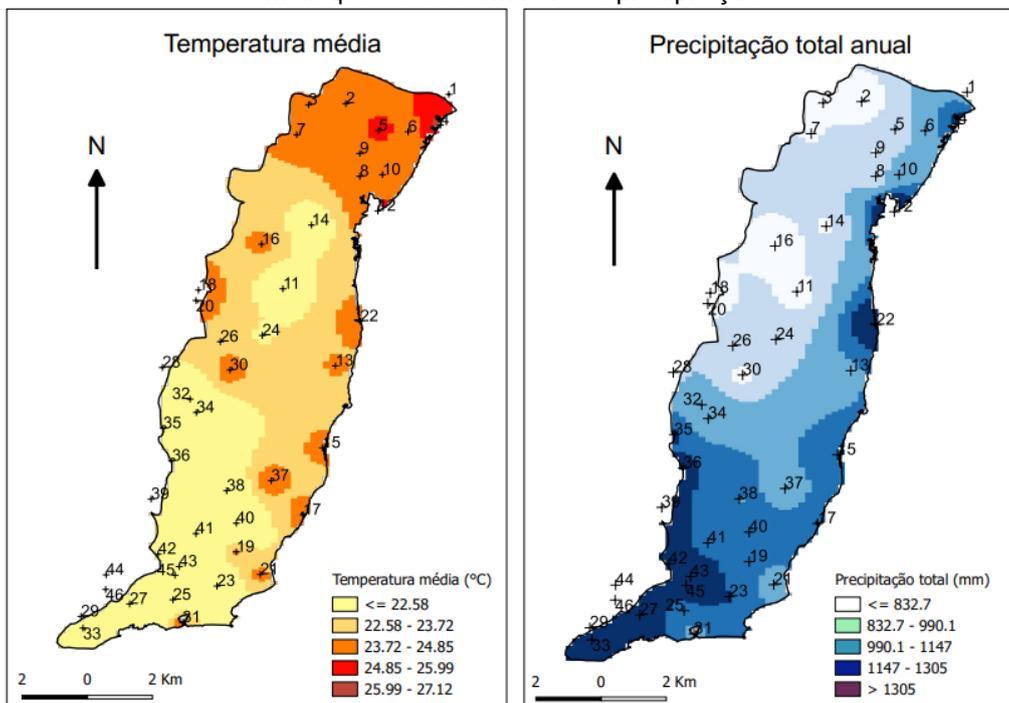


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 – Mapas climatológicos de temperatura média compensada do mês mais frio, mês mais quente e acumulado de precipitação



Elaboração: Sena.

Figura 03 – Síntese dos dados climatológicos dos setores Interior Norte, Litoral Norte e Litoral Sul. Tmc significa temperatura média compensada

n°	Estado	Estação	Latitude	Tmc - Anual (°C)	Tmc - Mês Mais Frio (°C)	Tmc - Mês Mais Quente (°C)	Amplitude Térmica Anual (°C)	Precipitação anual (mm)	Duração do período seco (meses)	Estação do período seco	Mês mais chuvoso	Coefficiente de precipitação	Coefficiente de temperatura
Setor Interior Norte													
2	BA	MONTE SANTO	-10,43	24,12	21,06	25,97	4,91	621,8	3 (ago a out)	inv/prim	janeiro	-1,7559	2,69
3	BA	SENHOR DO BONFIM	-10,46	24,00	21,01	25,64	4,63	761,55	3 (ago a out)	inv/prim	março	-6,0881	4,06
5	BA	CIPO	-11,08	25,33	22,66	27,17	4,51	855,78	3 (set/out e jan)	prim/ver	maio	-2,4668	0,61
7	BA	JACOBINA	-11,18	24,05	21,23	25,67	4,44	817,38	4 (jul a out)	inv/prim	janeiro	-3,1111	2,71
9	BA	SERRINHA	-11,63	23,90	21,17	25,78	4,61	827,24	2 (set e out)	out/prim	junho	-8,4487	3,77
14	BA	ITIPUÇU	-13,35	20,71	18,11	22,45	4,33	808,85	1 (set)	out/prim	dezembro	-8,0676	2,46
16	BA	ITUAÇU	-13,81	24,08	21,42	25,68	4,26	609,3	6 (mai a out)	out/inv/prim	dezembro	-1,9306	2,44
MÉDIA				23,6933	20,8732	25,44475	4,57	782,0986527				-8,6899	2,716666667
Setor Litoral Norte													
1	SE	PROPIRIA	-10,21	25,80	23,34	27,56	4,22	1077,63	5 (out a fev)	prim/ver	maio	-12,876	2,07
4	SE	ARACAJU	-10,95	26,22	24,67	27,42	2,75	1403	3 (nov a dez)	verao	maio	-11,294	1,76
6	SE	ITABAIANINHA	-11,11	24,31	22,05	25,88	3,83	1104	2 (nov a dez)	verao	junho	-2,0126	2,14
8	BA	FEIRA DE SANTANA	-12,18	24,24	21,5	26,18	4,68	833,7	2 (set e out)	prim	maio	-11,593	2,36
10	BA	ALAGOINHAS	-12,14	24,38	21,81	26,18	4,37	1112,0	0		maio	-1,83	1,44
12	BA	SALVADOR	-13,01	25,44	23,61	26,88	3,26	1966,18	0		maio	-11,55	0,97
22	BA	CANAVIEIRAS	-15,66	24,66	22,26	26,49	4,23	1681,5	0		maio	7,8003	1,47
MÉDIA				25,00	22,75	26,65	3,91	1311,14				-6,193614286	1,744285714
Setor Litoral Sul													
13	BA	GUARATINGA	-16,73	23,85	21,29	25,93	4,64	1134	0		novembro	-10,402	1,65
15	ES	SÃO MATEUS	-18,7	24,25	21,67	26,53	4,86	1296,2	0		novembro	-2,7354	2,35
17	ES	VITORIA	-20,31	24,56	22,09	27,15	5,06	1242,6	0		novembro	3,1274	2,05
21	SP	CAMPÓS	-21,74	24,14	21,2	27,01	5,81	1000,4	3 (jun a ago)	inv	novembro	-2,6185	2,37
25	RJ	AVELAR	-22,35	20,79	16,79	24,01	7,22	1154	4 (maio a ago)	out/inv	janeiro	-3,594	-6,12
31	RJ	RIO DE JANEIRO	-22,89	24,38	21,73	27,36	5,63	1054,5	2 (jun e ago)	inv	janeiro	2,3568	3,53
33	SP	TAUBATE	-23,03	20,57	16,49	23,83	7,40	1313,1	2 (jun e ago)	inv	janeiro	-5,272	0,48
37	MG	AMORES	-19,49	24,87	21,72	27,57	5,85	1033,5	5 (maio a set)	out/inv/prim	dezembro	-6,1872	2,72
MÉDIA				23,6617	20,795	26,33167	5,5366667	1146,95				-2,31095	1,12875

Elaboração: Sena.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04 – Síntese dos dados climatológicos dos setores Oeste e Sudeste. Tmc significa temperatura média compensada

n°	Estado	Estação	Latitude	Tmc - Anual (°C)	Tmc - Mês Mais Frio	Tmc - Mês Mais Quente	Amplitude Térmica Anual (°C)	Precipitação anual (mm)	Duração do período seco (meses)	Estação do período seco	Mês mais chuvoso	Coefficiente de precipitação	Coefficiente de temperatura
Setor Oeste													
11	BA	VITORIA DA CONQUIST	-14,88	20,3	17,55	20,95	3,40	717,8	5 (maio a set)	out/inv/prim	novembro	-2,5623	1,65
18	MG	ESPINOSA	-14,91	24,65	22,24	26,26	4,02	685,91	7 (abr a out)	out/inv/prim	dezembro	-6,979	3,06
20	MG	MONTE AZUL	-15,16	24,81	22,76	26,37	3,61	779,2	6 (abr a set)	out/inv/prim	dezembro	-2,3762	5,39
24	MG	PEDRA AZUL	-16	22,43	19,54	24,39	4,85	854,6	5 (mai a set)	out/inv/prim	dezembro	1,3198	2,12
26	MG	SALINAS	-16,15	23,66	20,58	25,33	4,75	874,1	6 (abr a set)	out/inv/prim	dezembro	-3,9467	5,56
28	MG	JURAMENTO	-16,77	22,74	19,62	24,7	5,08	951,6	4 (maio a set)	out/inv/prim	dezembro	-1,375	-0,45
30	MG	ARACUAÍ	-16,83	24,72	21,77	26,61	4,84	773,4	6 (abr a set)	out/inv/prim	dezembro	-3,7725	2,62
32	MG	CARBONITA	-17,53	21,39	18,1	23,67	5,57	1019,1	5 (maio a set)	out/inv/prim	dezembro	-8,1279	3,53
34	MG	ITAMARANDIBA	-17,85	19,97	16,67	22,14	5,47	1047,5	5 (maio a set)	out/inv/prim	dezembro	-3,7052	1,63
35	MG	DIAMANTINA	-18,23	18,62	15,8	20,46	4,66	1336	4 (maio a ago)	out/inv	janeiro	3,0695	2,22
36	MG	C. DO MATO DENTRO	-19,01	20,84	16,82	23,52	6,70	1413,4	5 (maio a set)	out/inv/prim	dezembro	-3,3352	1,12
MÉDIA				22,1935	19,2224	24,0362	4,81	950,2371795				-2,890063636	2,586363636
Setor Sudeste													
19	RJ	ITAPERUNA	-21,2	23,82	20,55	26,84	6,29	1188,5	4 (maio a ago)	out/inv	dezembro	1,3033	2,74
23	RJ	CORDEIRO	-22,02	20,91	17,25	24,09	6,84	1310,1	4 (maio a ago)	out/inv	janeiro	5,4357	1,54
27	RJ	RESENDE	-22,45	21,37	17,55	24,42	6,87	1563,1	3 (jun a ago)	inv	janeiro	1,0544	1,16
29	SP	CÂMPOS DE JORDÃO	-22,75	14,29	9,86	17,51	7,65	1685,7	0		janeiro	-1,6273	2,04
38	MG	CARATINGA	-19,73	21,41	18,07	23,94	5,87	1142,9	5 (maio a set)	out/inv/prim	dezembro	3,0797	1,56
39	MG	BELO HORIZONTE	-19,93	21,6	18,77	23,59	4,82	1531,3	4 (maio a ago)	out/inv	dezembro	0,8424	3,67
40	MG	CAPARAÓ	-20,51	19,46	15,76	22,25	6,49	1245,6	3 (jun a ago)	inv	dezembro	9,6339	3,08
41	MG	VICOSA	-20,76	19,83	16,04	22,66	6,62	1246,4	4 (maio a ago)	out/inv	dezembro	4,4519	2,54
42	MG	BARBACENA	-21,25	18,23	15,13	20,78	5,65	1389	3 (jun a ago)	inv	janeiro	-0,9596	2,05
43	MG	CORONEL PACHECO	-21,55	21,15	17,09	24,28	7,19	1556,2	3 (jun a ago)	inv	janeiro	4,7174	2,14
44	MG	LAVRAS	-21,75	20,07	16,69	22,57	5,88	1491,8	3 (jun a ago)	inv	janeiro	-1,1687	3,67
45	MG	JUIZ DE FORA	-21,76	19,3	16,34	22,26	5,92	1570,9	3 (jun a ago)	inv	janeiro	4,6095	0,96
46	MG	SAO LOURENCO	-22,1	19,21	14,6	22,3	7,70	1538,5	2 (jul a ago)	inv	janeiro	-0,7195	0,57
MÉDIA				20,05	16,4385	22,88385	6,45	1420				2,357930769	2,132307692

Elaboração: Sena.

Como produto final realizou-se a divisão da área de estudo em 5 setores, cada qual com características climatológicas próprias: I - Interior Norte; II - Litoral Norte; III - Litoral Sul; IV - Oeste; V – Sudeste (Figura 05). Essa setorização foi realizada baseada na semelhança entre as características climáticas das estações e também tendo por base a vegetação original da área de estudo. Para cada setor escolhemos um diagrama representativo (figuras 06 a 10) e elaboramos uma tabela de dados climatológicos (figuras 03 e 04).

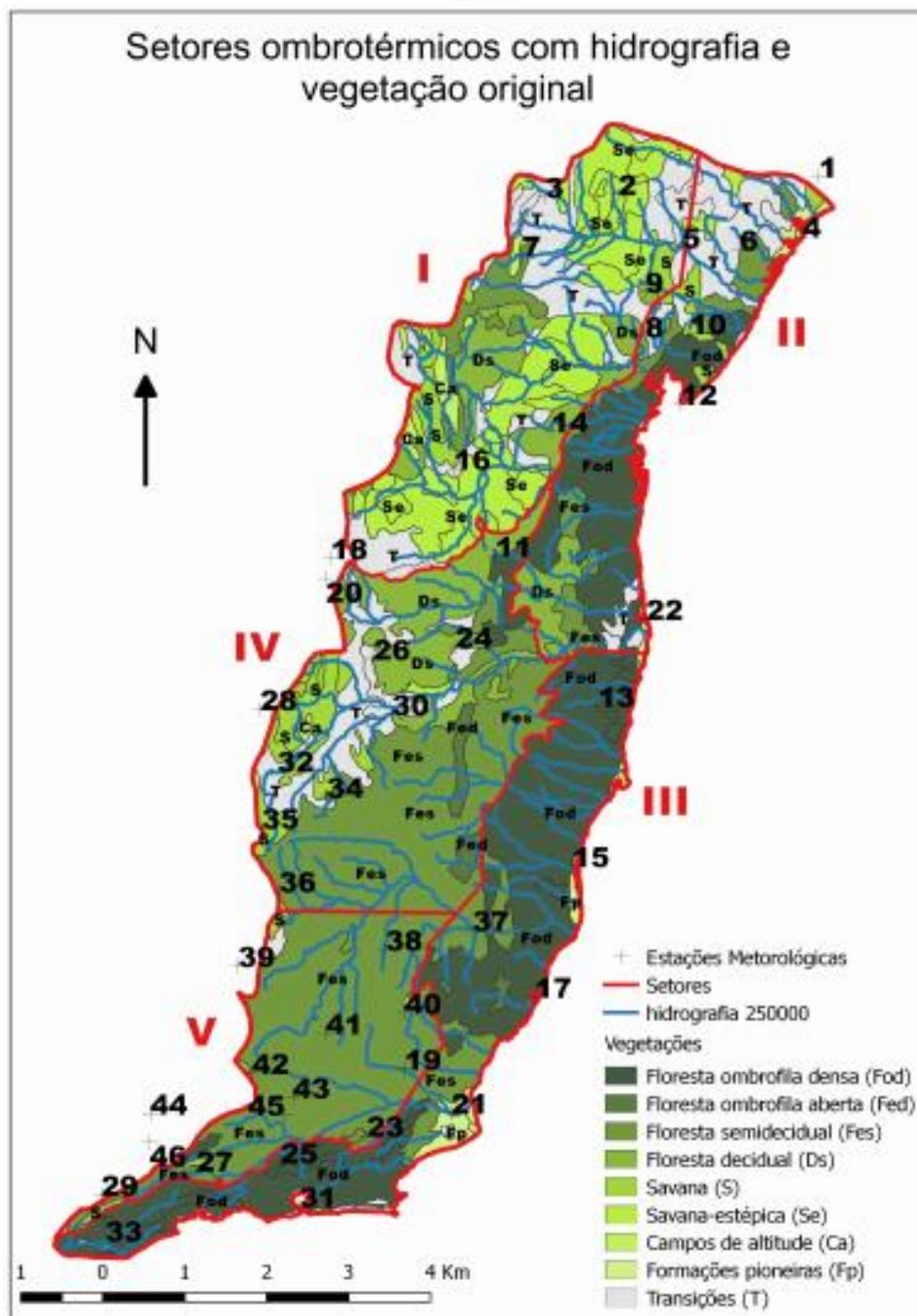


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 05 – Setorização climática, hidrografia e vegetação original da Região Hidrográfica do Atlântico Leste



Elaboração: Sena.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

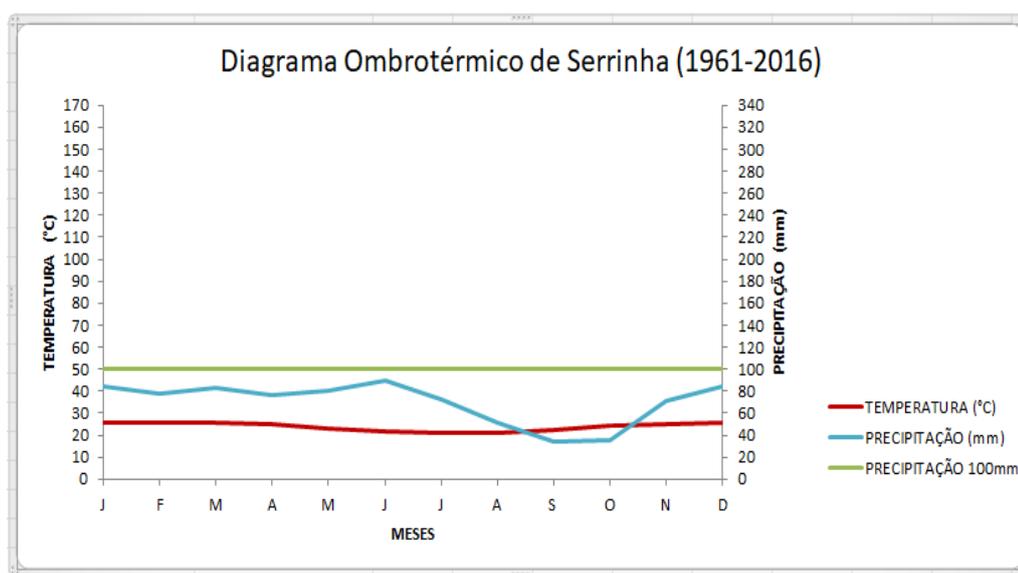
Do ponto de vista da cobertura vegetal, a Região Hidrográfica do Atlântico Leste caracteriza-se pelo predomínio no litoral da vegetação ombrófila densa, do bioma Mata Atlântica. Em direção ao interior do continente a vegetação muda de forma gradual para semidecidual e decidual. Na parte extremo norte ocorre a presença de savana-estépica (caatinga). E na direção noroeste, pequena presença de savana e campos de altitude (BRASIL, 2006) (Figura 06).

Descrevemos a seguir os cinco setores identificados:

Setor I- *Interior norte* (estações de número 2, 3, 5, 7, 8, 9, 14 e 16 todas localizadas no interior baiano): a média do mês mais quente é superior a 25° C, a média do mês mais frio não é inferior a 21°C e a média anual de temperatura está entre 23°C e 25 °C.

O seu índice pluviométrico total anual está entre 600mm a 800mm, apresentando entre 2 a 4 meses de seca, entre o inverno e a primavera. A vegetação dominante é do bioma da caatinga. O coeficiente angular da reta de tendência de precipitação desse setor foi o que apresentou um maior índice negativo de tendência com uma taxa média de -8,68mm/ano e apresentou um índice positivo no coeficiente angular da reta de temperatura de 2,71°C/100 anos. É importante destacar a estação de Cipó (número 5), localizada no estado da Bahia. Essa estação apresentou a maior taxa de diminuição de precipitação entre todas as estações estudadas, no valor de -24,67mm/ano.

Figura 06 – Diagrama - ombrotérmico representativo do setor Interior Norte



Elaboração: Sena.



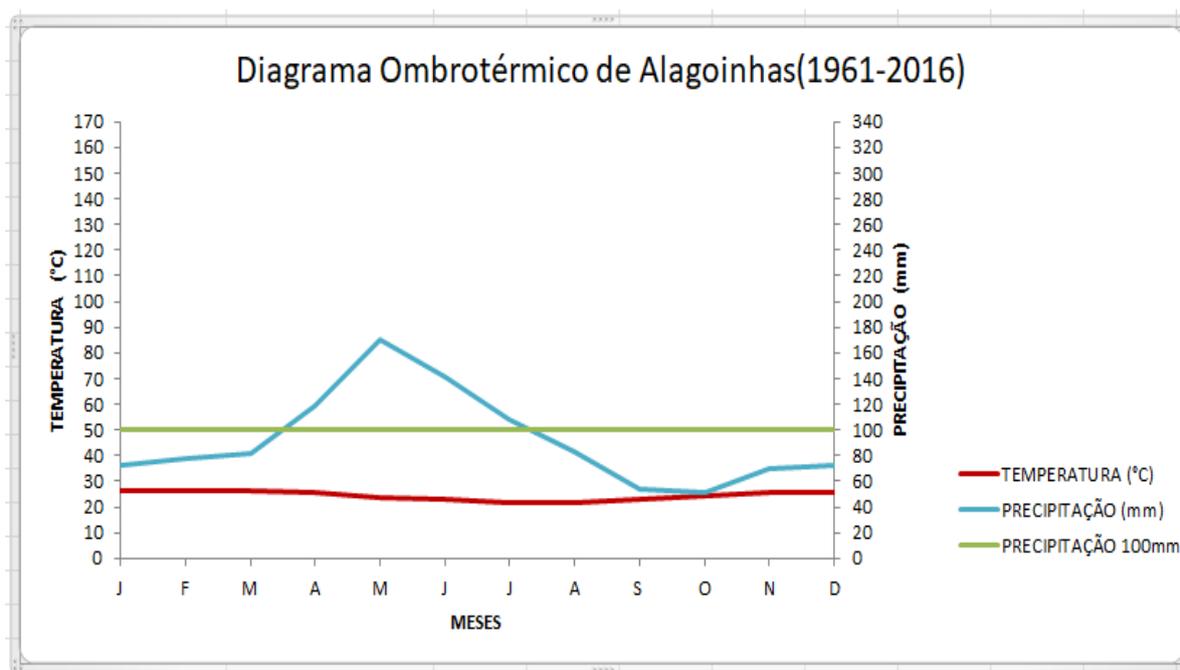
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Setor II - *Litoral Norte* (estações de número: 1, 4, 6, 8, 10, 12 e 22, todas localizadas nos estados de Bahia e Sergipe): apresenta altos índices pluviométricos, sendo superior a 1000 mm anuais, com o mês mais chuvoso em maio, e apresenta temperaturas médias compensadas anuais superiores a 24°C. Apresenta uma vegetação dominante litorânea, sendo elas floresta ombrófila densa e floresta ombrófila aberta, todas do tipo Mata Atlântica. O coeficiente angular da reta de tendência de precipitação desse setor é de -6,19mm/ano. Já o coeficiente angular da reta de tendência de temperatura apresentou um índice positivo de 1,74°C/100 anos. Nesse setor destaca-se a estação de Canavieiras (número 22), localizada no estado da Bahia. Essa estação é a única do setor que apresentou uma taxa de aumento de precipitação, no valor de 7,8mm/ano.

Figura 07 – Diagrama - ombrotérmico representativo do setor Litoral Norte



Elaboração: Sena.

Setor III- *Litoral Sul* (estações de número: 13, 15, 17, 21, 25, 31, 33 e 37 todas as estações estão localizadas no sul do litoral da Bahia e no litoral do Espírito Santo e do Rio de Janeiro): apresenta uma média de temperatura do mês mais quente entre 26°C e 27°C, uma média anual de temperatura entre 24°C a 25°C e mês mais frio entre 21°C e 22°C. Apresenta



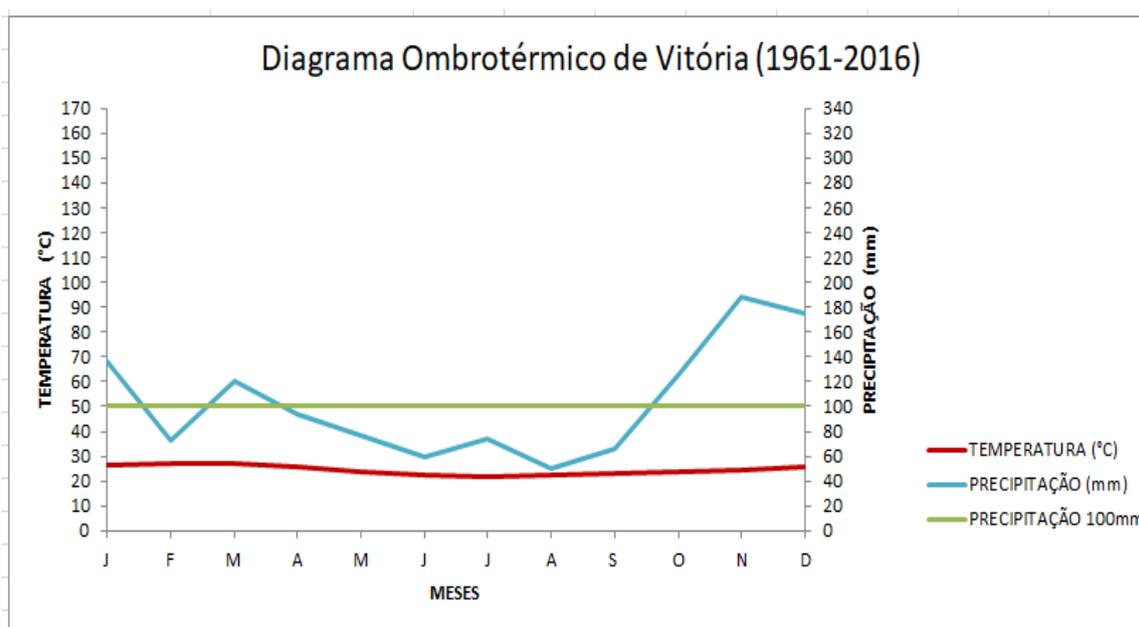
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

altos índices pluviométricos, em média 1146 mm anuais. Apresenta uma vegetação dominante de floresta ombrófila densa e floresta ombrófila aberta, todas do tipo de Mata Atlântica. Esse setor apresenta coeficiente angular da reta de tendência de precipitação de -2,3mm/ano. Esse setor apresentou o índice de aumento de temperatura de 1,12°C/100 anos.

Figura 08 – Diagrama - ombrotérmico representativo do setor Litoral Sul



Elaboração: Sena.

Setor IV- Oeste (estações de número 11,18, 20, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 35 e 36 uma localizada na Bahia e as demais em Minas Gerais): apresenta precipitação anual entre 650mm a 1400mm, com o mês mais chuvoso em dezembro, com um período seco entre 4 a 7 meses, durante o outono e inverno. Apresenta uma temperatura média entre 21°C e 25 °C. A vegetação dominante é de floresta estacional semidecidual em transição para savana em direção oeste. Esse setor apresenta um coeficiente angular da reta de tendência de precipitação negativa, no valor de -2,89mm/ano. Em relação ao coeficiente angular da reta de tendência de temperatura apresenta um valor positivo de 2,58°C/100 anos. Nesse setor destaca-se a estação de Juramento (número 28). Essa estação é a única do setor que apresenta um índice negativo no coeficiente de temperatura, no valor de -0,45°C/100 anos.

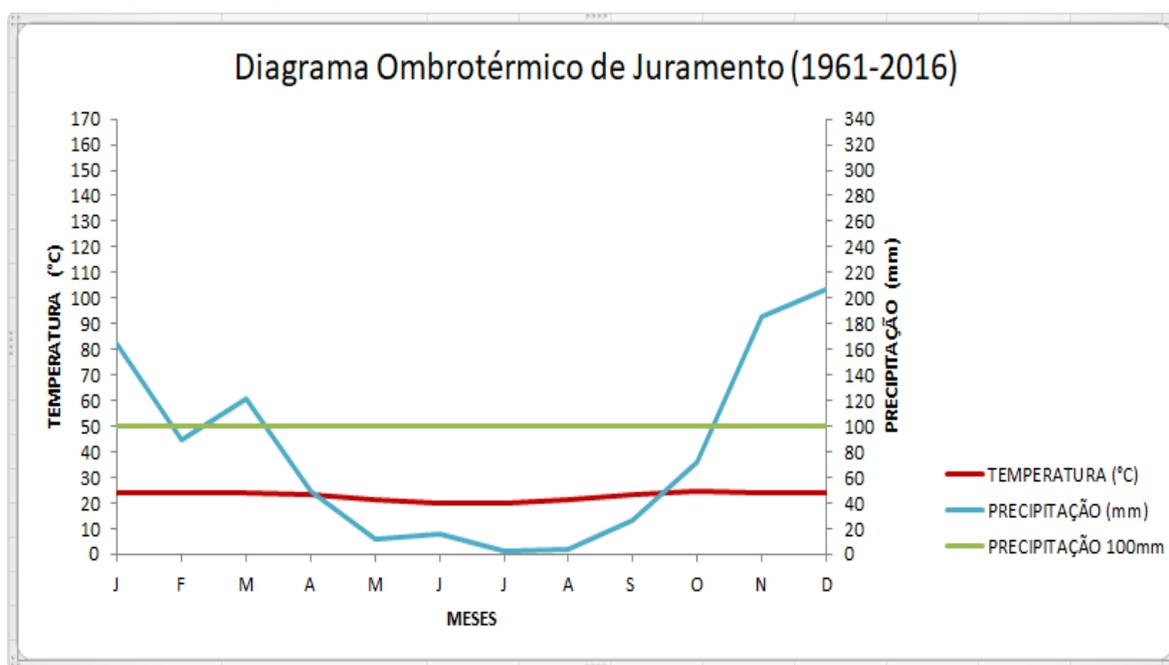


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 9 – Diagrama ombrotérmico representativo do setor Oeste



Elaboração: Sena.

Setor V- Sudeste (estações de número 19, 23, 27, 29, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46): se caracteriza por alto índice pluviométrico anual, maior que 1100 mm, com o mês mais chuvoso entre janeiro e dezembro. Tem entre 2 a 5 meses secos, na estação entre outono e inverno. Apresenta uma amplitude térmica anual maior que as demais estações estando entre 5 a 7°C. A temperatura média está entre 18°C e 21°C. A vegetação presente é a Floresta Estacional Decidual. Esse setor foi o único que apresentou um índice positivo na tendência no coeficiente angular da reta de precipitação, no valor de 2,35mm/ano. Quanto à temperatura, esse setor apresentou coeficiente angular da reta no valor de 2,13°C/100 anos.

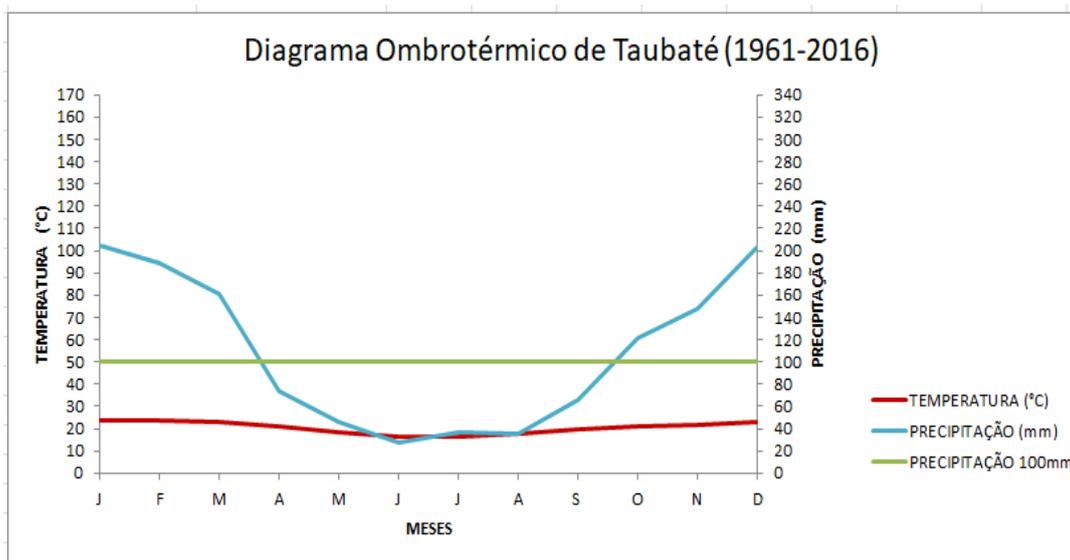


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 10 – Diagrama - ombrotérmico representativo do setor Sudeste



Elaboração: Sena.

O setor Litoral Norte apresenta uma temperatura média mais alta que os demais setores, o que se deve por sua localização mais próxima do Equador. Além disso, apresenta pluviosidade significativamente mais alta que as regiões mais interioranas, o que se deve à ação das massas equatoriais do Atlântico Norte e Sul (MEAN e MEAS). Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), essas massas de ar têm como característica serem quentes e úmidas, o que explica as altas temperaturas e chuvas para essa região.

O setor Interior Norte está sob o efeito das mesmas massas de ar do setor do Litoral Norte, porém por estar no interior, chegam desprovidas de umidade. O setor também está sob efeito da continentalidade e apresenta uma amplitude térmica anual maior. Os menores índices de precipitação explicam o domínio de uma vegetação do tipo savana-estépica (caatinga). Segundo Ganem (2017), a diminuição da chuva na Caatinga é uma tendência para os próximos anos. Esse é o bioma mais sensível e o aquecimento global pode acarretar na diminuição de chuva, que consequentemente afetará no nível dos reservatórios hídricos. O aumento de temperatura e a diminuição de precipitação nesse setor foram de fato constatadas neste trabalho. De toda a área de estudo esse é o setor que apresentou a maior diminuição de pluviosidade ao longo dos anos estudados, o que deve agravar o estresse hídrico já existente na região, que se conjuga com uma distribuição irregular das chuvas ao longo dos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

anos. O semi-árido brasileiro é, segundo Marengo (2008), a região seca mais populosa do mundo. As alterações climáticas constatadas afetarão a população com menor renda, pois não tem recursos para armazenar água e isso deve agravar as desigualdades sócio-espaciais.

O setor Litoral Sul se destaca pela umidade. Chove anualmente em média 1146 mm. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), as massas de ar atuantes são a massa Tropical Atlântica e a massa Polar Atlântica, ambas úmidas. As temperaturas diminuem em relação aos setores mais ao norte, devido a maior latitude e também pela atuação da massa Polar Atlântica. Pelo fato das estações desse setor se localizarem próximas ao litoral sob influência da umidade do oceano Atlântico, esse setor foi o que apresentou uma maior estabilidade em relação ao aumento ou diminuição nas taxas de coeficiente angular de temperatura e precipitação.

Os setores Oeste e Sudeste por estarem localizadas em latitudes maiores apresentam temperaturas ainda menores, respectivamente, 22°C e 20°C. Eles também sofrem o efeito dessas mesmas massas de ar, porém o setor oeste também é influenciado pela Massa Equatorial Continental, no verão. O setor oeste está sob efeito da continentalidade. Além disso, apresenta alta sazonalidade nas chuvas, típica do clima tropical seco e úmido, o que explica a vegetação de cerrado e as florestas estacionais.

4. Considerações finais

Pensar em alterações climáticas regionais é pensar em planejamento urbano-regional. É preciso que as gestões públicas planejem e gerenciem o território brasileiro com um olhar social e não do capital. Portanto, estudar as mudanças climáticas é fundamental para uma gestão ambiental e do território. Os dados pluviométricos e de estações meteorológicas são fundamentais para as bases estatísticas. Por meio delas entendemos como o clima está se comportando. Assim o planejamento urbano-regional pode incluir questões ambientais, para a construção de uma sociedade justa, no qual todos os sujeitos tenham de fato direitos, como por exemplo, o direito à água. Esperamos que esse trabalho possa contribuir para uma gestão do território de forma consciente e que mire no farol da justiça sócio-espacial.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Leste**. Brasília: MMA, 2006.

EMBRAPA. **Brasil em relevo**. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/download/index.htm>. Acesso em: 07/01/2017.

GANEM, Roseli Senna. **Caatinga: estratégias de conservação**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2017.

IBGE. **Diagnóstico ambiental da bacia do rio Jequitinhonha**. Salvador. 1997. Vol. 1. P. 64.

IBGE. Mapa de Vegetação do Brasil. Escala: 1:5.000.000. Rio de Janeiro. 2004.

MARENGO, J. A.; **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil**. PARCERIAS ESTRATÉGICAS BRASÍLIA, DF. N.27. DEZEMBRO, 2008

MENDONÇA, Francisco. **Geografia Socioambiental**. São Paulo. Terra Livre, n.16, p.139-158. 2001.

MENDONÇA, F.; DANNI-DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

SOUZA, E. C. A. M. Regime pluviométrico; uma abordagem têmporo-espacial das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Ivinhema. in _____. (org.). **Clima e gestão do território**. Jundiá, Paco Editorial: 2016. p. 195-208.



AVALIAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE QUEIMADAS NO SUL DO ESTADO DO AMAZONAS DE 2003 A 2020

VALDIR SOARES DE ANDRADE FILHO¹
GABRIEL VÍNICIUS BARROS LIMA²
FILIPE DE ARAUJO OLIVEIRA³

RESUMO

Esse artigo tem como objetivo avaliar as ocorrências de queimadas nos municípios de Apuí, Boca do Acre, Canutama, Humaitá, Lábrea, Manicoré e Novo Aripuanã situados na porção Sul do estado Amazonas, no período de 2003 a 2020, descrevendo os riscos e os impactos ambientais gerados nos municípios. Utilizando dados dos focos de queimadas obtidos do site do INPE no intervalo de 2003 a 2020 pelo satélite de referência AQUA, que detecta focos de calor a 710 km acima da superfície. Mediante as análises realizadas nos municípios estudados, verificou-se durante dezoito anos um aumento crescente anual e elevada variabilidade. Foram observados que os municípios de Lábrea e Apuí apresentaram os maiores números de focos de queimadas registrados na região, respectivamente, com um total de 27.241 e 21.399 focos. Juntos, Lábrea e Apuí, corresponderam a 46% dos focos de queimadas entre os sete municípios de estudo, entre 2003 a 2020. Em sequência, foram registrados em Boca do Acre 16.201 focos (15%); Manicoré 15.266 (14%); Novo Aripuanã 11.322 (11%); Canutama 8.494 (8%); Humaitá 6.651 (6%).

Palavras-chave: Amazônia; Focos de queimadas; Desmatamento.

ABSTRACT

The objective of this article was to assess the occurrences of fires in the towns of Apuí, Boca do Acre, Canutama Humaitá, Lábrea, Manicoré and Novo Aripuanã located in the south of the state of Amazonas, in the period from 2003 to 2020, describing the risks and environmental impacts generated in the towns. It was using data from the fires obtained from the INPE website in the interval from 2003 to 2020 by the reference satellite AQUA, which detects hot spots 710 km above the surface. Through the analysis carried out in the towns studied, an increasing annual increase and high variability were observed for eighteen years. It was observed that the municipalities of Lábrea and Apuí had the highest number of fire outbreaks recorded in the region, respectively, with a total of 27,241 and 21,399 outbreaks. Together, Lábrea and Apuí, accounted for 46% of the fires outbreaks among the seven study municipalities, between 2003 and 2020. In sequence, 16,201 outbreaks were registered in Boca do Acre (15%); Manichore 15,266 (14%); Novo Aripuanã 11,322 (11%); Canutama 8,494 (8%); Humaitá 6,651 (6%).

Keywords: Amazon; Fires; Deforestation.

¹ Professor Doutor, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, vfilho@uea.edu.br

² Graduando em Licenciatura em Geografia, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, gvbl.geo18@uea.edu.br

³ Graduando em Licenciatura em Geografia, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, fao.geo18@uea.edu.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

As queimadas ocorrem em todo o Brasil, sendo praticadas em atividades voltadas ao uso do solo, desde grandes sistemas de produção de processos intensos como os do algodão e da cana de açúcar quanto em formas mais simples na agricultura como no caso dos pequenos fazendeiros, mas de modo geral o objetivo é renovar as pastagens, eliminar resíduos e possíveis pragas em plantações. É um dos assuntos mais discutidos quando se trata dos recursos florestais no Brasil, o fogo é a solução mais rápida, eficaz e econômica para obtenção de renda na agricultura segundo De Avila *et al.* (2019).

Segundo Veenendaal *et al.* (2015), o processo contínuo de queimadas pode dobrar a perda da biodiversidade resultando em malefícios à população, fauna, flora, unidades de conservação, áreas de reflorestamento, aglomerados urbanos adjacentes e margens de estradas causando prejuízos ao sistema ecológico e econômico haja vista a exploração do solo por diferentes razões como agropastoril, políticos-financeiros, construção de estradas, fluxo migratórios e especulações imobiliárias.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, órgão que promove o monitoramento de focos de queimadas no Brasil, até o ano de 2017 o Brasil se destacou como o país líder de queimadas na América do Sul com concentração de focos de queimadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Boa parte das queimadas estão na exploração da Amazônia tendo o maior bioma do mundo aproximadamente cerca de 5 217 423 km², o que correspondente cerca de 61% do território brasileiro conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2014).

A região Amazônica nas últimas décadas tem sofrido mudanças no padrão do uso do solo através do processo intenso de ocupação humana causando uma vegetação inflamável, que perpetua a presença de incêndios na região onde o fogo está tão arraigado na estrutura econômica e cultural da Amazônia que não se tem mais o controle das áreas de queimas. As estradas durante a retirada de madeira acabam acompanhando as rodovias resultando na acessibilidade das fronteiras como parte dos lucros comerciais da venda de madeiras para as fazendas de gado e de cultivo de soja (GONÇALVES; CASTRO; HACON, 2012).

Ainda sobre a Amazônia, Santos (2017) destaca que as queimadas são utilizadas como ferramenta para a queima da biomassa florestal, causando a liberação de gases de efeito estufa e afetando o ciclo do carbono, induzindo as trocas radioativas terrestres e as



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mudanças no clima, modificando totalmente o ciclo hidrológico, inibindo a formação de precipitação da região amazônica, portanto, prolongando a estação seca.

Além disso, a constante degradação da Amazônia ocasionou uma extensa área comprometida pela atividade predatória na região, corresponde aos maiores índices de desmatamento da Amazônia legal, com sistemas de produção baseados na remoção de cobertura vegetal, na total desvalorização e exploração dos recursos florestais, área denominada de “arco de desmatamento” que se estende ao longo das extremidades leste e sul da região amazônica, onde grande parte da população rural está concentrada. Esse desmatamento tem por consequência o constante crescimento das fronteiras agrícolas que desde 1970 foi impulsionada por políticas governamentais de modernização da infraestrutura.

Conforme aponta Fearnside (2002) muitos agricultores se submetem ao desejo incessante na busca por dinheiro sobrepondo a ganância referente às questões de sustentabilidade ambiental ocasionando impactos do desmatamento que vão desde mudanças do regime hidrológico, emissões de gases de efeito estufa, perda de produtividade e principalmente biodiversidade.

Nesse sentido, como menciona Nepstad *et al.* (1999), as queimadas são monitoradas diariamente pelo INPE através de satélites meteorológicos, que localizam os focos de incêndios ativos, porém não é possível saber informações de que vegetação está queimando, quais os efeitos ecológicos e qual a origem das queimadas. Com isso, devido ao elevado aumento de incidência de queimadas é relevante o estudo do presente artigo para a caracterização das áreas de queimadas e assim traçar possíveis soluções através da leitura e do estudo dos dados das queimadas, pode-se estabelecer as condições que se encontram os municípios do Amazonas à medida em que os dados são aferidos em espaço-temporal deduz-se as diferenciações climáticas, áreas florestadas e seus impactos.

O objetivo do presente artigo é avaliar as ocorrências de queimadas nos municípios: Apuí, Boca do Acre, Canutama, Humaitá, Lábrea, Manicoré e Novo Aripuanã, situados na porção Sul do estado Amazonas, no período de 2003 a 2020 descrevendo os riscos e os impactos ambientais gerados nos municípios.

2. Metodologia



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Trata-se de um estudo descritivo da distribuição temporal das queimadas nos municípios de Apuí, Boca do Acre, Canutama, Humaitá, Lábrea, Manicoré e Novo Aripuanã do Sul do Amazonas, onde se encontram os maiores focos de queimadas da região. No início foram feitos levantamentos bibliográficos de artigos, livros e produções técnicas, relatórios ambientais oficiais cujo foco foi exclusivamente o tema queimadas no Sul do Amazonas. Os dados dos focos de queimadas foram obtidos do site do INPE no intervalo de 2003 a 2020, o satélite de referência utilizado foi o AQUA que detecta focos de calor a 710 km acima da superfície.

Ainda sobre o satélite, o sensor MODIS do satélite de referência AQUA tem resolução espacial de imagem ou “pixel nominal” de 1 km x 1 km ou mais, indicando várias queimadas numa determinada área, também detectam as áreas de calor cuja a temperatura ultrapassa 47°C, fator esse que é importante para o sistema de monitoramento de queimadas na obtenção dos dados, conforme Gontijo *et al.* (2011)

Sobre os dados, foram distribuídos em planilhas no *Microsoft Excel* e em seguida classificados, filtrados e somados anualmente e mensalmente. A partir dos resultados então obtidos têm-se o total acumulado mensal e anual que destaca os picos de focos de queimadas dentre os sete municípios. O somatório anual por municípios foi calculado e incorporado ao *software QGIS* para a produção do mapa dos focos de queimadas. O *shapefile* dos municípios do Amazonas foi obtido por meio do site do IBGE. Delimitados no QGIS, os sete municípios distribuídos nas variações de tonalidades de vermelho com maiores e menores focos de queimadas.

Para analisar as tendências na série histórica com os valores já devidamente tratados os gráficos em colunas foram desenvolvidos para que ilustrassem os resultados obtidos, como o total anual acumulado. Com os gráficos do total mensal acumulado foi possível obter uma análise mais aprofundada dos períodos em que prevalecem os maiores e menores focos de queimadas.

Além dos gráficos, uma tabela de dados descritivos foi desenvolvida no intuito de uma maior explanação dos resultados, tabela essa que consta a média anual dos focos de queimadas destacando a frequência em que elas acontecem. Também foi inserido na tabela dos dados descritivos a máxima e mínima mensal e anual dos municípios que facilita a leitura



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

dos dados, por último, o somatório anual por municípios foi inserido na tabela elucidando os resultados trabalhados.

Portanto, os gráficos, tabelas e mapas possibilitam identificar as possíveis causas das queimadas e soluções, processo esse que consiste em comparar representações visuais em gráficos e suas tendências, variações anuais e mensais, quando houve aumento e diminuição relacionando-as com os fatores climáticos para explicar os focos de desmatamento nos municípios mais afetados propondo prevenções às queimadas e o desmatamento ilegal.

3. Resultados e discussão

Neste tópico são descritos e discutidos os resultados sobre os dados de focos de queimadas extraídos do banco de dados do INPE, tendo como ênfase os sete municípios do Sul do Amazonas. Também realizou a avaliação do tamanho e a frequência em que acontecem os focos de queimadas e a contribuição dos sete municípios selecionados para o total de queimadas. Estimou-se também as mudanças do uso da terra ocorridas na série histórica estudada e por fim, explicação sobre as possíveis causas do fogo nessa região do Amazonas.

O processo de queimadas acontece com a abertura autorizada ou clandestina de estradas que permitem a expansão humana e a ocupação ilegal da exploração predatória de madeiras nobres. Consequentemente é convertida em agricultura familiar e pastagens para a criação extensiva de gado, as áreas de grandes propriedades são as principais causadoras do desflorestamento por queimadas na Amazônia.

3.1 Queimadas no período anual e mensal

Observando o gráfico do período temporal estudado na figura 01, percebe-se resultados muito variáveis no período de 2003 a 2020. Foi observado que nos anos de 2005 e de 2020 foram registrados um elevado número de focos de calor, com valores variando de 9.835 (2005) à 10.998 (2020). Após o ano de 2005 o número de focos registrado diminuiu, nos municípios em estudo, onde a partir de 2013, vem-se observando um aumento progressivo no somatório anual para a região.

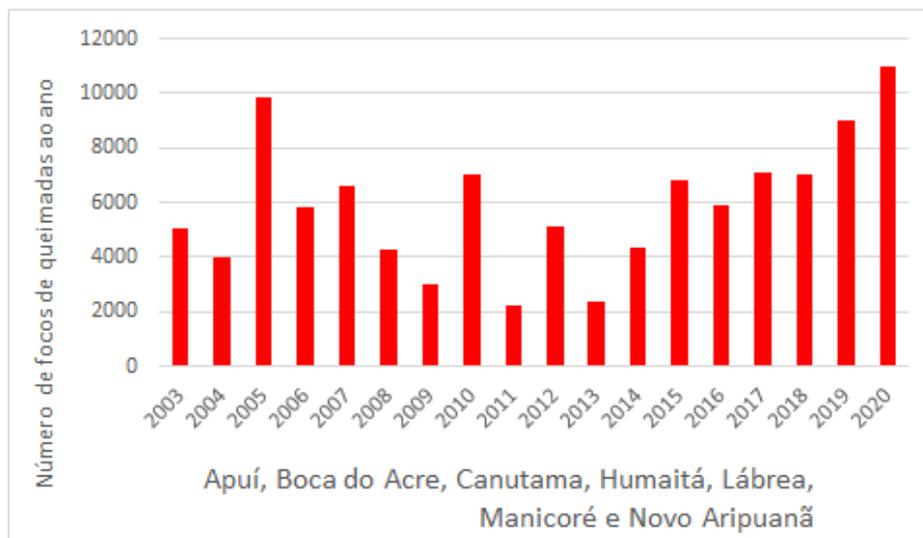


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 – Número de focos de queimadas nos 7 municípios destacados do Amazonas.



Fonte: INPE (2013 - 2020).

Elaboração: Gabriel Vínicius Barros Lima.

No início do século XXI, no contexto amazônico, já se havia uma intensificação da dinâmica ligada ao mercado de exportação devido a alta rentabilidade das principais atividades econômicas, extração madeireira, pecuária e da mais recém chegada da agroindústria. Em contrapartida, houveram avanços importantes da legislação ambiental, abarcando a lei de crimes ambientais e o código florestal, mas não foi suficiente para reduzir os focos de queimadas dos anos seguintes (ALENCAR *et al.*, 2004).

Em 2005 a seca que compreende de maio a setembro corroborou fortemente no Sul do Amazonas para o aumento das queimadas, notou-se uma estiagem mais severa durante grande parte do ano. Segundo em um estudo realizado sobre o desmatamento na Amazônia em 2005 destaca que a causa desse fenômeno extremo estaria relacionado ao comportamento médio da temperatura da superfície do mar, onde se encontra a bacia do Atlântico Tropical Norte que propiciou uma circulação da atmosférica mais intensa e consequentemente influenciando nos movimentos descendentes sobre o Sul do Amazonas apresentando resultados maiores que a média, desse modo, dificultando a formação de nuvens de chuva na região nesse ano (FEARNSIDE, 2005; 2006).

No entanto, mesmo com as oscilações anuais do número de focos de calor possivelmente influenciadas por estações secas severas, provocadas por fenômenos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

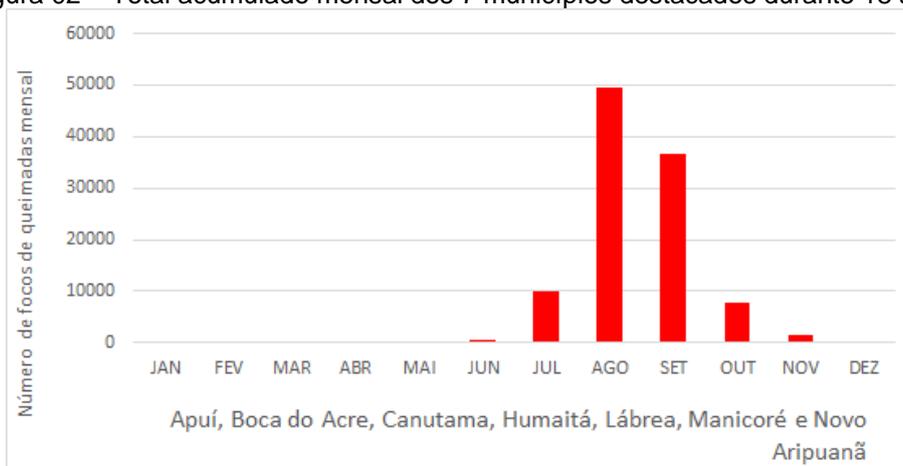
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

climáticos anômalos, conforme observado na figura 01, pode-se associar que a atividade antrópica de modificações de uso do solo apresentam maior relação e fator explicativo para a variação anual dos focos de calor na região, com relevante incremento a partir do ano de 2013 a 2020.

Os meses mais afetados pelo fogo são os períodos da estação climatológica seca, que correspondem aos meses de julho, agosto, setembro e outubro. Neste período, o fogo se espalha com uma facilidade maior devido ao baixo índice médio de precipitação, umidade relativa do ar e temperaturas mais elevadas. Enquanto os períodos chuvosos de dezembro a maio são representados com os menores focos de queimadas, em consequência da combustão do fogo não ser tão fácil com a vegetação úmida.

Considerando os meses da estação seca, entre agosto a outubro, foram registrados um total de 86.216 focos superando os outros meses dos anos de janeiro a dezembro que somados resultam em 20.358 no período de 2003 a 2020, na área de estudo. As estações influenciaram fortemente nas ocorrências de queimadas como podemos ver na figura 02, de dezembro a maio que corresponde a estação chuvosa do ano apontou um total de 2.063, com os menores resultados por mês enquanto de julho a outubro 103.935 tem os maiores dados de focos de queimadas que correspondem a estação seca.

Figura 02 – Total acumulado mensal dos 7 municípios destacados durante 18 anos



Fonte: INPE (2013 - 2020).
Elaboração: Gabriel Víncius Barros Lima.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

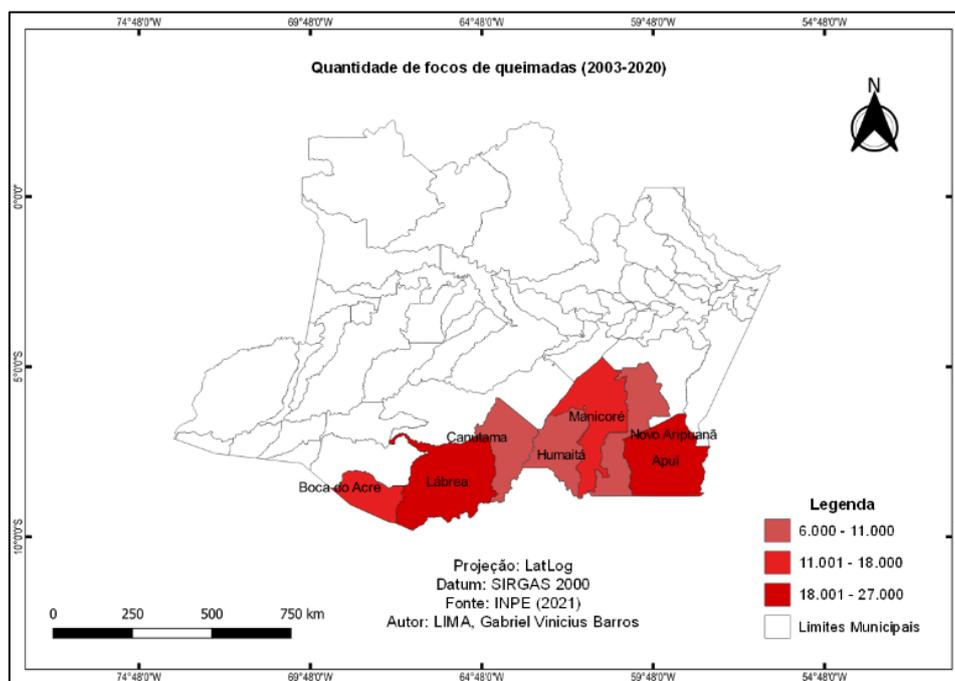
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3.2 Municípios afetados pelas queimadas

Analisando o período temporal estudado, percebe-se que Lábrea e Apuí são os municípios que se destacam no mapa 01, área conhecida devido à forte presença da agropecuária. O Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON, instituição brasileira de pesquisa que promove a conservação, desenvolvimento sustentável e monitoramento da Amazônia, em 2020 listou dez cidades que foram responsáveis por desmatar Amazônia no mês de abril, o maior em dez anos, Apuí e Lábrea tem o maior número de focos de queimadas em todo o Estado com 61 KM² de área queimadas sendo os principais causadores de desmatamento do estado do Amazonas. Segundo Nogueira Junior e Lima (2019), a grilagem é fortemente acentuada no Sul do Amazonas cerca de 287 KM² foram desmatados por queimadas no ano de 2018, os mais afetados foram Boca do Acre, Apuí, Manicoré e Lábrea. Relacionando com o mapa 01 observa-se os mesmos municípios citados com elevados focos de queimadas, podemos deduzir que é um dos fatores causadores de queimadas na região Sul.

Mapa 01 – Total de Focos de Queimadas – 2003 a 2020



Fonte: INPE (2013 - 2020).
Elaboração: Gabriel Vinicius Barros Lima.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

No período e área de estudo, conforme a tabela 01, foi observado que os municípios de Lábrea e Apuí apresentaram os maiores números de focos de queimadas registrados na região, respectivamente, com um total de 27.241 e 21.399 focos. Juntos, Lábrea e Apuí, corresponderam a 46% dos focos de queimadas entre os sete municípios de estudo, entre 2003 a 2020. Em sequência, foram registrados em Boca do Acre 16.201 focos (15%); Manicoré 15.266 (14%); Novo Aripuanã 11.322 (11%); Canutama 8.494 (8%); Humaitá 6.651 (6%).

Tabela 01 – Tabela de dados dos focos de queimada – 2003 a 2020

Municípios	Somatório anual	Média anual	Mínimo mensal	Máximo mensal	Mínimo anual	Máximo anual
LÁBREA	27241	1513	5	11383	396	3448
APUÍ	21399	1189	3	11791	406	2794
BOCA DO ACRE	16201	900	1	8397	373	1953
MANICORÉ	15266	848	9	8121	364	1320
NOVO ARIPUANÃ	11322	629	1	5868	202	1793
CANUTAMA	8494	472	2	3627	184	846
HUMAITÁ	6651	370	1	3313	157	979

Fonte: INPE (2013 - 2020).

Elaboração: Gabriel Vínicus Barros Lima.

Os municípios na tabela 01, apresentam médias anuais com diferentes resultados por municípios, Lábrea e Apuí com 1.513 e 1.189 revela a frequência em que se concentra os focos de calor em dezoito anos. Por outro lado, Humaitá e Canutama apontam médias muito inferiores em relação aos demais municípios durante o período de estudo: médias de 370 e 472. Além desses, Manicoré, Novo Aripuanã e Boca do Acre teve resultados medianos de 629 a 900.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A coluna do mínimo mensal apresentou uma diferença no município de Manicoré que possui 9, enquanto Lábrea um dos municípios mais afetados pela queimada tem 5, diferença que pode estar relacionada a tendência no crescimento das queimadas, visto que, se encontra próximo ao município de Lábrea.

Nos últimos anos as queimadas se tornaram mais frequentes no Sul da Amazônia (SILVÉRIOA *et al.*, 2019). Associadas ao período de seca e exploração pecuária podem levar a queimadas de grandes proporções, com impactos negativos para a população com doenças respiratórias, também pode afetar o ecossistema com a redução na resiliência da floresta que fica mais suscetível a novas queimadas.

4. Considerações finais

Mediante as análises realizadas nos municípios estudados, verificou-se que durante o período de 2003 a 2020, houveram variações relevantes no somatório anual de focos de calor registrados, nos municípios do Sul do estado do Amazonas. Embora alguns municípios como Humaitá, Canutama e Novo Aripuanã não terem apresentado resultados tão expressivos a tendência de um aumento de focos de queimadas é grande por estar próximo de Apuí e Lábrea, onde as queimadas são anualmente constantes devido a pecuária. Por esse motivo são necessárias que políticas públicas de fiscalização e monitoramento sejam mais intensificadas no Sul do Amazonas.

A redução do fogo vai depender da prevenção e controle de queimadas na porção sul da Amazônia, que busque novas alternativas tecnológicas e econômicas para estimular o uso parcial de áreas desmatadas e ao longo prazo reverter os prejuízos das áreas perdidas. O zoneamento ecológico é uma das alternativas, partindo de um plano diretor na gestão ambiental na região que pode promover um equilíbrio na exploração de recursos e um contínuo avanço científico na extinção do fogo da Amazônia, enfatizando a sustentabilidade de áreas naturais menos protegidas e ecossistemas associados à recuperação do solo e da floresta no Sul do Amazonas.

5. Referências

ADAFa – Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Amazonas.
Disponível em: <<http://www.adaf.am.gov.br/>>. Acesso em: 30 abril 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ALENCAR, A.; NEPSTAD, N.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V e FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 2004, 89 p.

DE AVILA, S. R. S. A. *et al.* Estudo exploratório sobre dinâmica do desmatamento em assentamentos localizados no território portal da Amazônia. **Retratos de Assentamentos**, v. 22, n. 1, p. 139-152, 2019.

FEARNSIDE, P. M. (2006). Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, 36(3), 395-400.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e conseqüências. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 113-123, 2005.

FEARNSIDE, P. M. **Fogo e emissão de gases de efeito estufa dos ecossistemas florestais da Amazônia brasileira**. Estudos Avançados, v. 16, n. 44, p. 99-123, 2002.

FERREIRA, Leandro Valle; VENTICINQUE, Eduardo; ALMEIDA, Samuel. **O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas**. Estud. av., São Paulo, v. 19, n. 53, p. 157-166, 2005.

GONCALVES, K. S.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. **Ciênc. Saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1523-1532, Jun/2012.

GONTIJO, G. A. B. *et al.* Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 15, p. 7966-7973, 2011.

NEPSTAD, D. C. *et al.* 1999 **Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire**. Nature 398, 505–508.

NOGUEIRA JUNIOR, Bianor Saraiva; LIMA, Neuton Alves de. **Combatendo a grilagem no Amazonas através dos projetos de desenvolvimento sustentável**. 2019.

SANTOS, T. O. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 11, n. 2, p. 157-181, 2017.

SILVÉRIOA, Divino *et al.* **Amazônia em chamas. Nota técnica do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia–IPAM**. Recuperado de: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2019/08/NT-Fogo-Amazo%CC%82nia-2019.pdf>, 2019.

VEENENDAAL, E. M. *et al.* Structural, physiognomic and above-ground biomass variation in savanna–forest transition zones on three continents – how different are co-occurring savanna and forest formations? **Biogeosciences**, v. 12, n. 10, p. 2927–2951, 2015.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO INTERANUAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS, DE 1980 – 2010

TAIZA DE PINHO BARROSO LUCAS¹
DAFNE ANTUNES SILVA²
ANA CLARA NOGUEIRA SILVA³

RESUMO

O objetivo do trabalho é identificar as variabilidades interanuais e espaciais nos dados de precipitação, observados em estações meteorológicas do estado de Minas Gerais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período de 1980-2010. Os dados de precipitação de 62 municípios foram manipulados em 24 decêndios da estação chuvosa (outubro-abril), sendo cada decêndio o somatório diário da precipitação no intervalo de dez dias. Foi feito um somatório anual desses decêndios e calculado a média aritmética por década (de 80, 90, 2000). Os dados dos municípios foram agrupados de acordo com a regionalização de mesorregião do estado de Minas Gerais, conforme classificação do IBGE (1990). Para cada uma das 12 mesorregiões do estado, foram elaborados gráficos com a média decenal, para cada década, de cada estação meteorológica, assim como o comparativo com a média climatológica de 1961-90, de acordo com as Normais Climatológicas (2009). Buscou-se relacionar as variabilidades decadais de precipitação ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), considerando o comportamento regional em relação a tal média climatológica. A análise empírica dos dados mostrou que existem grandes variabilidades temporais e espaciais entre as regionais do estado. As forçantes remotas do clima, como o ENOS, parecem desencadear comportamentos distintos, exemplificados pelas diferenças entre a Zona da Mata e o Norte de Minas.

Palavras-chave: Variabilidade decadal da precipitação; Fenômeno ENOS; Minas Gerais.

ABSTRACT

The objective of the work is to identify the interannual and spatial variability in precipitation data, observed at meteorological stations in the state of Minas Gerais belonging to the National Institute of Meteorology (INMET), during the period of 1981-2010. The precipitation data for 62 municipalities were organized in 24 intervals of ten days apiece of the rainy season (October-April) – each interval being the sum of daily precipitation during that time-frame. It was made an annual sum of these ten days time-frames, and then, an arithmetic mean per decade (from 80, 90, 2000) was calculated. The municipalities' data were grouped according to the regionalization of mesoregion of the state of Minas Gerais, according to the IBGE classification (1990). For each of the 12 mesoregions of the state, graphs were drawn up with the ten days average, for each decade, for each municipality, as well as the comparison with the 1961-90 climatological average, according to the Climate Normals (2009). An attempt was made to

¹ Doutora em Geografia, CEFET-MG, taiza@cefetmg.br

² Discente do Curso Técnico Integrado em Controle Ambiental, CEFET-MG, dafneantunessilva@gmail.com

³ Discente do Curso Técnico Integrado em Controle Ambiental, CEFET-MG, nogueirasilvanaaclara@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

relate the ten-year variability in rainfall levels to the El Niño Southern Oscillation phenomenon (ENSO), considering the regional behavior in relation to such climatological averages. The empirical analysis of the data showed the existence of considerable temporary and spatial variabilities among the municipalities' regions. The remote climate forcers, such as ENSO, seem to trigger distinct behaviors, which is explained by the difference between the mesoregions "Zona da Mata" and "Norte de Minas".

Keywords: Decadal variability of precipitation; ENSO phenomenon; Minas Gerais.

1. Introdução

Segundo Grimm (2009), o principal fator de variabilidade climática interanual global é o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), conceituado como uma oscilação acoplada entre o oceano-atmosfera, na escala global, que produz variações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na pressão, no vento, na convecção tropical, com reflexos em vários lugares do planeta, inclusive no Brasil. As fases opostas dessa oscilação são chamadas de El Niño (EN) e La Niña (LN), sendo o fenômeno de EN (LN) caracterizado pelo aquecimento (resfriamento) anômalo das águas do Pacífico oriental, ao longo da costa sul-americana. Segundo a autora, para o total anual de precipitação é característica a correlação entre anomalias positivas (negativas) durante episódios de EN (LN) ao sul de 20°S, Sul do Brasil, e condições contrárias para o Norte-Nordeste do Brasil.

Em relação ao Sudeste do Brasil (SB), os resultados de pesquisas anteriores são menos contundentes. Minuzzi *et al.* (2006) investigou o comportamento da precipitação, durante o período chuvoso, em anos de ocorrência de EN de 1949 a 2000, e identificou duas tendências opostas nos extremos do SB, a precipitação tende a ser acima da média no centro-sul paulista e abaixo da média nas regiões Norte e Nordeste de Minas.

O estado de Minas Gerais se encontra entre as latitudes 14°13'57" e 22°55'47" e as longitudes 39°51'24" e 51°02'56", compreendendo uma área de 582.586 km² (IBGE, 2006), na região do SB. Além disso, possui características climáticas diversificadas graças a sua localização, como a distância do oceano que contribui para uma maior amplitude térmica, topografia diversificada, com elevadas serras e vales dissecados e rebaixados, o que atribui à região, temperaturas mais baixas em relação às que se encontram ao nível do mar (REBOITA, et. al. 2010).

Quanto aos aspectos da circulação dinâmica atmosférica que favorecem a ocorrência de precipitações na região intertropical, a região do SB é influenciada por diversos sistemas



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

meteorológicos de micro, meso e macroescala. Alves et. al. (2005) identificaram que o início da estação chuvosa na região está relacionado às mudanças na circulação atmosférica, que acontece em média de 8 a 12 de outubro, com um desvio padrão de ± 20 dias. O início do período chuvoso se estabelece a partir da atuação das Zonas de Convergências (ZC), ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e ZCOU (Zona de Convergência de Umidade), sobre as Regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (REBOITA, et. al. 2010). Minas Gerais, especificamente, se caracteriza por apresentar dois períodos climáticos bem marcantes: um seco e frio, e, outro quente e úmido, neste último ocorre entre 80 e 90% do total anual de precipitação.

Entretanto, as características citadas podem ser alteradas, e, vez ou outra, não apresentarem tal “linearidade”, como em anos de ocorrência do fenômeno ENOS, que se caracteriza pelo forte acoplamento oceano (EN) - atmosférico (Oscilação Sul) da região no Oceano Pacífico Equatorial: aquecimento das águas e redução da pressão atmosférica na região leste do Pacífico. Segundo Alves (2005), a estação chuvosa no SB aparenta iniciar-se mais cedo em anos que a TSM se encontra mais quente, em função de suas anomalias e conexões atmosféricas.

Apesar de variados estudos sobre o impacto que o fenômeno ENOS exerce sobre a climatologia da precipitação, não há muitos estudos sobre o estado de Minas Gerais. Desta forma, salienta-se a necessidade de maiores investigações científicas sobre possíveis relações entre o fenômeno ENOS e a climatologia do estado. Assim, o objetivo do estudo consolida-se na análise entre o comportamento médio decadal da precipitação e a relação com o fenômeno ENOS, entre os anos de 1980 – 2010.

2. Metodologia

Anterior à análise dos dados das estações meteorológicas do INMET, construiu-se um gráfico com base nos dados do Índice de Oscilação-Sul (IOS), a partir da TSM, ao longo dos anos de 1980 a 2010. Tal gráfico foi elaborado através do cálculo da média anual da temperatura trimestral do Pacífico; informação fornecida pelo *site* do *Climate Prediction Center*, do *National Weather Service*, pertencente ao NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), disponível em:



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php (acesso em 30 de abr de 2021).

Inicialmente, para elaboração da Base de Dados Pluviométricos, foi feito o *download* dos dados dos anos entre 1980 a 2010, disponibilizados no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através da Base de Dados Meteorológicos (BDMEP). O sistema disponibiliza dados de 84 estações convencionais no estado de Minas Gerais. A partir da conferência de existência de registro de dados pluviométricos em grande parte do período analisado, foram eliminadas 22 estações que continham ausência de dados de mais de 5 anos, o que compromete a análise de uma década inteira. Períodos menores que esse não foram descartados, mas os anos sem dados não foram contabilizados no cálculo das médias decadais.

Foram elaboradas planilhas de dados de precipitação, na plataforma “Planilhas Google”, para cada uma das 62 estações analisadas, somando-se dados diários de precipitação em decêndios de setembro a abril (24 períodos de intervalos de 10 dias). Foi calculada a soma anual da precipitação e, também, a média decenal por década, de 80, 90 e 2000.

O somatório anual dos decêndios foi comparado a média climatológica de 1961-1990 (INMET, 2009). Para melhor compreensão da variabilidade interanual, as médias decenais por décadas foram regionalizadas de acordo com as Mesorregiões de Minas Gerais (IBGE, 1990), o que permitiu comparar as estações entre aquelas de uma mesma mesorregião e as diferenças entre elas, assim como as possíveis oscilações em função do fenômeno ENOS.

3. Resultados e discussão

O gráfico 01 apresenta os valores de IOS, as colunas vermelhas indicam o fenômeno de EN, as azuis, LN, e as pretas, neutralidade. Nota-se que a década de 80 foi de grande oscilação de IOS, com três episódios de EN bem caracterizados, 82-83 e 87. Entre esses episódios de EN, houve a ocorrência da LN em 85 e no final da década, em 88 e 89. A década de 90 foi um período de ocorrências de EN, com três anos bem característicos, particularmente 1997, historicamente conhecido pela severidade do EN. Já a década de 2000, foi uma década com maior ocorrência de LN, começando em 1999, seguido de 2000, assim como 2007 e 2008. Nesse período houve um episódio de EN, em 2002.

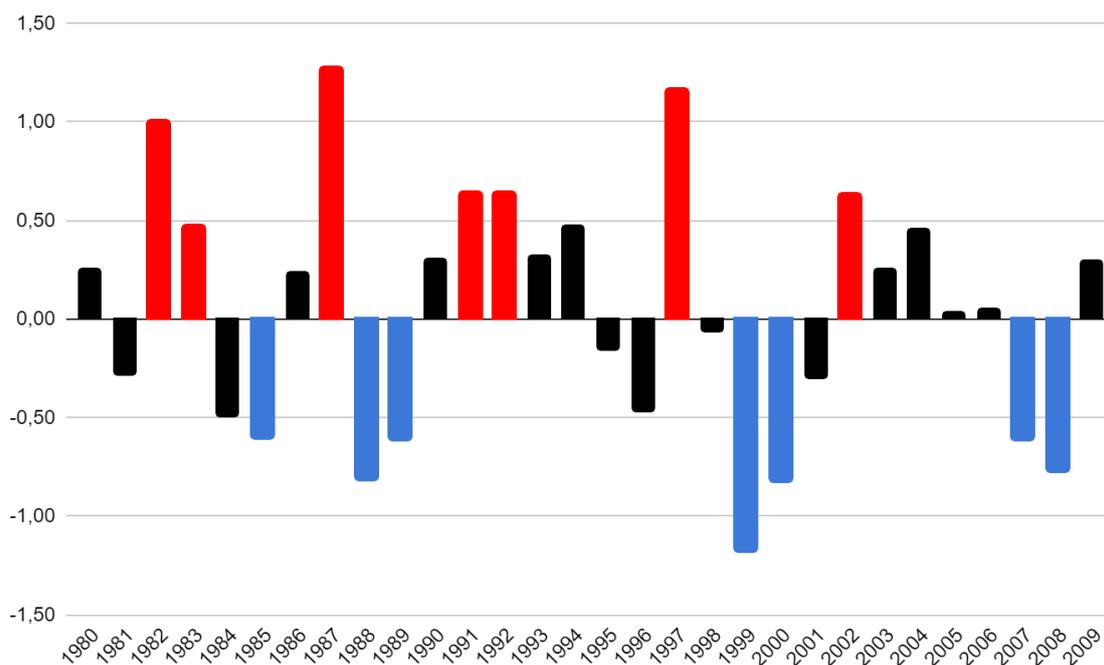


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Gráfico 01 - Índice de Oscilação Sul de 1980 a 2009



Fonte: NCEP – NOAA.

A figura 01 apresenta a localização das estações meteorológicas utilizadas na análise, distribuídas de acordo com as 12 mesorregiões de Minas Gerais (IBGE, 1990). Essas estações são Estações Meteorológicas Convencionais (EMC), com registro de série histórica. Muitas delas, hoje, se encontram desativadas e/ou substituídas pelas Estações Meteorológicas Automáticas (EMA). Em relação a distribuição de EMC nas áreas geográficas das mesorregiões, verifica-se uma distribuição não-difusa na área territorial do estado. Algumas mesorregiões apresentam uma concentração significativa, como na Metropolitana de Belo Horizonte, com algumas estações muito próximas geograficamente, e outras áreas descobertas, sem cobertura de dados históricos, como as mesorregiões Vale do Rio Doce e Mucuri, por exemplo.



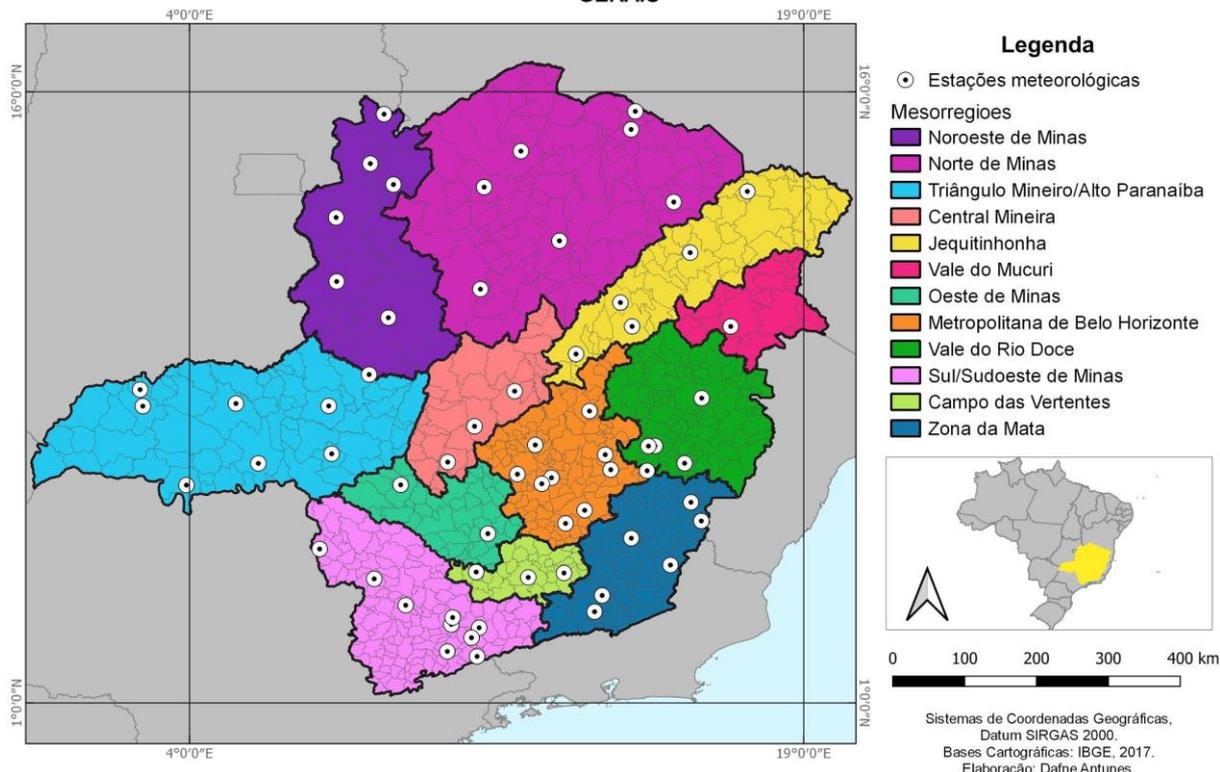
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 - Mapa de localização das Estações Meteorológicas Convencionais do INMET regionalizadas pelas mesorregiões do estado de Minas Gerais.

ESTAÇÕES MEREOTOLÓGICAS CONVENCIONAIS DO INMET DISTRIBUIDAS NAS MESORREGIOES DE MINAS GERAIS



Fonte: INMET e IBGE.

3.1 Variabilidade dos dados de precipitação da Mesorregião Norte de Minas

A mesorregião Norte de Minas apresenta uma variabilidade espacial da precipitação média anual significativa entre as sete estações da área, verificadas tanto pela média climatológica, como pela soma anual da precipitação decennial de cada estação. Espinosa, no extremo norte de Minas, têm a menor média climatológica anual (739,6 mm/ano) e São Francisco, no oeste da mesorregião, tem a maior média (1131,6 mm/ano), seguido de Pirapora (1118,1 mm/ano) e Montes Claros (1086,4 mm/ano).

Ao comparar as médias climatológicas de 1961-1990 (INMET, 2009) às médias das somas anuais dos decêndios, verificou-se que a década de 80 foi a mais chuvosa em todas as EMC desta mesorregião. A maior média anual da década de 80 ocorreu em Januária,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

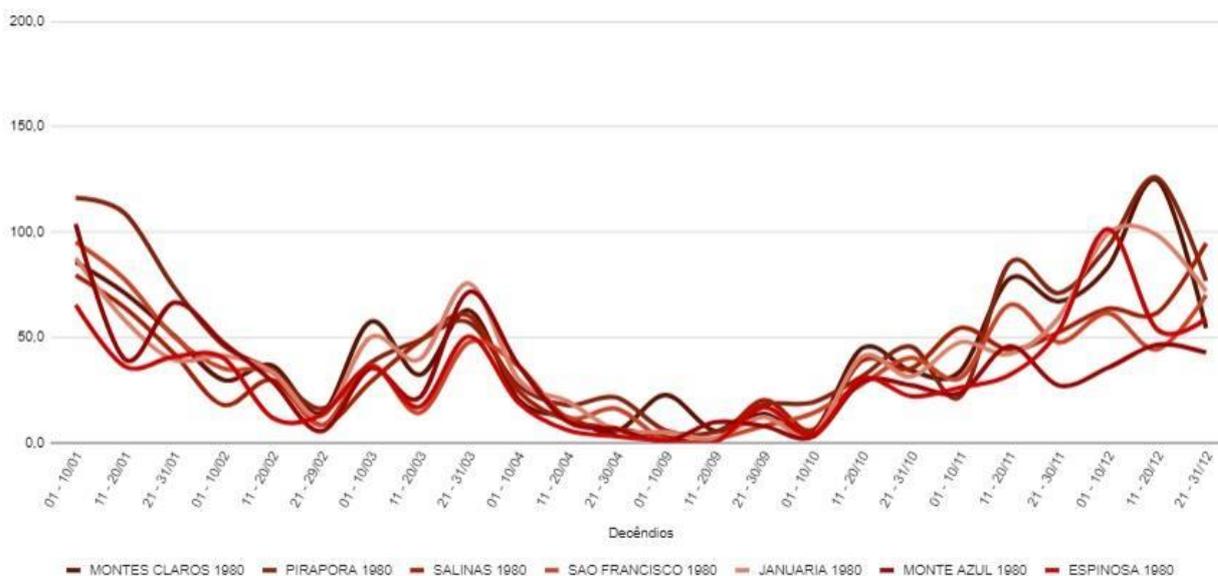
106,08% da média climatológica (948,3 mm/ano), as demais estações também apresentaram percentuais pouco acima de 100% da média climatológica.

A década de 90 foi um período mais seco, comparado à década anterior, em todas as EMC da mesorregião norte de Minas. As estações apresentaram um percentual entre 90 e 93% da média climatológica, exceto Januária que apresentou um percentual de 100,7%. Já a década de 2000, apesar de um percentual um pouco maior que a década de 90, foi menos chuvoso que a década de 80. Os percentuais ficaram em torno de 96% a 99% da média climatológica, nas setes EMC analisadas.

O gráfico 02 apresenta a distribuição da precipitação média anual da década de 80 por decêndios. Verifica-se que os mais chuvosos se encontram em dezembro, janeiro, novembro e março. O mês de fevereiro apresenta uma diminuição da precipitação em função do veranico, particularmente no decêndio 6. Os meses de abril e setembro apresentam baixos acumulados de precipitação em todas as estações, com o retorno dos acumulados de precipitação em outubro.

Gráfico 02 - Médias decendiais de precipitação da Mesorregião Norte de Minas para a década de 1980

Médias Decendiais de Precipitação da Mesorregião Norte de Minas para a década de 1980



Fonte: INMET.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Na década de 80, a EMC de Pirapora registrou acumulado superior a 100 mm em três decêndios (1, 2 e 23), o que não ocorreu nas demais décadas analisadas. A década de 90 apresentou uma distribuição da precipitação, ao longo do ano, semelhante à década anterior, entretanto os decêndios de maior acumulado foram o 19, seguido dos decêndios 21, 22 e 23, com menores acumulados nos primeiros decêndios, distribuídos de forma mais homogênea. Nos primeiros do ano foram registrados acumulados em torno de 50 mm, menos da metade que no período anterior. Na década de 2000, os acumulados foram semelhantes ao da década de 90, a estação que apresentou maior acumulado foi Montes Claros, com 93 mm no decêndio 19 (01 a 10 de novembro).

3.2 Variabilidade dos dados de precipitação da Mesorregião Noroeste de Minas

As médias climatológicas das seis EMC que se situam na mesorregião Noroeste de Minas são superiores às do Norte de Minas. A maior média climatológica é da EMC de Paracatu (1492,9 mm/ano), seguido de Unaí (1411,7 mm/ano) e a menor média é de Arinos (1180,6 mm/ano), situada mais próxima a São Francisco, pertencente a Norte de Minas.

A média decadal da soma anual da precipitação da década de 80 também foi superior em todas as estações da mesorregião Noroeste de Minas. O percentual médio, em relação à média climatológica, foi 106%, sendo que Buritis apresentou o maior acumulado, 114,8% da média climatológica (1182,7 mm/ano). A década de 90 apresentou um percentual médio de 92,5% e na década de 2000, 93,8%, assim como observado na Mesorregião Norte de Minas.

A distribuição da precipitação ao longo dos decêndios é semelhante à mesorregional anterior, com maiores acumulados de precipitação, particularmente, nos decêndios mais chuvosos. Nos gráficos de 80 e 2000 verificou-se a ocorrência do veranico no decêndio 6, o que não se observou na década de 90.

3.3 Variabilidade dos dados de precipitação da Mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba

Os dados das sete EMC da mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba não apresentam significativa variabilidade espacial, apesar de uma área relativamente grande, como se observa na figura 1. A maior média climatológica é da EMC de Uberaba (1636,7 mm/ano) e a menor é de Ituiutaba (1422,2 mm/ano). Na tabela 1, verifica-se que a média das



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

médias climatológicas da mesma região é 1473, 5 mm/ano, com baixa variabilidade entre os dados.

Tabela 1 - Médias Climatológicas e percentuais da média da soma anual dos decêndios de precipitação da mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba

EMC	Média Climatológica	% Déc de 80	% Déc de 90	% Déc de 00
Capinópolis	1434,7	93,2	97,8	91
Ituiutaba	1422,2	99	94,3	92,4
Patos de Minas	1464,2	99,1	94,2	93,2
Uberlândia	1606,1	90,5	94,5	97,5
Frutal	1473,5	92,6	82,5	75
Uberaba	1636,7	90,9	80,7	91,6
Araxá	1554,2	87,1	89,3	81,4
Média	1473,5	92,6	94,2	91,6
Desvio Padrão		4,4	6,6	7,8

Fonte de dados: INMET.

Comparando à média decadal da soma anual dos decêndios, em relação à média climatológica, verifica-se que os valores foram abaixo da média climatológica nas três décadas analisadas, diferentemente das mesorregiões já citadas. A década de 80 apresenta menor desvio padrão entre os dados, mostrando maior homogeneidade entre eles. Já a década de 2000, apresenta maior variabilidade, em função de valores bem abaixo da média climatológica, como Araxá e Frutal, que também apresentaram menores acumulados de forma significativa nas décadas anteriores.

Ao analisar os gráficos das médias decendiais ao longo do ano, para cada década, verifica-se a ocorrência de um veranico bem marcado na década de 80, no decêndio 6, também evidente na década de 2000, o que não ocorre nas décadas de 90. Os acumulados de precipitação apresentam valores mais significativos no decêndio 17 (10 a 20 de outubro), no início da estação chuvosa, se comparado às mesorregiões Norte e Noroeste de Minas, mas os maiores acumulados ocorrem nos primeiros decêndios de janeiro e nos de dezembro, em todas as décadas.

3.4 Variabilidade dos dados de precipitação da Mesorregião Sul/Sudoeste de Minas

Ao analisar os dados climatológicos dessa mesorregião, verifica-se que ela apresenta considerável homogeneidade espacial do total de precipitação. A EMC de maior média climatológica é de São Sebastião do Paraíso, no extremo noroeste da área (1.744,5



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

mm/ano) e a de menor média é de Passa Quatro, no extremo sudeste, (1.558,3 mm/ano). A média espacial das médias climatológicas das EMC da região é 1.647,1 mm/ano.

Comparando à média decadal da soma anual dos decêndios, em relação à média climatológica, verifica-se que os valores foram abaixo da média climatológica nas três décadas analisadas, assim como na mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. A década de 80 apresentou percentuais ligeiramente maiores que a década de 2000. A década de 90 foi a mais seca, com menor desvio padrão na comparação entre os dados. Em Passa Quatro, a soma anual dos decêndios apresentou um percentual de 71,4% em relação à média climatológica na década de 90 (a menor observada). O percentual mais próximo da média climatológica ocorreu em Maria da Fé (96,5%), na década de 80.

Em relação à distribuição da precipitação ao longo dos decêndios, observou-se que os de maior acumulado de precipitação, comum em todas as décadas: 2, 3 e 23. Na década de 80, os decêndios 7, 8, 21 e 22 também se destacaram, e na década de 2000, os decêndios 1, 8, 22 e 24. Em comparação com as mesorregiões já apresentadas, nota-se um acumulado maior nos meses de abril e setembro, mas menores que outros meses da estação chuvosa.

3.5 Variabilidade dos dados de precipitação das Mesorregiões Oeste de Minas e Campos das Vertentes

As mesorregiões Oeste de Minas e Campos das Vertentes tem características muito semelhantes, apesar da maior distância de Bambuí em relação aos demais três municípios. A menor média climatológica é de Bambuí (1.278,4 mm/ano) e a maior é de São João Del Rey (1.582 mm/ano). Em relação ao percentual da média climatológica, ela foi menor que 100% em todas as décadas analisadas, como a mesorregião Sul/Sudoeste de Minas.

A década de 90 foi a mais seca, com valores percentuais entre 72,4% e 90,8% da média climatológica. A década de 80 e 2000 foram bastante semelhantes, entre 84,2% e 94,8%, na década de 80, entre 83,4% e 94,5%, na década de 2000. Na década de 80, observou-se o veranico bem caracterizado, assim como na década de 2000, o que não se evidenciou na década de 90.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3.6 Variabilidade dos dados de precipitação da Mesorregião Zona da Mata

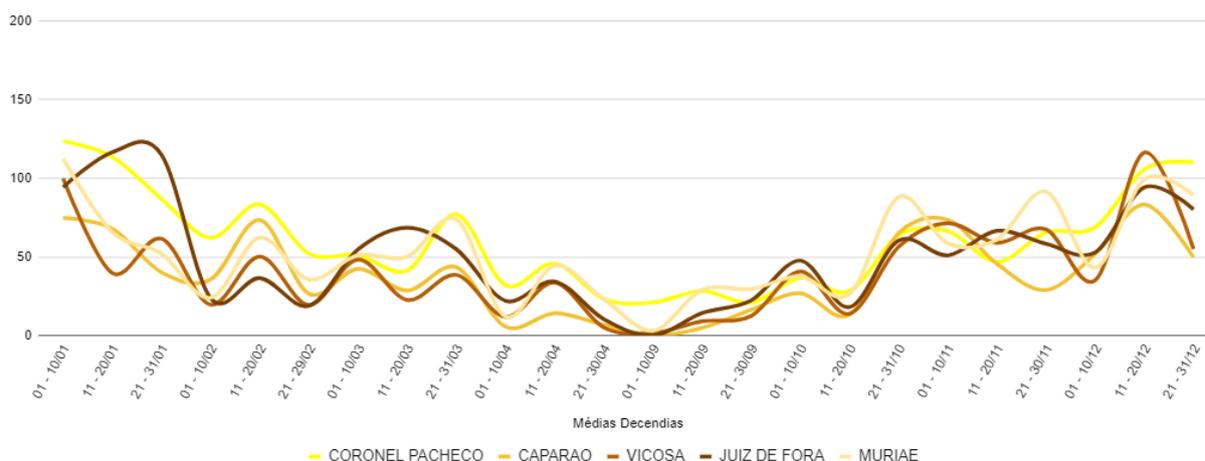
A mesorregião é composta por seis EMC, as respectivas médias climatológicas estão entre os valores de 1.624 (mm/ano), em Juiz de Fora, e 1.289 (mm/ano), em Viçosa. O somatório anual de precipitação por decênios, foi menor que 100% em todas as décadas analisadas.

A década de 2000 foi a mais chuvosa, diferentemente das outras mesorregiões analisadas. Na EMC de Caparaó, a soma do total anual dos decênios foi 97,5% da média climatológica (1.322,7 mm/ano) e o menor percentual ocorreu em Viçosa, 79,5%. A década de 90 foi a mais seca, com menor variabilidade entre os dados, a média do percentual foi 76,7%. Na década de 80, houve maior variabilidade entre esses percentuais, Coronel Pacheco 96,3% e Caparaó, 71,9%.

O gráfico 03 apresenta a distribuição da média da soma diária de precipitação por decênios na década de 90. O comportamento ao longo do ano é típico em todas as décadas, maiores acumulados nos primeiros e últimos decênios e menores acumulados nos decênios de abril e setembro.

Gráfico 03 - Médias deceniais de precipitação da Mesorregião Zona da Mata para a década de 1990.

Médias Deceniais de Precipitação da Mesorregião Zona da Mata para a década de 1990



Fonte: INMET.

Diferentemente das outras décadas, não se observa o veranico bem caracterizado, assim como um menor acumulado de precipitação nos decênios mais chuvosos. Verifica-se,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

também, maior linearidade nos meses de fevereiro e março com tendência a diminuição até o fim da estação chuvosa e maior concentração nos meses de novembro e dezembro.

3.7 Variabilidade dos dados de precipitação das Mesorregiões Vale do Rio Doce e Mucuri

As mesorregiões do Vale do Rio Doce e Mucuri têm um vazio espacial de EMC. Na primeira região, tem-se dados históricos nos municípios de Caratinga, Governador Valadares e Coronel Fabriciano e, na segunda, Teófilo Otoni. Apesar da distância geográfica entre Teófilo Otoni e Coronel Fabriciano, elas não significam as maiores diferenças entre as médias climatológicas, que se dá entre esta última (1.414,9 mm/ano) e a de Governador Valadares (985,6 mm/ano). A média de Teófilo Otoni é 1.065,5 mm/ano e de Caratinga, 1.201,7 mm/ano.

Em relação ao percentual do somatório anual dos decêndios, verificou-se que nas três décadas analisadas os percentuais foram abaixo de 100%, ou seja, menor que a média climatológica. O menor percentual médio, ocorreu na década de 80, diferentemente das mesorregiões apresentadas. Assim como na mesorregião Campos das Vertentes, a década de 2000 foi a mais chuvosa, com menor desvio padrão, ou seja, menor variabilidade entre os percentuais médios. A década de 90 apresentou valores muito próximos da década de 2000, com percentuais menores nas EMC mais ao norte, em Governador Valadares (73,4%) e Teófilo Otoni (85,7%), nas demais estações os valores percentuais foram acima de 90%, como na década de 2000.

A distribuição da precipitação ao longo do ano, para a década de 80, mostrou que a precipitação é mais volumosa nos primeiros (particularmente com maiores acumulados na EMC de Coronel Fabriciano) e a partir do decêndio 20 (11 a 20 de novembro). No decêndio 6, verificou-se o veranico bem marcado com a diminuição da precipitação em todas as estações. A década de 2000 apresentou-se semelhante à década de 80, e a década de 90 com maiores volumes de precipitação nos últimos decêndios do ano.

3.8 Variabilidade dos dados de precipitação da Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte

Esta mesorregião apresenta o maior número de EMC, 9 estações meteorológicas com dados históricos. Apesar de uma área geográfica significativa no centro do estado, de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

diversidade topográfica, as médias climatológicas não apresentam grande variabilidade entre as EMC. A maior é do município de Belo Horizonte (1.602,6 mm/ano) e a menor de Ponte Alta (1.333,6 mm/ano).

Assim como a mesorregião anterior, a década de 2000 foi a mais chuvosa, o percentual médio do somatório anual dos decêndios por décadas foi 98,1%, enquanto na década de 90 foi 92,2% e na década de 80, 84,4%. Esta década apresentou maior desvio padrão em função da alta variabilidade desses percentuais, já que a EMC de Ibitaré apresentou um percentual de 103,1%, enquanto os outros municípios apresentaram valores em torno de 80%. A década de 2000 teve o menor desvio padrão, pois os percentuais ficaram entre 98,1 e 101,2% da média climatológica.

Em relação ao comportamento anual das isoietas de precipitação por decêndios, na década de 80, o primeiro decêndio foi de acumulados de chuvas superiores a 100 mm na maioria das EMC, assim como o segundo decêndio para Belo Horizonte, Ibitaré e Itabira. Há uma diminuição do total da precipitação no mês de fevereiro, o veranico é bem caracterizado no decêndio 6, em todas as EMC. No decêndio 7 e 8 verifica-se um aumento das precipitações, variando entre 50 e 100 mm, com maiores valores em Belo Horizonte e Ibitaré. Em relação a década de 90, a distribuição da precipitação ao longo dos decêndios é parecida com as outras mesorregiões já citadas.

3.9 Variabilidade dos dados de precipitação das Mesorregiões Central Mineira e Jequitinhonha

As mesorregiões Central Mineira e Jequitinhonha foram analisadas conjuntamente porque elas se complementam geograficamente, no sentido SW-NE. Há grande variabilidade da média climatológica, mas elas existem dentro de uma mesma mesorregional. A maior média é de Bom Despacho (1384, 8 mm/ano), seguido de Diamantina (1.375,3 mm/ano), que se encontra no Jequitinhonha. Na mesorregião Central Mineira, Curvelo tem média climatológica de 1094 mm/ano, valores próximos às EMC do Jequitinhonha. Os valores mais baixos se encontram no extremo nordeste, em Araçuaí (755,8 mm/ano) e Pedra Azul (853,7 mm/ano).

Em relação ao percentual de precipitação média decadal, comparado a média climatológica, verifica-se baixa variabilidade entre os percentuais de cada EMC, em todas as



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

décadas. Na década de 80, as EMC situadas no extremo nordeste, típica região do Jequitinhonha, apresentaram valores superiores a 100%. Em Itamarandiba, o percentual foi 107,2%, assim como verificado na mesorregião Norte de Minas. As estações situadas no centro do estado apresentaram valores entre 89,2 e 98,4%, apresentando uma média entre as estações de 97,9%. A década de 2000 apresentou percentual médio, entre as EMC, de 96,5%, com desvio padrão de 1,7, ou seja, baixa variabilidade, e a década de 90 também apresentou um valor médio próximo da década de 90, 94,9%, caracterizando-se como um pouco menos chuvosa.

Em relação a distribuição da chuva por decêndios, os gráficos são muito semelhantes aos apresentados. Na década de 80, notou-se que o veranico é mais extenso que um decêndio, perdurando até três decêndios de fevereiro, particularmente em Carbonita, Araçuaí e Itamarandiba. Na década de 90 não se identificou o veranico, como já observado em outras mesorregiões e a precipitação se avoluma em maior quantidade a partir do decêndio 20 (11 a 20 de novembro). A década de 2000 se apresenta com um padrão semelhante à década de 80. Os maiores acumulados de precipitação não ultrapassam os 80 mm, exceto em Diamantina e Bom Despacho.

4. Considerações finais

A análise climatológica da variabilidade interanual da precipitação de Minas Gerais mostrou grande diversidade nos totais pluviométricos anuais, identificada pela espacialização dos dados das Normais Climatológicas de 1961-1990 (INMET, 2009). Verificou-se que a mesorregional Sudoeste de Minas é a mais chuvosa, seguida da Zona da Mata e Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e que as mesorregiões Jequitinhonha e Norte de Minas são as mais secas do estado.

Em relação à influência do fenômeno ENOS sobre a variabilidade dos dados, ainda são necessárias metodologias mais apuradas, com cálculos estatísticos de correlação na escala anual. A análise empírica mostrou que a década de 80, de grande oscilação nos dados de IOS influenciaram o aumento da precipitação nas mesorregiões Jequitinhonha, Norte e Noroeste de Minas, resultando em médias decadais superiores às médias climatológicas de 1961-1990.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O fenômeno ENOS parece influenciar tanto na quantidade de precipitação acumulada, como na sua distribuição ao longo do ano. A década de 90, com recorrências de EN, foi a mais seca em oito das doze mesorregiões analisadas. A distribuição decenal ao longo do ano apresentou um padrão diferenciado em relação a década de 80 e 2000, diminuindo a ocorrência do veranico no mês de fevereiro, em praticamente todas as mesorregiões, mas fortalecendo a concentração dos maiores volumes de chuvas nos últimos decênios do ano.

A década de 2000, com recorrências de LN, foi mais chuvosa nas mesorregionais Zona da Mata, Vale do Rio Doce e Mucuri e Metropolitana de Belo Horizonte. Na Sul/Sudoeste de Minas, assim como Oeste e Campo das Vertentes, os percentuais médios de precipitação decadal foram muito semelhantes à década de 80, assim como a distribuição decenal ao longo do ano, em praticamente todas as mesorregionais.

5. Referências

ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CAMARGO JÚNIOR, H.; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil: Parte 1 – Estudos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 20, n. 3, p.385-394, 2005.

GRIMM, A. Variabilidade Interanual do Clima do Brasil In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. J.; SILVA DIAS, M. A. F. **Tempo e Clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.353-374.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão do Brasil em Mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro, 1990. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269_1.pdf. Acesso em: 30 abr. 2021.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961 – 1990**. Brasília, 2009. 253p.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, J. M. N.; VIANELLO, R. L. Influência do fenômeno climático El Niño no período chuvoso da Região Sudeste do Brasil. **Geografia**, v. 15, nº2, jul-dez. 2006.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 25, nº 2, p.185-204, 2010.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

AValiação DA UMIDADE RELATIVA DO AR NO PERFIL TOPOCLIMÁTICO DO PICO DA BANDEIRA, MINAS GERAIS

THAIS BASSOS¹
THAIS ROCHA²
MARIANE CARVALHO³
LEONARDO RUBBI⁴

RESUMO

O presente trabalho foi componente da disciplina de Estágio Supervisionado em Climatologia ministrada pelo Professor Doutor Emerson Galvani no Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. O estudo acerca da Umidade Relativa do Ar do Pico da Bandeira, localizado no Parque Nacional do Caparaó, foi obtido através da coleta de dados em campo, a partir da instalação de oito abrigos climatológicos de baixo custo com medidores do tipo *Datalogger*. A análise climatológica abrangeu a geologia, geomorfologia, flora e fauna da área de estudos. Foram organizados oito grupos para avaliar e analisar diferentes fatores do clima. O grupo sete, este aqui encarregado, teve como atributo a variação da umidade relativa do ar. O tema foi trabalhado a partir da consulta de bibliografia sobre o tema, análise de dados biogeográficos e a coleta e análise dos dados climatológicos coletados. Por fim, cabe ressaltar que o estudo abrangeu o contexto histórico da formação do parque, procedimentos técnicos e metodológicos, a análise e discussão dos dados.

Palavras-chave: Climatologia; Umidade relativa do ar; Relevo.

ABSTRACT

This work is part of the Supervised Internship course in Climatology taught by Professor Doctor Emerson Galvani in the Department of Geography at the Faculty of Philosophy, Letters and Human Sciences at the University of São Paulo. The study about relative humidity of Pico da Bandeira, located in the Caparaó National Park was obtained through data collection *in situ* from the installation of eight low-cost weather shelters with Datalogger type meters. The climatological analysis covered the geology, geomorphology, flora and fauna of the study area. Eight groups were organized to assess and analyze different climate factors. Group seven, this one in charge, had the attribute of varying the relative humidity of the air. The theme was worked from the consultation of bibliography, analysis of biogeographic data and the collection and analysis of the climatological data collected. Finally, it should be noted that the study covered the historical context of the formation of the park, technical and methodological procedures, data analysis and discussion.

Keywords: Climatology; Relative humidity; Relief.

¹ Universidade de São Paulo, thais.bassos.santos@usp.br

² Universidade de São Paulo, thais.pereira.rocha@usp.br

³ Universidade de São Paulo, marianecar@yahoo.com.br

⁴ Universidade de São Paulo, leonardo.rubbi@usp.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

O estudo da avaliação da Umidade Relativa do Ar (UR) foi realizado no Parque Nacional do Caparaó na face do Pico da Bandeira que está inserida nos limites municipais de Alto Caparaó em Minas Gerais (Figura 01). Para a realização do estudo proposto foi necessária a realização de trabalho de campo para a instalação dos equipamentos. O objetivo deste trabalho abrangeu a análise da variação vertical da umidade do ar entre 1115 metros a 2860 metros da face mineira do Pico da Bandeira, naturalmente menos úmida que a face capixaba por sofrer ação dos ventos secos de sotavento. O método utilizado consistiu na coleta de dados *in situ*, através de equipamentos medidores de temperatura e umidade relativa do ar. A instalação dos abrigos meteorológicos de baixo custo foi essencial para a obtenção dos dados através do *Datalogger*, que coletou dados durante o período de um mês. A umidade atmosférica é proveniente da evaporação e da evapotranspiração que ocorrem na superfície terrestre, e pode ser descrita como a quantidade de vapor d'água presente no ar. A importância do vapor de água na atmosfera está relacionada às formas de condensação e precipitação - papel regulador térmico -, contém calor latente liberado no momento da condensação e sua distribuição vertical afeta a estabilidade do ar (AYOADE, 1996). Os indicadores de umidade utilizados incluem: umidade absoluta, massa de vapor de água por quilograma de ar (g/cm^3); Umidade específica: massa de vapor de água por massa de ar (g/kg); Umidade relativa: porcentagem de vapor de água presente na atmosfera em certa temperatura em função da quantidade de vapor necessária para situação de saturação. Outro fator importante a ser pontuado é o fato de que a quantidade de vapor de água na atmosfera diminui com a altitude (STEIKE, 2012), e para o estudo em questão há a variação de 1115 m a 2860 m, que tende a ter a umidade do ar controlada pelo microclima local, condicionando a dinâmica de desenvolvimento da cobertura vegetal.

A cultura geomorfológica brasileira, assentada sobre o sistema francófono de pensamento, não reconhece a existência de relevos montanhosos nas feições brasileiras. Essa corrente científica influenciou a nomenclatura do relevo do Brasil, evitando a classificação do termo "montanhoso" a formações que não compõem cinturões orogênicos e que não ultrapassem a metragem de 3000m de altitude. Entretanto, o critério fundamental para se definir um relevo montanhoso não é a altitude acima do nível do mar, mas sim sua altura em relação aos compartimentos geomorfológicos com os quais estabelece contato



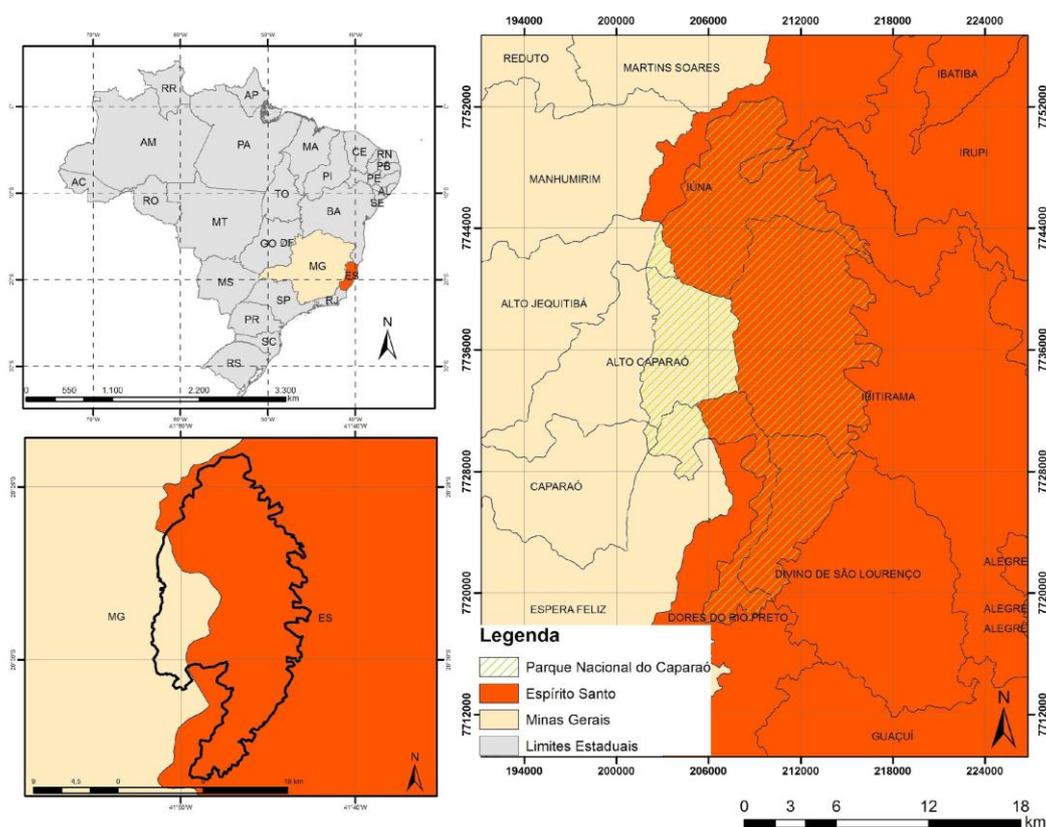
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

(FARIA, 2005) e que deve ser superior a 300 metros de amplitude (PRICE, 1981). Tal reflexão é relevante na classificação dos compartimentos geomorfológicos brasileiros de origem tectônica, caracterizados por seu aspecto montanhoso, com grandes amplitudes, declividades acentuadas e um padrão de entalhe vertical em profundidade com alta densidade de drenagem. No Brasil, portanto, embora não ocorram cordilheiras e cinturões orogênicos ativos, existem montanhas tectonicamente geradas, como as Serras do Mar, da Mantiqueira, do Espinhaço, etc., ou mesmo residuais de aplainamento que estabelecem contatos abruptos com compartimentos depressionários em consideráveis desníveis.

Figura 021 – Localização da área de estudos



Fonte: Rocha (2019).

A Serra do Caparaó foi formada por falhamentos originários da formação da Serra da Mantiqueira, no contexto do rift continental do sudeste brasileiro, marcado pelo estabelecimento de amplitudes altimétricas de quase 2000 metros com os compartimentos de morros convexos adjacentes ao maciço, o relevo é marcado por formas alongadas com



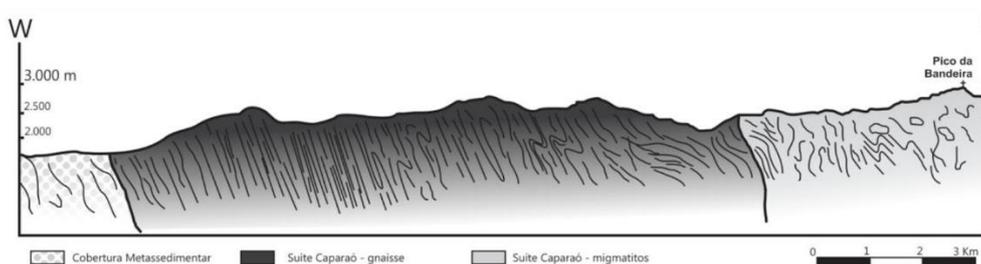
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

escarpas íngremes e topos aguçados. Este compartimento situa-se na região meridional do Orógeno Araçuai, que constitui o setor norte da Serra da Mantiqueira (DIAS; OLIVEIRA; NETO, p.277, 2011). Ao que se refere a compartimentação geológica, a Serra do Caparaó é constituída por três unidades litológicas de relativa homogeneidade. A cobertura é composta por rochas de origem metassedimentar neoproterozóica - com domínio de paragneisses migmatizados e os granitóides neoproterozóicas-cambrianos; o embasamento é formado por gnaisses granulíticos e migmatitos do grupo Suíte Caparaó. A Suíte Cararáo é predominante em toda a Serra homônima, o sendo o gnaisse ortoderivado, bandeado, diorítico a granítico, de granulação média o litotipo predominante deste grupo, este gnaisse apresenta coloração esverdeada, alternando para tons de cinza com ação do intemperismo, conforme demonstra as figuras 02 e 03.

Figura 022 – Estrutura geológica-geomorfológica do perfil de altitude do Pico da Bandeira



Fonte: Novo *et al.* (2011).

A decomposição das rochas granitóides que formam a Serra do Caparaó geram coberturas superficiais argilosas, ricas em minerais secundários como a caulinita, mesmo nos setores onde predomina o intemperismo físico, há formação de tratos deposicionais com quantidades significativas de material clástico. Os solos são imaturos, sendo predominante o Neossolo Litólico. Nos patamares escarpados e degraus predominam os Cambissolos em associação a Latossolos. As características climáticas da Serra do Caparaó são contrastantes com clima das áreas adjacentes devido à influência da altitude. Nas latitudes da Serra impera um clima tropical úmido com temperaturas médias elevadas, com invernos moderados, sobretudo na vertente capixaba. No que se refere à vertente mineira situada no município de Alto Caparaó, com variação altimétrica de 960 a 1000 m em relação ao nível do mar, se projeta um clima tropical de altitude com nítida queda das temperaturas



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

médias, o qual se intensifica nos altos cumes do maciço, onde os níveis térmicos são substancialmente mais baixos, com frequências de nebulosidade e geadas.

Figura 023 – Embasamento rochoso Serra do Caparaó - Gnaisses acinzentados devido à ação do intemperismo físico



Fonte: Gardim (2019).

Segundo a classificação de Köppen, o clima do Parque Nacional do Caparaó é do tipo Cwb. A Serra do Caparaó caracteriza-se por um clima tropical de altitude, onde o relevo assume importância marcante na determinação das diferenças de temperatura na área. A temperatura média anual varia entre os 19°C a 22°C, com a máxima absoluta atingindo os 36°C e a mínima absoluta os - 4°C nos picos mais altos do Parque. A pluviosidade média varia dos 1.000 aos 1.500mm anuais, atingindo 1.750mm na porção norte do Parque, com concentração das chuvas de novembro a janeiro, quando ocorrem de 35% a 50% das precipitações anuais. O período do ano que apresenta os menores índices nas médias pluviométricas é entre junho e agosto, embora este fator varie em consequência do relevo local (IBDF, 1981).

A Serra do Caparaó está inserida no domínio dos mares de morros florestados, área que compreende o Brasil tropical atlântico, marcado por forte decomposição de rochas cristalinas e processos de convexização em níveis intermontanos. O relevo deste domínio está sujeito a forte erosão, devido a intensa rede drenagem e os elevados índices de pluviosidade, o que torna a região sujeita a movimentos coletivos de solos (AB'SABER, p.17,



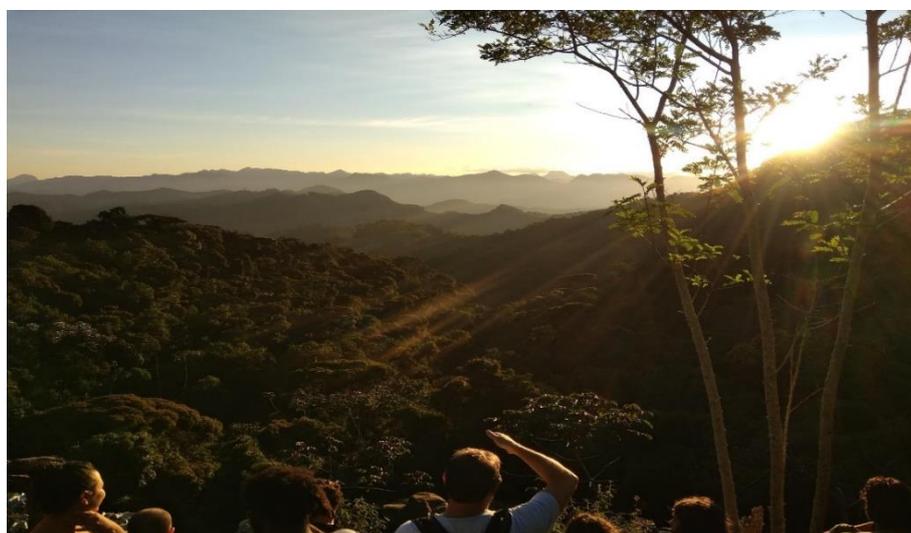
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2012). Neste domínio que estão inseridas as maiores áreas remanescentes da Mata Atlântica, como ilustra a Figura 04. No compartimento da Serra da Mantiqueira, a onde está inserida a Serra do Caparaó, encontra-se uma das porções mais ricas em diversidade de plantas e animais, como répteis, anfíbios e pequenos mamíferos da Mata Atlântica (LAGOS; MULLER, p.41, 2007).

Figura 024 – Floresta Estacional Semidecidual e relevo do entorno da área de estudos



Fonte: Gardim (2019).

Segundo o IBGE, a vegetação classificada no PNC, delimitada entre 19° S, 43° W e o litoral, abrange áreas de Floresta Perenifólia Hidrófila Costeira; Floresta Subcaducifólia Tropical; Vegetação Litorânea e Campos de Altitude. A vegetação na Serra do Caparaó (Figura 05) tem padrão relacionado à variação altimétrica, que resulta em materiais pedológicos e microclimáticos diferenciados ao longo do perfil. Nos flancos escarpados a vegetação predominante são as Florestas Ombrófilas densa do tipo montano e alto montano até os 1.800 m de altitude, dos 1.800 a 2.400m nota-se a presença da Floresta Estacional Semidecidual, nas altas escarpas e nos topos mais elevados a prevalece a vegetação de Campo de Altitude com formações arbustivas (Figuras 05 e 06), mais próximo ao Pico da Bandeira entre os afloramentos rochosos predomina os Campos limpos.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 025 – Campos de altitude com formações arbustivas



Fonte: Gardim (2019).

2. Metodologia

Foram utilizados instrumentos para a coleta de dados e localização espacial em campo. Os instrumentos utilizados foram: *Dataloggers* (equipados com termo-higrômetro, aparelho que mede a temperatura do ar seco e úmido e psicrômetro, que capta e registra dados de vapor de água no ar), abrigos meteorológicos, bússola, GPS, altímetro (sensor de altitude), barômetro (sensor de pressão atmosférica) e hastes de metal que apoiam a estrutura dos equipamentos e dos abrigos meteorológicos de baixo custo (Figura 06) - desenvolvidos universidade com o objetivo de proteger os sensores das chuvas, ventos e radiação solar. O método de calibração dos sensores constitui-se em ligá-los dia antes para verificação do funcionamento e dos padrões nos dados para realizar análises com melhor precisão, assim obtendo dados de umidade e temperatura dos locais onde instalamos os *Dataloggers*.

A calibração dos sensores eletrônicos é um procedimento necessário para aferir a validade dos dados que serão obtidos em campo. Ela pode ser realizada de algumas maneiras diferentes. Em nosso caso, optou-se por ligar os aparelhos todos em um ambiente isolado, no caso uma caixa, e analisar posteriormente se os dados de umidade relativa e de temperatura coincidem. A resolução dos sensores que utilizamos é de 0,5 °C para os dados de temperatura e de 3% para os dados de umidade relativa. Aferimos que todos sensores instalados estavam



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

devidamente dentro do desvio, não sendo necessário descartar os dados de nenhum dos aparelhos.

Figura 026 – Ponto de coleta de dados demarcado por abrigo meteorológico de baixo custo



Fonte: Gardim (2019).

Cabe destacar a importância do trabalho de campo, meio de análise essencial, permitindo a obtenção de dados e o desenvolvimento de estudos acerca das relações presentes no meio – aspectos climatológicos; a análise dos resultados obtidos, com foco nas variações da umidade relativa do ar; vegetação local e suas relações com o clima; as influências e processos correlatos às variações de umidade relativa do ar – que compõem as conexões presentes na análise climatológica. Os trabalhos de campo, desde que acompanhados de referências teóricas, podem constituir-se de indispensável instrumento da ampliação das perspectivas conceituais dos estudantes (HISSA; OLIVEIRA, 2004). Logo, podemos entender o trabalho de campo como instrumento de análise geográfica que permite o conhecimento do objeto, permitindo a inserção do pesquisador (SUERTEGARAY, 2002). Portanto, assim como em outras áreas da geografia, o trabalho de campo foi de suma importância para o estudo climatológico do Pico da Bandeira. O software Excel foi utilizado para auxiliar na análise e síntese dos dados coletados, cálculos e elaboração de gráficos. Através do software livre Quantum GIS 3.18 foi possível a espacialização dos dados, a sobreposição de dados geomorfológicos, climáticos e biogeográficos, completando a análise dos resultados.



3. Resultados e discussão

Os dados obtidos apontam a influência do modelado do relevo nos índices de Umidade Relativa do Ar. O fator da influência da proximidade do oceano explica os índices nas encostas a sotavento do Pico, que recebe suas influências diretas – como o maior desenvolvimento das espécies arbóreas, maior altura do dossel, em comparação com sua face barlavento. A altitude também é um fator determinante na variação da umidade. A Tabela 01 é uma síntese dos dados obtidos no ponto.

Tabela 01 – Dados horários, temporais, altimétricos, geográficos, de Umidade Relativa do Ar (UR) e Temperatura (T) coletados por ponto de análise

Ponto / Atributo	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8
Data	20/04/19	20/04/19	21/04/19	21/04/19	21/04/19	21/04/19	21/04/19	21/04/19
Horário	14h30	15h35	8h21	10h45	11h32	12h16	13h07	14h01
Altitude (m)	1115	1200	1970	2370	2480	2630	2800	2860
UR média (%)	93,6	95,8	88,5	89,3	88,2	81,9	87,5	85,8
UR máxima (%)	95,8	98,1	94,9	96,9	95,6	93,8	99,7	99,8
UR mínima (%)	88,6	91,1	70,3	64,0	65,5	57,2	56,4	56,9
UR ⁵ máxima Absoluta (%)	97,3	98,5	96,3	98,7	96,2	94,5	100,0	100,0
UR mínima Absoluta (%)	71,4	72,9	45,0	37,3	45,3	43,2	33,1	27,9
T ⁶ média (°C)	17,6	17,0	14,6	11,9	11,2	11,5	9,9	9,7
T máxima (°C)	20,0	19,2	17,8	15,3	14,5	15,1	12,6	12,5
T mínima (°C)	15,4	14,7	11,9	8,5	8,0	7,9	7,2	6,8
T máxima Absoluta (°C)	23,1	22,2	23,5	23,4	22,8	24,7	18,5	18,5
T mínima Absoluta (°C)	13,9	13,3	10,1	5,1	4,7	5,1	5,6	5,0
Localização ⁷	201.759, 7.738.819	202.245, 7.739.278	203.974, 7.740.609	206.670, 7.739.418	207.394, 7.739.485	207.577, 7.739.583	208.017, 7.737.987	208.304, 7.737.913

Fonte: Bassos (2019).

O primeiro ponto de instalação dos sensores foi inserido em uma área de floresta estacional Semidecidual, em região de declividade moderada, em vertente de orientação Sul. O segundo ponto foi instalado na portaria (do estado de Minas Gerais) do Parque Nacional do Caparaó. No local há uma área descampada, circundada por vegetação de Floresta Ombrófila Densa Montana, apresentando declividade acentuada e orientação da

⁵ Umidade Relativa do Ar

⁶ Temperatura.

⁷ Coordenadas geográficas em Sirgas 2000 UTM 24 S.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

vertente para Oeste; O ponto 3 foi instalado na Tronqueira, local de acampamento do Parque e onde iniciamos a trilha a pé às 8h21, no segundo dia de campo, também localizado em área de floresta Semidecidual, em declividade acentuada e com orientação da vertente para Norte; O quarto ponto foi instalado no Terreirão, ponto de referência e de acampamento de visitantes do Parque. A partir desse trecho a vegetação florestada cede lugar aos Campos de Altitude, apresentando declividade acentuada e a orientação da vertente noroeste. O quinto ponto foi instalado na trilha, próximo à vegetação característica de Campos de Altitude e em área de declividade e orientação da vertente é para norte, características correlatas ao sexto ponto. O sétimo ponto também foi instalado em trecho de trilha em declividade acentuada e orientação ao Norte; O oitavo ponto foi instalado no Pico da Bandeira às 14h01. A área é caracterizada por vegetação característica de Campos de altitude, apresentando uma declividade acentuada e com orientação da vertente para Oeste. As formações rochosas e afloramentos caracterizaram este ponto.

Há forte influência da altitude nos resultados obtidos de umidade relativa do ar e de temperatura. A figura 07 contém uma síntese dos resultados obtidos referentes à UR por ponto, em relação à altitude. Interessante observar que os valores de UR mínimas absolutas e média apresentam valores proporcionalmente menores nos pontos mais elevados, enquanto que os de UR máxima absoluta e média não apresentam valores tão influenciados pela diferença de altitude quanto aos valores mínimos. Contudo, valores máximos absolutos de 100% só foram registrados nos pontos 7 e 8. A disposição dos dados de umidade relativas média mínima, média, média máxima, mínima absoluta, máxima absoluta e altitude no gráfico (Figura 7) auxilia a visualização dos dados. Fica clara a distribuição topoclimática dos fatores de umidade relativa no perfil. Nota-se que existe uma queda significativa dos dados de umidade relativa média mínima e mínima absoluta entre os pontos 2 e 3.

Outro resultado interessante observado é referente à UR média, que apresenta um decaimento com o desenvolvimento do perfil. Verificamos a correlação no gráfico abaixo (Figura 08) e constatamos que existe um coeficiente de determinação (R^2) de 0,7413. A análise da flutuação das umidades relativas e da temperatura pelo período observado é de suma importância para compreendermos a dinâmica microclimática. Importante compreender que a flutuação dos dados de umidade relativa por dia se dá em uma relação inversamente



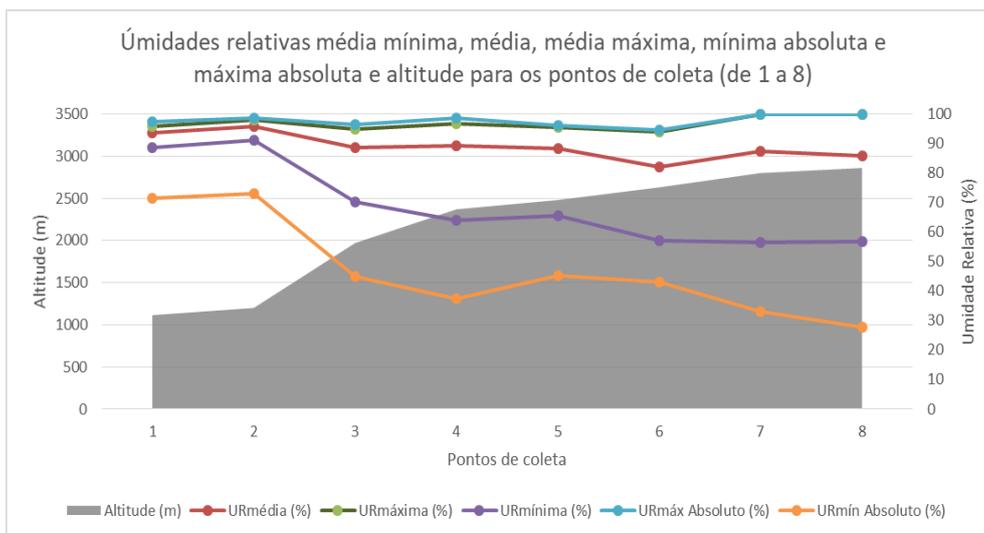
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

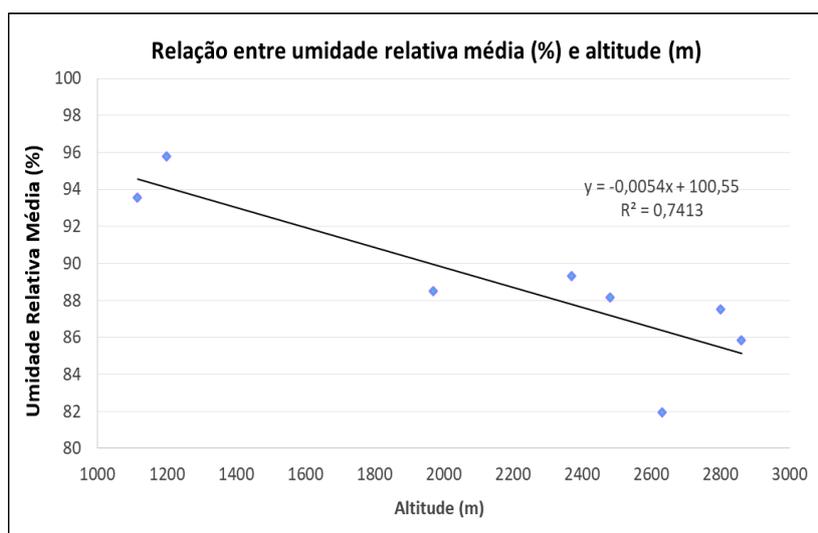
proporcional à temperatura. Percebe-se que a amplitude de umidade relativa e de temperatura do ar no ponto 1 são relativamente baixos.

Figura 027 – Gráfico de comparação da Umidade Relativa do Ar e altitude de cada ponto em análise



Fonte: Bassos (2019).

Figura 028 – Relação de UR e altitude



Fonte: Bassos (2019).

A hipótese levantada é que o índice reflete a influência da cobertura vegetal densa no local. A evapotranspiração dos organismos vegetais que circundam o ponto de coleta um



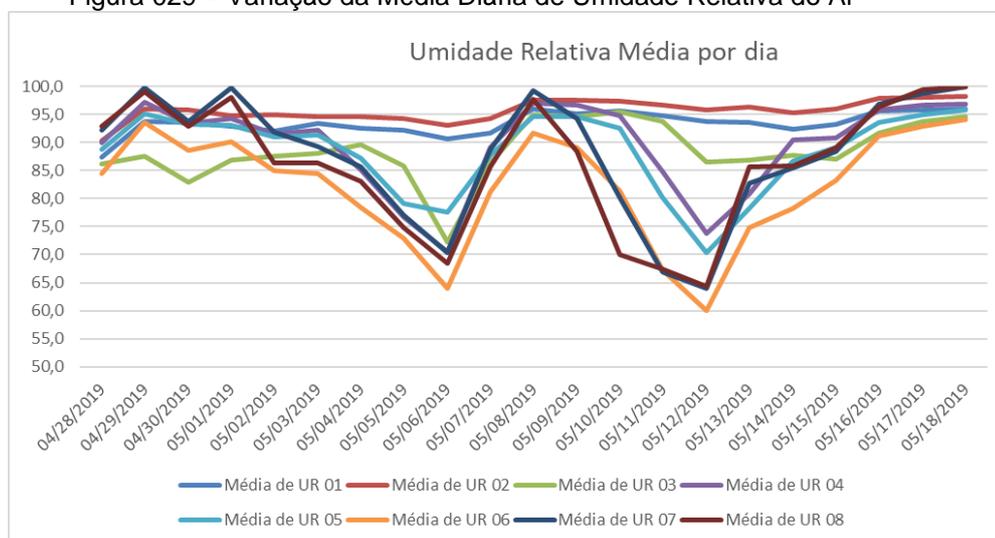
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

provavelmente tiveram grande influência nas taxas altas de Umidade Relativa do Ar observadas. A partir dos gráficos de comparação entre a UR e a Temperatura nos pontos 1 a 3 conseguimos notar uma consonância entre os dois valores, já que a temperatura do ar se manteve baixa e a UR alta. Isso pode ser em razão da vegetação arbórea da área. A partir do ponto 4 ao 8, identificamos maior variação entre a temperatura do ar e a umidade relativa. A Figura 09 sintetiza os dados diários da média de Umidade Relativa do Ar por ponto de coleta.

Figura 029 – Variação da Média Diária de Umidade Relativa do Ar



Fonte: Bassos (2019).

O resultado pode ser explicado em razão do avanço de uma frente de alta pressão atmosférica no dia seis de maio e a consolidação dessa zona no dia onze (MARINHA DO BRASIL, 2019). A ação dessa frente fria na área resultou nos dias seguintes a uma maior umidade relativa do ar, em razão do contato realizado com a frente de baixa pressão proporcionando precipitação. Outro ponto de destaque são os altos índices de UR dos pontos 1 e 3 em relação aos demais. O ponto 6 apresentou o menor índice em razão do posicionamento do abrigo meteorológico a Norte, recebendo, assim, maior radiação solar, proporcionando diminuição da UR a partir das 10 horas da manhã. O ponto que manteve a umidade relativa constante durante o período de medição foi o ponto 2, na entrada do parque, podemos aferir tal fato em razão da vegetação arbórea do entorno.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

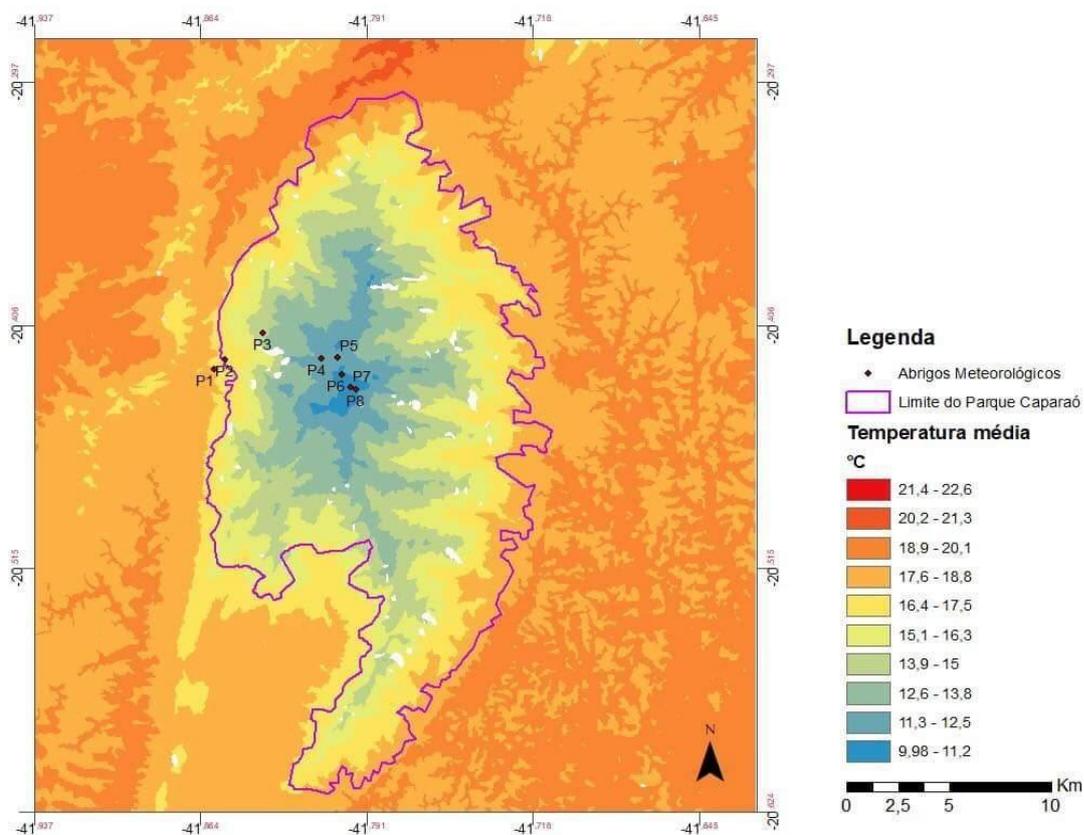
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

Os dados obtidos em nosso trabalho de campo contribuem para a ampliação dos conhecimentos acerca das características topoclimáticas do perfil do Pico da Bandeira e traz contribuições acerca do estudo dos microclimas e topoclimas brasileiros. O relevo e a altitude são fatores fundamentais para entender os resultados encontrados, na medida em que influem diretamente sobre a dinâmica microclimática da área de estudos, configurando topoclima local característico. A vegetação, variável em estrutura e desenvolvimento devido à altitude, constituiu fundamental influência nos resultados através da ação sinóptica em relação à umidade e a temperatura. A espacialização das médias de temperatura e Umidade Relativa do Ar em relação à altitude é sintetizada nos mapas a seguir (Figura 10 e Figura 11) onde percebemos a variação dos índices no Parque Nacional do Caparaó e em seu entorno.

Figura 30 – Mapa da Média de Temperatura (C°)



Fonte: Bassos (2019).

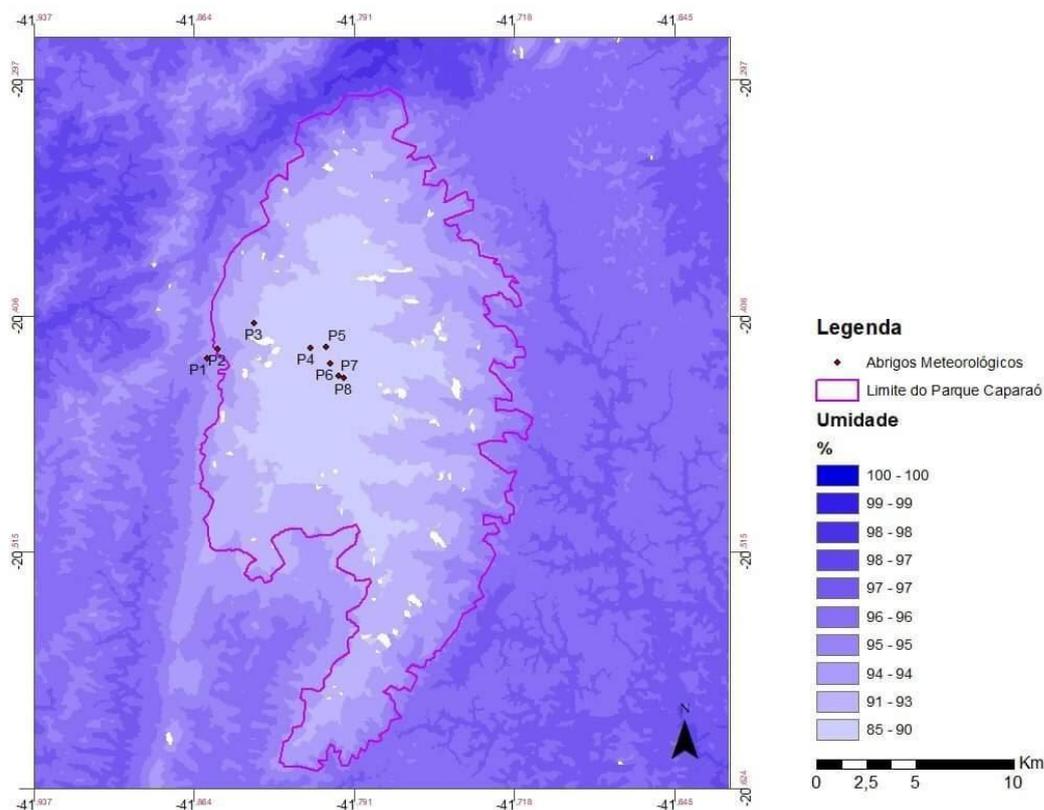


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 31 – Mapa da Média de Umidade Relativa do Ar (%)



Fonte: Bassos (2019).

A ausência de uma estação meteorológica instalada no Parque Nacional do Caparaó não nos permite avançar em um monitoramento contínuo e análise microclimática e topoclimática da área de estudos, através da comparação e evolução sistemática das mudanças climatológicas do Parque Nacional do Caparaó e região. Meios de coleta de dados *in situ* apresentam importância significativa na continuidade de estudos na região, que configura um microclima local característico devido à ação orográfica do relevo em relação ao seu entorno.

5. Referências

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: os domínios/ potencialidades paisagísticas**. São Paulo, Ateliê Editorial, 2012

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

DE MARTONNE, E. **Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico**. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 5, n. 4, p. 532-550, 1943.

FARIA, A. P. **Classificação de montanhas pela altura**. Revista Brasileira de Geomorfologia. Ano 6, nº 2, p. 21-28, 2005

GARDIM, Linniker. **Fotografias de Campo**. 2019.

HISSA, C. E., e OLIVEIRA, J. R. **O Trabalho de Campo: Reflexões Sobre a Tradição Geográfica**. Boletim Goiano de Geografia. Goiânia, 24(1), p. 31-41, 2004 (doi: 10.5216/bgg.v24i1.4131).

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL - IBDF. **Plano de Manejo para o Parque Nacional do Caparaó**. Documento Técnico nº 8. Brasília, Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2017). **Alto Caparaó – Minas Gerais – MG**. In: Brasil em Síntese. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/alto-caparao/historico>

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. **Plano de Manejo – Parque Nacional do Caparaó**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente/Governo Federal, 2015.

KING, L. C. **A Geomorfologia do Brasil Oriental**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, vol. 18, p. 147-265, 1956.

LAGOS; MULLER. **Hotspot Brasileiro - Mata Atlântica**. Saúde e Ambiente em Revista, v.2, n.2, p.35-45. Duque de Caxias- Rj: julho/dezembro 2007.

MARINHA DO BRASIL. **Carta de Pressão ao Nível do Mar**. DNH - 5939-3, 1000-VI-2019. Maio, 2019.

MARQUES NETO, R.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS, J. S. **Geossistemas em Ambientes Montanhosos: A Revelação da Paisagem na Serra do Caparaó (MG/ES)**. Raega - O Espaço Geográfico em Análise, [S.l.], v. 38, p. 269 - 290, dez. 2016. ISSN 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/43740>>. Acesso em: 22 jun. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v38i0.43740>.

PRICE, L. W. **Mountains and Man**. Berkeley/CA, University of California Press, 1991.

ROSS, J. L. S. **O relevo brasileiro no contexto da América do Sul**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, v. 61, n.1, p. 21-58, jan/jun 2016.

STEIKE, E. T. Climatologia fácil. São Paulo, Oficina de Textos, 2012.

SUERTEGARAY, D. M. A. (2002) **Pesquisa e educação de professores**. In: PONTUSCHKA, N. N. e OLIVEIRA, A. U. (orgs.). Geografia em Perspectiva. São Paulo, Contexto. p. 109-114.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

TENDÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DE REGIÕES IMEDIATAS NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO

ELAYNNE MIRELE SABINO DE FRANÇA¹
ANA MARIA SEVERO CHAVES²
JOSEFA ELINE SANTANA DE SIQUEIRA PINTO³

RESUMO

No ambiente semiárido do nordeste brasileiro chama atenção a questão da distribuição das chuvas por diferentes configurações físico-naturais e porções geográficas, tendo em vista particularidades de cada espaço. Assim, tomou-se como objetivo identificar a tendência de precipitação das Regiões Imediatas (RI) Garanhuns e Arcoverde localizadas no semiárido pernambucano, sendo que Garanhuns está mais para o Agreste e Arcoverde para o Sertão. Para isso foi utilizado teste estatístico não paramétrico de Mann Kendall (Z_{MK}), tendo sido incorporado amplamente nas pesquisas referentes a temática, calculado no software RStudio. Constatou-se, na caracterização das chuvas, que a RI Garanhuns apresenta saldo do acumulado de chuvas maior em relação a RI Arcoverde e ocorrência de quadra chuvosa, respectivamente, no outono-inverno e verão. Referente ao Z_{MK} , as RIs demonstram nos resultados a ausência de significância quanto à tendência para mudança de chuvas, com exceção de um município da RI Arcoverde que manifesta significância de decréscimo para precipitação. Assim, se faz relevante acompanhar a dinâmica pluviométrica das RIs frente as alterações do padrão chuvas no semiárido.

Palavras-chave: Semiárido; Precipitação pluvial; Regiões imediatas.

ABSTRACT

Not semi-arid in the Brazilian Northeast, pay attention to the question of the distribution of chuvas by different physical-natural configurations and geographical areas, taking into account the particularities of each environment. Thus, it was taken as an objective to identify the tendency of precipitation of immediate regions (Garanhuns and Arcoverde) located in the Pernambuco semi-arid region, with Garanhuns being more towards Agreste and Arcoverde towards Sertão. For this, Mann Kendall's non-parametric statistical test was used, having been broadly incorporated into the researches related to the theme, calculated in the Rstudio software. It was noticed that the Garanhuns RI has a higher accumulated rainfall balance in relation to the Arcoverde RI and the occurrence of rainy season, respectively, in autumn-winter and summer. Regarding the Z_{MK} , the RIs show in the results the lack of significance regarding the tendency for rainfall changes, with the exception of one municipality in the RI Arcoverde that manifests a significant decrease in rainfall. Thus, it is relevant to monitor the rainfall dynamics of the RIs in the face of changes in the rainfall pattern in the semi-arid region.

¹ Doutoranda em Geografia, Universidade Federal de Sergipe, emirele.franca@gmail.com

² Doutora em Geografia, anamschaves05@gmail.com

³ Doutora em Geografia, Universidade Federal de Sergipe, J.eliane@academico.ufs.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Keywords: Semiárid; Rainfall; Immediate regions.

1. Introdução

O âmbito da região semiárida constitui-se de configuração geográfica e ecológica diversa no tocante aos aspectos físico-naturais e sociais. Tal condição faz pensar sobre as implicações, no que se refere a dinâmica ambiental, resultantes na escassez ou excesso de precipitação e, bem como, ocorrência de períodos acentuados de seca. Salienta-se que a concentração de chuvas no tempo e/ou no espaço pode provocar desastres ambientais de outra ordem.

Conforme Melo, Cavalcanti e Souza (2009), os sistemas atmosféricos influenciam na distribuição de chuvas no setor do Nordeste brasileiro, com destaque, para a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e, associado, fenômenos oceânicos, a saber, El Niño e La Niña que interferem de modo direto, respectivamente, acentuando a seca e promovendo precipitação pluvial, e indiretamente no posicionamento da ZCIT entre a linha do equador (KAIANO; ANDREOLI, 2009).

Essa variação ou desequilíbrio dentro do normal estimado revela consequências no balanço hídrico e degradação do solo suscitando limitações a sociedade com a inviabilização de atividades agrícolas ao gerar perdas econômicas, acesso a água pela população e outros (BARRIOS; HERNANDES, 1992).

A investigação da variabilidade pluvial tem evoluído na literatura com vias a compreensão de tendências de precipitação e, com ênfase na distribuição cronológica, ao mesmo passo, a procura de ocorrência de eventos extremos de chuvas e de secas. Neste sentido pesquisas, recentemente, utilizam como referencial as possibilidades da estatística aplicada na Geografia, a partir do teste Mann Kendall (HIERA; LIMA JÚNIOR; ZANELLA, 2019; MOREIRA; NAGHETTINI, 2016; ALVES; AZEVEDO; FARIAS, 2015).

Destaque-se, aqui, o estudo de Ferreira *et al.* (2017), no sertão pernambucano sobre avaliação espaço-temporal da pluviosidade ao constatarem tendência negativa e redução de chuvas relacionado, ainda, a fenômenos oceânicos, nas águas do Pacífico (El Niño) e do Atlântico, pelo Dipolo do Atlântico. E em Alves e Nóbrega (2017), no sertão-agreste de Pernambuco, buscaram identificar tendência e concentração de precipitação, onde indicam a heterogeneidade das chuvas na bacia hidrográfica com tendências, crescente e decrescente.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

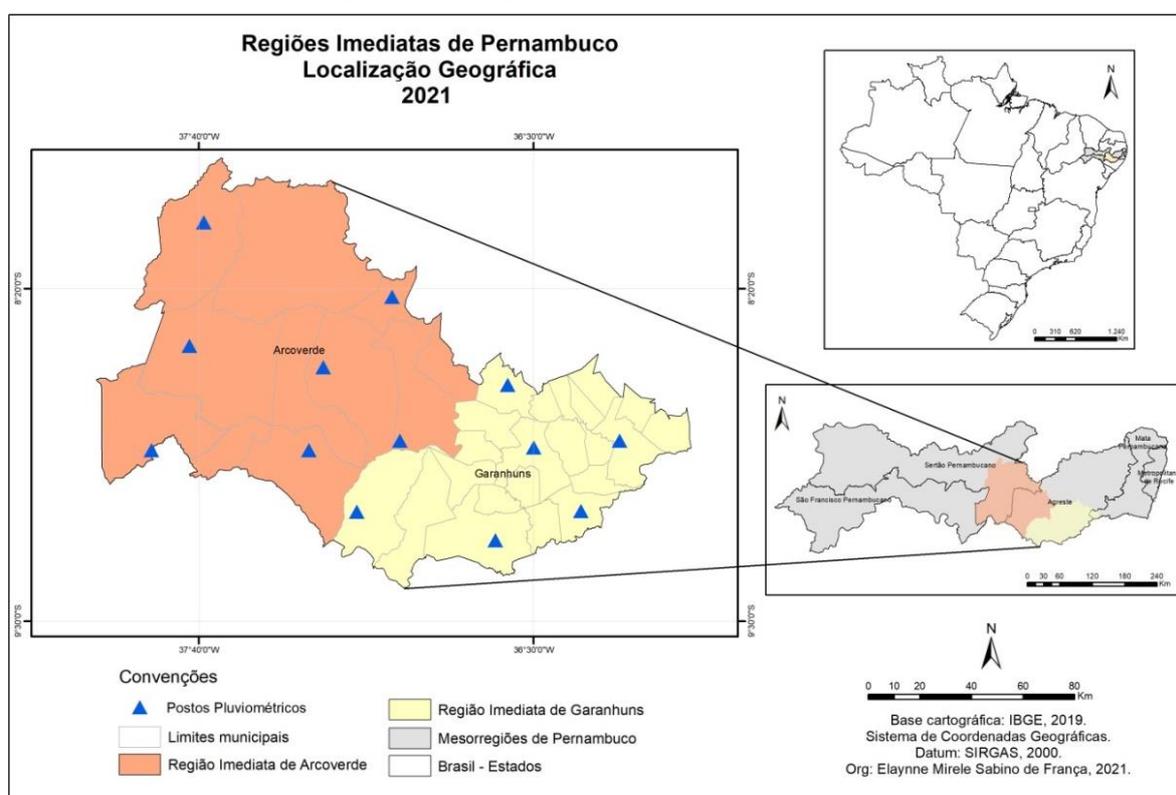
Ou seja, confirma-se irregularidade no comportamento pluviométrico, podendo se constituir em risco, proporcionando vulnerabilidade.

Diante do contexto acima, o presente estudo toma como objetivo identificar tendência de precipitação de Regiões Imediatas (RI), Garanhuns e Arcoverde, no semiárido pernambucano através da aplicação do teste estatístico não paramétrico Mann Kendall. Assim como, contrastar a dinâmica pluviométrica de municípios em duas RIs.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho, inicialmente foram obtidos dados de precipitação acumulada anual disponibilizados pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) e Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo). Essa integração de informações ampliou o número de postos pluviométricos (figura 01) com dados de chuva completos dentro do recorte temporal de 2005 e 2020.

Figura 01 – Regiões Imediatas de Pernambuco



Fonte: França (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A organização dos dados de precipitação e elaboração dos gráficos aconteceu com auxílio de ferramentas no pacote da Microsoft Excel. Já a quantificação estatística, visto que a presente pesquisa fez aplicação do teste de Mann Kendall, ocorreu no software RStudio.

Acerca do teste de Mann Kendall (MK), há esclarecer que constitui método não paramétrico utilizado na literatura com a finalidade de constatar mudanças ou tendências do comportamento de precipitação pluvial de uma série temporal analisada. Vale destacar as recomendações de uso do método justificada pelo caráter robusto e consistência nos resultados (OKAFOR; JIMOH; LARBI, 2017; FERREIRA *et al.*, 2017; MOREIRA; NAGHETTINI, 2016).

O cálculo do MK no RStudio toma por referência procedimental quantitativo de Libiseller e Grimvall (2002), em síntese, dado pela estatística S na expressão:

eq. (1)

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sin al}(x_i - x_j)$$

Onde o resultado do termo sinal ($X_i - X_j$) é considerando no intervalo de -1 e 1, ou seja, se o produto for menor que 0 será -1, se for igual 0 será 0 e se for maior que 0 será 1.

A amostra assumindo normalidade em n, série temporal, com variância obtida em:

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_{p-1})(2t_p+5)]$$

eq. (2)

E o Z Mann Kendall (Z_{MK}) verificada por teste estatístico bilateral, quando considerada hipótese alternativa, ou seja, rejeitada a hipótese de nulidade porque percebe-se a presença de tendência nos dados, obtido em:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

eq. (3)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A partir disso, sendo o resultado do sinal de Z_{MK} positivo ($Z_{MK} > 0$) expressa tendência crescente e, no caso de negativo ($Z_{MK} < 0$) indica tendência decrescente (HIERA; LIMA JÚNIOR; ZANELLA, 2019). O Z_{MK} enquanto parâmetro de verificação da significância (nível igual a 0,05), assim a hipótese nula será rejeitada quando resultado for maior que 1,96, para identificação do valor positivo e negativo cuja tendência será significativa de acréscimo ou decréscimo (atribuídos, respectivamente, em $> + 1,96$ ou $< - 1,96$) ou insignificativa de acréscimo ou decréscimo (atribuídos, respectivamente, em $< + 1,96$ ou $> - 1,96$) (ALVES; NÓBREGA, 2017; ALVES; AZEVEDO; FARIAS, 2015).

Além do mais, o RStudio estima o p -valor onde testa consideração para aceitação da hipótese nula, quando p maior ou igual o nível de significância ($\alpha = 0,05$), ou rejeição, quando p menor de que o nível de significância (MOREIRA; NAGHETTINI, 2016; SENA; LUCENA, 2013).

3. Resultados e discussão

No sentido de ampliar o diálogo sobre os resultados obtidos com a realização dos procedimentos metodológicos aqui adotados fez-se necessário, inicialmente, conhecer características da precipitação da RI Garanhuns e RI Arcoverde. E, por fim, a identificação de tendência de chuvas para as regiões em destaque.

Alves e Nóbrega (2017) reforçam ser imprescindível identificar a existência tendências de mudanças no padrão das chuvas a partir da aplicação de um método estatístico, além de ser possível reconhecer anos secos ou chuvosos nas series temporais analisadas.

Ademais, está última perspectiva, faz pensar na preconização do que professor Carlos Augusto Monteiro chama de análise rítmica porque dentro do quadro habitual de situações atmosféricas destaca-se a sucessão de acontecimentos geradores de ritmo e o contexto espaço geográfico (SANT' ANNA NETO, 2001).

3.1 Características das precipitações em regiões imediatas de Pernambuco

A configuração das chuvas acumuladas na RI Garanhuns demonstra, em sua maioria, no recorte temporal de 16 anos (2005-2020), manutenção de padrão dentro do normal quando comparado a ocorrência de eventos extremos. No entanto, excepcionalidades



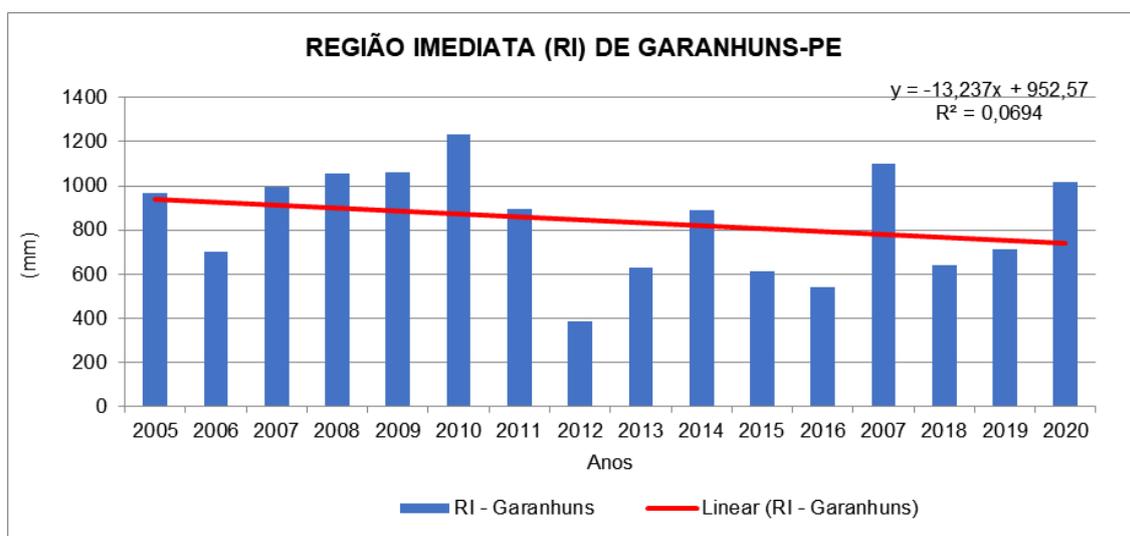
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

são notadas perante os acumulados de 2010 (1.233 mm) e 2012 (384 mm), conforme visualizado na figura 02, motivada por condicionantes climáticos e meteorológicos influenciadores para alta e baixa concentração de chuvas.

Figura 02 – Precipitação Média do Total Acumulado Anual na RI de Garanhuns-PE (2005-2020)



Fonte: França e Chaves (2021).

Essa constatação é corroborada pelo estudo de Rodrigues *et al.* (2017), o qual revelou que no ano de 2010 a RI Garanhuns esteve sob influências de La Niña forte e La Niña moderada em 2012. Os autores constataram ocorrência de El Niño muito forte e forte e corresponderam a chuvas abaixo da média, configurando em anos secos, já os episódios La Niña forte estiveram associados a anos chuvosos, com precipitações acima da média.

No que se refere a RI de Arcoverde, percebe-se heterogeneidade anual da precipitação, do ponto de vista qualitativo, porque os primeiros sete anos demonstram padrão acumulado diferenciado dos últimos oito anos, com exceção do último. A mesma condição extrema para 2012 (183 mm) ficou constatado nessa região, pois apresentou menor acúmulo de chuvas do recorte analisado (figura 03).

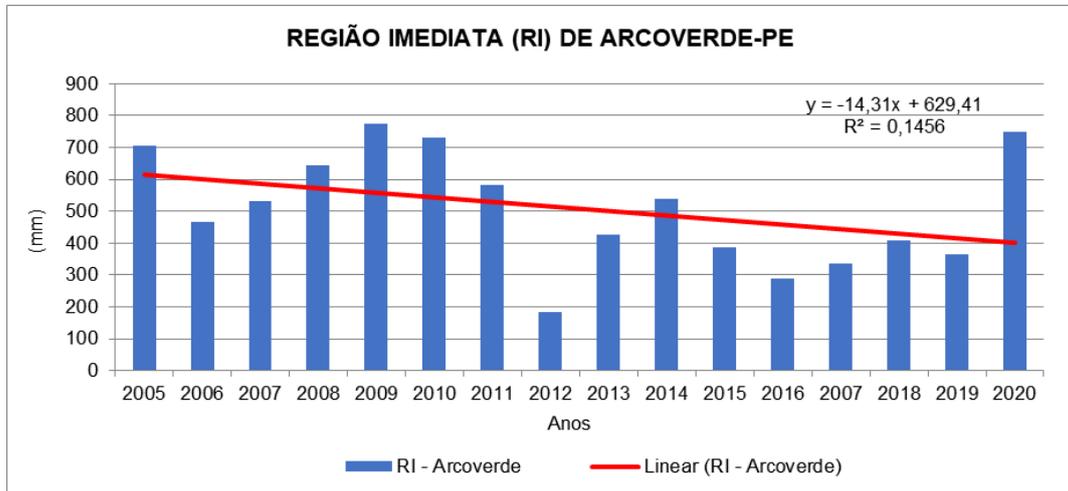


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

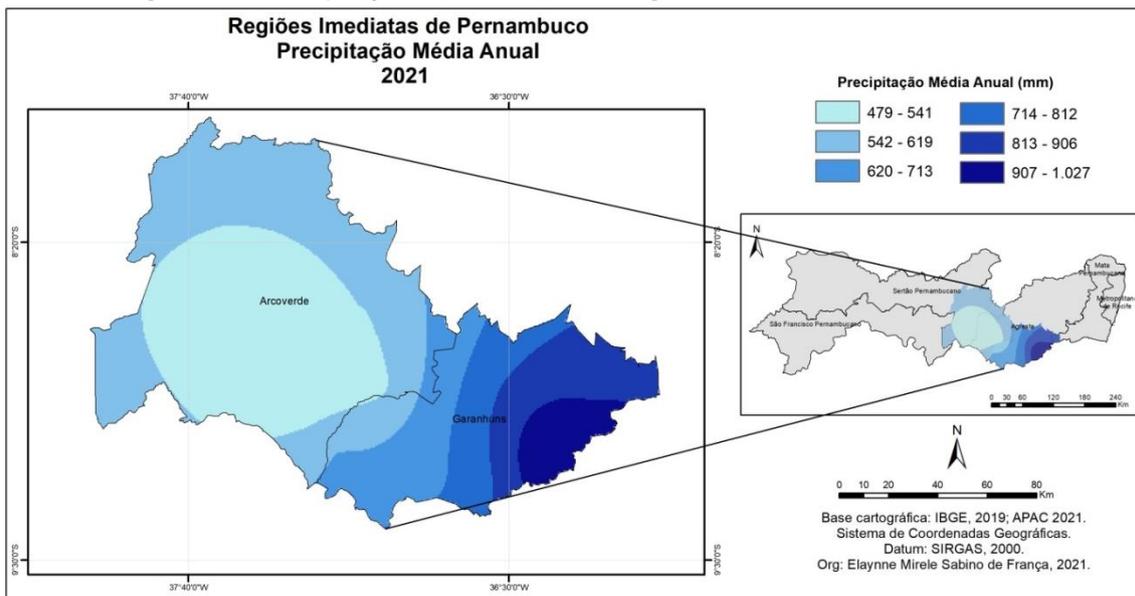
Figura 03 – Precipitação Média do Total Acumulado Anual na RI de Arcoverde-PE (2005-2020)



Fonte: França e Chaves (2021).

As RIs de Garanhuns e Arcoverde estão dispostas sobre configurações geomorfológicas diferenciada, pois enquanto a primeira situa-se no planalto da Borborema a outra fica localizada na depressão sertaneja do baixo São Francisco. Dada interferência orográfica, considerado fator do clima, soma-se a dinâmica pluvial das regiões expondo contrastes precipitação média anual (figura 04).

Figura 04 – Precipitação Média Anual de Regiões Imediatas de Pernambuco



Fonte: França (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

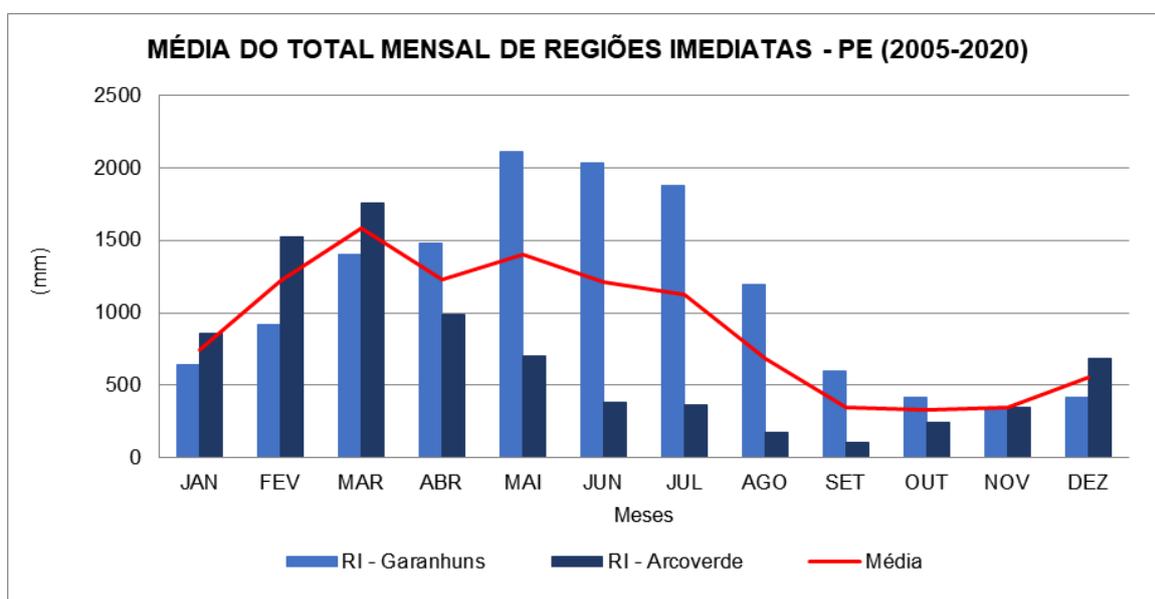
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

E, no caso, de excepcionalidades climáticas vale lembrar, como apresentado, a atuação de episódios de El Niño e La Niña que acentuam ou reduzem, respectivamente, a quantidade de chuvas no nordeste brasileiro. Bem como o posicionamento, mais para o norte ou sul da linha do equador, da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) repercute nas chuvas nordestinas do Brasil. Pois, a interação desses fenômenos é determinante para o regime pluviométrico do Estado de Pernambuco (RODRIGUES *et al.*, 2017).

Outro diferencial das RIs está associado a quadra chuvosa de distribuição de precipitação conforme demonstra a figura 05. Nota-se dois padrões de chuvas, na RI de Garanhuns em Abril-Maio-Junho-Julho, no outono-inverno, e na RI de Arcoverde em Dezembro-Janeiro-Fevereiro-Março, no verão. Características definidas para o Agreste e o Sertão respectivamente.

Figura 05 – Precipitação Média do Total Acumulado Mensal na RI de Garanhuns-PE (2005-2020)



Fonte: França e Chaves (2021).

A caracterização das chuvas para as RIs Garanhuns e Arcoverde contrasta a atuação de fenômenos atmosféricos atuantes sobre os aspectos físico-naturais de diferentes áreas semiáridas de Pernambuco. Fato que, direta e indiretamente, reflete nas principais atividades antrópicas, socioeconômicas desenvolvidas nas regiões, a exemplo da agricultura e pecuária



(ACCIOLY *et al.*, 2016), as quais são susceptíveis a variabilidade pluviométrica (NÓBREGA; FARIAS; SANTOS, 2015).

3.2 Análise Teste Mann Kendall

Perante a caracterização apresentada das chuvas faz-se importante analisar a variação do total anual entre 2005 e 2020 tem apresentado tendência no padrão da precipitação para as duas regiões imediatas estudadas. Para isso, aplicou-se um método estatístico amplamente aceito e recomendado na literatura, o Teste Mann Kendall (ALVES; NÓBREGA, 2017; FERREIRA *et al.*, 2017; SENA; LUCENA, 2013; SILVA *et al.*, 2018).

Assim, rejeição de tendência nula possibilita conhecer o valor estatístico de Z no que tange a ocorrência de tendência crescente ou decrescente. Assim, os resultados do Z_{MK} indicam para as duas tendências nas RIs, onde a maioria, com exceção de Correntes, percebe-se saldos negativos, ou seja, de forma preponderante o decréscimo de chuvas conforme tabela 01.

Tabela 01 – Teste Mann Kendall em Regiões Imediatas em Pernambuco, 2005 a 2020

Região Imediata	Municípios	Z	p valor
Garanhuns	Águas belas	-1.3957	0.1628
	Bom conselho	-0.4052	0.6853
	Canhotinho	-0.045023	0.9641
	Capoeiras	-0.045023	0.9641
	Correntes	0.13507	0.8926
	Garanhuns	-0.49525	0.6204
Arcoverde	Arcoverde	-2.2061	0.02738
	Buíque	-0.76538	0.444
	Custódia	-1.3957	0.1628
	Ibimirim	-1.7559	0.07911
	Inajá	-1.4857	0.1373
	Itaíba	-0.94547	0.3444
Pedra	-1.0355	0.3004	

Fonte: APAC; Agritempo.

Esse fato leva a considerar redução de precipitação neste setor semiárido, que por um lado corrobora com a afirmação de Nóbrega, Farias e Santos (2015) acerca da predominância de episódios extremos secos, e por outro evidencia contraste com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

interpretação sugerida por Alves, Azevedo e Farias (2015) quando indicaram que regiões mais secas demonstraram tendência de aumento da precipitação.

Dentro do recorte temporal analisado a estação localizada no município de Correntes (inserida na RI de Garanhuns) manifestou maior média total do acumulado, com 1281,41mm, resultado que contribuiu no Z_{MK} positivo. Em outro extremo o município de Arcoverde (RI Arcoverde) representa Z_{MK} negativo de chuvas com -2.2061.

Vale ressaltar que os dois exemplos em tela apresentam configurações ecológicas distintas a serem levados em consideração diante da análise ambiental, pois enquanto o primeiro fica assentado sobre o planalto da Borborema, com características climáticas subúmidas, o segundo localizado na depressão do baixo São Francisco apresenta semiaridez bem definida na paisagem.

No que diz respeito a verificação da significância do resultado obtido no Z_{MK} as RIs demonstraram-se sem relevância quanto à tendência para mudanças de chuvas nestes setores. Entretanto indica para ocorrência de decréscimo nos municípios, a exceção neste caso é da estação de Correntes que demonstrou acréscimo com estimativa positiva de precipitação. Situação semelhante verificada por Ferreira *et al.* (2017) ao analisar este parâmetro anualmente para as porções semiáridas Oeste do estado de Pernambuco.

Em contrapartida percebeu-se particularidade de Arcoverde, pois demonstra significância extrapolando a margem de referência (-2.206) mesmo sendo negativa, ou seja, o decréscimo de chuva nesse local chama a atenção perante a mudança e diferenciação quando comparado aos demais municípios investigados nas RIs. A necessidade de refletir sobre os impactos que as alterações climáticas e de uso e ocupação do solo podem estar associados e a repercussão na manutenção de atividades socioeconômicas e ambientais.

Tal protagonismo de Arcoverde, quanto a tendência significativa de mudanças nas chuvas, reafirma-se com resultado obtido em p valor porque constituiu como sendo o único município das RIs a registrar saldo abaixo, com 0.02738, do nível de referência em 0,05. Isso diz respeito, em suma, a rejeição de hipótese nula e confirmação de tendência.

Haja vista peculiaridades regionais frente a precipitação do acumulado anual, como acima mencionadas, e fatores influenciadores do clima, os resultados em tela demonstram atenuação da precipitação pluvial, salva exceção, mesmo que ainda não tenha atingido



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

patamares alarmantes, mas requer atenção e monitoramento com a ampliação do número de pesquisas nas RIs.

4. Considerações finais

A dinâmica pluvial do semiárido pernambucano é influenciada por fenômenos atmosférico-oceânicos que condicionam diferentes padrões de chuvas para as regiões imediatas de Garanhuns e Arcoverde. Por isso foi importante reconhecer características da variabilidade de precipitação e, bem como, repercussões em anos tidos como chuvosos e secos, aqui, considerados pelo acumulado total.

A fim de identificar a ocorrência de tendência pluviométrica, ao longo dos dezesseis anos da série histórica estudada, a aplicação do teste estatístico Mann Kendall permitiu constatar tendência, sem significância do ponto de vista estatístico, para as RIs. Todavia, em Arcoverde notou-se tendência de decréscimo com significativa à luz da estatística.

Mesmo sendo ambiente heterogêneo, o panorama revelou predomínio de tendência negativa ou decrescente das chuvas nos municípios das RIs, ressalvo o caso de Correntes porque apresentou saldo positivo ou acréscimo, afirmando chuvas dentro do contexto da realidade.

Com isso, vê-se ser necessário o desenvolvimento e atualização de pesquisas com vias a ampliação de análise pluviométrica, no espaço e tempo, para as demais regiões imediatas do semiárido pernambucano, de modo a identificar a atual dinâmica das tendências de chuvas.

Por fim, espera-se que diante dos cenários de mudanças climáticas, acentuando temperaturas e alterando regimes de chuvas no semiárido do nordeste brasileiro, a sociedade, instituições de pesquisa e Estado possam caminhar na mesma direção com a finalidade de mitigar e conviver com os desafios para o futuro.

5. Referências

ACCIOLY, L. J. O. *et al.* **Mapeamento do uso e cobertura das terras do semiárido pernambucano**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos / Dados Eletrônicos. 2016.

ALVES, T. L. B; AZEVEDO, P. V; FARIAS, A. A. Comportamento da precipitação pluvial e sua relação com o relevo nas microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 06, p. 1601-1614, 2015.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ALVES, K. M. A. S; NÓBREGA, R. S. Tendência pluviométrica y concentración estacional de precipitación en la cuenca hidrográfica del río Moxotó – pernambuco – Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 1, n. 58, p. 295-307, 2017.

BARRIOS, N. A. Z; HERNANDES, M. C. M. Aplicação de técnicas para escolha de anos padrão como base de estudo dinâmico das chuvas no extremo oeste paulista. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 14, p. 119-157, 1992.

FERREIRA, P. S; *et al.* Avaliação da tendência espaço-temporal da precipitação pluviométrica em uma região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13, v. 21 JUL/DEZ, p.113-134, 2017.

HIERA, M. D; LIMA JÚNIOR, A. F; ZANELLA, M. E. Tendência da precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 15, v. 24 – JAN/JUN, p. 300-321, 2019.

KAIANO, M. T; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A.; *et al.* (Orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 213-234, 2009.

LIBISELLER, C; GRIMVALL, A. Performance of partial Mann-Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. **Environmetrics**, v. 13, p. 71–84, 2002.

MELO, A. B. C; CAVALCANTI, I. F. A; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do atlântico. In: CAVALCANTI, I. F. de A.; *et al.* (Orgs.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 25-42, 2009.

MOREIRA, J. G. V.; NAGHETTINI, M. Detecção de Tendências Monotônicas Temporais e Relação com Erros dos Tipos I e II: Estudo de Caso em Séries de Precipitações Diárias Máximas Anuais do Estado do Acre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p.394-402, 2016.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L.; SANTOS, C. A. C. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 2, p. 171-180, 2015.

OKAFOR, G; JIMOH, O; LARBI, K. Detecting Changes in Hydro-Climatic Variables during the Last Four Decades (1975-2014) on Downstream Kaduna River Catchment, Nigeria. **Atmospheric and Climate Sciences**, v.7, n.2, p.161-175, 2017.

RODRIGUES, L. O. *et al.* Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1995-2009, 2017.

SANT'ANNA NETO, João Lima Por uma Geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p. 49-62, 2001.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SENA, J. P. O; LUCENA, D. B. Identificação de tendência da precipitação na Microrregião do cariri paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1400-1416, 2013.

SILVA, M. N. A. *et al.* Determinação da homogeneidade e tendência das precipitações na bacia hidrográfica do Rio Tapajós. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, v. 4, p. 665-675, 2018.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

PARA ALÉM DA HOMOGENEIDADE! VARIABILIDADE E ESTRUTURA ESPAÇO- TEMPORAL DAS CHUVAS DA REGIÃO SUL DO BRASIL

LINDBERG NASCIMENTO JÚNIOR¹
ERIKA COLLISCHONN²

RESUMO

O trabalho apresenta uma contribuição à interpretação do regime pluviométrico na Região Sul do Brasil. O objetivo é caracterizar a estrutura pluviométrica a partir da variabilidade espaço-temporal para o período de 1998 a 2019, com dados estimados de precipitação oriundos das imagens orbitais da família TRMM. Para as análises, as sínteses mensais foram agrupadas em anuais, e em seguida submetidas a testes estatísticos da análise componentes principais. Considerando 85% da variância explicativa, os resultados sugerem pelo menos três padrões que auxiliam compreender a estrutura espaço-temporal da variabilidade pluviométrica. O relevo é o principal fator de diferenciação, e age na orientação dos sistemas frontais associando inclusive o transporte de umidade amazônica e oceânica. A influência de teleconexões climáticas, sobretudo o ENOS, é importante no conjunto na posição dos picos de precipitação no contexto regional. A contribuição indica a necessidade de um conhecimento crítico acerca da homogeneidade das chuvas na região, que não está isenta da ocorrência de impactos de eventos extremos.

Palavras-chave: Precipitação estimada; Variabilidade pluviométrica; Teleconexões Climáticas; Região Sul.

ABSTRACT

We present a contribution to study of rainfall regime in the Southern Region of Brazil. The objective is to characterize the pluviometric structure from the space-time variability from 1998 to 2019. We used estimated precipitation data from the orbital images of the TRMM Family, and the monthly summaries were grouped into annuals. We subjected the series to principal component analysis, and considering 85% of the explanatory variance. The results suggest at least three patterns that help to understand the spatio-temporal structure of rainfall variability. The relief is the main factor of differentiation, and acts in the orientation of the frontal systems, including the transport moisture of amazonian and oceanic areas. The influence of climatic teleconnections, especially ENOS, is important as a whole in the position precipitation peak on the regional context. The contribution indicates the need for critical knowledge about the rainfall homogeneity in the region, which is not exempt from the occurrence of impacts from extreme events.

Keywords: Estimated rainfall; Rainfall variability; Climate Teleconnections; South region.

¹ Doutor em geografia, Professor do Departamento de Geociências - GCN, Laboratório de Climatologia Aplicada - LabClima, UFSC, lindberg.junior@ufsc.br

² Doutora em Geografia, Professora do Departamento de Geografia, Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física – LEAGEF, UFPel, ecolischonn@gmail.com



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

Convencionalmente, o conceito de precipitação atmosférica refere-se a qualquer deposição de água (derivada da atmosfera) em estado líquido ou sólido em meio terrestre. A chuva, em particular, é a forma de precipitação líquida, e pode ser classificada segundo sua gênese, sendo convectiva (ou térmica), orográfica (ou de relevo) e frontal - associada ao contraste entre massas de ar quanto as características barométricas, térmicas e higrométricas.

Na Região Sul do Brasil, essas três formas de chuva podem acontecer simultaneamente, por isso, o nível relativamente baixo de previsibilidade pode indicar que ainda que existam gênese mais ou menos relevantes conforme a estação e setores regionais que propiciam a sazonalidade, a compreensão da distribuição espaçotemporal da precipitação ainda é um desafio.

Esses desafios, podem ser explicados por pelo menos duas grandes inconsistências interpretativas. A primeira é que na Região Sul do Brasil a distribuição espaço-temporal das chuvas tem sido apresentada como: 1) a melhor distribuição de precipitação pluviométrica durante o ano (MONTEIRO, 1963); 2) notável homogeneidade dos valores pluviométricos (NIMER, 1971; 1979) e a boa distribuição ao longo do ano e com totais pluviométricos elevados (REBOITA *et al.*, 2012).

A segunda inconsistência é que apesar da literatura indicar tradicionalmente a regularidade das chuvas, a região também apresenta uma significativa suscetibilidade à ocorrência de desastres naturais de gênese hídrica e climática, no qual as chuvas são o principal processo deflagrador de desastres, como estiagens, secas, eventos, incêndios, eventos e episódios extremos (MARCELINO; NUNES; KOBAYAMA, 2006).

Em ambos os casos, a explicação mais recorrente para esse quadro, estaria em torno do parco conhecimento que se tem da variabilidade climática da região. O que é demasiadamente forçoso, tendo em vista que no Brasil, a Região Sul é das mais privilegiadas em termos de estudos climáticos que atendem tanto a sua complexidade físico-natural, quanto socioespacial. Devido a sua posição geográfica, a região faz parte da rota habitual de sistemas atmosféricos que podem se repercutir enquanto eventos potencialmente perigosos, e ao mesmo tempo, sua formação socioespacial historicamente produzida a partir de lógicas



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

determinadas pelos agentes dos setores produtivos agroexportador, ainda apresenta uma importante dependência climática.

O resultado pode ser observado historicamente no forte investimento estatal em infraestrutura técnico-científica para monitoramento climático, representada tanto pelo conjunto numeroso de universidades e instituições de pesquisas voltados, e da rede de estações meteorológicas e de radar. De forma abrangente, apesar de todos os sistemas técnicos, o clima, e em específico, a distribuição espacial das chuvas, ainda persiste com uma questão relevante em todos os anos, ou a cada desastre.

Ora, se distribuição espaçotemporal das chuvas é homogênea, mas gera impactos, os únicos argumentos que restam são que as interpretações sobre a dinâmica das chuvas que indicam certa normalidade nos valores pluviométricos estão inconsistentes, ou, contraditoriamente (e não de forma dissociada), ou os sistemas produtivos têm apresentado outros níveis de exposição e capacidade de suporte aos impactos oriundos da dinâmica climática.

Em ambos argumentos, a análise exige a necessidade de considerar a existência de excepcionalidades como parte da variabilidade climática da Região Sul, seja como uma das manifestações dos impactos das alterações climáticas globais, seja devido ao aumento dos níveis de exposição e vulnerabilidade aos processos climáticos. De toda forma, o reconhecimento da distribuição poderá auxiliar a desvendar a fonte principal de umidade e dos sistemas produtores de chuvas, no caso de apresentarem importantes variações interanuais ao ponto de serem consideradas deflagradores de desastres.

Neste contexto, o presente trabalho deve contribuir para avanço deste debate, cujo objetivo é caracterizar a estrutura espaçotemporal das chuvas na Região Sul do Brasil a partir de dados estimados de precipitação oriundos da família TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*).

É importante destacar que uma série de estudos tem sido desenvolvidos para validar ou comparar a precipitação pluvial estimada e observados a partir dos dados TRMM Brasil (especialmente estado de São Paulo e Mato Grosso e a Bacia hidrográfica do Rio Paraguay) e no mundo, sobretudo Grécia, Irã e Quirguistão (DUBREUIL, 2005; COLLISCHONN *et al.*, 2007; FEIDAS *et al.*, 2010; JAVANMARD *et al.*, 2010; BARDIN *et al.*, 2010; KARASEVA *et al.*, 2011; FUNATSU *et al.*, 2012; CAMPAROTTO *et al.*, 2013; PEREIRA, *et al.*, 2013; ARVOR



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

et al., 2014). Para essa discussão em particular, apresenta-se inicialmente os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, bem como a fonte de dados e as formas de tratamento das séries temporais. Em seguida, são discutidas as características climáticas da Região Sul, bem como os sistemas produtores do tempo, sobretudo aqueles que se manifestam em impactos de redução ou incremento pluviométrico. Os resultados são apresentados na terceira parte. A quarta parte contempla as considerações finais.

2. Metodologia

Os dados utilizados referem-se aos valores estimados de precipitação mensal oriundos da família *Tropical Rainfall Measuring Mission* - TRMM de janeiro a dezembro, de 1998 a 2019. Os valores são estimados por meio do algoritmo 3B43 V6, que corresponde a combinação de informações pluviométricas oriundas dos satélites GMS, GOES-E, GOES-W, Meteosat-7, Meteosat-5, e NOAA-12 data e dos pluviômetros das estações oficiais.

A série de precipitação pluviométrica (milímetros por mês) é disponibilizada pela *Distributed Active Archive System* (GES DISC DAAC) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), obtidos no endereço eletrônico https://disc2.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/TRMM_L3/TRMM_3B43.7/.

Em geral, as discussões sobre o uso de dados TRMM apresentam resultados mais consistentes quando analisados em escalas regionais, do que locais, e também em períodos sazonais que promovem mais instabilidade. Pereira *et al.* (2013) por exemplo, encontraram valores superestimados desses dados na ordem de 8%, em relação aos dados observados pelas redes de estações meteorológicas. Por esse caráter, optou-se avaliar esses dados a partir de sínteses anuais, obtida pela média aritmética para cada ano, já que atende os critérios de análises comparada no contexto da variabilidade.

Para isso, as imagens brutas mensais foram georreferenciadas, e em seguida processadas para aquisição de valores mensais acumulados. Esse processo foi realizado a multiplicação de cada imagem mensal por 24 (horas no dia) e depois pelo número de dias do mês equivalente e transformados em valores acumulados anuais, que servem para descrever uma parte da dinâmica pluviométrica, já que é possível identificar padrões de distribuição espacial no contexto das variações interanuais, conforme aplicações de Dubreuil (2005) e Arvor *et al.* (2014).



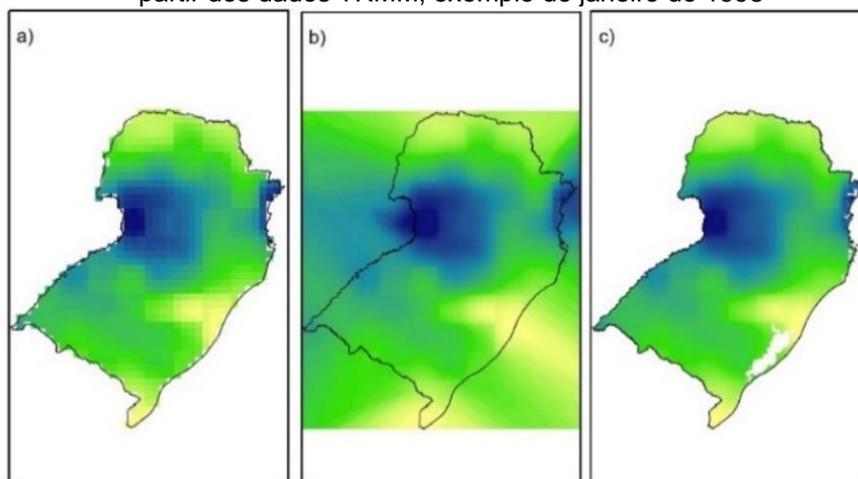
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para desenvolver as análises com boa resolução gráfica e cartográfica, os dados passaram com testes geostatística, uma vez que o tratamento oferece uma superfície contínua a partir de processos de interpolação de dados. Optou-se pelo modelo *Inverse Distance Weighted* – IDW, que valoriza a mudança gradual de valores a partir da distância entre os pontos georreferenciados e sua relação com os vizinhos mais próximos. Para isso foram considerados como parâmetros de entrada: a) 10 e 15 pontos vizinhos; b) ângulo de abrangência igual a 0; c) tipo de setor 1. A título de exemplificação a Figura 01 apresenta uma sequência de produtos gerados, e a qualidade gráfica a partir de processos interpolação.

Figura 01 – Fases de geoprocessamentos para obtenção de produtos de precipitação estimada a partir dos dados TRMM, exemplo de janeiro de 1998



Descrição: a) Precipitação estimada em formato raster original recortada para a Região Sul; b) Precipitação estimada após a interpolação dos dados TRMM; c) Produto gráfico utilizado na análise.

Para avaliação da estrutura pluviométrica, os valores anuais foram submetidos a testes de decomposição espectral, utilizando-se o modelo das Análise de Componentes Principais - ACP. A título de explicação, neste teste quanto maior é número dos autovalores, mais explicativa as componentes principais se tornam, e em termos percentuais essa significância é representada pela variância explicativa. A contribuição de cada componente foi admitida pelo autovalor acumulado acima de 75% da variância explicativa da matriz, e dos coeficientes de correlação multilinear.

Para fins de análise comparada, os valores anuais foram classificados por meio da técnica dos Quantis, utilizando a ordem quantílica $q=10$. Dessa forma, a análise foi



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

desenvolvida destacando principalmente os valores do decis mínimos (Q0) e máximos (Q10), que valorizam as diferenças espaciais.

Todas as imagens foram submetidas ao recorte conforme a área de estudo (Região Sul), e todos os processamentos e produtos cartográficos foram elaborados em ambientes SIG, utilizando notadamente os softwares Idrisi® e ArcGis®. Para auxiliar na interpretação da relação entre fatores estáticos do clima e a destruição espacial da precipitação foi elaborada a carta hipsométrica obtida a partir do tratamento de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), e também da classificação climática de Koppen-Geiger, segundo dados atualizados por Alvares *et al.* (2013).

3. Dinâmica climática e sistemas produtores de chuva da Região Sul

A Região Sul do Brasil contempla domínios climáticos que se associam fundamentalmente a partir da sua localização, sob as latitudes médias ao sul do Trópico de Capricórnio, e de latitudes mais baixas, predominantes no norte do estado do Paraná - PR. Enquanto que as temperaturas médias oscilam entre 14°C e 22°C, sendo considerável a amplitude sazonal entre máximas e mínimas, o caráter transicional, típico de climas subtropicais, se mantém devido aos ritmos sazonais da precipitação, que são menos nítidos quando se avança em direção às maiores latitudes, sobretudo nos estados de Santa Catarina – SC, e principalmente Rio Grande do Sul - RS (MONTEIRO, 1963; NIMER, 1989; NERY, 2005; GRIMM, 2009) (Figura 02a).

Neste sentido, as características subtropicais atendem as classificações dos tipos Cfa - mais abrangente por toda extensão regional; e o tipo Cfb, que ocorre nos setores mais interiorizados, sobretudo aqueles que apresentam as maiores altitudes (Figura 02b). A título de explicação, nas áreas acima de 1100m, a temperatura média anual permanece em torno de 10 °C.

O regime de precipitação também apresenta o típico clima de transição: ao norte domina o típico regime de monção, com estação chuvosa iniciando-se na primavera e terminando no início do outono, resultando em grande diferença de precipitação entre verão e inverno, enquanto no setor sul há distribuição aproximadamente bimodal (dois picos de chuva) e até trimodal (três picos), com chuvas relativamente mais fortes no inverno (GRIMM, 2009).

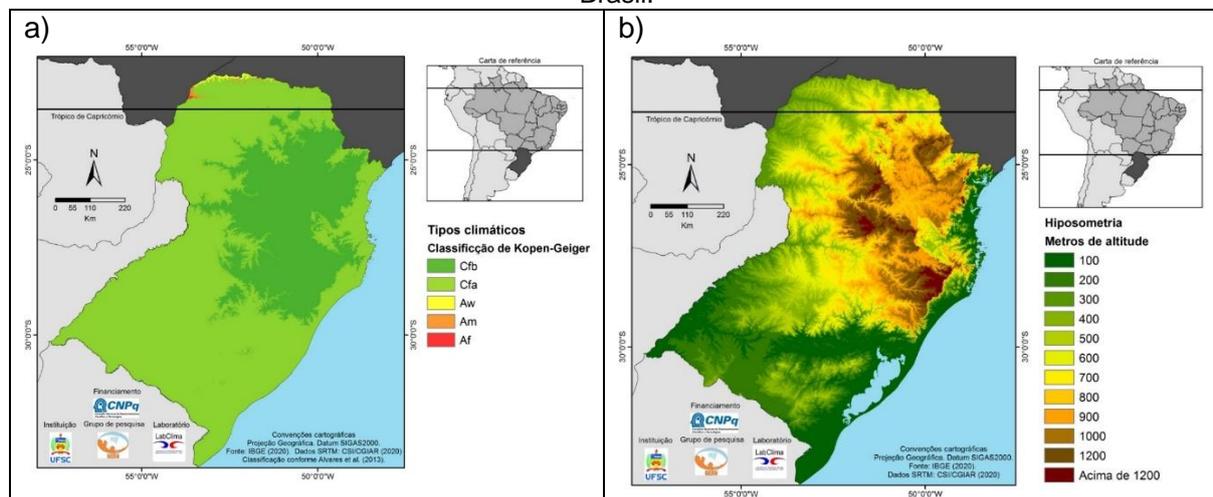


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 – Classificação climática de Köppen-Geiger(a) e hipsométrica(b) para a Região Sul do Brasil.



As precipitações também são espacialmente diferenciadas pela influência da altitude, e junto com ela o relevo e a orientação das vertentes, agem como importantes fatores de diferenciação climática regional. Esse aspecto foi interpretado por Monteiro (1968), Nimer (1989) e Grimm (2009), quando discutem o papel do relevo no favorecimento ou a dificuldade da entrada de fluxos de calor e umidade, bem como a orientação das trajetórias âmbito da circulação atmosférica e oceânica sob a América do Sul e no Atlântico Sul.

Neste contexto, a Região Sul apresenta na posição oriental uma condição de umidade extremamente significativa, que é alimentada pelos movimentos do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que é sem dúvida o principal sistema atmosférico que atua sobre os tipos de tempo na região. Trata-se de um anticiclone associado à circulação de Hadley, e é presente em todas as estações do ano, sendo mais relevante no inverno, quando se situa entre os setores norte e oeste do Oceano Atlântico, penetrando sobre o continente e reduzindo de maneira expressiva as fontes de umidade e os sistemas produtores de chuva (GRIMM, 2009).

A estrutura migratória do ASAS também pode condicionar ou ser condicionado com a ocorrência de bloqueios atmosféricos. Neste caso, fluxos de alta pressão atmosféricas persistentes em altos níveis (em torno de 500 a 250mb), e recorrentes nas médias e altas latitudes, tendem a apresentar padrões de escoamento zonal de oeste, que favorece o



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

deslocamento para leste de sistemas sinóticos de baixa pressão - frentes frias e ciclones, por exemplo (MENDES *et al.*, 2020).

Quando em estágios excepcionais, esses fluxos podem ser desviados por outros sistemas de alta pressão atmosférica (geralmente associado a formação em larga escala de anticiclones migratórios polares ou das latitudes altas), o que por sua vez, altera circulação zonal para meridional. A circulação atmosférica habitual é, portanto, interrompida, e persistindo este quadro por vários dias, os sistemas frontais são desviados causando estabilidade e ressecamento atmosférico nos setores bloqueados e a ocorrência de fortes instabilidades na periferia destes (TRENBERTH; MO, 1985); MENDES *et al.*, 2020).

O deslocamento dos bloqueios atmosféricos é relativamente lento de um dia para o outro, mas uma vez estabelecida, ela pode persistir por vários dias (TRENBERTH; MO, 1985); MENDES *et al.*, 2020). Na Região Sul, um dos exemplos emblemáticos da situação de bloqueios atmosféricos foi observado por McTaggart-Cowan *et al.* (2006) em seu estudo sobre o furacão Catarina que ocorreu no Atlântico Sul. Para o autor, o padrão de bloqueio atmosférico auxiliou a conduzir o furacão em direção à costa de SC.

Para além do ASAS e dos bloqueios atmosféricos, ativos processos de evaporação contribuem para a formação de nuvens e fonte de umidade na Região Sul, e por isso, os índices pluviométricos são tradicionalmente discutidos com notável homogeneidade (NIMER, 1971). Uma parte dessa manutenção e constância de chuva é explicada pela região apresentar em toda extensão oriental, o contanto imediato com a superfície do Oceano Atlântico, e do fluxo de correntes marítimas quentes. As correntes oceânicas interagem com a dinâmica das massas de ar – sistema acoplado oceano-atmosfera, e por isso, a zona costeira da região tende a permitir a formação constante de nuvens e chuvas. (MENDONÇA, DANNI OLIVEIRA, 2007).

De outro modo, a principal fonte de umidade para região, segundo Nimer (1979) e Grimm (2009a) é a que advém devido ao transporte desde os setores norte e noroeste do continente sul-americano (sobretudo do setor amazônico, que se deve a convergência do transporte na baixa troposfera associados a Baixa do Chaco e Alta da Bolívia. Esse fluxo é muito importante para a produção das chuvas na Região Sul já que habitualmente pode ser relacionado à ocorrência de chuvas intensas, oriundas de sistemas atmosféricos do tipo jatos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

em baixos níveis – JBNs, complexos convectivos de mesoescala – CCM, e linhas de instabilidades – LI (REBOITA *et al.*, 2012).

De outro modo, todos esses sistemas estão associados às alterações dos gradientes barométricos devido ao deslocamento de sistemas frontais – o principal mecanismo produtor de chuva na região. É possível verificar também que seus principais impactos representam uma parte da distribuição espaçotemporal das chuvas, seja pela penetração do vento e da umidade oceânica e amazônica, seja pelo efeito topográfico.

4. Estrutura da variabilidade espaço-temporal das chuvas na Região Sul

Uma parte das manifestações anteriormente discutidas pode ser visualizada na Figura 03, que apresenta uma síntese a dinâmica das chuvas na Região Sul a partir de dados estimados. A evidencia é que a região está geneticamente associada aos sistemas oriundos da monção sul-americana, que é mais marcado no setor norte, enquanto que nos setores sul a atuação de fluxos oceânicos predominantes mais frescos a frios, associados à corrente de Falkland, auxiliam na redução dos valores de precipitação (MONTEIRO, 1963; NIMER, 1979; GRIMM, 2009; GARCIA, 2010).

Na costa leste predominam os ventos em superfície que tendem a divergir perpendicularmente pela costa oriental a partir dos movimentos do ASAS, que por sua vez, oferece incremento pluviométrico principalmente no litoral do PR, e descarecendo até os e litoral nordeste do RS. Enquanto, que nos setores continentalizados, sobretudo os que estão nos setores oeste, os valores de chuva são maiores, sendo bem associada às fontes de umidade oriundas do escoamento de norte-noroeste que começa junto à encosta leste dos Andes e se prolonga até a região Sul/Sudeste do Brasil (GRIMM, 2009) (Figura 03).

A ascensão íngreme imposta de forma imediata pelo sistema Serra do Mar – Serra Geral – Serra Gaúcha nos setores continentais é suficiente para contribuir com o efeito orográfico, seja dos fluxos atmosféricos oriundos tanto do ASAS quanto da região amazônica, e por isso, marcada significativamente a concentração dos maiores valores nestes setores da região (GRIMM, 2009; NERY, 2005) (Figura 03).

Nota-se também que os anos de 2003, 2008 e 2017 apresenta muitas similaridades entre si e com a carta síntese, mas também um aspecto que sugere reforço das condições habituais observadas, isto é, expansão das áreas de menor precipitação nos setores



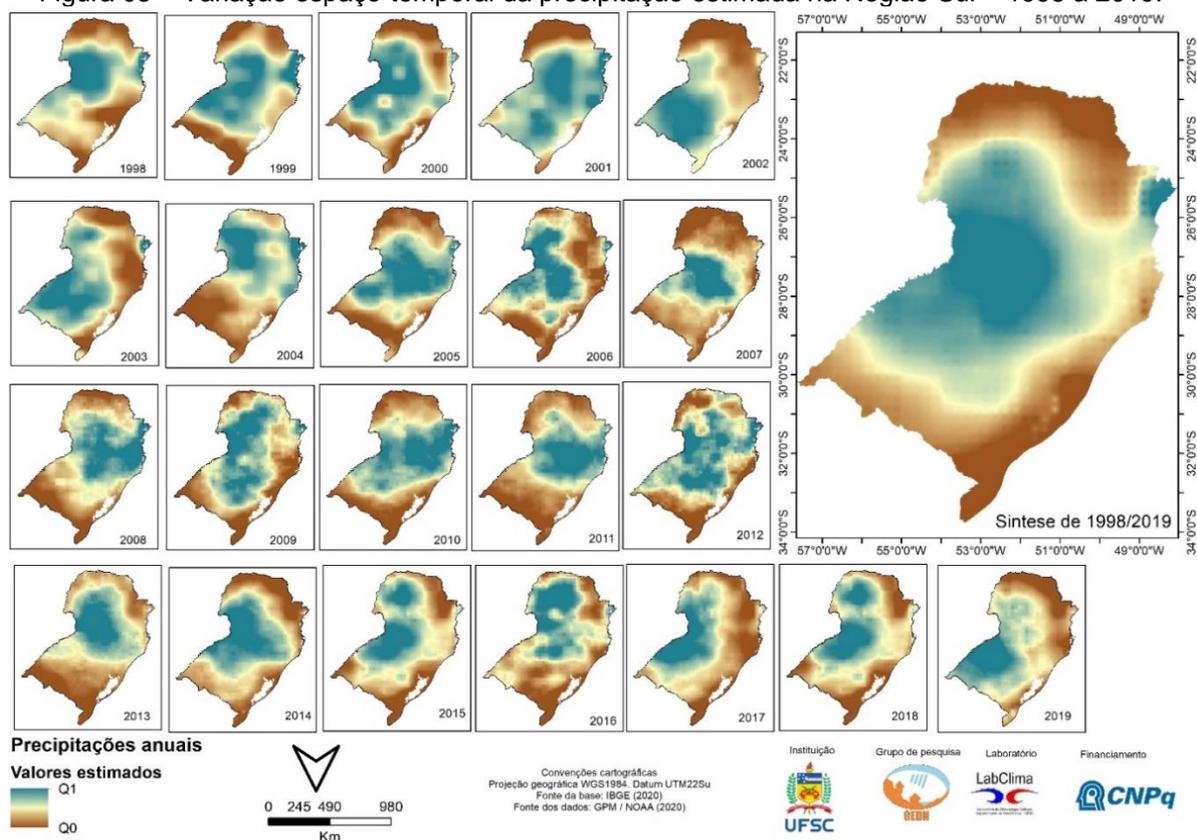
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

costeiros, norte e sul. Outros padrões mais particulares também podem corresponder a influência dos ENOS-, sobretudo os observados nos anos de 1999, 2011 e 2012.

Figura 03 – Variação espaço-temporal da precipitação estimada na Região Sul – 1998 a 2019.



A explicação das similaridades, quantitativas sobretudo, podem ser relacionadas à influência de teleconexões tipo ENOS- (La Niña), que nestes anos se apresentou configurações como moderada e fraca (CPTEC, 2021), e diretamente resulta em intensificação da circulação atmosférica que estimulam a formação de bloqueios atmosféricos, oriundos da atuação de massas polares tropicalizadas. Neste caso, esse modo de variabilidade tende a reforçar os regimes pluviométricos, e torna a distribuição das chuvas mais marcada em relação aos valores médios observados.

De outro modo, as alterações são basicamente ressaltadas no posicionamento dos núcleos concentrados de precipitação, e sua abrangência. Por exemplo, em 2002 e 2019, em



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

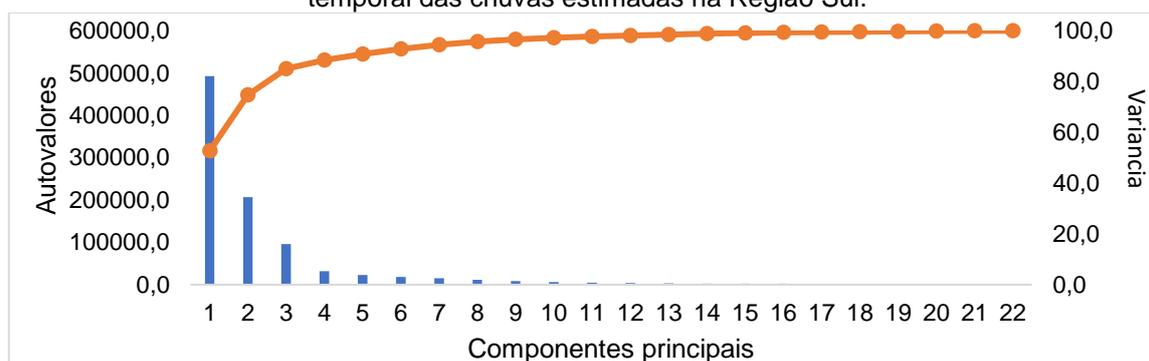
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

que o núcleo de precipitação máxima se concentra nos setores sul, e em 2015, 2016 e 2018 essa configuração é destacada no setor norte, configurados como ocorrência de ENOS+ (El Niño) fortes e moderados, apresenta o máximo de precipitação expandindo-se de leste para o oeste da região.

Quando submetidas ao teste para análise das componentes principais, os valores estimados de chuva anual apresentaram três padrões estatisticamente significativos, que conjuntamente acumularam 85% da variância explicativa, e os coeficientes de correlação multilinear apresentara também valores $r^2 > 0,70$, classificados como fortes (Figura 04).

Figura 04 – Autovalores e variância explicativa das componentes principais das variabilidade espaço-temporal das chuvas estimadas na Região Sul.



A primeira componente representou 52,7% da variância explicativa da matriz, cujo domínio dos de valores estimados variáveis obedecem aos resultados apresentados na síntese, e que convencionalmente pode ser representado pelas médias aritméticas, e que são marcadamente diferenciados pelo o relevo. Neste caso, esse é sem dúvida é o fator climático principal que condiciona a diferenciação e variação espacial das precipitações.

Esse padrão, no entanto, pode ser um dos principais atributos para garantir a normalidade da distribuição anual das chuvas, o que seria o esperado considerando a participação de fluxos atmosféricos dinamizados pela entrada dos sistemas frontais, da moção-sul-americana e circulações oceânicas (MONTEIRO, 1963; NIMER, 1979; GRIMM, 2009; NERY, 2005) (Figura 05).

A segunda componente representou 22,1% da variância explicativa. O padrão sugere as alterações provocadas pelos modos de variabilidade ENOS+ sobretudo representados pelos valores máximos concentrados no setor sul da região, enquanto os menores valores



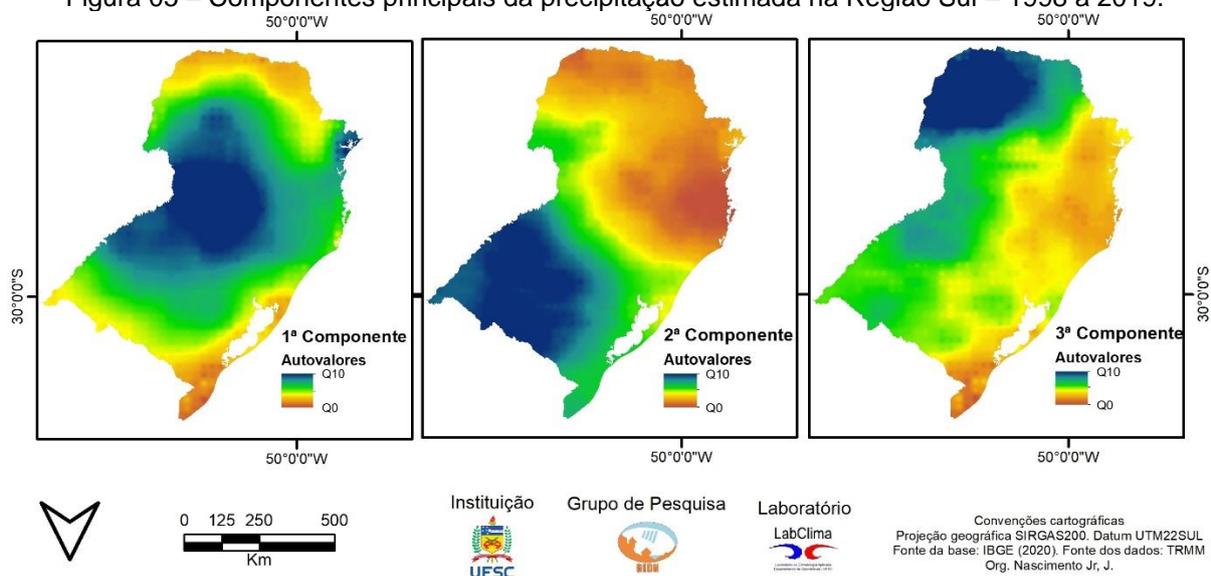
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

são distribuídos desde os setores do nordeste e norte. Isso não significa confirmar que existe aumento ou diminuição da precipitação nestes setores quando há ocorrência configurações do tipo ENOS, mas que são nestas áreas que se observa os picos máximos e os mínimos de precipitação.

Figura 05 – Componentes principais da precipitação estimada na Região Sul – 1998 a 2019.



A terceira componente explica 10,2% da variância da matriz de dados. Essa espacialidade é definida pelas alterações provocadas também pelos modos de variabilidade ENOS+, mas nesta condição quando o núcleo de precipitação máxima ocorre no noroeste da região, enquanto que os menores valores são observados nos extremos sul do RS, e por todo setor leste – que contempla a zona costeira e catarinense e paranaense a exceção do litoral norte gaúcho.

Em síntese, o conjunto da segunda e da terceira componente sugere que a distribuição espaço-temporal das chuvas na região são associadas também por mecanismos remotos, ainda que esses apresentam fortemente condicionantes associados aos mecanismos de *background* das teleconexões climáticas e dos modos de variabilidade. O sentido é de que esses processos agem conjuntamente em escalas espaciais e temporais distintas, e podem ser observadas me processos de reforço ou enfraquecimento das condições excepcionais e habituais (KAYANO; ANDREOLLI, 2009).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Neste sentido, observa-se que o setor norte da região apresenta sinais marcados da tropicalidade, que compreenda regimes pluviométricos organizados pela sazonalidade com forte atuação de domínios maçônicos. E no setor centro-sul, a variabilidade pluviométrica é notadamente de origem frontal, o que remete a possibilidade de ocorrência de chuvas durante todo ano. Para toda a região, a interação dos fluxos atmosféricos oriundos da umidade amazônica e oceânica com os sistemas frontais é clara e a compartimentação do relevo é atributo fundamental na distribuição espacial das chuvas.

Além disso, as teleconexões climáticas, associados aos modos de variabilidade do tipo ENOS mostram decisivamente impactos na posição dos núcleos de precipitação máxima anual, que podem ser localizados ou nos setores norte ou sul, e também se estendendo dos setores lestes para os oestes. Os modos de variabilidade do tipo ENOS é bastante destacado, e já serve para garantir, de forma crítica e consistente, que a noção de normalidade das chuvas na Região Sul precisa ser reinterpretada.

Esse conhecimento deve ser inicialmente suficiente para uma reflexão mais crítica acerca da normalidade das chuvas na Região, que não isenta a ocorrência de eventos extremos, mas deve promover paulatinamente transformações territoriais oriunda de mudanças das práticas espaciais designadas para redução do risco e aumento da segurança civil.

5. Considerações finais

De fato, na Região Sul o caráter subtropical do clima é mais bem observado. A análise do regime e da variabilidade observados na região assim, carece ser desenvolvida considerando o contexto climático e geográfico mais complexo e amplo, que pode ser iniciado com a posição geográfica da região no âmbito dos fluxos atmosféricos atuantes na América do Sul.

Nesta perspectiva, o conhecimento da estrutura espaço-temporal já serviu para garantir que a normalidade da distribuição anual das chuvas na Região Sul é mais bem explicada se considerada em primeiro lugar, com a forte influência topográfica na participação de fluxos atmosféricos de transporte de umidade no contexto da América do Sul (monção sul-americana e circulações oceânicas) e dos mecanismos produtores de chuva (sistemas frontais). Além disso, os impactos oriundos dos modos de variabilidade tipo ENOS também



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

devem organizar mudanças nos núcleos máximos de precipitação, e seja é um dos caracteres que promove alterações no regime, e pode repercutir em desastres.

Considera-se também que os sistemas atmosféricos, as teleconexões climáticas e o regime de chuvas na Região Sul devem incorporar uma explicação mais sistemática sobre a ocorrência de eventos e episódios extremos, seja como parte da variabilidade e da dinâmica climática regional, seja, como possibilidade de transformação do território.

Deste argumento, já possível conceber a necessidade uma reflexão crítica sobre os parâmetros que definem a homogeneidade pluviométrica e a normalidade climática da região.

6. Referências

ALVARES, C. A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C; GONÇALVES, J. D. M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARVOR, D; DUBREUIL, V; RONCHAIL, J; SIMÕES, M; FUNATSU, B. M. Spatial patterns of rainfall regimes related to levels of double cropping agriculture systems in Mato Grosso (Brazil). **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 8, p. 2622-2633, 2014.

BARDIN, L; CAMARGO, M. B. P; BLAIN, G. C; SILVA, D. F. Comparação entre dados de precipitação pluvial observados em estações meteorológicas e estimados pelo satélite TRMM para a região cafeeira da Mogiana, São Paulo, Brasil. In: Reunión Argentina, 13, e Latinoamericana de Agrometeorología, 2010, Bahía Blanca. **Anais...** Bahía Blanca: RALDA, 2010.

CAMPAROTTO, L. B., BLAIN, G. C., GIAROLLA, A., ADAMI, M., & DE CAMARGO, M. B. Validação de dados termopluviométricos obtidos via sensoriamento remoto para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 665-671, 2013.

CAVALCANTI, I, F, A; AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influencias no Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009, p. 318-33.

COLLICHONN, B; ALLASIA, D; COLLISHONN, W; TUCCI, C. E. M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai Superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.59, p.93-99, 2007.

DUBREUIL, V. Clima e Teledetecção: uma abordagem geográfica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

FEIDAS, H. Validation of satellite rainfall products over Greece. **Theoretical and Applied Climatology**, v.99, p.193-216, 2010.

FUNATSU, B. M; DUBREUIL, V; CLAUD, C; ARVOR, D; GAN, M. A. Convective activity in Mato Grosso state (Brazil) from microwave satellite observations: Comparisons between



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

AMSU and TRMM data sets. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 117, n. D16, 2012.

GARCIA, S. R. **Sistema de monção da América do Sul: início e fim da estação chuvosa e sua relação com a Zona de Convergência Intertropical do Atlântico**. Tese (Doutorado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

GRIMM, A. M. Clima da região Sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009a, p. 260 -275.

JAVANMARD, S; YATAGI, A; NODZU, M. I; BODAGH, J; KAWAMOTO, H. Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM_3B42 over Iran. **Advances in Geosciences**, v.25, p.119-125, 2010.

KARASEVA, M; PRAKASH, S; GAIROLA, R. Validation of highresolution TRMM-3B43 precipitation product using rain gauge measurements over Kyrgyzstan. **Theoretical and Applied Climatology**, v.108, p.147-157, 2011.

MARCELINO, E. V; NUNES, L. H; KOBIYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 19, 2006.

MCTAGGART-COWAN, R; BOSART, L. F; DAVIS, C. A; ATALLAH, E. H; GYAKUM, J. R; EMANUEL, K. A. Analysis of hurricane Catarina (2004). **Monthly Weather Review**, v. 134, n. 11, p. 3029-3053, 2006.

MENDES, M. C. D; TRIGO, R. M.; DACAMARA, C. C. Comparação entre os episódios de bloqueios atmosféricos no Oceano Atlântico norte e sul durante o período de 1960 a 2000. **Acta de las Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española**, n. 28, 2020.

MONTEIRO, C. A. F. O clima da região Sul. In: CATALDO, D. M. (Org.). **Geografia do Brasil, Grande Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1963. p. 117- 169.

NERY J. Dinâmica climática da Região Sul do Brasil. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol.1, Nº1. 2005. p 61-75.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1989.

PEREIRA, G; SILVA, M. E. S., MORAES, E. C; CARDOZO, F. D. S. Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 3, p. 139-148, 2013.

REBOITA M.; KRUSCHE N; AMBRIZZI T; PORFIRIO R. Entendendo o Tempo e Clima na América do Sul. **Terræ didática**, Campinhas: v. 8, n.1, p. 34-50, 2012

TRENBERTH, K. F; MO, K. C. Blocking in the southern hemisphere. **Monthly Weather Review**, v. 113, n. 1, p. 3-21, 1985.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA INTERANUAL ASSOCIADA ÀS ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO TROPICAL PARA O MUNICÍPIO DE PETROLINA, PE

MARIA LETICIA ARAGÃO E SILVA¹
CRISTIANA COUTINHO DUARTE²

RESUMO

O presente trabalho visa analisar a relação oceano-atmosfera a partir da correlação entre a variabilidade interanual da chuva no município de Petrolina, Pernambuco, e as anomalias das temperaturas da superfície do mar do oceano Pacífico e Atlântico Tropical. Para isso aplicou-se a técnica conhecida como Índice de Anomalias de Chuva (IAC) para a série histórica de 1980 a 2019. Neste caso, analisou-se a relação entre a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e os eventos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a contribuição das fases do Dipolo do Atlântico no aumento/diminuição das chuvas no município de Petrolina, o qual localiza-se no semiárido do Nordeste do Brasil, caracterizado pela irregularidade das chuvas. Os resultados evidenciaram uma variabilidade interanual significativa das chuvas no município, com predomínio dos anos secos. As primeiras duas décadas predominaram os anos úmidos e após o ano 2011 os índices sofreram uma tendência anômala negativa de chuvas. Nos anos considerados como úmidos houve uma maior ocorrência de eventos de La Niña, a ODP em sua fase quente e a fase negativa do Dipolo do Atlântico, representando temperaturas das águas do oceano Atlântico Sul mais aquecidas. Nos anos considerados como secos predominaram os eventos de El Niño, com o ODP em sua fase fria, com anomalias negativas, e a fase positiva ou com temperaturas do oceano Atlântico sem anomalias na temperatura.

Palavras-chave: Semiárido; Climatologia; Eventos extremos.

ABSTRACT

The present work aims to analyze the ocean-atmosphere relationship from the correlation between the interannual variability of rain in the municipality of Petrolina, Pernambuco, and the anomalies of the sea surface temperatures of the Pacific and Tropical Atlantic Ocean. For this, the technique known as the Rainfall Anomaly Index (RAI) was applied for the historical series from 1980 to 2019. In this case, the relationship between the Pacific Decadal Oscillation (PDO) and the El Niño events was analyzed. South Oscillation (SO) and the contribution of the Atlantic Dipole phases to the increase / decrease of rainfall in the municipality of Petrolina, which is in the semiarid region of Northeast Brazil, characterized by irregular rainfall. The results showed a significant interannual variability of rainfall in the municipality, with a predominance of dry years. The first two decades predominated the wet years and after the

¹ Bolsista PIBIC-FACEPE, Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, mariadocs64@gmail.com

²Profª Dra. Adjunta, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, cristiana.durte@ufpe.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

year 2011 the indexes suffered an anomalous negative trend of rains. In the years considered as humid, there was a greater occurrence of La Niña events, the PDO in its warm phase and the negative phase of the Atlantic dipole, representing warmer temperatures in the waters of the South Atlantic Ocean. In the years considered as dry, El Niño events predominated, with PDO in its cold phase, with negative anomalies, and the positive phase or with temperatures in the Atlantic Ocean without temperature anomalies.

Keywords: Semiárido; Climatology; Extreme events.

1. Introdução

O Nordeste brasileiro apresenta uma climatologia bastante complexa, devido a sua grande extensão territorial (1.540.827 km²) e características geomorfológicas muito diversificadas. Por isso, a interação entre o oceano, o continente e a atmosfera, além da interferência dos fatores geográficos no clima, influenciam na atuação dos sistemas meteorológicos produtores de tempo em suas diferentes escalas. Esta complexidade não se traduz espacialmente e sazonalmente em grandes diferenciações térmicas, mas reflete-se em uma extraordinária variedade pluviométrica (NIMER, 1989).

A distribuição espacial e temporal da precipitação no Nordeste do Brasil é determinante para configurar três principais grupos climáticos com precipitações anuais médias que variam de 300 a 2.000 mm, os quais são: 1) Clima litorâneo úmido (abrange do litoral da Bahia ao Rio Grande do Norte); 2) Clima Tropical (compreende áreas do estado da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí); e 3) Clima Tropical Semiárido, referente a todo o Sertão nordestino (KAYANO, ANDREOLI e SOUZA 2013).

Os principais sistemas meteorológicos apontados no Souza *et al.* (1998 *apud* CEPED, 2013) como responsáveis pelas chuvas no estado de Pernambuco são: 1) Zona de Convergência Intertropical – ZCIT – atuando de março a maio; 2) Vórtices Ciclônico de Altos Níveis - VCAN -de novembro a fevereiro; 3) Cavados e Instabilidades de Frentes Frias (praticamente o ano todo); 4) Ondas de Leste – OL – de maio a julho; e 6) Sistemas de Brisa (praticamente o ano todo). As variações sazonais de intensidade e posicionamento dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e do Atlântico Norte (ASAN), e do cavado equatorial, determinam o clima da região, uma vez que impulsionam o transporte de umidade formando os diversos sistemas dinâmicos atuantes. No eixo do cavado está a Zona de Convergência Tropical (ZCIT), cujas variações sazonais estão subordinadas às variações do



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ASAS e do ASAN, os quais são sensíveis às ATSM, interferindo no posicionamento e intensidade da ZCIT (KAYANO, ANDREOLI e SOUZA 2013).

Existe, portanto, um padrão sazonal de atuação dos sistemas dinâmicos atmosféricos regionais e sinóticos no território Nordeste que configura tais tipos climáticos. Porém há uma variabilidade interanual dos totais precipitados que estão relacionados às anomalias das temperaturas da superfície do mar (ATSM) dos oceanos Atlântico e Pacífico que podem intensificar/atenuar a ação desses sistemas. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a relação oceano-atmosfera a partir da correlação entre a variabilidade interanual da chuva no município de Petrolina, Pernambuco, e as anomalias das temperaturas da superfície do mar do oceano Pacífico. Para isso será aplicada a técnica conhecida como Índice de Anomalias de Chuva (IAC) para a série histórica de 1980 a 2019. Optou-se por essa técnica devido a sua simplicidade e fácil aplicabilidade, promovendo uma maior compreensão do comportamento pluviométrico do município, o qual apresenta um clima tropical semiárido, caracterizado pela escassez e irregularidade pluviométrica ao longo do ano.

O ENOS, ou El Niño-Oscilação do Sul representa, de forma geral, um fenômeno global de interação oceano-atmosfera. As anomalias climáticas relacionadas são persistentes e duram vários meses, sobretudo na atmosfera tropical. Devido a este fenômeno é possível observar alterações dos padrões normais da TSM (aquecimento) e dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial. Estas variações podem afetar os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias (MARENGO, 2011).

Segundo a teoria de Gianini, Saravanan e Chang (2004) as Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) no Atlântico Tropical (AT) podem pré-condicionar as teleconexões do ENOS no NEB e áreas adjacentes. Deste modo, a qualidade da estação chuvosa no Nordeste associa-se mais ao gradiente de TSM no AT do que ao ENOS. A interação dos sistemas atmosféricos produtores de tempo com o ENOS ou com o Dipolo do Atlântico variam bastante. Muitos artigos evidenciaram que o ENOS influencia as chuvas na porção centro-oeste mais do que o Dipolo, e este, por sua vez, é mais relevante para as chuvas do Leste do Nordeste (KAYANO, 2009).

O ENOS (a junção do El Niño com a Oscilação Sul) e o Dipolo do Atlântico Tropical afetam diretamente o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que por



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

sua vez, influencia na distribuição das chuvas sobre o Nordeste (MENEZES *et al*, 2008). Dinâmica esta, que está atrelada à configuração de TSM e vento sobre o Atlântico Tropical.

Conforme discutido por Moura e Shukla (1981), o Padrão do Dipolo no oceano Atlântico Tropical compreende uma fase positiva e outra negativa. A fase positiva (negativa) do Dipolo é o padrão de anomalias de TSM com sinal positivo (negativo) ao norte e negativo (positivo) ao sul do equador, sendo, de um modo geral, desfavorável (favorável) à produção de precipitação sobre o norte do NEB.

Desta maneira, como explana Ferreira (2005), o El Niño quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico causam anos secos ou muito secos no NEB. Semelhantemente ocorre com o fenômeno de La Niña, este, quando associado ao dipolo negativo do atlântico, torna-se favorável para anos chuvosos, muito chuvosos e considerados normais.

As anomalias de precipitação relacionadas ao ENOS em certas regiões do globo também podem ser moduladas por modos de clima de baixa frequência, ou seja, longo tempo para ocorrer um próximo evento (DA SILVA, 2011). Entre esses modos de clima de baixa frequência, a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) exerce um papel importante (MANTUA *Et al.*, 1997). A ODP (Oscilação Decadal do Pacífico) ou PDO (Pacific Decadal Oscillation) como originalmente foi denominada, deve-se aos estudos de Steven Hare Robert Francis ao pesquisar entre “ciclos” de produção de salmão no Alaska e condições climáticas no Oceano Pacífico (Hare e Francis, 1995).

A ODP é um padrão de temperaturas da superfície do mar, pressão atmosférica, e ventos que se desloca entre o Pacífico ocidental setentrional e tropical oriental (na Costa Oeste dos EUA), a ODP, que dura entre 20 e 30 anos, tem duração maior que a variação de 2 e 12 anos do ENOS (CHRISTOPHERSON, 2017 p. 159). Segundo Ávila (2015), a fase fria da ODP é caracterizada por anomalias negativas de TSM no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas no Pacífico Extratropical em ambos os hemisférios. Já a fase quente apresenta configuração contrária. Kayano e Andreoli (2006 apud CAVALCANTI, 2009) sugeriram que as diferenças nos padrões de precipitação associadas ao ENOS sobre a América do Sul podem estar relacionadas à ODP. Variações da circulação atmosférica, associadas às variações da temperatura de superfície do mar (TSM) como, por



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

exemplo, alterações na frequência de ocorrência de eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS), são outras causas de mudanças significativas na temperatura global (MOLION, 2008).

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

O Município de Petrolina está situado na mesorregião do São Francisco pernambucano a 381 metros acima do nível do mar, cujas coordenadas geográficas 9°23'39"S e 40°30'35"O (figura 01). Possui uma área de 4.561,870 km², com uma população estimada em 354.317 pessoas, de acordo com o IBGE (2020). Os municípios limítrofes à Petrolina são Afrânio-PE, Dormentes-PE, Lagoa Grande-PE, Casa Nova-BA e Juazeiro-BA. A cidade está inserida na bacia hidrográfica do rio São Francisco, fazendo parte da depressão sertaneja tendo como bioma predominante a Caatinga, que constitui a paisagem característica do Nordeste setentrional. Conforme foi elucidado por Angelotti (2009), o semiárido brasileiro é uma região caracterizada por forte insolação, altas temperaturas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período de três meses, em média.

Em razão das supracitadas particularidades climáticas que o município se enquadra, Köppen (AYOADE, 1996 p. 232) o classifica como clima de tipologia BShw, compreendido como quente e seco com estações chuvosas entre verão e outono, havendo um baixo índice pluviométrico e distribuição espacial irregular ao longo do ano, com média de 550 mm e temperatura mediana entre 24°C e 28°C de acordo com o Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais (2020). Conforme a classificação das zonas climáticas do Brasil pelo IBGE, o município está situado na zona tropical equatorial.

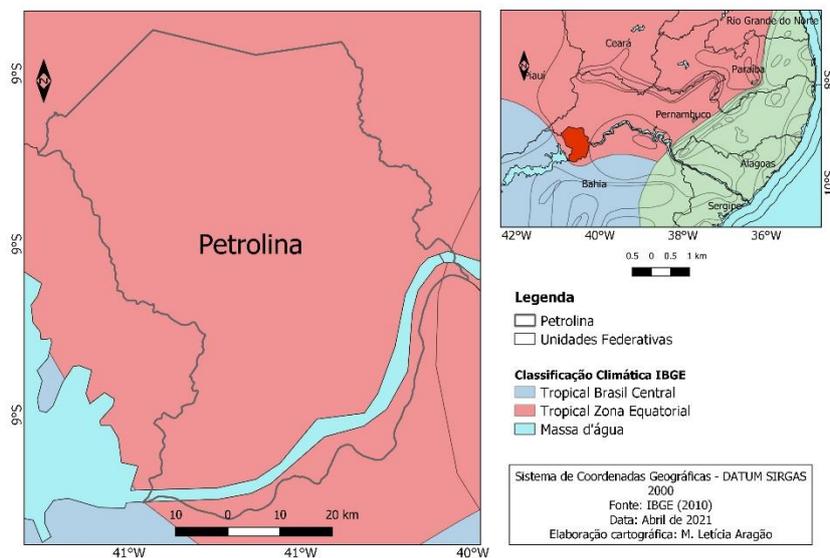


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 01 - Mapa de localização de Petrolina, PE



Fonte: Silva e Duarte.

2.2 Métodos

Para o desenvolvimento do presente estudo foram utilizados dados mensais de precipitação pluvial extraídos do banco de dados da EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, mais precisamente da Estação Agrometeorológica de Bebedouro, localizada em Petrolina-PE (09°09'S e 40°22'W), para o período de 1980 a 2017. A partir de 2015 os dados de precipitação são provenientes da estação meteorológica automática e não mais da estação convencional (<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/servicos/dadosmet/ceb-chuva.html>). Como foram identificadas falhas nos anos de 2018 e 2019, optou-se por utilizar os dados mensais da mesma APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas (<http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>).

O método denominado índice de Anomalia de Chuvas (IAC) foi empregado para classificação de faixas de intensidade de variação pluviométrica ao longo da série histórica de 1980 a 2019. De acordo com Da Silva (2012), o IAC serve como uma ferramenta para o acompanhamento da pluviometria de um determinado lugar, além de ser utilizado para distinção de regiões pluviométricamente diferentes, podendo também, através desse monitoramento gerar prognósticos e diagnósticos de chuvas. Escolheu-se o IAC devido a sua praticidade e efetividade, visto que necessita apenas de dados de precipitação. O método visa



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

tornar o desvio da precipitação em relação à condição normal de diversas regiões passíveis de comparação.

Deste modo, com a utilização do *software* Excel 2016, o IAC foi aplicado para cada acumulado anual da série histórica, a fim da obtenção das anomalias positivas e negativas, por meio das seguintes equações:

$$IAC = 3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad \text{Equação 1}$$

$$IAC = -3 \times \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

N é a precipitação anual (mm); \bar{N} corresponde a precipitação média anual da série histórica (mm); \bar{M} se refere a média das 10 maiores precipitações anuais da série (mm), e \bar{X} compreende a média das 10 menores precipitações anuais da série (mm).

As anomalias positivas são indicadas por valores acima da média enquanto que as negativas por aquelas abaixo da média. Podemos observar na Tabela 01 as classes de intensidade a partir do IAC referente a cada ano da série climatológica. De acordo com a classificação da Tabela 01, os anos estão distribuídos em duas grandes classes, úmida e seca, cuja intensidade é graduada para o “Muito úmido/seco” e “Extremamente úmido/seco”. São considerados anos “úmidos” aqueles cujo IAC seja um valor positivo e o contrário se aplica aos anos “secos”.

Tabela 01 - Classes de Intensidade do índice de Anomalia de Chuva

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
		De 4 acima
	2 a 4	Muito úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
	De -4 abaixo	Extremamente Seco

Fonte: Adaptado de Araújo et. al., (2007).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para analisar a correlação entre a variabilidade pluviométrica no município de Petrolina e as anomalias da temperatura da superfície do mar, utilizaram-se as séries dos eventos de El Niño e de La Niña organizados pelo CPTEC / INPE - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - (<http://enos.cptec.inpe.br/>). Os quais foram correlacionados com o gráfico de Índice de Anomalia da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) desenvolvido pela NOAA - National Centers for Environmental Information (<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/pdo/>).

3. Resultados e discussão

Com base na classificação dos Índices de Anomalia de Chuvas (IAC), pôde-se observar a variabilidade interanual e sua relação com as Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (ATSM) no Pacífico. Atrelado a isto, a análise também permitiu verificar as relações intereventos com a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e o Dipolo do Atlântico.

Os resultados dos IACs dos 40 anos analisados apresentados na Figura 02, cujas intensidades de cores se referem às classes da Tabela 02, demonstram uma significativa variabilidade interanual da precipitação pluvial no município de Petrolina, predominando os anos secos (21 anos) em detrimento dos anos úmidos (19 anos), variando também em relação às décadas. Na década de 1980 a 1990 predominaram os anos úmidos (7 anos) com dois anos muito úmidos (1984 e 1989) e dois extremamente úmidos (1985 e 1988). A década de 1991 a 2000 também seguiu o predomínio dos anos úmidos, com 4 anos considerados muito úmidos (1992, 1995, 1997 e 2000). O período de 2001 a 2010, os anos foram equilibrados, uma vez que apresentou cinco anos com anomalias negativas de chuva e cinco anos com anomalias positivas de chuva e com acumulados muito próximos a média histórica. Após o ano de 2011 os índices sofreram uma tendência anômala negativa de chuvas, com dois anos considerados extremamente secos (2012 e 2017).

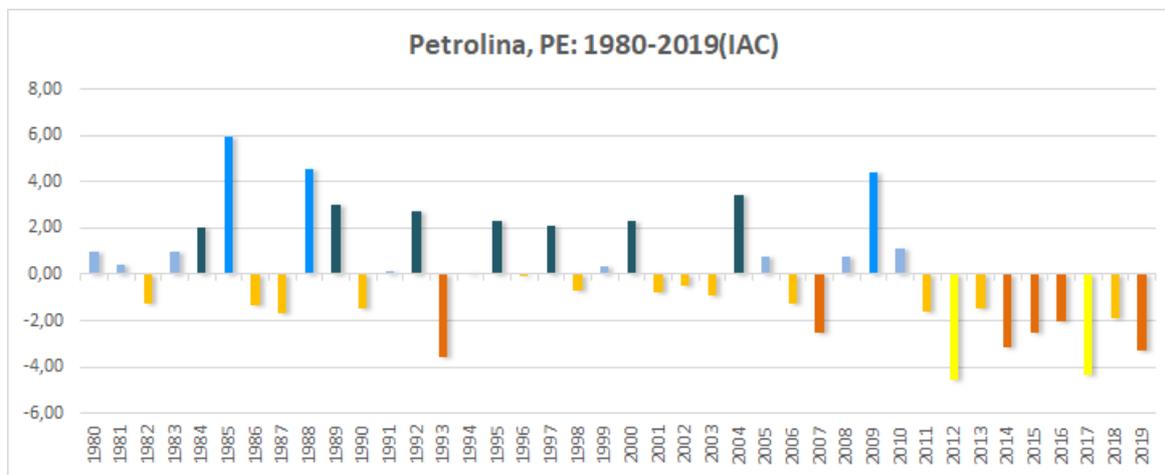


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 - Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a série de Petrolina, PE (1980-2019)



Fonte: Silva e Duarte.

A partir da obtenção dos dados de IAC foi possível categorizar as faixas a partir de classes de intensidade para cada ano da série. Conforme apresentado na Tabela 02, os anos foram dispostos em ordem cronológica e sua classificação de intensidade com base no IAC obtido.

Tabela 02 - Classificação do IAC da série (1980-2019) para Petrolina

Ano	IAC	Classe de Intensidade	Ano	IAC	Classe de Intensidade
1980	0,96	Úmido	2000	2,29	Muito Úmido
1981	0,39	Úmido	2001	-0,77	Seco
1982	-1,29	Seco	2002	-0,46	Seco
1983	0,98	Úmido	2003	-0,90	Seco
1984	2,02	Muito Úmido	2004	3,42	Muito Úmido
1985	5,93	Extremamente Úmido	2005	0,79	Úmido
1986	-1,31	Seco	2006	-1,24	Seco
1987	-1,66	Seco	2007	-2,53	Muito Seco
1988	4,54	Extremamente Úmido	2008	0,77	Úmido
1989	3,00	Muito Úmido	2009	4,42	Extremamente Úmido
1990	-1,45	Seco	2010	1,10	Úmido
1991	0,15	Úmido	2011	-1,65	Seco
1992	2,76	Muito Úmido	2012	-4,58	Extremaente Seco
1993	-3,54	Muito Seco	2013	-1,49	Seco
1994	0,09	Úmido	2014	-3,18	Muito Seco
1995	2,31	Muito Úmido	2015	-2,53	Muito Seco
1996	-0,02	Seco	2016	-2,06	Muito Seco
1997	2,12	Muito Úmido	2017	-4,37	Extremaente Seco
1998	-0,73	Seco	2018	-1,87	Seco
1999	0,32	Úmido	2019	-3,32	Muito Seco

Fonte: Silva e Duarte.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Ao correlacionarmos as categorias de IAC às ocorrências dos eventos El Niño (Quadro 01) La Niña (Quadro 2) Oscilação Decadal do Pacífico (Figura 03) e Dipolo do Atlântico (Quadro 03), chegou-se ao seguinte resultado: os anos considerados como úmidos predominam a ocorrência de situações de temperaturas no Pacífico sem anomalias e ocorrência de eventos de La Niña, a ODP em sua fase quente, com anomalias positivas e a fase negativa do Dipolo do Atlântico, representando temperaturas das águas do oceano Atlântico Sul mais aquecidas; para os anos que apresentaram anomalias de precipitação negativas (secos), predominaram os eventos de El Niño, com o ODP em sua fase fria, com anomalias negativas e a fase positiva a ou com temperaturas do oceano sem anomalias.

Quadro 01 – Eventos de El Niño de 1980 a 2020

FRACO	MODERADO	FORTE
1992-1993.	1986-1987; 2002-2003; 2006-2007; 2009-2010;	1982-1983; 1987-1988; 1991-1992; 1997-1998; 2015-2016

Fonte: CPTEC/INPE

Quadro 02 – Eventos de La Niña de 1980 a 2016

FRACA	MODERADA	FORTE
1998-1999	1988-1989; 1999-2000; 2007-2008; 2010-2011; 2017-2018	-

Fonte: CPTEC/INPE.

A partir da categorização das classes de intensidade de IAC e sua correlação com os anos de ocorrência dos fenômenos de El Niño e La Niña para o Pacífico Sul, quadros 01 e 02, podemos constatar a dinamicidade dos eventos em relação às anomalias de precipitação. Associada a esta anomalia se compararmos com as fases dispostas na Figura 03 da Oscilação Decadal do Pacífico verifica-se forte correspondência entre os períodos de suas fases quente e fria. Fases estas, caracterizadas por Molion (2005) como anomalias negativas



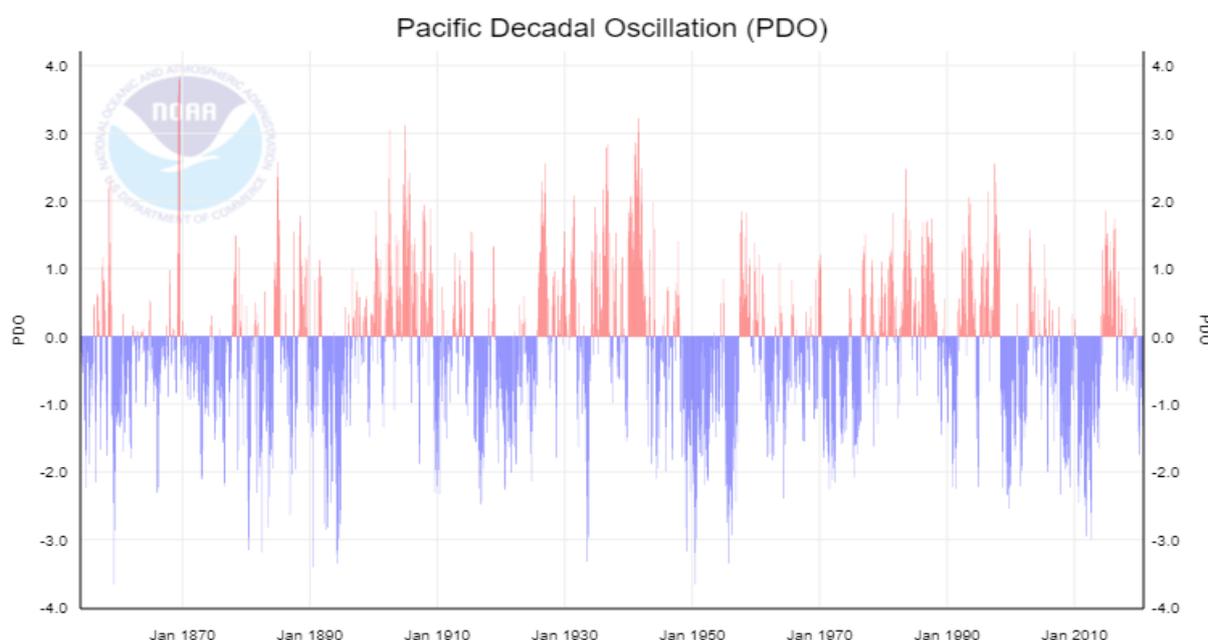
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de TSM para o Pacífico Tropical na fase fria e, simultaneamente, como anomalias de TSM positivas (fase quente) no Pacífico Extratropical em ambos os hemisférios.

Figura 03 – Oscilação Decadal do Pacífico.



Fonte: NOAA.

Quadro 03 – Fases do Dipolo de TSM do Atlântico (1980 a 2019)

FASE POSITIVA	FASE NEGATIVA
1980-1983; 1990; 1992; 1997-1998; 2002; 2004-2005; 2007; 2010; 2012; 2017-2018.	1984-1987; 1989; 1991; 1993-1995; 2000-2001; 2008-2009; 2014-2015; 2019.

Fonte: FUNCEME.

Ao associarmos às interações do ENOS e os IACs da série, constata-se que a dinâmica climática global interfere incisivamente na manutenção destes sistemas atuantes em meso e microescalas. O comportamento do ENOS, no entanto, não se dá de maneira homogênea sobre a porção do NEB. De acordo com Cavalcanti (2009), ele tende a demonstrar anomalias positivas (negativas) de precipitação durante a La Niña (El Niño) no Norte e Nordeste do Brasil.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Esta correlação pode ser observada, por exemplo, no comportamento da variabilidade de precipitação para o ano de 1991, o qual foi indicado conforme o quadro 01, como ano de El Niño forte, cuja tendência é de diminuição de chuvas para o NEB. No entanto, quando analisado o seu IAC nota-se que ele foi classificado como um ano úmido. Verifica-se, assim, uma significativa influência do aumento de TSM no Pacífico, o qual se encontra numa fase positiva da ODP. Além disso, verificou-se presença de dipolo negativo para este ano, contribuindo para a modulação de chuvas na porção leste do NEB.

Da mesma forma, observa-se o comportamento peculiar do ano de 1998. O qual sucede um ano de El Niño forte (1997) considerado, a partir de seu IAC, como um ano muito úmido. Apesar da atuação de uma La Niña fraca em 1998, este é considerado um ano seco, fato que pode ser atribuído a atuação do dipolo positivo no Atlântico Norte. Para os anos de 1997 e 1998 constata-se a dinamicidade dos eventos pluviométricos induzidos pelas ATSM.

Não há registros de ocorrência de ENOS no ano de maior precipitação da série, 1985, o qual se encontra na fase quente da ODP e sob influência de dipolo negativo. Caracterizando assim, a atuação conjunta do Dipolo e da ODP fria (quente) sobre a variabilidade pluviométrica da região. Na década de 1980-1990, sete anos da série apresentaram IACs positivos, enquanto apenas quatro, negativos.

Em contrapartida, o ano de 2012 (dipolo positivo) apresentou o menor valor de precipitação da série, sendo classificado como “Extremamente Seco”. O período que compreende as décadas de 2000-2010 e 2010-2019 aparenta estar em tendência para a fase fria da ODP. Entre os anos de 2010 e 2019, 2 anos foram considerados “Extremamente secos”, quatro anos “Muito secos”, três anos “Secos” e apenas um ano considerado “Úmido”.

Conforme aponta Molion (2005), a ODP parece ter entrado novamente em sua fase negativa (fria) a partir de 1999 (Figura 03), na qual deve permanecer até cerca de 2025 possivelmente, ou seja, pelos próximos 4 anos (após 2021), com um conseqüente aumento (redução) da frequência de eventos La Niña (El Niño).

A partir da análise dos IACs da série histórica (1980-2019) correlacionada à atuação dos sistemas atuantes pôde-se verificar aquilo que Kayano (2009) discorre a respeito do Clima no NEB. O qual caracteriza a variabilidade de TSM do Atlântico Tropical como sendo, de fato, determinante das anomalias de precipitação no NEB, enquanto o ENOS, pode, em certas ocasiões, reforçá-las ou enfraquecê-las.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Vale a pena ressaltar que uma análise realizada somente para os acumulados anuais não é suficiente para a identificar eventos de chuvas intensas ou extremas que podem acarretar sérios danos a população, com a ocorrência de chuvas concentradas.

4. Considerações finais

Diante deste estudo foi possível verificar que as análises pontuadas apresentam boa concordância com os dados observados. A variabilidade de precipitação no Semiárido do Nordeste brasileiro está fortemente associada ao comportamento interanual dos sistemas como a atuação do ENOS, mas também interdecadal, como a ODP. Estando estes, em consonância com as variações anômalas percebidas na TSM, e consequentes fases de Dipolo do Oceano Atlântico Tropical. Os dados se mostraram bem correlacionados entre os IACs e o comportamento dos ENOS durante as fases quente/fria da ODP.

Deste modo, se faz imprescindível a continuidade dos estudos sobre as interrelações dos sistemas atuantes na Região com ênfase na adaptação aos seus efeitos sobre a população em longo período, como o caso da estiagem ou em curto intervalo, como chuvas intensas. É impossível lidar com exatidão no que diz respeito à variabilidade climática, visto o seu caráter probabilístico. No entanto, é crucial compreender suas interações em vista ao desenvolvimento de planos adaptativos que sejam viáveis ao contexto da região.

5. Referências

ANGELOTTI, F.; SA, I. B.; DE MELO, R. F. Mudanças climáticas e desertificação no Semi-Árido brasileiro. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2009.

ÁVILA, P. L. R.; DE BRITO, J. I. B. Relação entre a oscilação decadal do pacífico e a variabilidade de precipitação de campina grande, PB. **Ciência e natura**, v. 37, n. 1, p. 159-162, 2015.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 4ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil, 1996.

CAVALCANTI, I. F. A. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CEPED, UFSC. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012. Volume Brasil. Ed. 2. **Florianópolis: CEPED UFSC**, 2013.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CHRISTOPHERSON, R. W.; BIRKELAND, G. H. **Geossistemas: Uma introdução à geografia física**. Porto Alegre: Bookman, 2017.

DA SILVA, D. F. *et al.* Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 29, n. 2, 2012.

DA SILVA, D. F.; Josiclêda Domiciano. Estudo da Influência da Oscilação Decadal do Pacífico no Nordeste do Brasil (Study of the Influence of Pacific Decadal Oscillation in Northeast of Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 4, p. 665-676, 2011.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**. Vol. 1, Nº 1. dez. 2005.

GIANNINI, A.; SARAVANAN, R.; CHANG, P. The preconditioning role of Tropical Atlantic Variability in the development of the ENSO teleconnection: implications for the prediction of Nordeste rainfall. **Climate Dynamics**, v. 22, p. 839-855, 2004. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00382-004-0420-2#citeas>. Acesso em: 19 dez. 2020.

HARE, S.R.; FRANCIS, R.C. (1995). Climate Change and Salmon Production in the Northeast Pacific Ocean, In R.J. Beamish [ed.], *Climate Change and Northern Fish Populations*, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 121.

IBGE. IBGE: Cidades. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/petrolina/panorama> Acesso em: 12, nov. de 2020.

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R. V. **Clima da Região Nordeste do Brasil**. In: CAVALCANTI, Iracema F. A. *et al.* *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

KAYANO, M. T; ANDREOLI, R. V. Relationships between rainfall anomalies over northeastern Brazil and the El Nino Southern Oscillation. **Journal of Geophysical Research**, v. 111, p. D13101, 2006. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2005JD006142>. Acesso em: 21 dez. 2020.

KAYANO, Mary T.; ANDREOLI, Rita V. e SOUZA, Rodrigo A. F. Relations between ENSO and the South Atlantic SST modes and their effects on the South America rainfall. **International Journal of Climatology**. 2013. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.3569>. Acesso em: 20 dez. 2020.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; FRANCIS, R.C. (1997). **A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production**, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 78, pp. 1069-1079.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MARENGO, J. A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, v. 1, 2011.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; SANTOS, C.A. C. dos.; e SILVA, L. L. da. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. **Revista brasileira de climatologia**, v. 23, n. 2, p. 152-161. São Paulo, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbmet/v23n2/04.pdf>. Acesso em: 20 de jan. de 2021.

MOLION, L. C. Aquecimento global: uma visão crítica. **Revista brasileira de climatologia**, v. 3, 2008.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Climanálise, CPTEC/INPE**, 2005.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the Dynamics of Droughts in Northeast Brazil: Observations, Theory and Numerical Experiments with a General Circulation Model. **Journal of the Atmospheric Science**, v. 38, n. 12, p. 2653-2675. 1981.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

SONDA. **Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais** – CPTEC/ INPE [online]. Estação de Petrolina. Disponível em: <http://sonda.ccst.inpe.br/basedados/petrolina.htm>. Acesso em: 18 de dez. de 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (ATSM) SOBRE O EVENTO EXTREMO DE JUNHO DE 2019 NO MUNICÍPIO DO JABOATÃO DOS GUARARAPES, PERNAMBUCO

MARIA LETICIA ARAGÃO E SILVA¹
CRISTIANA COUTINHO DUARTE²

RESUMO

A ocorrência de desastres naturais de caráter hidrometeorológico é frequente na maioria das cidades litorâneas do Nordeste Brasileiro. O município de Jaboatão dos Guararapes, Região Metropolitana do Recife, possui especificidades que o torna propenso à sucessão destes eventos. O presente artigo visa analisar a sua variabilidade espacial de precipitação, com ênfase no episódio extremo ocorrido em junho de 2019, tendo em vista, a atuação dos sistemas meteorológicos e climáticos que levaram à intensificação do mesmo. Para tal, foi realizada uma análise do volume pluviométrico do município a partir de dados disponibilizados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima e pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Para identificação dos extremos foram analisados os valores diários e acumulado mensal de 2019 e a média mensal da série histórica de 1997 a 2020. Os dados foram comparados aos eventos ligados às alterações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico (ATSM), como os fenômenos de El Niño/Oscilação Sul (ENOS), e a sistemas atmosféricos predominantes deste período na região, como os Distúrbios Ondulatórios de Leste. Desta feita, observou-se o comportamento das chuvas, espacial e sazonalmente, sobre condições atmosféricas predominantes e a repercussão destes eventos na sociedade.

Palavras-chave: Climatologia; Eventos extremos; Desastres hidrometeorológicos.

ABSTRACT

The occurrence of natural hydrometeorological disasters is frequent in most coastal cities of the Northeast of Brazil. The city of Jaboatão dos Guararapes, Metropolitan Region of Recife, has specificities that make it susceptible to the succession of these events. The present article aims to analyze its spatial precipitation variability, emphasizing the extreme episode that occurred in June 2019, considering the action of meteorological and climatic systems that led to its intensification. To this regard, an analysis of the city rainfall volume was performed based on data made available by the Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) and the Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). To identify the extremes, the daily and cumulative monthly values of 2019 and the monthly average of the historical series from 1997 to 2020 were analyzed. The data were compared to events linked to changes in the Pacific Sea Surface Temperature (MSST), such as the El Niño/Southern Oscillation (ENOS) phenomena, and to atmospheric systems prevalent of this period in the region, such as the Eastern Wave Disturbances. In this way, the rainfall behavior was

¹ Bolsista PIBIC-FACEPE, Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, mariadocs64@gmail.com

² Prof^a Dra. Adjunta do Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, cristiana.durte@ufpe.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

observed, spatially and seasonally, under prevailing atmospheric conditions, and the repercussions of these events on society.

Keywords: Climatology; Extreme events; Hydrometeorological disasters.

1. Introdução

A urbanização é um processo multidimensional global, combinado ao aumento de incerteza devido às mudanças climáticas, migração de pessoas, e às mudanças na capacidade de apoiar os serviços ecossistêmicos (ERNSTSON *et al.*, 2010 *apud* RIBEIRO *et al.*, 2016). De acordo com o relatório do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (RIBEIRO *et al.*, 2016), a maioria das cidades brasileiras enfrenta problemas ambientais associados a padrões de desenvolvimento e transformação de áreas geográficas. A supressão de ecossistemas, desencadeada pelo crescimento urbano desenfreado, é um dos principais fatores de redução da resiliência das cidades, deixando-as mais vulneráveis. A vulnerabilidade às mudanças climáticas, como aponta Ayoade (2010), é “a medida pela qual uma sociedade é suscetível de sofrer por causas climáticas”.

Diante disso, a interação entre o clima e a sociedade deve ser compreendida sob a perspectiva de uma complexa rede de correlações. Monteiro (1976) compreende o clima das cidades como um sistema, sendo, portanto, constituído por elementos analisáveis de forma integrada. O autor ainda ressalta a importância de se partir da “análise da atmosfera para o espaço urbano em si, relacionando a existência de particularidades dos elementos climáticos aos fatores urbanos”.

Os distintos níveis de desenvolvimento econômico, social e urbano no Brasil levaram a uma urbanização diferenciada entre a maioria das cidades, as quais enfrentam constantes problemas socioambientais ligados à falta de planejamento. Segundo a plataforma do Ministério do Meio Ambiente do Brasil, AdaptaClima, no caso de municípios de pequeno porte, que estão localizados majoritariamente nas regiões com menores taxas de urbanização (Norte, Nordeste e Centro-Oeste, nesta ordem), “as vulnerabilidades socioeconômicas são mais elevadas a partir das condições de saneamento, infraestrutura e moradia, e estas são os principais fatores determinantes do risco climático”.

Os alagamentos são frequentes nas cidades mal planejadas ou que crescem explosivamente, já que a realização de obras de drenagem e de esgotamento de águas



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

pluviais é deixada em segundo plano (CEPED, 2013). Esta é a situação enfrentada pelo município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, objeto de estudo da presente análise. Devido ao seu processo de urbanização de forma desordenada, sem planejamento adequado aos riscos meteorológicos e climáticos, o município possui certo grau de vulnerabilidade a eventos, em especial, de natureza hidrometeorológica. Ademais Jaboatão dos Guararapes é o sexto município brasileiro com população residindo em áreas de risco, 29,2% da população total com base nos dados do censo de 2010 (IBGE, 2018).

É a partir dessas interações - Homem e clima - que os extremos de tempo são configurados. Ora para intensificação destes eventos em desastres, ora em seu adequado gerenciamento. Marengo (2009) assinala a importância que “as mudanças climáticas (positivas ou negativas) radicam nas suas interações com outras fontes não climáticas da mudança e de estresse, e os seus impactos deveriam ser considerados nesse contexto multi-causal”. Conforme relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (2012), muitos extremos de tempo e clima são resultados da variabilidade climática (incluindo fenômenos como o El Niño) e variações naturais decadais ou multidecadais propiciam um cenário para mudanças climáticas antropogênicas.

Devido a sua grande extensão territorial, o Nordeste brasileiro (NEB) apresenta uma complexa variabilidade pluviométrica. Com base na revisão realizada por Molion (2005) podem ser destacados alguns mecanismos produtores de chuva para a região: o deslocamento da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), a convergência de umidade (brisas e as Perturbações Ondulatórias dos ventos Alísios), os sistemas frontais e a convecção local.

As cidades litorâneas do Leste do Nordeste do Brasil (ENEB) pairam sob condicionantes atmosféricas peculiares. Strang (1972 *apud* KAYANO *et al.*, 2009), demonstrou que há uma alta precipitação anual em apenas três meses, sendo de 50% durante os meses de maio a julho, na Costa Leste. Podendo ser justificada pela propagação de aglomerados de nuvens para oeste e pelos remanescentes de Sistemas Frontais sobre a região que podem atingir latitudes equatoriais (KAYANO *et al.*, 2009). Ainda como observa Kayano *et al.*, as máximas precipitações anuais se concentram próximo à região litorânea, em consequência, principalmente, de influências de brisas terramar.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O município de Jaboatão dos Guararapes, situado no leste do NEB, é acometido pelos principais sistemas atmosféricos atuantes no período analisado os quais são, segundo Nóbrega e Farias (2016), os distúrbios ondulatórios de leste, que em conjunto com a brisa marítima, modulam a maior parte do volume de chuva da estação chuvosa. As chuvas concentram-se no período entre maio e agosto, caracterizando o período chuvoso. “Nos meses de outubro a março o volume diminui consideravelmente, caracterizando o período seco, com setembro e abril os meses de transição entre os períodos distintos” (NÓBREGA; FARIAS, 2016).

Os referidos sistemas atmosféricos podem sofrer influência (aumento/diminuição da precipitação) das alterações da temperatura da superfície do mar (TSM) dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropical. De acordo com o CPTEC/INPE, O El Niño e a La Niña são partes de um mesmo fenômeno atmosférico-oceânico que ocorre no oceano Pacífico Equatorial (e na atmosfera adjacente), denominado de El Niño Oscilação Sul (ENOS). Essas alterações acarretam a mudança de temperatura, podendo aumentar ou diminuir o índice de precipitação. Ambos os fenômenos são resultados da mudança da temperatura do oceano Pacífico Equatorial, sendo o El Niño quente e La Niña mais frio do que a média considerada normal. Segundo Aragão (1998), a definição mais geral é que o El Niño é resultante de anomalias positivas nos valores de TSM do Oceano Pacífico. Grimm (2009) aponta que “a influência de ENOS pode ser considerada forte, porque além de afetar diretamente o clima no Nordeste, por meio de anomalias atmosféricas, indiretamente também afeta o gradiente de TSM no Atlântico”.

Em estudo sobre a correlação das precipitações do período chuvoso da porção Leste do NEB com as Alterações da Temperatura da Superfície do Mar (ATSM), Moura *et al.* (2009) identificaram que as anomalias positivas (temperaturas mais quentes) no Oceano Atlântico têm maior influência sobre o regime pluviométrico da Região, acarretando precipitações acima da média, e ATSM negativas (temperaturas mais frias) inibem a precipitação na região estudada.

A variabilidade interanual das TSM, influenciam significativamente os dois principais sistemas moduladores das chuvas no Norte/Leste do Nordeste (ZCIT) e os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs). Este último, definido por Ferreira *et al* (2005) como “ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste”. Estas Ondas de Leste podem ter comprimento em torno de 2.000 a 3.500km em um período de 3 a 5 dias e uma propagação para o Oeste com velocidade de 8 m/s (MACHADO *et al*, 2009).

É com base neste escopo teórico que o presente artigo objetiva analisar a variabilidade espacial de precipitação considerando o ano de 2019, com ênfase no episódio extremo ocorrido em junho deste ano, tendo em vista, a atuação dos sistemas meteorológicos e climáticos que levaram à sua intensificação.

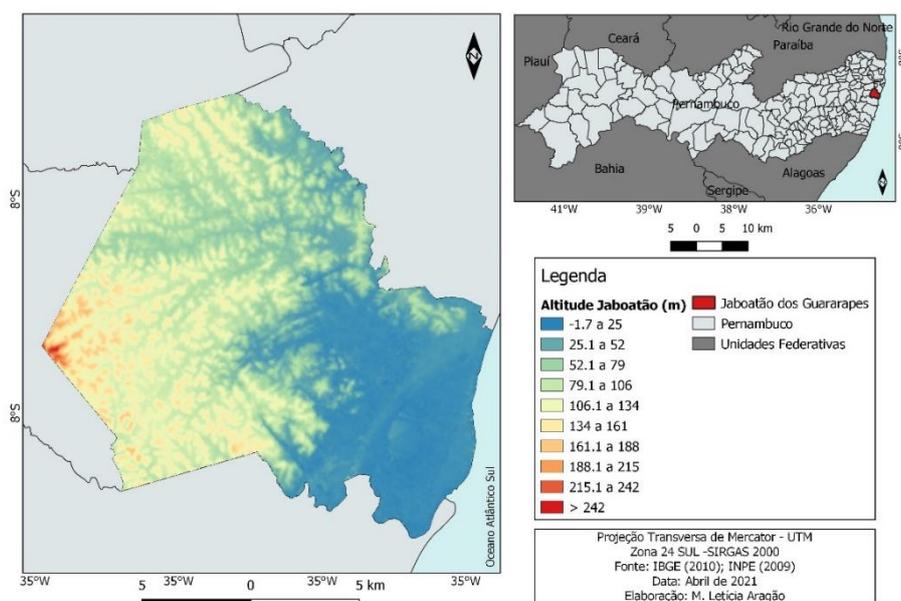
2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

O Município de Jaboatão dos Guararapes está localizado no estado de Pernambuco, situado no Nordeste brasileiro. O clima predominante no Litoral do estado é o tropical subúmido e úmido, onde o principal período chuvoso ocorre nos meses de março a agosto (CEPED, 2013).

Jaboatão dos Guararapes pertence à Região Metropolitana do Recife (RMR) e é margeada por uma extensa faixa litorânea tendo como predominância o bioma da Mata Atlântica. O Município possui uma área de 258,724 km², com uma população estimada de 706.867 de acordo com o IBGE (2020).

Figura 01 - Mapa de localização do município do Jaboatão dos Guararapes



Fonte: Silva e Duarte.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2.2 Metodologia

Para o presente estudo foram utilizados dados de precipitação anual extraídos do banco de dados da APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima, (<http://www.sirh.srh.pe.gov.br/apac/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>). Devido a melhor completude dos dados e por possuir série histórica de mais de vinte anos, a Barragem Duas Unas (268) foi escolhida como aporte referencial para a análise em escala anual.

A nível mensal, a fim de melhor espacialização dos volumes pluviométricos no Município, foram selecionados dados de seis (6) estações do CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento de Alertas de Desastres Naturais (<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>). As estações que apresentaram melhores séries de dados para todos os meses de 2019 foram: Prazeres, Centro, Curado II, Piedade, Cavaleiro II e Barra de Jangada. Para escala diária, a estação utilizada foi a Barra de Jangada. Na tabela 1 é possível observar a disposição das estações utilizadas.

Tabela 01 - Localização das Estações Pluviométricas.

Local	LAT	LON	Nome	Fonte	Período
Jaboatão	-8,09	-34,97	Cavaleiro II	Cemaden	Diário/Mensal
Jaboatão	-8,15	-34,91	Piedade	Cemaden	Diário/Mensal
Jaboatão	-8,11	-35,06	Centro	Cemaden	Diário/Mensal
Jaboatão	-8,08	-34,99	Curado II	Cemaden	Diário/Mensal
Jaboatão	-8,22	-34,93	Barra de Jangada	Cemaden	Diário/Mensal
Jaboatão	-8,19	-34,95	Prazeres	Cemaden	Diário/Mensal
Jaboatão	-8,09	-35,05	Barragem Duas Unas	Cemaden	Diário/Mensal

Organização: Silva e Duarte.

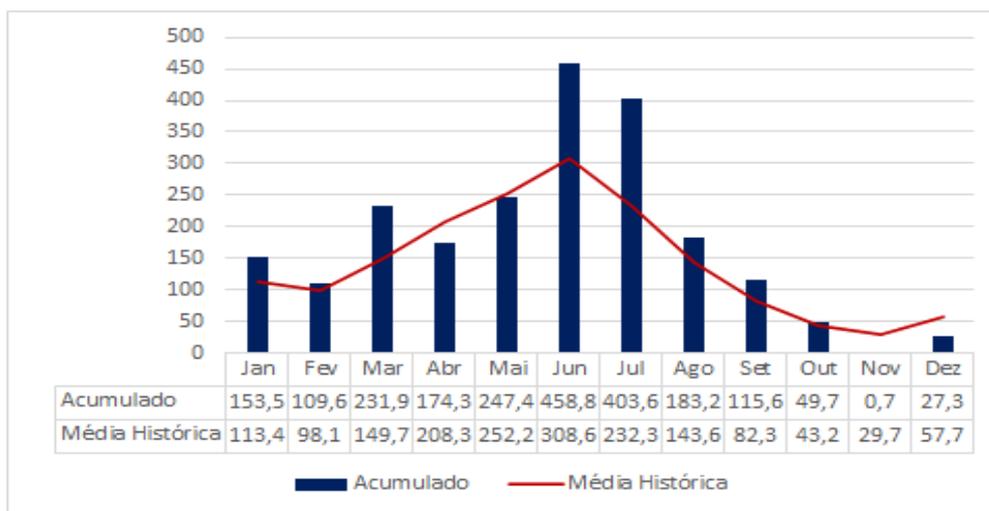
O estudo consistiu na análise do volume pluviométrico do Município de Jaboatão de Guararapes para o ano de 2019. Os dados coletados foram tratados e modulados por meio do Excel com saída de gráficos e tabelas para visualização e consequente estudo. A partir dos dados de precipitação, pode-se observar o comportamento das chuvas, espacial e sazonalmente, levando-se em consideração o mês de dezembro de 2018 para o verão de 2019, e como as condições atmosféricas foram determinantes para a variabilidade climática ao longo do período. Para identificação dos extremos foram analisados os valores diários, acumulado mensal para 2019 e média mensal da série histórica (1997-2020).



3. Resultados e discussão

O ano de 2019 foi considerado muito chuvoso em relação à série histórica de 1997 a 2020 (24 anos), e apresentou os meses de janeiro, março, junho, agosto e setembro com acumulados mensais acima da média da série estudada, conforme o gráfico da figura 2. Os meses de junho e julho, principalmente, foram considerados muito chuvosos por apresentarem seus acumulados superiores à média mensal para a série estuda (Figura 2).

Figura 02 - Estação APAC. Média histórica mensal (1997-2020) e acumulado precipitado de 2019. Jaboatão dos Guararapes, PE



Fonte: APAC.

Analisando-se somente o ano de 2019 percebe-se uma variação espacial no total precipitado no município do Jaboatão em função da direção dos ventos, do transporte de umidade e da atuação dos principais sistemas atmosféricos de escalas regionais e sinóticos no município.

Nos meses de verão (DJF) quando predominam os ventos de Norte e atuação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) os maiores acumulados de chuva podem ser verificados na porção Norte do município. Já no período de outono (MAM), ainda predominam os ventos de Norte e Nordeste com os maiores acumulados localizados na porção Norte do município. No inverno (JJA) quando apresentam os maiores acumulados de chuva,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

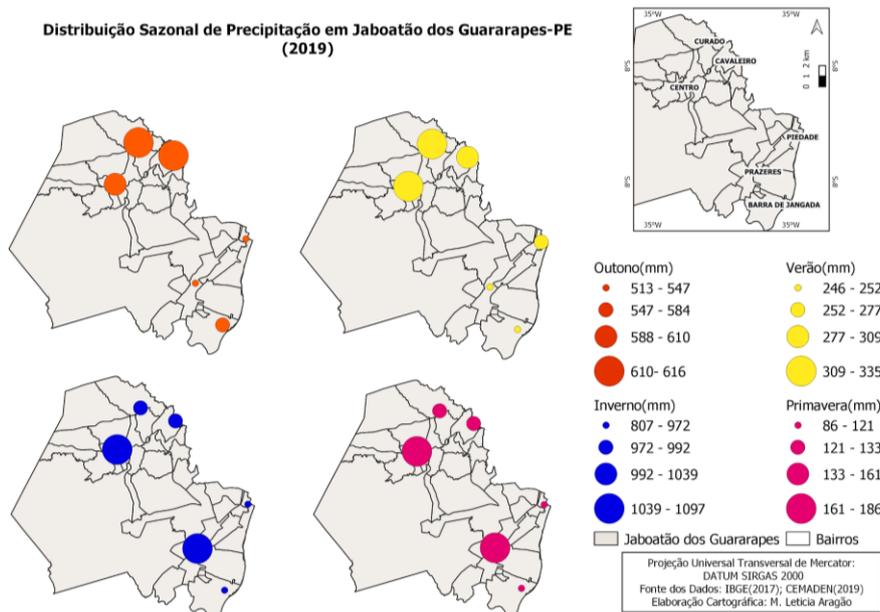
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

predominam os ventos de leste. Neste período destacam-se as áreas próximas às vertentes leste do município, ressaltando a influência do relevo na captação de umidade (Figura 3).

O evento extremo positivo que impactou severamente o município foi resultado de um acúmulo de precipitação de poucos dias durante o inverno. Observa-se na figura 4, que as chuvas do Município foram concentradas entre os dias 12-18, com picos de precipitação nos dias 13 e 17. O dia 13, em especial, apresentou frequência moderada de chuva aliada à significativa intensidade ao longo de todo o dia, o que acarretou impactos adversos para a população nos dias que a sucedeu. Muito embora o volume para o município tenha sido, em geral, expressivo, verifica-se que há uma variação espacial entre as estações analisadas.

Figura 03 – Distribuição Sazonal da precipitação pluvial no município do Jaboatão dos Guararapes a partir para o ano de 2019



Fonte: CEMADEN.

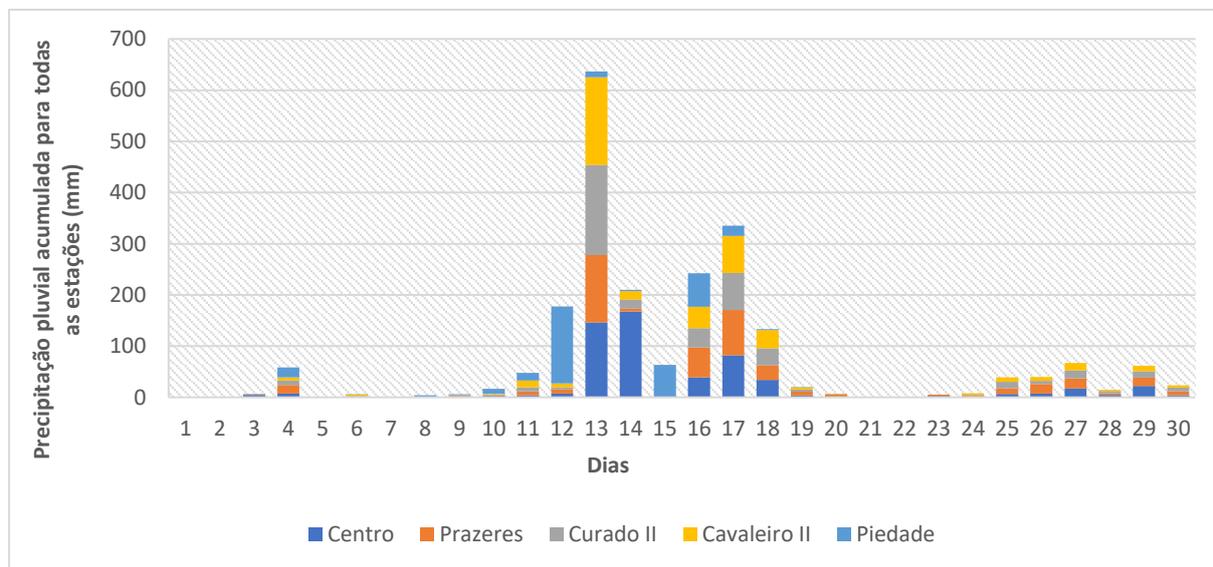


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 04 - Valores diários de chuva por estação pluviométrica do mês de junho de 2019



Fonte: CEMADEN.

Do ponto de vista da distribuição espacial, verificou-se que os valores de acumulado de precipitação entre os dias 13 e 18, seis dias apenas, (tabela 2) estiveram próximos ou superiores à média mensal para o município (308,6 mm). Ao consideramos a estação do Curado II, temos que, em apenas cinco dias o acumulado de chuva superou a média histórica do mês de julho em 8%. Deste acumulado, 52% foram concentrados apenas no dia 13. Fato este que reitera a intensidade do evento pluviométrico em relação a sua baixa frequência.

Tabela 02 – Acumulado de precipitação diária e para o período entre os dias 13 a 18.

Nome da Estação	13	14	16	17	18	Acumulado para o período (mm)
Centro	146,22	16,56	39,07	81,77	31,55	315,17
Piedade	149,38	12,4	62,99	65,04	19,02	308,83
Barra de Jangada	76,11	0	70,95	99,66	19,72	266,44
Curado II	175,78	17,34	37,34	72,56	32,54	335,56
Prazeres	131,86	5,32	58,6	88,8	28,96	289,78

Fonte: CEMADEN

*O dia 15 não foi contabilizado por apresentar valores mínimos abaixo de 1mm ou nulos.



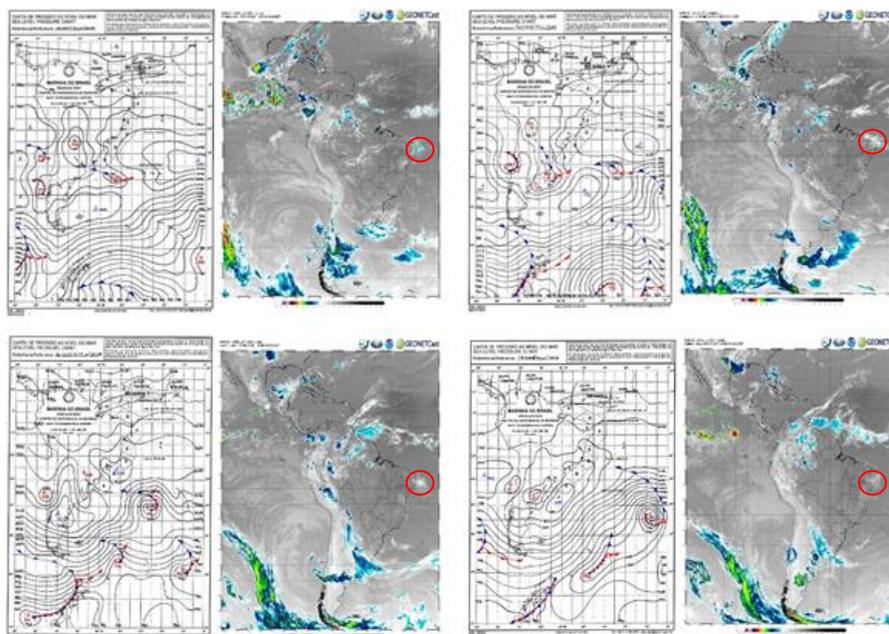
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

O evento de chuva intensa esteve atrelado a condições atmosféricas características. Os elevados índices concentrados no período de seis dias, tiveram forte influência da atuação de um Distúrbio Ondulatório de Leste intensificado pelas condições atmosféricas de TSM, sob efeito de El Niño fraco. É possível observar na figura 5 a formação de um cavado barométrico no dia 13, no litoral Leste do NEB. O qual esteve associado ao Distúrbio responsável pela modulação do sistema convectivo causador das fortes chuvas sobre a Região. Verifica-se a presença de forte nebulosidade que se dissipa ao longo dos quatro dias continente à dentro, configurando as chuvas intensas concentradas ao longo do período de atuação do DOL.

Figura 05 – Cartas Sinóticas e Imagens satélite GOES 16. Dias: 13, 14, 16, 17.



Fonte: Marinha do Brasil, INPE.

Tal evento positivo de precipitação, ocorrido entre os dias 13 e 18, provocou consequências desastrosas para a população. Em portaria publicada pelo Diário Oficial do Município, dia 18, o então chefe de gabinete, determina a convocação de Servidores para atuação em Situação de Emergência “considerando que o Município do Jaboatão dos Guararapes vem sendo atingido por chuvas torrenciais desde a última quinta-feira, dia 13 de junho de 2019, ocasionando em riscos de alagamentos e deslizamentos”. Neste mesmo documento é explicitada a competência municipal de assegurar ações preventivas e fiscalizadoras nas áreas de riscos da cidade, com o fim de impedir desmoronamentos e



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

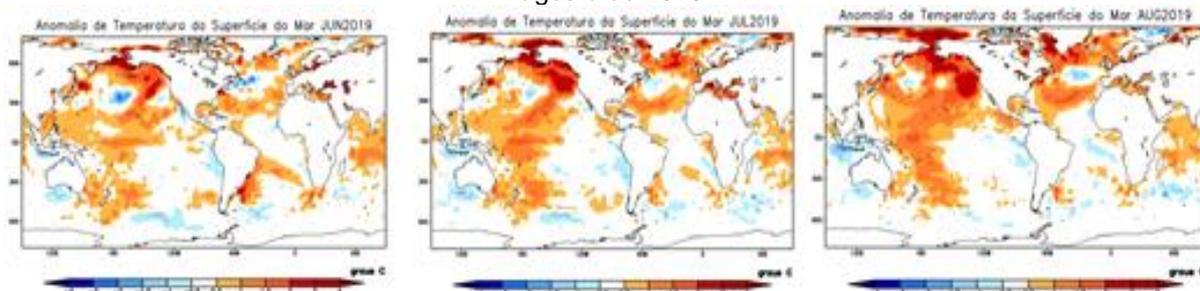
UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

alagamentos. Segundo noticiários locais, o evento ocasionou, além de prejuízos estruturais, danos humanos severos em decorrência dos desastres de natureza hidrometeorológica e geológica com a ocorrência de vários deslizamentos de terra.

O Boletim Climático divulgado pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) constatou significativa influência da TSM na variabilidade de precipitação para o ano de 2019. Segundo este, em particular para a porção leste do Nordeste, a TSM do mar Atlântico Sul foi positiva em torno de 0,5 e 1°C, o que favoreceu aos sistemas que atuam na precipitação nesta região a episódios isolados de chuvas fortes.

Este aquecimento pode ser observado na figura 2, a partir de seu comportamento sazonal para o inverno (JJA). Pode-se observar que o mês de junho (figura à esquerda) apresenta maior aquecimento da TSM segundo o índice de anomalia de temperatura analisado pelo CPTEC/INPE para o ano de 2019. É possível notar ainda como toda a faixa litorânea do país esteve aquecida do mês de junho, tendo um gradual resfriamento ao longo da estação.

Figura 02 – Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar dos meses de junho, julho e agosto de 2019



Fonte: CPTEC/INPE.

4. Considerações finais

O evento extremo que acarretou impactos adversos no município foi concentrado no mês de junho, de modo que, a verificação da variabilidade ao longo deste período foi indispensável para identificação dos dias extremos com chuvas extremas, principalmente o dia 13 com chuvas acima dos 100 mm em 24 horas. Para estes dias, observou-se um comportamento de frequência atrelada à intensidade de precipitação o que gerou diversos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

transtornos e danos severos para a sociedade. Tais dados foram analisados conjuntamente com os sistemas atmosféricos atuantes na região.

Verificou-se que ao longo do ano a distribuição espacial das chuvas no município do Jaboatão dos Guararapes não é homogênea e reflete a dinâmica dos ventos e transporte de umidade refletidos na atuação sazonal dos sistemas atmosféricos produtores de tempo sobre a Região Metropolitana do Recife, o que pode acarretar desastres localizados, principalmente se incidir sobre áreas com infraestrutura urbana deficitária.

Diante das discussões dispostas neste estudo, compreende-se, bem como pontua Marengo (2009), que é impossível atribuir eventos extremos isolados diretamente ou unicamente às mudanças climáticas antropogênicas por causa da natureza probabilística desses eventos. Deve-se, portanto, averiguar seu caráter temporal e observar a atuação destes eventos em interação com o ambiente modificado.

Para regiões como o litoral do NEB, que são acometidas por eventos periódicos de chuvas intensas, se faz imprescindível uma análise conjunta de seus fatores deflagradores, seja a partir da compreensão dos sistemas atuantes que influenciaram a sua intensificação até as estratégias mitigadoras e adaptativas em relação aos impactos sofridos pela população. Em tal análise apreendida para o município de Jaboatão nos é possível perceber a necessidade de desenvolver um planejamento urbano estratégico voltado a estes eventos hidrometeorológicos extremos.

Agradecimentos: As autoras agradecem ao Grupo de Estudos em Climatologia Tropical e Eventos Extremos (TROPOCLIMA) do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE e à FACEPE pela concessão de bolsa de Iniciação Científica à primeira autora.

5. Referências

ARAGÃO, J. O. R. **O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil.** Bull Inst. Fr. Études Andines, v.27, n.3, p. 839-844, 1998.

APAC. **Agência Pernambucana de Águas e Climas.** Monitoramento Pluviométrico. Disponível em: <<http://www.sirh.srh.pe.gov.br/apac/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>>. Acesso em: 10 set. 2020.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os trópicos.** 13ªed. Rio de Janeiro: Bertrand, 332p, 2010.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CEPED - Centro Universitário sobre Estudos e Pesquisa sobre Desastres. (2013) Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012.** Volume Brasil. Ed. 2. Florianópolis: CEPED/UFSC, 126 p.

CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.** El Niño e La Niña. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/#>. Acesso em: 17 nov. 2020.

FERREIRA, A. G.; DA SILVA MELLO, Namir Giovanni. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** IBGE: Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/jaboatao-dos-guararapes/panorama>>. Acesso em: 12, nov de 2020.

GRIMM, A. M. Variabilidade Interanual do Clima no Brasil. In: CAVALCANTI, Iracema F. A. *et al.* **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

IPCC. **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: a special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge, UK; New York, NY: Cambridge University Press, 2012.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, Iracema F. A. *et al.* **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MACHADO, L. A. T.; FERREIRA, Nelson J.; LAURENT, Henri; DIEDHIOU, Arona. Distúrbios Ondulatórios de Leste. In: CAVALCANTI, Iracema F. A. *et al.* **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MARENGO, J. A. *et al.* Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima—Impactos sociais e econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas—GPMC, Edição Especial**, 2009.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Climanálise, CPTEC/INPE**, 2005.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. (Série Teses e Monografias, 25)

MOURA, G. B. A.; ARAGÃO, J. O. R.; MELO, J. S. P.; SILVA, A. P. N. da; GIONGO, P. R.; LACERDA, F. F. Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 462-469, 2009.

NOAA/CPC - National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction Center. Disponível em: <https://www.noaa.gov/media-release/noaa-announces-arrival-of-el-nino>.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Acesso em 17/11/2020.

NÓBREGA, Ranyere Silva; DE LIMA FARIAS, Raphael Fhelipe. Eventos extremos pluviais em Jaboatão dos Guararapes: climatologia e estudo de caso. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 70-82, 2016.

RIBEIRO, S.K., SANTOS, A. S. (Eds.). **Mudanças Climáticas e Cidades**: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. PBMC, COPPE – UFRJ: Rio de Janeiro, 2016.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

“É HORA DE SER REFLORESTA”: REFLEXÕES INICIAIS SOBRE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO POTIGUAR/BRASIL

ANA LUIZA BEZERRA DA COSTA SARAIVA¹

RESUMO

O semiárido brasileiro poderá torna-se mais árido diante das consequências causada pelas mudanças climáticas globais. Esse possível cenário futuro associado aos baixos índices de desenvolvimento humano encontrados na região poderá gerar populações ainda mais vulneráveis. Diante dessa realidade, este trabalho buscou de forma introdutória apresentar reflexões sobre mitigação e adaptação às mudanças climáticas a partir das características atuais e de cenários futuros para o semiárido brasileiro. Com base no referencial teórico, nas experiências acadêmicas e nos trabalhos de campo realizados no semiárido potiguar foram elaboradas propostas de ações relacionadas à mitigação e adaptação. Buscar conhecer as estratégias já desenvolvidas no semiárido brasileiro e no mundo, articular ações e propostas adaptativas propostas por diferentes atores, alicerçando a troca de conhecimento, buscando o desenvolvimento de tecnologias sociais que contemplem a realidade do semiárido nordestino compõem os caminhos adaptativos necessários para enfrentarmos e aprendermos a conviver com a realidade futura gerada pelas mudanças climáticas globais.

Palavras-chave: Mudanças globais; Mitigar; Adaptar; Planejamento regional; Semiárido.

ABSTRACT

The Brazilian semiarid may become more arid in the face of the consequences caused by global climate changes. This possible future scenario associated with the low levels of human development found in the region may generate even more vulnerable populations. In view of this reality, this work sought, in an introductory way, to present reflections on mitigation and adaptation to climate changes based on current characteristics and future scenarios for the Brazilian semiarid region. Based on the theoretical framework, academic experiences and field work carried out in the semi-arid region of Rio Grande do Norte, proposals for actions related to mitigation and adaptation were prepared. Seeking to know the strategies already developed in the Brazilian semiarid and in the world, articulating adaptive actions and proposals proposed by different actors, underpinning the exchange of knowledge, seeking the development of social technologies that contemplate the reality of the Northeastern semi-arid make up the adaptive paths necessary to face and we learn to live with the future reality generated by global climate changes.

Keywords: Global changes; Mitigate; Adapt; Regional planning; Semi-arid.

¹ Mestre em Geografia, Professora do Departamento de Geografia/Campus Assu/Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, anasaraiva@uern.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

Em fevereiro de 2021, o cantor e compositor Gilberto Gil lançou a música “Refloresta”. A letra da canção foi escrita a pedido do Instituto Terra, por meio do Sebastião e da Lélia Salgado. Na música, Gil afirma que “*Manter em pé o que resta não basta/ Já quase todo o verde se foi/ É hora de ser Refloresta*” e apresenta um cenário atual onde a natureza foi devastada. O artista faz um alerta para necessidade de medidas urgentes onde não basta preservar o que restou, é necessário reflorestar, é necessário e urgente pensar em estratégias para lidar com presente e com o futuro.

Hoje, uma das principais e mais preocupantes problemáticas mundiais são as mudanças globais em curso, com destaque para as mudanças climáticas. O planeta Terra já vivenciou mudanças climáticas, mas geradas por causas naturais. A velocidade com que as mudanças aconteciam também eram diferentes das ocorridas atualmente (YNOUE, 2017). O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007) e Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC (2014a, 2014b) destacam o papel da ação humana como principais responsáveis pelas mudanças climáticas globais em curso atualmente.

Como o alicerce do nosso sistema econômico vigente é a desigualdade entre as pessoas, as contribuições para o agravamento das mudanças climáticas também são desiguais entre países. Da mesma forma, os impactos, o acesso às informações, as consequências e o poder de resposta dos diferentes países e grupos humanos frente às mudanças climáticas globais também são desiguais. Os grupos mais vulneráveis, os países mais pobres, as populações historicamente exploradas e áreas naturais mais susceptíveis estão à mercê das consequências negativas acarretadas pelas mudanças globais do clima.

Para as porções semiáridas do mundo, os desafios diante das mudanças climáticas são gigantescos (ANGELOTE *et al.* 2009). Estas áreas já possuem características climáticas marcantes, tais como: clima sazonalmente seco com variação pluviométrica entre os anos influenciada por fenômenos de escala global, tais como: *El niño* e *La niña*.

Angelotti, Signor, Giongo (2015, p. 485) apontam que “No Brasil, a região semiárida será uma das mais afetadas pelas mudanças climáticas globais”. Os autores destacam que os cenários apontam para o aumento da temperatura do ar e das taxas de evapotranspiração acarretando uma redução da disponibilidade hídrica. O semiárido poderá torna-se mais árido.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Esse possível cenário futuro associado aos baixos índices de desenvolvimento humano encontrados na região poderá gerar populações ainda mais vulneráveis.

Diante dessa realidade, este trabalho buscou de forma introdutória apresentar reflexões sobre mitigação e adaptação às mudanças climáticas a partir das características atuais e de cenários futuros para o semiárido. Foi utilizada a caracterização climática de um município do semiárido potiguar desenvolvido por Saraiva (2020) e os cenários futuros apontados pelo IPCC (2007), PBMC (2014a;2014b) e Angelotti, Signor, Giongo (2015).

A busca por justiça ambiental climática é urgente. A emergência climática já está posta e a busca por caminhos possíveis que visem a garantia dos direitos humanos é fundamental para a construção de um mundo menos desigual.

2. O clima planetário, as mudanças climáticas atuais e os caminhos possíveis

As mudanças naturais fizeram parte da evolução do nosso planeta. Estima-se que a Terra tenha, aproximadamente, 4,6 bilhões de anos. Durante todo esse tempo, o planeta passou por transformações significativas, sendo o Sistema Climático Global – SCG um dos sistemas naturais da Terra que mais sofreu modificações (TORRES; MACHADO,2011).

Estudos paleoclimáticos apresentam uma reconstituição da atmosfera terrestre desde o surgimento do planeta até os dias atuais, apresentando sua evolução, o papel do surgimento da vida na mudança na composição atmosférica, com destaque para a formação da camada de ozônio e as transformações posteriores (BARRY; CHORLEY, 2013). O Sistema Climático Global pretérito da Terra “Por vezes esfriou e cobriu boa parte da terra com gelo glacial. Em outras, aqueceu-se, derretendo o gelo e fazendo subir drasticamente o nível do mar, o que aumentou a área total coberta por oceanos e diminuiu a da terra (MILLER; SPOOLMAN, 2012, p. 91) ”.

Ynoue *et al.* (2017) apontam para os principais responsáveis pelas transformações climáticas naturais do planeta, agrupando em duas categorias: fatores externos e fatores internos. Como fatores naturais externos ao sistema climático terrestre, os autores destacam: movimentação das placas tectônicas; variação na radiação solar; parâmetros orbitais; erupções vulcânicas. Já como fatores naturais internos ao sistema climático terrestre, os autores apresentam os oceanos (YNOUE *et al.*, 2017).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A ação humana capaz de gerar modificação no sistema climático global é classificada por Ynoue *et al.* (2017) com um fator interno formando a categoria: causas antropogênicas das mudanças climáticas. As principais ações relacionadas às mudanças climáticas causadas pelas atividades humanas são o incremento dos Gases de Efeito Estufa (GEE) e de aerossóis na atmosfera como resultado das diversas práticas, tais como: queima de combustíveis fósseis, desmatamento, incêndios florestais, decomposição de lixo, algumas práticas agrícolas, dentre outras atividades.

Quando surgiram os primeiros seres humanos, as relações destes com as características climáticas dos locais que habitavam eram significativas. Existia a necessidade de proteção e abrigo nos períodos mais frios e chuvosos, a busca por ambientes mais confortáveis diante de muito calor, bem como migrações e busca por água nos períodos mais secos.

Com o desenvolvimento humano, a evolução das técnicas e o processo de sedentarismo, os seres humanos mudaram sua forma de lidar com as intemperes e com o comportamento dos elementos climáticos. As observações, os registros sistematizados associados ao desenvolvimento de mecanismos de coleta de dados, possibilitaram aos grupos humanos, nos diferentes lugares do mundo, a criação de estratégias de convivência e de relacionamento com os climas locais.

Com a revolução industrial e com o uso excessivo de carvão mineral nas áreas urbanas europeias, a população citadina experimentou e vivenciou uma nova realidade: “a poluição e outras ofensas ambientais ainda não tinham esses nomes, mas já são largamente notadas – e causticadas – no Século XIX nas cidades inglesas e continentais.” (SANTOS, 2008, p.237). Os primeiros estudos sobre qualidade do ar em ambientes urbanos datam desse período, tais como o trabalho desenvolvido em 1661 por John Evelyn (*apud* SARAIVA, 2014). Evelyn escreveu o panfleto intitulado “*Fumifugium: o inconveniente ar de Londres*” onde abordou a poluição do ar em Londres causada pelo uso do carvão nas chaminés das fábricas e os possíveis males gerados à saúde humana.

Nos últimos anos, os impactos das atividades humanas, principalmente relacionados ao modelo econômico capitalista e todas as suas desigualdades e buscas incansáveis por lucros econômicos, geraram consequências sem precedentes para os sistemas naturais e para a sociedades.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Segundo o IPCC (2007), as mudanças climáticas globais são entendidas como as mudanças ocorridas no sistema climático terrestre em um dado recorte temporal geradas por causas naturais e/ou antrópicas. Sabe-se que as mudanças climáticas globais fizeram parte da evolução do planeta, porém, nos dias atuais, as mudanças em curso ganharam um novo elemento: a espécie humana como principal causadora das mudanças do comportamento climático global em curso, onde o aquecimento do planeta seria uma das principais consequências, pois os principais estudos “[...]indicam uma faixa provável de aumento de temperatura de 1,8°C a 4,2°C. (NOBRE, 2012)”

Diante da complexidade ambiental que vivemos na atualidade, os caminhos para pensar, refletir, intervir e criar mecanismos de enfrentamento e convivência com o mundo diante de tais mudanças nos exige ações concretas, coletivas e multidisciplinares. Os estudos climáticos, por muito tempo, fizeram parte da agenda de pesquisa das ciências exatas e das ciências da Terra. Hoje, a realidade nos impõe que os estudos e planejamento referentes às mudanças climáticas necessitam de uma ampliação do seu escopo, destacando o papel das ciências sociais e políticas.

As pesquisas que abordam as estratégias diante das mudanças climáticas apontam dois caminhos para a sociedade: as medidas mitigadoras, visando resultados globais e a longo prazo, são compreendidas como medidas “relacionadas à redução das emissões de gases de efeito estufa e têm o objetivo direto atacar o fato gerador (a causa) do aquecimento global (BARBIERI; VIANA, 2013, p. 60)”; e as medidas adaptativas “visam atenuar os impactos das mudanças climáticas e [...] seus impactos são sentidos de maneira mais imediata e seus benefícios são mais localizados (BARBIERI; VIANA, 2013, p. 60)”. Di Giulio *et al.* (2019) destaca que a adaptação às mudanças climáticas busca desenvolver estratégias que antecipem os impactos gerados pelos novos comportamentos climáticos locais, diminuindo assim a vulnerabilidade das populações, principalmente as mais pobres.

Dessa maneira, a mitigação busca reduzir as emissões de GEE e a adaptação busca desenvolver estratégias considerando o cenário de mudanças climáticas com o intuito de reduzir os impactos. É importante salientar que as duas medidas devem coexistir, pois possuem objetivos diferentes e complementares, sendo o Estado (país, estados e municípios) um personagem-chave na proposição, planejamento, gestão e realização das medidas mitigadoras e adaptativas.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Diante do esforço realizado por diversos pesquisadores e institutos de pesquisa a nível mundial, bem como pelo IPCC e por todas as redes de pesquisas nacionais e internacionais, Wise *et. al.* (2014), destacam o avanço na compreensão e na consciência dos problemas relacionados às mudanças climáticas e afirmam categoricamente “A necessidade de se adaptar às mudanças climáticas é agora amplamente reconhecida (WISE *et. al.* 2014, p. 327)”. Porém, não significa, infelizmente, que as medidas cabíveis foram tomadas. Atualmente, as medidas mitigadoras ainda são mais amplamente impulsionadas e realizadas que as medidas adaptativas.

Thomas e Twyma (2005) apontam para uma diferença na capacidade de resiliência entre os países do mundo quanto aos possíveis enfrentamentos aos impactos das mudanças climáticas globais, sendo os países em desenvolvimento os mais vulneráveis. Os autores destacam os seguintes motivos: alta dependência aos recursos naturais; capacidade limitada de adaptação financeira e institucional; baixo Produto Interno Bruto – PIB *per capita*; e uma ausência de redes de segurança. Também é possível destacar o pouco investimento no setor de pesquisa, inovação e tecnologia.

Muitos estudos apontam as consequências das mudanças climáticas globais para o Brasil. O Quadro 1 apresenta um breve resumo de possíveis consequências que o Brasil enfrentará diante nas novas configurações climáticas.

Quadro 01 – Possíveis impactos gerados pelas mudanças climáticas globais no Brasil

Setores	Possíveis Impactos no território brasileiro
Segurança Alimentar	A agropecuária brasileira se tornará bastante vulnerável. As oscilações mais frequentes das chuvas têm alterado a oferta de água para as culturas, promovendo, em muitos casos, redução da produtividade agrícola. Possíveis perdas na produção resultantes do aumento do risco climático nas regiões produtoras de grãos.
Segurança Hídrica	Aumento nas demandas e diminuição da capacidade de atendimento. No Brasil, previsões feitas a partir dos resultados das modelagens globais sintetizadas pelo IPCC confirmam que as regiões mais vulneráveis no Brasil são o Nordeste, o Sul e o Sudeste.
Segurança Energética	O Brasil utiliza-se, em grande parte, de energia produzida em hidrelétricas. No cenário de redução de chuvas, a produção poderá ser diretamente atingida. Possui uma indústria petrolífera importante que precisará ser redimensionada para matrizes renováveis.
Eventos extremos, urbanização e desenvolvimento regional	No futuro, possíveis extremos climáticos mais frequentes e/ou intensos, acompanhados de altos níveis de vulnerabilidade combinados com exposição às condições meteorológicas e aos extremos climáticos mais graves, podem fazer com que alguns lugares no Brasil se tornem cada vez mais difíceis para viver e trabalhar.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Saúde	Os impactos na saúde humana resultam de alterações extremas do clima como ondas de calor e de frio, furacões, inundações, queimadas e secas, perda de produtividade, desnutrição, problemas psicossociais e migração forçada, a transmissão de doenças, e o comprometido a função respiratória de crianças e idosos.
Biodiversidade e Ecossistemas	Os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade brasileira ameaçam o capital natural do país e todos os seus ativos ambientais. O aumento do nível do mar vem reduzindo a extensão de ambientes costeiros, como restingas e manguezais, impactando todas as espécies que esses ambientes abrigam.
Oceanos e Zonas Costeiras	No caso específico do Oceano Atlântico, estudos indicam ainda a probabilidade de mudanças nos padrões de vento e de formação de tempestades e ciclones em áreas tropicais. Aumento acelerado do nível médio do mar, elevação da temperatura superficial do mar acidificação dos oceanos. Impactos na produção pesqueira e no turismo local.

Fonte: Araujo, Ometto e Soares (Orgs.) (2019, p.9-25)

Organização: Saraiva.

Em virtude das suas dimensões continentais e da sua diversidade de ambientes terrestres, de água doce e da água salgada, possivelmente, o Brasil enfrentará uma gama de impactos negativos relacionados às mudanças climáticas globais. Considerando que as adaptações às mudanças climáticas necessitam de estudos e propostas que considerem as realidades locais, será necessário um esforço gigantesco para conhecer, estudar, propor, financiar, executar, acompanhar, reavaliar e redirecionar ao longo do tempo as medidas adaptativas adotadas no território nacional.

No cenário apresentado para o Brasil, a porção semiárida do Nordeste será intensamente impactada. É certo que o semiárido brasileiro não é o mais seco do mundo, mas o agravamento do déficit hídrico anual associado a temperaturas mais elevadas e secas mais severas acarretará e agravará problemas sociais, econômicos e ambientais para sua população, principalmente para os mais pobres.

O semiárido brasileiro é o mais populoso do mundo e possui diferenças e particularidades dentro do seu próprio território. Diante desse contexto, se faz necessário conhecer suas riquezas naturais e humanas, bem como buscar mitigar, adaptar e criar oportunidades de desenvolvimento local, tais como a geração de emprego e renda por meio da prestação de serviços ecossistêmicos. Erradicar a pobreza, garantir segurança alimentar, investir em centros de ensino e pesquisa, construir conhecimento com base na realidade local e criar estratégias adaptativas são pilares para redução da vulnerabilidade e do êxodo climático, bem como aumento da resiliência e justiça ambiental.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3. Clima local, mitigação e adaptação: reflexões iniciais sobre o semiárido potiguar

No mundo, existem diversas áreas semiáridas. No Brasil, o semiárido abrange uma considerável área do Nordeste e uma parte do norte de Minas Gerais. Compreender o comportamento climático dos municípios que compõem o semiárido brasileiro é muito importante para o desenvolvimento de atividades e ações relacionadas ao planejamento e gestão do território à nível municipal, estadual e nacional.

Saraiva (2020) realizou uma análise do clima do município de Mossoró, localizado no semiárido potiguar, com base em períodos climáticos e propôs uma metodologia de trabalho buscando articular a gestão e o planejamento do território associado as características climáticas do semiárido. A autora dividiu o ano em quatro períodos climáticos (Quadro 02): I – Período quente com chuvas esporádicas (dezembro e janeiro); II – Período chuvoso com alternância de tempos ensolarados e nublados (fevereiro, março, abril e maio); III – Período ameno com chuvas esporádicas (junho, julho e agosto); IV – Período Seco, muito quente com ventos fortes (setembro, outubro e novembro). Para cada período, foi apresentada as características climáticas típicas e elencada algumas ações de planejamento e gestão territorial que envolve o trabalho de diferentes setores, tais como: prefeituras, Defesa Civil e Corpo de Bombeiros.

Quadro 02 – Ciclo climático atual e ações de planejamento e gestão do território

Ciclo climático anual do município de Mossoró/RN/Semiárido Potiguar												
Estações astronômicas	P/V	V	V	V/O	O	O	O/I	I	I	I/P	P	P
Meses	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Períodos climáticos	Período Quente com Chuvas Esporádicas		Período Chuvoso com alternância de Tempos Ensolarados e Nublados				Período Ameno com Chuvas Esporádicas			Período Seco, Muito Quente com Ventos Fortes		
Características dos períodos climáticos*	Altas temperaturas do ar e da superfície, bem como elevadas taxas de radiação solar e insolação. Com o início das chuvas, percebe-se um aumento na umidade relativa do ar e da nebulosidade. Redução da deficiência hídrica. Redução na pressão atmosférica e na velocidade dos		Maior intensidade pluviométrica, aumento da umidade relativa do ar e número significativo de dias nublados, o que reduz a insolação e a radiação solar em pleno verão. Em virtude dessa realidade, é comum ocorrerem dias amenos, com temperaturas mais baixas. A velocidade do vento e as taxas de evapotranspiração diminuem. Esse é o período do ano marcado pela reposição hídrica. Porém, também são encontrados nesse período dias				Concentra as menores temperaturas do ar registradas ao longo do ano. Apresenta dias amenos e madrugadas frias. Em virtude do inverno astronômico, ocorre nesse período uma redução nos valores de radiação solar entre junho e julho, com aumento em agosto. A pressão atmosférica aumenta significativamente e a velocidade do vento também. Gradativamente, a			Ausência de chuvas, intensa velocidade do vento, elevadas taxas de insolação, de radiação, de evapotranspiração e deficiência hídrica. As temperaturas do ar e da superfície são bastante elevadas, as taxas de umidade relativa no período diurno são, geralmente, muito baixas e os índices de desconforto térmico nos turnos diurnos são os mais críticos do ano.		



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

	ventos, que variam de brisas suaves à calmaria.	ensolarados com temperaturas elevadas.	nebulosidade, o número de dias de chuva e a umidade relativa do ar diminuem.	
Algumas ações de planejamento e gestão territorial direcionadas para cada período*	Limpeza e reparos da rede de drenagem urbana e desassoreamento de lagos e rios. Limpeza de calhas e reservatórios de água. Acompanhamento e suporte técnico aos trabalhadores e trabalhadoras da zona rural, exemplo: entrega de sementes. Campanhas educativas: estratégias de saúde pública, buscando o conforto térmico; combate às arboviroses; prevenção a afogamentos; e limpeza de áreas e atividades de educação ambiental.	Projetos de arborização e jardinagem. Campanhas educativas: combate às arboviroses; prevenção a afogamentos; armazenamento apropriado de água. Monitoramento dos corpos hídricos e residências em áreas de risco. Acompanhamento e suporte técnico aos trabalhadores e trabalhadoras da zona rural, exemplo: monitoramento e divulgação de informações sobre previsão e totais de chuva. Limpeza de áreas e atividade de educação ambiental.	Projetos de arborização, jardinagem e podas de reparação. Campanhas educativas: contra o uso do fogo. Estratégias de saúde pública direcionadas ao período térmico mais crítico (próximo). Acompanhamento e suporte técnico aos trabalhadores e trabalhadoras da zona rural, exemplo: divulgar e incentivar estratégias para o período seco. Realização de ações e técnicas de combate a incêndios; limpeza de áreas e atividade de educação ambiental.	Monitoramento e combate a focos de incêndios. Campanhas educativas: contra o uso do fogo. Desenvolvimento de estratégias de saúde pública voltadas para o conforto térmico com atenção para população vulnerável, tais como crianças, idosos, portadores de doenças crônicas, moradores de rua e em situação de risco. Acompanhamento e suporte técnico aos trabalhadores e trabalhadoras da zona rural, exemplo: divulgar e incentivar estratégias para o período seco. Realização de ações e técnicas de combate a incêndios, limpeza de áreas e atividade de educação ambiental.

Fontes: Saraiva (2020); Legenda: P = Primavera, V = Verão, O = Outono, I = Inverno.

Saraiva (2020) apresenta uma contribuição aos estudos e trabalhos voltados para a articulação das características climáticas de localidades do semiárido e o planejamento e a gestão territorial, porém não articula sua proposta com os possíveis cenários e impactos gerados pelas mudanças climáticas globais.

Diante dos possíveis cenários apresentados por Angelotti, Signor, e Giongo (2015), Araujo, Ometto e Soares (2019) e pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC para o semiárido brasileiro, buscou-se no Quadro 03, de forma introdutória, avançar na análise do clima, planejamento e gestão do território apresentado por Saraiva (2020) e incluir reflexões referente às adaptações e mitigações às mudanças climáticas considerando características climáticas atuais e os cenários apresentados para o semiárido potiguar.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Quadro 03 – Proposta de ações relacionadas à mitigação e adaptação às Mudanças Climáticas Globais – MCG: reflexões iniciais para o semiárido potiguar

Mitigação e adaptação às MCG: reflexões iniciais para o semiárido potiguar							
Impactos/ problemas	Setor	Medida	Serviço ecossistêmico envolvido	Responsáveis	Objetivo / mitigação	Objetivo/ Adaptação	Benefício presente e futuro
Impacto na Produção de alimento e agricultura familiar	Segurança alimentar/ Saúde/ Biodiversidade e Ecossistemas	Implantação de quintais produtivos com base agroecológica e reutilização da água	Regulação de gases, produção de alimentos controle de erosão, formação de solo e polinização.	Moradores com apoio das prefeituras e centros de ensino/pesquisa/extensão	Aumentar área vegetada e capturar CO ²	Garantir alimentos orgânicos e o aproveitamento da água	Alimentos saudáveis, quintais mais confortáveis, abrigo para fauna, solo permeável, atrair polinizadores e possível pagamento por serviços ecossistêmicos.
Impacto na Produção de alimentos e redução de empregos	Segurança alimentar/ Saúde/ Emprego e renda/ Biodiversidade	Educação alimentar: construindo planos alimentares com base em alimentos produzidos no local	Cultura e produção de alimentos	Prefeituras, Estados (Secretarias de educação, saúde e agricultura) e centros de ensino/pesquisa/extensão	Reduzir o consumo de alimentos industrializados com embalagens de plástico e que necessitam de grandes deslocamentos	Incentivar a adesão de alimentos locais e que são produzidos por pequenos produtores de base agroecológica	Alimentos saudáveis, uso de espécies mais adaptadas ao local, geração de emprego e renda. Conhecimento produzido e compartilhado sobre as espécies da caatinga.
Impacto na Produção de alimentos, redução de empregos e gasto energético	Segurança alimentar/ Saúde/ Emprego e renda/Energia	Incentivo à produção de pequenos produtores nas áreas urbanas e rurais (e espaços públicos) com base agroflorestal, organização de feiras (matutinas e noturnas) e praças institucionais públicas.	Regulação do clima, regulação de gases, produção de alimentos controle de erosão e retenção de sedimentos, formação de solo, ciclagem de nutrientes, polinização, cultura e recreação.	Prefeituras, Estados (Secretarias de educação, saúde e agricultura) e centros de ensino/pesquisa/extensão	Aumentar área vegetada e capturar CO ² , redução de gasto energético com as feiras ao ar livre e redução energética com o menor deslocamento para compra de alimentos	Garantir alimentos orgânicos, aproveitamento da água e de áreas públicas inutilizadas, atividades ao ar livre reduzindo o uso de energia e geração de emprego e renda.	Alimentos saudáveis, uso de espécies mais adaptadas ao local, possível pagamento por serviços ecossistêmicos, geração de emprego e renda, socialização e momentos de lazer nas feiras. Agregar elementos culturais às feiras noturnas, otimizar o uso dos espaços públicos urbanos e aumentar o convívio social e possível pagamento por serviços ecossistêmicos
Problemas relacionados à disponibilidade de Água de qualidade	Segurança Hídrica	Incentivo à captação e armazenamento apropriado de água da chuva em áreas urbanas e rurais	Suprimento de água	Moradores com apoio e incentivos das prefeituras (redução de IPTU e ITR) e linhas de crédito especial	Redução no gasto energético necessário para captar, tratar e distribuir água potável.	Incremento na disponibilidade de água para população cidadina	Disponibilidade de água para serviços gerais e redução nos gastos com tarifas de água. Água apropriada para regar plantas. Possível pagamento por serviços ecossistêmicos



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

<p>Geração de energia, desconforto térmico humano e perda da biodiversidade</p>	<p>Segurança Energética /Saúde/ Qualidade de Vida/ Biodiversidade e Ecossistemas</p>	<p>Adotar estratégias arquitetônicas como: áreas de sol com jardins, varandas funcionais, quintais arborizados e garagens com pergolados e jardins</p>	<p>Regulação do clima, regulação de gases, controle de erosão e retenção de sedimentos, formação de solo, ciclagem de nutrientes, polinização, cultura e recreação.</p>	<p>Moradores com apoio e incentivos das prefeituras (redução de IPTU) e linhas de crédito especial</p>	<p>Aumentar área vegetada e capturar CO², redução de gasto energético com momentos ao ar livre, com ventilação natural e com redução da temperatura interna e externa à casa.</p>	<p>Casas mais confortáveis que utilizam iluminação e ventilação natural, além do incentivo social as atividades ao ar livre reduzindo o uso de energia</p>	<p>Casas mais confortáveis, menor gasto com taxas de energia elétrica, possível socialização entre os moradores das residências, ambientes sensoriais para crianças e abrigo para fauna local. Surgimento de "micro oásis" de conforto e umidade.</p>
--	--	--	---	--	--	--	---

Fonte: Saraiva (2021).

O Quadro 03 apresenta as nossas primeiras reflexões sobre mitigação e adaptação as mudanças climáticas direcionadas ao semiárido potiguar. O primeiro passo dado para construção da proposta apresentada foi destacar possíveis impactos com base no Quadro 01.

As problemáticas selecionadas para compor a primeira proposta de trabalho foram: impacto na produção de alimento e agricultura familiar; problemas relacionados à disponibilidade de água de qualidade; geração de energia, desconforto térmico humano e perda da biodiversidade. Cada problemática foi relacionado aos setores presentes no Quadro 01. Depois, iniciou-se a elaboração de ações e medidas relacionadas aos problemas apontados, por exemplo: para o impacto na produção de alimento foi apresentado a proposta de implantação de quintais produtivos com base agroecológica e reutilização da água. Vale ressaltar que essa atividade já é desenvolvida e incentivada por diversos órgãos públicos, associações e organizações não governamentais. O que propomos aqui é entender e articular essa ação dentro do debate das mudanças climáticas, partindo da identificação dos setores responsáveis pela realização e dos serviços ecossistêmicos – SE prestados, bem como dos objetivos relacionados a mitigação e adaptação e a apresentação dos benefícios gerados direta e indiretamente.

Nesse trabalho, os SE são compreendidos como “as funções oferecidas naturalmente pelos ecossistemas, mantidas, aprimoradas ou restauradas por ação do homem, visando a conservação de condições ambientais adequadas para a vida no planeta” (BRASIL, 2007). Os serviços ecossistêmicos - SE prestados a partir das ações propostas e



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

suas funções ecossistêmicas (CONSTANZA *et al.*, 1997) foram apresentados com o objetivo de destacar o papel de tais medidas na busca por ambientes justos e saudáveis como.

Quando se propõem a implantação de quintais produtivos com base agroecológica e reutilização da água destaca-se os seguintes serviços ecossistêmicos: Regulação de gases, produção de alimentos, controle de erosão, formação de solo e polinização (COSTANZA *et al.*, 1997). Os serviços ecossistêmicos são oferecidos em diferentes intensidades a depender das dimensões, das características e das complexidades das áreas. Porém, é importante destacar que a soma das áreas destinadas à produção agroecológica, seja quintais e/ou espaços públicos ociosos, poderá representar uma área significativa da zona urbana e estará distribuída em toda área citadina.

É muito importante destacar quem serão os atores envolvidos na implantação de ações mitigadoras e adaptativas. Assim, é possível cobrar ações mais efetivas e permanentes dos responsáveis. Quanto ao papel mitigador e adaptativo de cada iniciativa, bem como os benefícios para o presente e para o futuro, é necessário compreender que estas medidas devem compor diferentes escalas. É necessário estabelecer e identificar metodologias de trabalho que possam mensurar e dimensionar o papel das atividades na prestação dos serviços ecossistêmicos e sua contribuição como mitigadora diante das MCG.

4. Considerações finais

As consequências advindas das mudanças climáticas poderão gerar grandes impactos negativos para o semiárido. Nesse contexto, é necessário pesquisar profundamente o tema e cobrar mais esforços e iniciativas do setor público e privado para mitigar e se adaptar as MCG em curso. É necessário contribuir com reflexões e estratégias relativas ao planejamento e gestão do território buscando ações mitigadoras e adaptações às mudanças climáticas considerando o curto, o médio, e o longo prazo.

O Quadro 03 apresenta um pequeno esboço reflexivo sobre mudanças climáticas, mitigação e adaptação para o semiárido. Com essa proposta fica evidente que, mesmo que os cenários mais críticos não se concretizem no futuro, os ganhos e benefícios para a sociedade e para o ambiente no presente são relevantes. A literatura acadêmica já aponta diversos problemas e impactos causados pelas mudanças climáticas, porém optou-se por utilizar algumas como exemplos para construir nossas primeiras reflexões sobre o tema, pois



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

o principal objetivo foi iniciar a elaboração da proposta direcionada a construção de caminhos para o enfrentamento às MCG e dos impactos regionais e locais. Assim, salienta-se que muitos impactos e problemáticas importantes não foram destacados no Quatro 3.

Se faz necessário realizar pesquisas utilizando metodologias diversas para avaliar e mensurar os serviços ecossistêmicos presentes nas ações apontadas, bem como avaliar o seu potencial de mitigar e adaptativo diante das mudanças climáticas globais. É preciso melhorar a proposta, incluir as metodologias utilizadas para mensurar os serviços ecossistêmicos.

O semiárido é marcado por particularidades, belezas e características que precisam ser cada vez mais estudada, documentada e considerada nas tomadas de decisão. A criação de rede de coleta de dados numéricos e subjetivos sobre as características climáticas, informar e capacitar a população para pensar, agir, propor e atuar frente aos caminhos adaptativos é de suma importância para a realização e efetivação do planejamento estratégico e participativo. Criar salas de situação permanente que façam parte de planos de estados, que possuam equipe capacitadas, especializadas e com base no serviço público/contínuo também é fundamental para a retroalimentação os caminhos adaptativos.

Buscar conhecer as estratégias já desenvolvidas no semiárido brasileiro e no mundo, articular ações e propostas adaptativas propostas por diferentes atores, alicerçando a troca de conhecimento, buscando o desenvolvimento de tecnologias sociais que contemplem a realidade do semiárido nordestino compõem os caminhos adaptativos necessários para enfrentarmos e aprendermos a conviver com a realidade futura gerada pelas mudanças climáticas globais.

Estima-se que as crises sanitárias e epidemias acontecerão com mais frequência como uma das consequências das mudanças climáticas globais. Assim, construir as reflexões apresentadas nesse trabalho durante a pandemia da COVID-19 e do caos que vive o Brasil atualmente apontou para o seguinte direcionamento: grandes crises exigem grandes mudanças. É hora de encarar as mudanças climáticas globais como assunto urgente, é hora de aceitar o convite do Gilberto Gil e ser “refloresta”.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

ARAUJO, M.; OMETTO, J.; SOARES, A. P. (Orgs.) **Impactos das mudanças climáticas no Brasil e caminhos para a sustentabilidade**. São José dos Campos, SP: Rede Clima, 2019.

ANGELOTE, *et. al.* **Mudanças climáticas e desertificação no Semi-árido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-árido; Campinas. SP, 2009.

ANGELOTTI, F.; SIGNOR, D.; GIONGO, V. Mudanças climáticas no Semiárido brasileiro: experiências e oportunidades para o desenvolvimento. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V.08, número especial IV SMUD,2015, p. 484-495.

BARBIERI, A. F.; VIANA, R.M. Respostas urbanas às mudanças climáticas: construção de políticas públicas e capacidades de planejamento. *In* OJIMA, R.; MARANDOLA JR. E. (Orgs.) **Mudanças climáticas e as cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social**. São Paulo: Blucher, 2013.

BARRY, R. G; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. Tradução: Ronaldo Cataldo Costa. 9º ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei 1667/07**. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_imp?idProposicao=360954&ord=1&tp=completa. Acesso em: 20 de abril de 2021.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, n. 387, p. 253-260, 1997.

DI GIULIO, G. M. *et. al.* **Eventos extremos, mudanças climáticas e adaptação no estado de São Paulo**. Ambiente e Sociedade, São Paulo, v. 22, ,2019.

GILBERTO GIL *feat.* BEM GIL E GILSON S. Refloresta. **Álbum Refloresta**. Gege Produções Artísticas. 2021.

IPCC: Climate change 2007: The physical Science basis. *In*: Contribution of working group I to the assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S. *et al.* (Eds.)]. Cambridge, UK, e New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007.

MILLER, G. T; SPOOLMAN, S. E. **Ecologia e sustentabilidade**. Tradução Ez2Trasnlate. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

PBMC. **Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Assad, E.D., Magalhães, A. R. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014a.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

NOBRE, C. A.; REID, J; VIEGA, A. P. S. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 2012. 44 p.

PBMC. **Base científica das mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014b.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnicas e tempo, razão e emoção**. 4 ed. 4 reimpr. São Paulo: Editora da USP, 2008.

SARAIVA, A.L.B.C. **O clima urbano de Mossoró(RN): o subsistema termodinâmico**. 2014. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SARAIVA, A. L. B. C. **A natureza cíclica do clima: uma leitura do ritmo climático no semiárido potiguar – Mossoró/RN**. Assú/RN. *No prelo*. 2020.

THOMAS, D. S. G., AND C. TWYMAN. 2005. Equity and justice in climate change adaptation amongst natural-resource-dependent societies. **Global Environmental Change** 15:115-124

TORRES, F.T.P; MACHADO, P. J. O. **Introdução à Climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

WISE, R. M., I. FAZEY, M. STAFFORD SMITH, S. E. PARK, H. C. EAKIN, E. R. M. ARCHER VAN GARDEREN, AND B. CAMPBELL. 2014. Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response. **Global Environmental Change** 28:325-336. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.002>.

YNOUE, R. Y. (Org) *et al.* **Meteorologia: noções básicas**. São Paulo: Oficina de Texto, 2017.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

RELAÇÕES ENTRE CLIMA E ENERGIA EM SÃO BENTO DO NORTE – RN E OSÓRIO – RS: IMPLICAÇÕES DO CAPITALISMO CLIMÁTICO NA PRODUÇÃO DO ESPAÇO

RAFAELA MARQUES DE SOUZA¹
LINDBERG NASCIMENTO JÚNIOR²

RESUMO

O presente artigo analisa a relação entre o clima, produção de espaço geográfico e a energia eólica. A análise compara a condição de que os municípios brasileiros de Osório – Rio Grande do Sul e São Bento do Norte – Rio Grande do Norte, mesmo sob dinâmicas climáticas distintas, estão submetidos ao mesmo processo de produção do espaço, notadamente impacta e valoriza o crescimento econômico através da implantação dos parques de produção eólica. Por conseguinte, a pesquisa está fundamentada na climatologia geográfica, geografia do clima e na teoria do capitalismo climático. Nesse sentido, os aspectos climáticos são interpretados a partir dos processos de apropriação da natureza pelo capital, que em última instância deve garantir transformações do fenômeno natural em mercadoria, sendo assim, tem-se o clima como produto socialmente construído. As evidências desse processo podem ser observadas em implicações que envolvem a instalação de parques eólicos, concentração de riqueza e dinâmica dos processos migratórios.

Palavras-chave: Energia eólica; Produção de espaço; Geografia do Clima.

ABSTRACT

This article analyzes the relationship between climate, production of geographic space and wind energy. The analysis compares the condition that two Brazilian cities of Osório - Rio Grande do Sul and São Bento do Norte - Rio Grande do Norte, even under different climatic dynamics, are subjected to the same process of production of space, notably impacts and values economic growth through the deployment of big wind farms. Therefore, the research is based on geographical climatology, climate geography, and the theory of climate capitalism. In this sense, the climatic aspects are interpreted from the processes of appropriation of nature by capital, which ultimately must ensure the transformation of natural phenomena into merchandise, thus, the climate is a socially constructed product. The evidence of this process can be observed in implications involving the installation of wind farms, concentration of wealth, and dynamics of migratory processes.

Keywords: Wind energy; Space production; Geography of Climate

¹ Graduanda, Laboratório de Climatologia Aplicada - LabClima, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail: rafaelamsouza00@gmail.com;

² Professor do Departamento de Geociências - GCN, Laboratório de Climatologia Aplicada - LabClima, UFSC. E-mail: lindberg.junior@ufsc.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

1. Introdução

Na ordem do desenvolvimento histórico, a ideia de clima sempre foi apresentada de forma inseparável das preocupações biológicas, sociais e produtivas, e sem dúvida esse princípio fundamentou grande parte dos processos de produção de energia. Podemos destacar, por exemplo, a primeira fonte de energia que é oriunda da radiação solar, quanto também a força mecânica dos ventos e da água, que estiveram sempre associadas à dinâmica e sazonalidade climática.

A análise geográfica do fenômeno climático torna-se assim integrada e embutida de lógicas econômicas e sociais, o que faz que sua apropriação auxilie sempre na constituição de territórios, quando é usado para caracterizar parte dos recursos naturais disponíveis e a instalação de sistemas de engenharias, e quanto também, para dimensionar os processos socioespaciais que estruturam e organizam o desenvolvimento dos lugares, enquanto produção do espaço.

É importante considerar que desde a publicação do Atlas de Potencial Eólico Brasileiro APEB, em 2001, uma diversidade de municípios brasileiros recebeu investimentos e incentivos fiscais para construção de parques de energia eólica. Na mesma medida, grandes áreas destes municípios foram destinadas para instalação dos aerogeradores.

As regiões Nordeste e Sul, em particular, foram valorizadas uma vez que as informações de potencial de energia apontam, respectivamente: 75,00 Gigawatt e 144,33 Terawatt-hora ao ano, 22,8 Gigawatt e 41,1 Terawatt-hora ao ano em torres de 50 metros.

Neste contexto, esse texto oferece uma discussão que valoriza fundamentalmente esses aspectos, que envolvem a relação clima e produção de energia eólica no Brasil. Assume-se para isso, os exemplos dos municípios de Osório - RS e de São Bento do Norte - RN que mesmo apresentando tipos e domínios climáticos diferentes, estão submetidos ao esse mesmo processo de produção do espaço.

Assim, o trabalho foi dividido em duas partes, sendo a primeira delas focada em climatologia geográfica, visto que os dados climatológicos pesquisados fundamentam a produção eólica nas cidades. Por conseguinte, tendo em vista está análise do clima nas regiões, focamos o olhar para a produção de espaço, sob a perspectiva da Geografia do Clima e da teoria do capitalismo climático.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

2. Procedimentos metodológicos

Para compreensão da relação entre energia eólica, clima e produção de espaço, foi utilizada uma análise comparativa, que segundo Fachin (2003, p. 40) consiste em investigar processos distintos e explicá-los segundo suas semelhanças e suas diferenças, seja de forma análoga ou desigual, já que o interesse parte de pelo menos um elemento em comum existente no fenômeno estudado.

Para além da comparação, valoriza-se também o encontro de particularidades e singularidades, como uma estratégia inclusive de compreender conflitos socioambientais e ajustes espaciais engendrados pelos agentes sociais locais. Já que para autor, “[...] podemos realizar pesquisas comparando sociedades cujo espaço seja separado por duas cidades longínquas, dentre os assuntos mais variados possíveis, dependendo, naturalmente, da formação e do objetivo do pesquisador” (FACHIN, 2003, p. 40).

Posto isso, os municípios estudados apresentam elementos distintos sendo estes inicialmente destacados através da caracterização climática. Neste aspecto foram coletados dados de temperatura, precipitação, para obtenção de médias e produção de gráficos, bem como velocidade dos ventos e a direção dos mesmos. Usando como fonte o site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e o *NASA Prediction of Worldwide Energy Resource*. Outrossim, o mapa anual de regionalização das chuvas na América do Sul e o Atlas de Potencial Eólica foram fundamentais para a análise de climatologia geográfica das regiões.

Para entender o clima de uma região é necessária a observação dos elementos e fatores ao longo de pelo menos trinta anos. Assim, através dos dados coletados e gráficos estáticos gerados, entendemos como a região funciona, qual o padrão de temperatura encontrado ali, períodos de chuva, entre outros tipos de análises.

Além disso, foram elaborados mapas com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia), ademais das respectivas receitas coletadas pelos municípios, possibilitando a criação de outros gráficos. Para além dos gráficos e mapas produzidos, também foram utilizadas notícias e reportagens referentes a implementação dos parques de energia eólica por todo o país, com enfoque nas regiões Sul e Nordeste. Com os dados coletados referentes a climatologia geográfica e informações sociais ligadas a produção do espaço, a comparação entre as cidades teve início.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

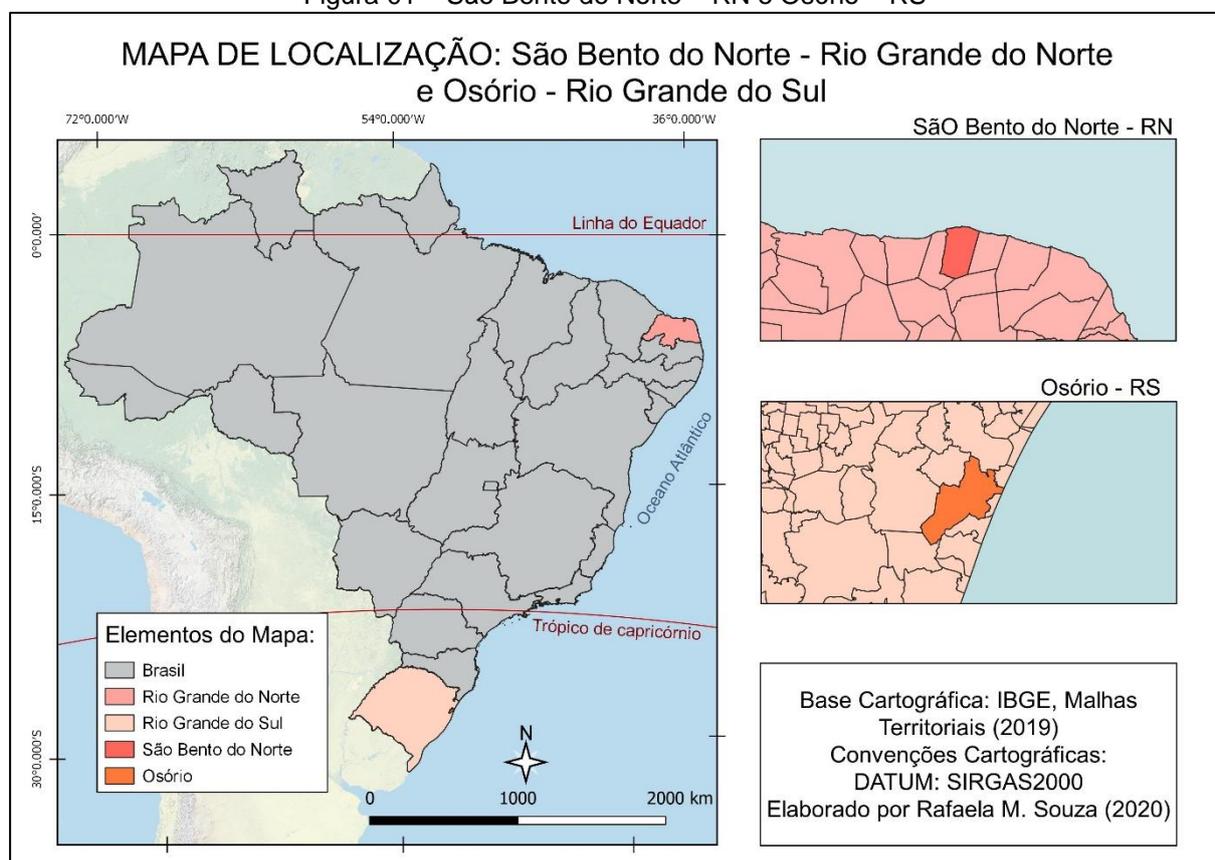
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3. Características climáticas de Osório e de São Bento do Norte

Como toda análise do clima, a articulação entre elementos e fatores do clima pode ser a estratégia inicial para o encontro das diferenças e similaridades climáticas dos municípios estudados. Neste aspecto, os municípios estão localizados em áreas muito opostas do território nacional (Figura 01), enquanto São Bento do Norte está situado nas proximidades da linha do Equador, Osório está situado nos domínios do setor sul.

Figura 01 – São Bento do Norte – RN e Osório – RS



Deste aspecto, pode-se considerar que São Bento do Norte apresenta índices de radiação mais altos que Osório, o que impacta diretamente nos regimes climáticos observados em ambos municípios, e suas diferenças climáticas básicas. Uma parte da dinâmica climática para ambos municípios pode ser exemplificada pela proposta de regionalização dos regimes pluviométricos (REBOITA, 2012; Figura 02).



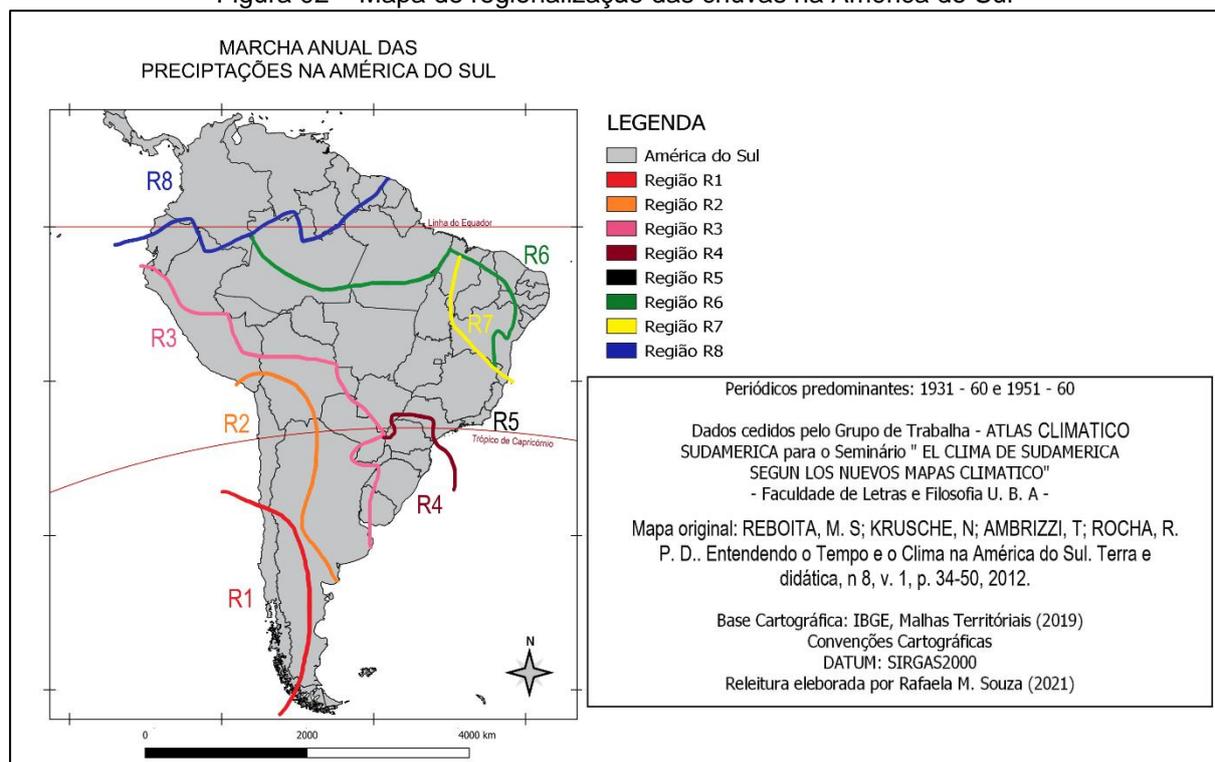
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Osório está situado na região R4 (área interna a linha de cor bordo), onde a precipitação anual é bem distribuída, e os índices pluviométricos elevados. Isso ocorre por que diferentes sistemas atmosféricos atuam na produção da chuva na região. Destacam-se: os sistemas frontais (por exemplo, a frente polar atlântica) que correspondem à zona de encontro entre duas massas de ar diferentes – o que favorece a formação de nuvens e chuva e associação com outros sistemas relacionados, como complexos convectivos de mesoescala, linhas de instabilidade, os sistemas convectivos alongados persistentes, vórtices ciclônicos de altos níveis, circulações de brisa e a zona de convergência do atlântico sul.

Figura 02 – Mapa de regionalização das chuvas na América do Sul



A região R6, onde se localiza o município de São Bento do Norte por outro lado, os máximos pluviométricos ocorrem no primeiro semestre do ano. O sistema atmosférico mais importante para dinâmica climática é a Zona de Convergência Intertropical, oriunda do fluxo convergente dos ventos alísios. Por conseguinte, no verão e outono, este sistema atmosférico



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

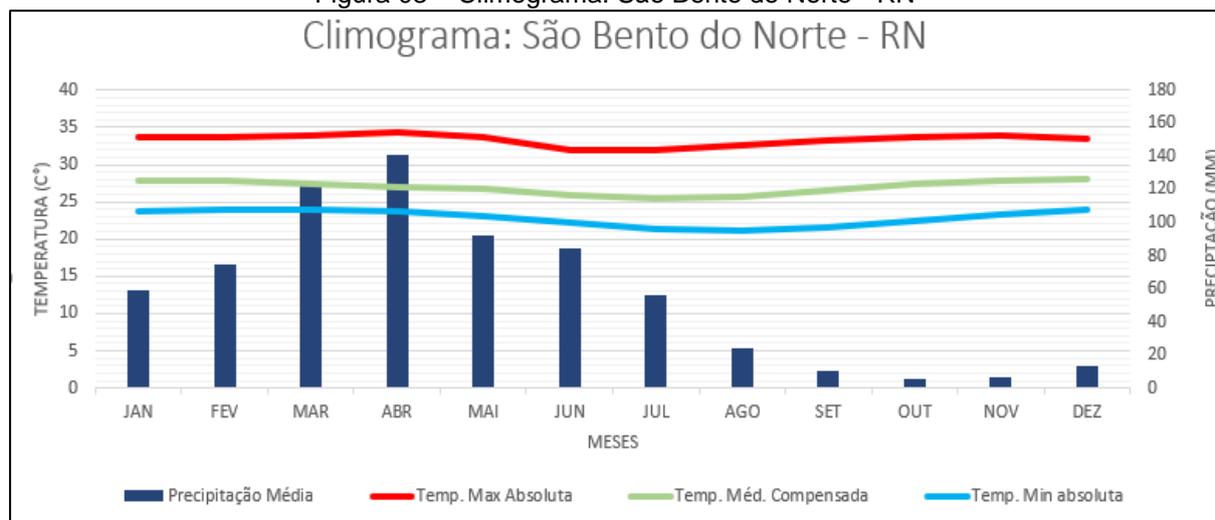
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

atinge sua posição mais sul da região, e propicia a estação chuvosa, e no resto do ano a ZCIT migra para o hemisfério norte, reduzindo as precipitações em todo setor norte do Brasil.

As informações a respeito dos sistemas atmosféricos presentes nas regiões são extremamente importantes, visto que as duas áreas são impactadas por diferentes sistemas. Por isso, observa-se a estabilidade de temperaturas (máximas e mínimas) no Rio Grande do Norte praticamente em todo ano, sendo levemente diminuída nos meses de junho, julho e agosto. Já em Osório, o regime térmico é mais marcado sazonalmente, e corresponde a própria característica subtropical do clima (Figura 03 e 04).

Figura 03 – Climograma: São Bento do Norte - RN



Fonte: Souza (2020)

O Climograma de São Bento do Norte (Figura 03) sintetiza esse regime, e apresenta correspondência regional uma vez que o primeiro semestre do ano apresenta os maiores índices pluviométricos, sobretudo, nos meses de janeiro a junho. O mesmo vale para a temperatura na cidade, que se manteve alta durante todo ano. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, São Bento do Norte é considerada AW, ou seja, com clima tropical com inverno seco. A velocidade média dos ventos apresentada na altura de 10 metros é em torno de 7 km/h, e a direção habitual é oriunda do quadrante leste.

Por outro lado, o Climograma de Osório (Figura 04) apresenta índices de 10 a 160 mm mensais, concentrando-se ligeiramente sobretudo em setembro e outubro. Essa variação,



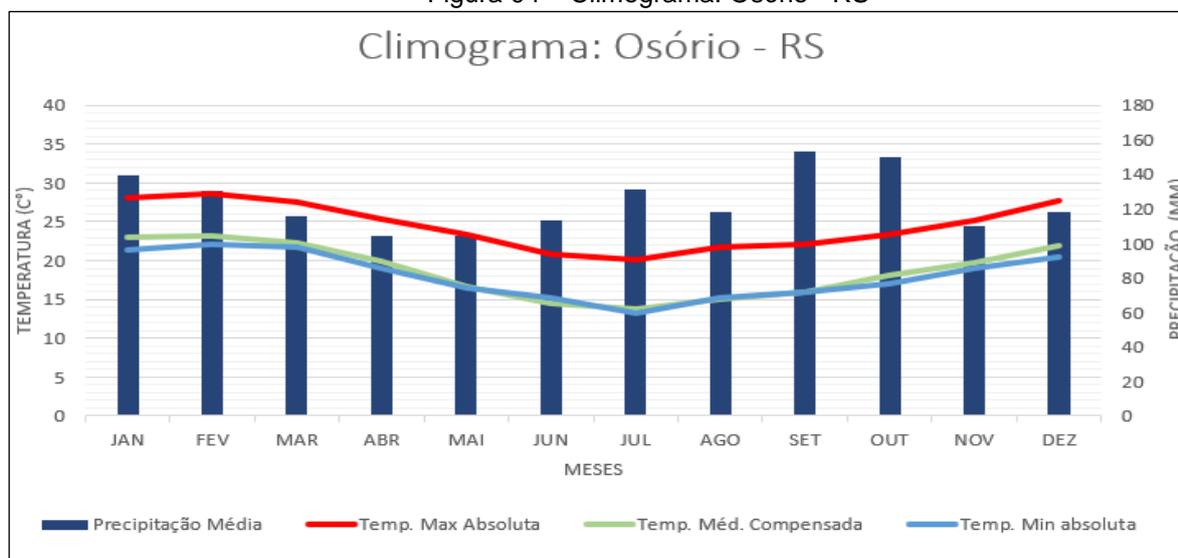
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

pode ser associada à entrada da Frente Polar Atlântida, que são mais vigorosas nesses períodos do ano. De outro modo, é o regime térmico que apresenta importante variação, sobretudo nas com as temperaturas baixas no inverno.

Figura 04 – Climograma: Osório - RS



Fonte: Souza (2020)

De acordo com a classificação de Köppen e Geiger, Osório é considerado, Cfa - Clima subtropical, com verão quente. A velocidade média dos ventos - na altura de dez metros - é aproximadamente 14/km por hora, e a direção dos ventos, mais frequente durante o ano é leste.

Observa-se assim, que pelo menos do ponto de vista climático, os dois municípios são diferentes. Mas todas essas características, podem ser sintetizadas com base no Atlas de Potencial Eólico Brasileiro (APEB, 2001) em que Osório e São Bento do Norte são também classificadas com importante potencial eólico (Figura 05).

Destaca-se também, que a diante da tecnologia atual já é possível a construção de torres de 100 metros, como a velocidade dos ventos nessa altitude é superior e conseqüentemente, produzirá mais energia eólica. É provável que essas áreas ainda possam ser submetidas a processos de ampliação de seus parques eólicos. E para além do reconhecimento dos elementos e fatores, é deste ponto, que não se pode excluir da análise do clima os processos socioespaciais que transformaram estes lugares em espaços da produção.

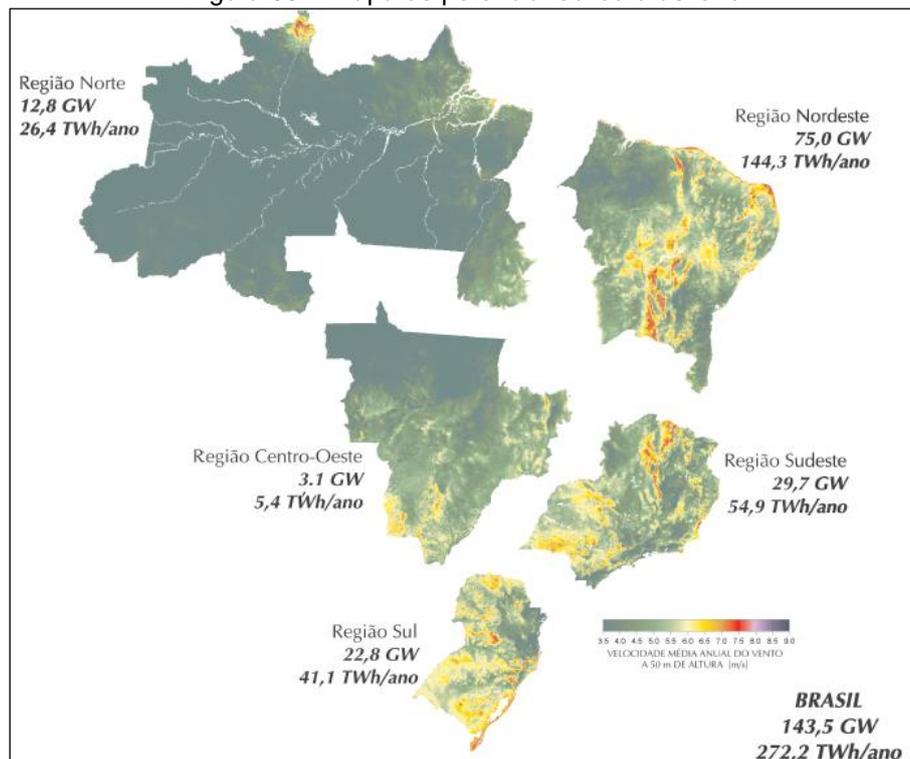


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 05 – Mapa de potencial eólico brasileiro



Fonte: Atlas de Potencial Eólico Brasileiro, CEPEL (2001)

5. O capitalismo climático e a apropriação do clima de Osório e São Bento do Norte

O modo de produção capitalista territorializa distintas formas de uso e ocupação do espaço, definidas por uma lógica que não atende aos critérios técnicos do desenvolvimento (ou sociedades) sustentáveis (SANT'ANNA NETO, 2001). Portanto, na perspectiva da Geografia do Clima, são lógicas econômicas os fatores que integralizam a relação clima, energia e espaço na histórica, e que atualmente tem sido encaminhado pelo capital investido nas cidades. Mas esse investimento não é aleatório, ele depende de todas as características geográficas que o lugar dispõe.

Neste sentido, todo impacto do clima é desigual e organizado estrategicamente, visando a maior acumulação possível de capital. É compreender que para além de uma média estatística, o clima possui dimensões sociais, políticas, econômicas e culturais que se diferem no tempo e no espaço (ZANGALLI JR, 2020).

No caso de Osório e São Bento do Norte essa realidade absorve todas as demandas engendradas no contexto global da produção da energia. O potencial eólico é o artifício para



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

que a produção de espaço aconteça, sendo legitimada também uma das faces do desenvolvimento e do progresso. A título de exemplificação, as notícias veiculadas nas mídias regionais (Figura 06) evidenciam esse apoio, e indica também como os municípios estariam aptos para receber tais investimentos. Em grande parte destes discursos, essa legitimidade é também construída com auxílio de informações estatísticas e sociodemográficas, para além das características naturais e climáticas.

Figura 06 – Notícias sobre os investimentos em energia eólica no Brasil

<p>Parque eólico de Osório começa a gerar energia, em caráter experimental, entre o final de março e o início de abril</p> <p><small>Publicação: 19/02/2006 às 15h46min</small></p>	<p>Aprueban la financiación de 26 parques eólicos en Brasil</p> <p><small>Domingo, 18 de diciembre de 2011</small></p> <p><small>La Junta directiva del Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social aprobó el financiamiento para 26 parques eólicos a construir en el estado de Rio Grande do Norte, por un total de 973 millones de dólares (740 millones de euros), destinados a cuatro proyectos diferentes, cuya capacidad total instalada será de 628,8 MW y requerirá una inversión total de 1.400 millones de dólares (1.067 millones de euros).</small></p> <p><small>Los proyectos favorecidos por esta decisión son Unión de los Vientos, Proyecto San Benito, Ala Blanca, y DESA Cerro de los Vientos. Unión de los Vientos es un emprendimiento compuesto de diez parques eólicos, que se instalarán en los municipios de Pedra Grande y San Miguel, y tendrá una capacidad instalada de 160,6 MW y sistema de transmisión asociado. El financiamiento del BNDES será por 301 millones de dólares (228,8 millones de euros), equivalente al 73,9% de las inversiones totales de 408 millones de dólares (310 millones de euros).</small></p>
<p>Fonte: Site, Estado RS (2006)</p>	<p>Fonte: Site Energías Renovables (2011)</p>

Esse argumento é ainda mais consistente, considerando-se o impacto da inserção das empresas de energia eólica nos dois municípios, que em Osório isso aconteceu a partir do ano de 2006 e em São Bento do Norte em 2011, e também no aumento significativo das receitas – impostos cobrados no município - realizadas pelas cidades. A bem verdade, o aumento das receitas e arrecadação sugeriu também maior oportunidade de emprego, e consequentemente impactou na escala e na proporção das receitas após a inserção da energia eólica (Figura 07).

Cabe destacar também que as construções dos parques eólicos em Osório tiveram fim em 2012, e atualmente o município atende pelo título de maior parque da América Latina (com 150 aerogeradores de 2 Megawatts - MW), e o segundo maior produtor de energia eólica do Brasil. Por consequência, a produção de espaço foi complementada com diversas construções estruturais e urbanas, somando-se aos processos migratórios, que tornam “Osório, a cidade dos bons ventos” (slogan apresentado para fomentar o progresso associado aos parques eólicos).

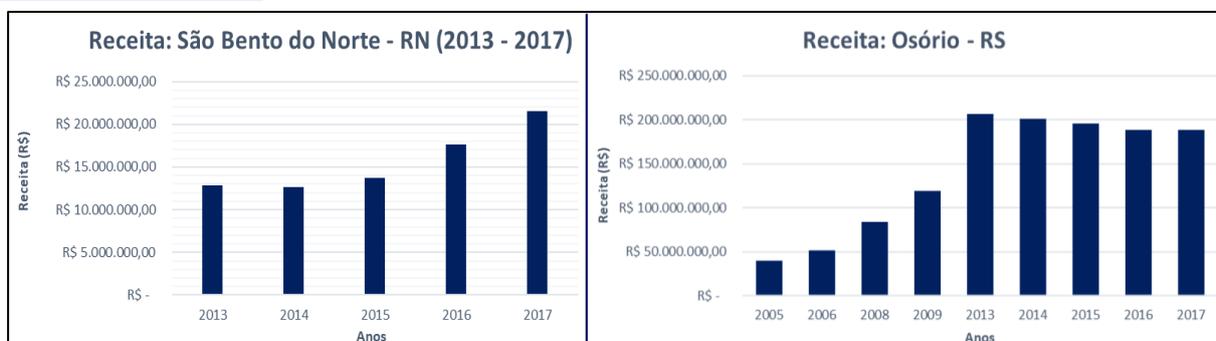
Figura 07 – Gráfico de Receitas, São Bento do Norte – RN e Osório - RS



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021



Fonte: Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia

Já em São Bento Do Norte, a instalação dos parques eólicos foi finalizada em 2019, e atualmente contam com 86 aerogeradores com potência total de 180,6 Megawatts (MW). O parque de São Bento do Norte se estende a cidade vizinha Pedra Grande, e desde que se tornou 100% operacional, atrai olhares estrangeiros, como a empresa “Elecnor”, de origem espanhola que pretende investir 1 bilhão de reais na cidade. Além do grande marketing presente, a inserção do parque impactou na criação de novos empregos no município, visto que a construção urbana demanda trabalho físico e diversos profissionais.

O que se pode inferir é que existem diversas diferenças entre os municípios, mas o fator em comum entre eles – a apropriação do clima para produção de energia eólica – é o que mais marca a forma controlada e organizada estrategicamente de construir o clima como um produto.

O sentido é que na relação clima – energia, o fenômeno natural torna-se um dado, um objeto que foi submetido à uma transformação apropriada e que deve resultar em outro produto, mais rentável e adaptável. O estudo do clima, seguido do potencial eólico, antecede a construção de parques eólicos, e define as áreas dos municípios prioritárias para produção sua instalação. Nesse processo, os proprietários fundiários são os primeiros a obter os principais benefícios (bônus) da apropriação do clima. O esquema apresentado na Figura 08 resume esse argumento.

Figura 08 – Esquema da produção do espaço sob o capitalismo climático

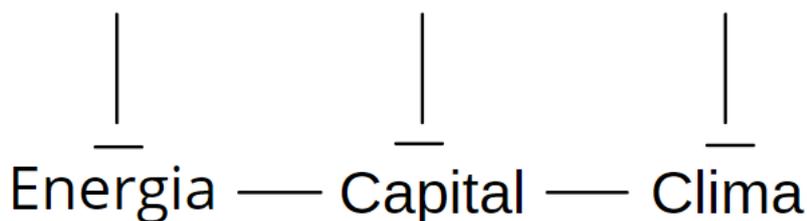


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Produção de Espaço Geográfico



Fonte: Rafaela M. Souza (2020)

Vale ressaltar, que esse processo não é exclusivo ou singular à produção de energia. Isso por que outros lugares terão outros atributos e qualidades que podem auxiliar os agentes sociais hegemônicos a construir seus projetos de sociedade.

Por exemplo, na cidade de Gramado – RS o capitalismo climático opera construindo a ideia de que as temperaturas baixíssimas, que causa a solidificação da umidade presente no ar, e gera geada e neve, está totalmente associada com a prática turística. Neste sentido, enquanto os agentes hegemônicos usam os tipos de tempo frio para construir Gramado como uma cidade turística, o mesmo tipo de tempo impacta sistematicamente os pequenos agricultores em cidades vizinhas.

Trata-se então de partir de uma concepção capitalista da relação entre sociedade e natureza o clima pode ser considerado como 1) atributo de desorganização do espaço por meio das manifestações excepcionais 2) insumo no processo produtivo passível de ser otimizada ou minimizada pelo processo de produção 3) como uma mercadoria produzida e consumida de modos distintos devido aos seus diferentes níveis de inserção no processo de mundialização do capital. (ZANGALLI JR, 2020, p. 300).

6. Considerações finais

É inegável reconhecer que o clima é parte integrante da natureza, e que ele pode ser adaptado e produzido pelos seres humanos. Na sociedade atual, mais do que os definir a partir de parâmetros físico-naturais é também importante reconhecer quem comanda e organiza sua produção, além de poder ser usado para desigualizar e/ou operado como instrumento estratégico e geopolítico.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Os argumentos apresentados nestes textos foram orientados para apresentar essa problemática, que para além das características climáticas estáticas e dinâmicas, que são importantes para análise geográfica do clima, é importante também adentrar sua relação na produção de espaço. Basicamente, essa ideia foi construída a partir da energia eólica, e como ela tem sido utilizada para desenvolver Osório e São Bento do Norte.

Esses municípios acolhem características funcionais para apropriação do clima pelo capital, o que por sua vez, define grande parte das lógicas econômicas locais e consequentemente, controla em questões sociais (concentração da riqueza e migrações). De todo modo, essa análise não estaria consistente sem considerar a importância da energia na divisão territorial do trabalho.

Assim, conclui-se que o capitalismo climático é uma das formas de produção desses espaços. E mesmo que o clima dos municípios seja distinto, o modo de produção é suficiente para engendrar processos de apropriação, ajustes e controle que atenda a necessidade de geração e acumulação de capital.

5. Referências

- AMARANTE, OAC do *et al.* **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: MME, 2001.
- EMBRABA, **Classificação dos Climas**, 2020. Disponível em: [https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm#:~:text=Am%20%2D%20Clima%20tropical%20%C3%BAmido%20ou,pelos%20totais%20elevados%20de%20precipita%C3%A7%C3%A3o](https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm#:~:text=Am%20%2D%20Clima%20tropical%20%C3%BAmido%20ou,pelos%20totais%20elevados%20de%20precipita%C3%A7%C3%A3o.). Acesso: 05 novembro 07 de 2020 às 13h e 59 min.
- FACHIN, Odília. Fundamentos de metodologias. **Saraiva Educação SA**, 2001.
- GRIMM, A. M. **Meteorologia – Notas sobre a aula**, capítulo 4, 1999. Disponível em: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>. Acesso: 05 novembro de 2020 às 17h e 52 min.
- HARVEY, David. O espaço como palavra-chave. **GEOgraphia**, v. 14, n. 28, p. 8-39, 2012
- IBGE, **Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia** cidades, Rio Grande do Norte, São Bento do Norte, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/sao-bento-do-norte/panorama>. Acesso: 05 novembro 07 de 2020 às 13h e 59 min.
- IBGE, **Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia**, cidades, Rio Grande do Sul, Osório, 2020, Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/sao-bento-do-norte.html>. Acesso: 05 novembro 07 de 2020 às 13h e 59 min.
- MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e clima do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

MONTEIRO, C. A. F. Capítulo 3. As peças do jogo do tempo In: O tempo e clima. **Fundação brasileira para o desenvolvimento e ensino de ciências**. EDART. São Paulo, p. 29 - 37.

REBOITA, M. S; KRUSCHE, N; AMBRIZZI, T; ROCHA, R. P. D. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terra e didática**, n 8, v. 1, p. 34-50, 2012.

SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. AMORIM, MCCTA; SANTANNA NETO, JL MONTEIRO, A.(orgs.). **Climatologia Urbana e Regional**: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo. Outras Expressões, p. 75-91, 2013.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do Clima-antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, v 2, n. 17, 2001. Disponível em: <http://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/terralivre/article/view/339>. Acesso: 20 novembro de 2020 às 18h e 47 min.

ZANGALLI Jr, P.C. A natureza do clima e o clima das alterações climáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A NATUREZA DAS CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS: UMA REFLEXÃO CRÍTICA DAS PROPOSTAS ELABORADAS PARA A REGIÃO SUL DO BRASIL

EMILLY LAIS PEREIRA¹
LINDBERG NASCIMENTO JÚNIOR²

RESUMO

O objetivo é fomentar um debate crítico acerca dos modelos de classificações climáticas da Região Sul do Brasil. Parte-se de uma revisão bibliográfica que valorizou as principais contribuições para a caracterização da pluviométrica na região, considerando sobretudo o enfoque estático e dinâmico, os conceitos utilizados, os critérios admitidos e os produtos cartográficos sínteses. Desse contexto, debate-se sobre a necessidade incorporar, nas futuras classificações climáticas, os processos socioespaciais enquanto princípio de ir além dos valores e limites abstratos. A contribuição também oferece possibilidades para compreender que, apesar dos avanços técnico-científicos e sofisticação instrumental, as classificações ainda revelam inconsistências para admitir o sistema climático em sua totalidade. Isso significa afirmar que o um dos desafios das classificações climáticas atuais está em representar o clima da Região Sul a partir dos impactos concretos.

Palavras-chave: Classificação climática; Geografia do clima; Região Sul.

ABSTRACT

Fostering a critical debate about the models of climatic classifications in the Southern Region of Brazil, we used a bibliographic review that valued the main contributions to the characterization of rainfall in the region. We especially focus on the static and dynamic climatology approach, the concepts, criteria and cartographic products syntheses. The debate open fronts to incorporate socio-spatial processes as a principle of going beyond abstract values and limits on next climatic classifications. The contribution also offers possibilities to understand that, despite advances of technical-scientific and instrumental sophistication, the classifications still reveal inconsistencies to admit the climate system in its entirety. This means stating that one of the challenges of the current climate classification is to represent the climate of the South Region from the concrete impacts.

Keywords: Climate classification; Geography of climate; South region.

1. Introdução

A preocupação com a regularidade do clima é uma necessidade que remonta desde épocas pretéritas, seja para a organização social das relações sociedade-natureza, seja para

¹ Graduanda, Laboratório de Climatologia Aplicada – LabClima (UFSC), emylais@gmail.com

² Professor do Departamento de Geociências - GCN, Laboratório de Climatologia Aplicada – LabClima (UFSC), lindberg.junior@ufsc.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

a produção dos espaços urbanos e rurais. Por isso a participação do clima como insumo primário de energia na Terra, assume tanto a regulação de processos inerentes aos sistemas naturais, configurados no espaço e no tempo, quanto possibilidades de sua apropriação pelos agentes sociais.

Neste sentido, mesmo que do ponto de vista de sua ocorrência, a incidência dos fenômenos climáticos não pressuponha uma restrição espacial, ao se especializarem na superfície terrestre eles podem se tornar altamente perversos em termos de efeitos e impactos. Assim, longe de se constituírem meros agentes naturais, os fenômenos climáticos são indicadores que revelam uma parte das formas-conteúdo do espaço produzido (ARMOND *et al*, 2017, p.7).

É deste debate que reside a necessidade de se incorporar a dimensão socioespacial na interpretação do clima. O sentido é que a compreensão dos elementos do clima deve considerar os valores, os limites, a gênese, a distribuição espaço-temporal e as repercussões dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre. Isso significa considerar também os territórios, definidos e organizados conforme a ação dos agentes sociais, segundo suas intencionalidades, meios de dominação e diversidade de conflitos (SANT'ANNA NETO, 2001).

É a partir dessa compreensão que se levanta a necessidade superar o sentido puramente quantitativo do fenômeno climático, compreendendo o espaço geográfico em sua produção contraditória e desigual. Realizar uma transformação qualitativa e politizadora dessa interpretação então, torna-se possível a partir da realidade concreta e da ordem espacial do fenômeno climático (ARMOND *et al.*, 2017).

A Região Sul, em sua diversidade de climas, apresenta um quadro importante para fomentar esse debate. A bem verdade, muitas propostas de classificação climática para a região foram elaboradas, compreendendo abordagens estáticas, sintéticas e dinâmicas, que partem tanto de valores médios, da variabilidade e da gênese, quanto também das condições sinóticas e dos tipos de tempo.

Este trabalho em particular, pretende fomentar um debate crítico acerca da natureza das classificações climáticas para a Região Sul do Brasil, com o interesse de contemplar as principais contribuições associada aos principais sistemas atmosféricos produtores de instabilidades atmosféricas na área de estudo. O interesse é identificar os limites dessas classificações climáticas, valorizando a distribuição espaço-temporal da precipitação para



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

além da concepção de um fenômeno estritamente natural, dimensionando-a no escopo da abordagem da Geografia do Clima.

Neste sentido, são inicialmente descritas as metodologias, critérios, conceitos e produtos sínteses das propostas que se enquadram em abordagens estáticas, sintéticas e dinâmicas mais convencionalmente utilizadas, para enfim tecer sobre as possibilidades de incorporar os processos socioespaciais em propostas futuras.

2. Metodologia

O desenvolvimento do trabalho foi realizado a partir de uma análise bibliográfica de cunho qualitativa e exploratória de trabalhos em periódicos, livros acadêmicos, bibliotecas virtuais e na base de dados das plataformas virtuais de pesquisa acadêmica (*Google Scholar*), que tinham como objetivo propor uma caracterização climática para Região Sul.

Para este trabalho, são apresentadas cinco propostas que abrem a possibilidade de debate importante, sendo: a classificação climática de Koppen-Geiger elaborada por Wrege *et al.* (2012); a proposta sintética dos tipos de tempo anuais desenvolvida por Dubreuil *et al.* (2018); a classificação da participação dos sistemas atmosféricos e dos tipos de tempo conforme Monteiro (1968); a classificação a partir da sazonalidade dos fluxos atmosféricos e da macha sazonal das precipitações segundo Nimer (1989); e da similaridade dos regimes de precipitação apresentada por Grimm (2009).

Para análise, foram identificados os principais critérios de classificação, levando em consideração o conceito de clima admitido pelos autores/as, os limites espaço-temporais adotados, os elementos e fatores que oferecem de diferenciação regional e os produtos cartográficos síntese.

3. Das propostas de classificação de base estática e sintéticas

O objetivo de toda classificação é fornecer, uma síntese suficientemente eficiente e explicativa para a compreensão dos padrões e variações dos climas e dos tipos de tempo nos lugares. Geograficamente, esse processo indica designar e produzir um conhecimento orientado para desenvolver as sociedades, sendo muito utilizadas na gestão e planejamento territorial e regional, como também, como para a análise ambiental e dos sistemas naturais.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Não à toa, existe uma estreita relação entre as diversas concepções de clima na história e as suas diferentes abordagens rebatem diretamente nas representações dos tipos climáticos e, sobretudo, na realização das classificações. O sentido é de que a partir organização dos dados climáticos e dos tipos de tempo em sua sucessão habitual, orienta-se a necessidade de sintetizar e agrupar aspectos similares, o que por sua vez resulta na elaboração de tipologias climáticas, sendo que a principal finalidade é a “[...] obtenção de um arranjo eficiente de informações em uma forma simplificada e generalizada” (AYOADE, 2010, p. 224).

Na Região Sul, por exemplo, as principais características que distingue seus climas em relação às outras regiões do Brasil, é a maior regularidade na distribuição anual da pluviometria (entre 1.250 e 2.000 mm), associada à baixas temperaturas no inverno, e o regime térmico com acentuada variabilidade espaço-temporal, caracterizado com médias que variam entre 14°C e 22°C, mas que podem cair para cerca de 10°C nas áreas mais elevadas (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 178).

Isso por que, localizada entre as latitudes médias (22°30' S e 33°45' S) ao sul do Trópico de Capricórnio, a Região Sul apresenta um gradiente latitudinal importante da insolação, configurando ritmos sazonais marcadamente subtropical nos setores sul, e tropicalizados no Norte. Essa característica, típica de climas transicionais, organiza, nos setores norte, climas mais quentes e úmidos, passando por climas mais frescos e umidificados nos setores setentrionais, e nos setores ao sul, o predomínio de climas com estações térmicas mais definidas (MONTEIRO, 1968; NIMER, 1989; GRIMM, 2009).

Para além da importância da radiação, todo clima também é influenciado pelo relevo (Figura 01), que por ser extremamente heterogêneo¹, organiza a orientação dos principais sistemas atmosféricos promove os principais contrastes nos regimes térmicos e pluviométricos, implicando inclusive como fator primordial para diferenciação climática (MONTEIRO, 1968; NIMER, 1989; GRIMM, 2009; REBOITA *et al.*, 2012).

Deste contexto, a classificação de Köppen-Geiger, comumente utilizada para definir limites climáticos com a combinação de dados de temperaturas, precipitações e

¹ A região compreende altitudes que variam desde o nível do mar em sua costa leste, chegando até 1.818 metros acima do mar nas serras, no setor continental.

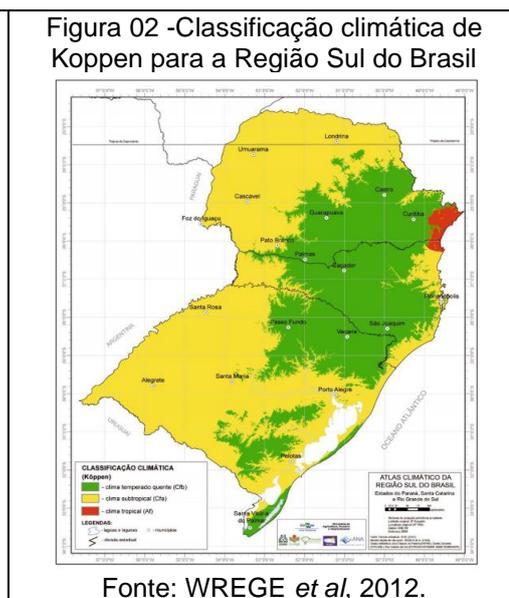
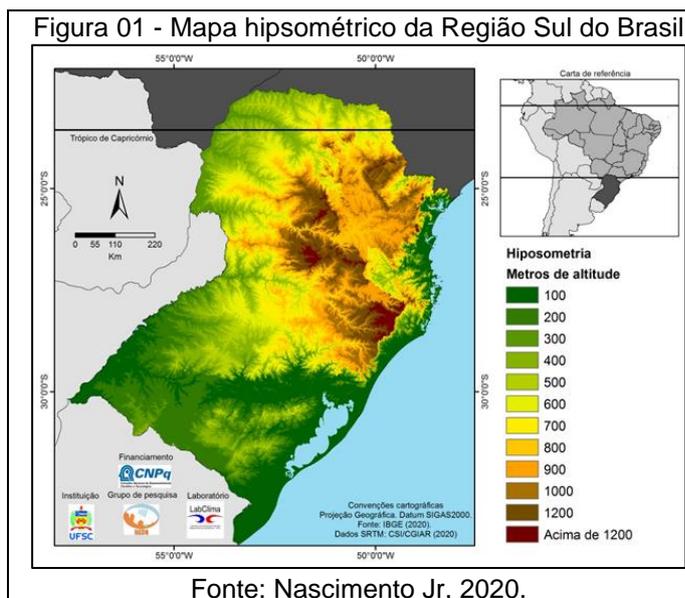


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

evapotranspiração médias mensais, representa de forma muito importante essas primeiras características do clima da região (Figura 02).



Para Wrege *et al.* (2012) a Região Sul apresenta pelo menos três tipos principais: o Cfa, o Cfb e o Af. O tipo Cfa, ocorre entre o setor oeste e no sentido norte-sul, compreendendo domínios dos climas subtropical, cujo a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média do mês mais quente maior que 22°C. O tipo Cfb é estabelecido nos setores centro-leste, nas áreas de maiores altitudes, e refere-se às características de clima temperado, com temperatura média do mês mais frio menor que 18°C e a temperatura média do mês mais quente menor que 22°C. E o tipo Af, é restrito no setores nordeste, sobretudo no litoral do estado do Paraná, que compreende o clima tropical (Figura 02).

Partindo desse debate, Dubreuil *et al.* (2018) elaboraram a proposta de caracterização dos Tipos Anuais de Climas (TCA), considerando cada ano de forma independentemente para observar a variabilidade do clima. Para isso, os autores utilizam os mesmos critérios da classificação de Köppen-Geiger, e destacam que a vantagem é estabelecer as frequências de TCA no contexto da dinâmica regional, indicando o caráter sintético da variabilidade interanual (Figura 03)



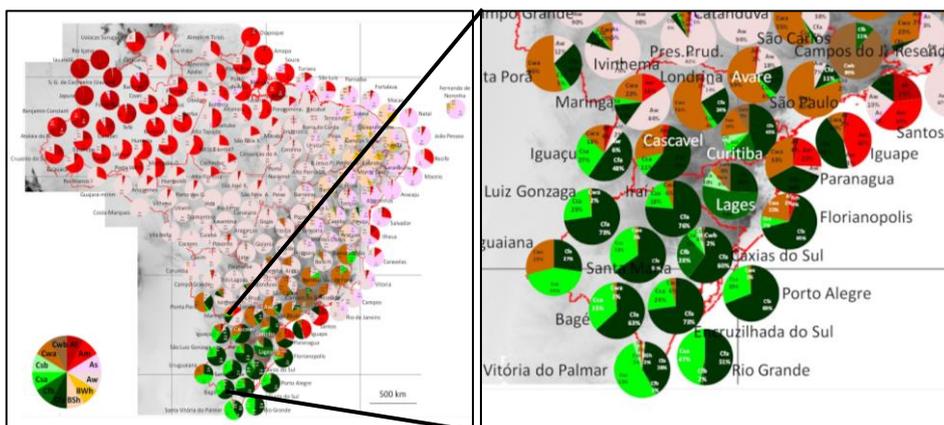
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Dubreuil *et al.* (2018) identificaram que para $\frac{1}{4}$ (um quarto) das estações estudadas, o tipo médio da classificação do Koppen-Geiger não era o mais frequente (Figura 03, destaque). Observaram também que nos setores norte, notadamente no estado do Paraná, são encontradas as maiores variações de TCA por estação, enquanto nos setores sulas variações sazonais da TCA são menores. Esse caráter indica consistência típica de climas de transição.

Figura 03 - Frequências dos Tipos de Climas Anuais no Brasil (1961-2015). Destaque para a Região Sul



Fonte: DUBREUIL *et al.*, 2018. Adap. Autores.

A aplicação da classificação de Koppen-Geiger com seu caráter evidentemente pedagógico, justifica sua ampla utilização, sobretudo, em trabalhos que não se restringem à climatologia geográfica (DUBREUIL *et al.*, 2018). No entanto, destaca-se a insuficiência de admitir a média para explicar os elementos do clima em uma abrangência espacial mais ampla e diversificada. Destituída da realidade, essa medida se reduz a uma abstração, desconsiderando extremos, frequência, duração (tempo) e amplitude em termos espaço-temporais em sua totalidade (SORRE, 2006 [1934], p. 90).

É deste sentido, que se pode valorizar outras propostas de classificação climática, sobretudo as que focam no caráter genético e dinâmico dos sistemas atmosféricos produtores de tempo, para além da atribuição dos valores médios e de sínteses.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Propostas de classificação de base dinâmica e genética

Uma das propostas clássicas de classificação climática na abordagem dinâmica para Região Sul, foi elaborada por Monteiro (1968). Neste modelo, o autor elaborou articulações escalares do clima, associando a atuação das massas de ar aos mecanismos de desenvolvimento frontal, que tem suas gênesis no choque de grandes discontinuidades que atravessam a região – tradicionalmente entendidas enquanto correntes perturbadas (MONTEIRO, 1968, p.116).

Em síntese, a dinâmica habitual das massas de ar atuantes sobre a região, dá origem a Frente Polar, e esse sistema se constitui como resultado do encontro entre massas de ar com diferentes propriedades que, sendo o principal sistema dinâmico que qualifica a ampla variação anual decorrente das oscilações espaço-temporais dos elementos climáticos (MONTEIRO, 1968, p.124). Nesse caso, regulados pela circulação regional, a dinâmica espaço-temporal dos elementos climáticos estaria sujeita à organização espacial dos fatores geográficos.

A explicação das grandes diversidades de tipos de tempo e da variabilidade climática na região é consistente, na medida em que, as condições de frontogênese (FG) dos sistemas frontais, sobretudo, da Frente Polar Atlântica (FPA), seria configurada a partir do encontro da Massa Tropical Atlântica (mTa) com a Massa Polar Atlântica (mPa). Desse modo, o autor caracteriza quatro momentos do movimento atmosférico na Região Sul, a fim de estabelecer a dinâmica da ciclicidade e as condições climáticas em fases de: Transição, Prenúncio, Avanço e Domínio, respectivamente (Figura 04).

Esse movimento é caracterizado principalmente pela diferença do gradiente barométrico entre a Polar Velha (mPv) – massa de ar tropicalizada, que tem suas características modificadas ao se estabelecer sobre o continente – e a mPa. Assim, o avanço da massa polar condiciona um aquecimento pré-frontal, configurando uma frente quente e/ou ondas de calor, e até mesmo bloqueios atmosféricos.

As bruscas mudanças de vento, soprando com maior intensidade do quadrante sul anunciam o avanço da Frente Fria, ocasiona instabilidades, além de possíveis sistemas associados, como: linhas de instabilidade, sistemas de mesoescala, vórtices ciclônicos, etc. E após a passagem da FPA, com domínio da massa polar, são característicos os tipos de tempo estáveis, com diminuição da umidade e predominância de ventos do quadrante sul, até



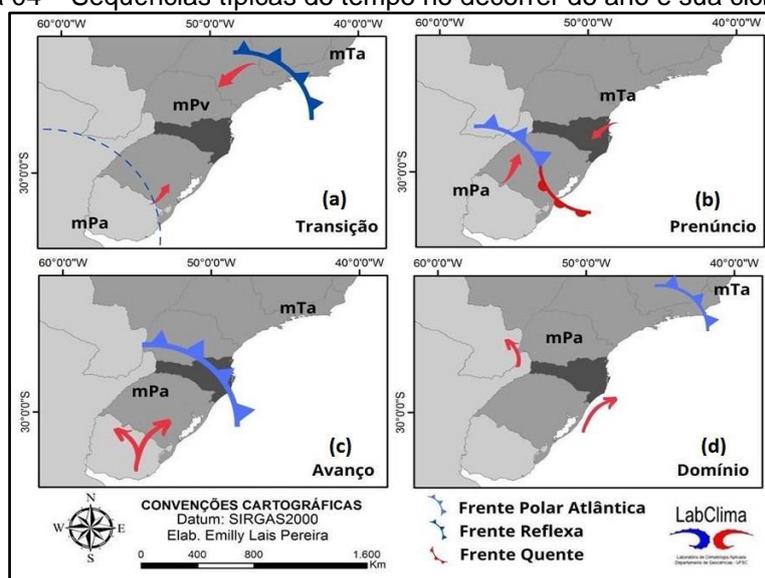
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

que o processo de insolação modifique a mPa a ponto de perder suas características, iniciando um novo ciclo (MONTEIRO, 1968, p.135). A partir desta ciclicidade Monteiro (1968) salienta que, quanto ao regime pluviométrico, as chuvas são abundantes no decorrer de todo o ano, e cerca de mais de dois terços do seu território não se distingue um período seco, isto é, a Região Sul é efetivamente a região mais úmida do país.

Figura 04 – Sequências típicas do tempo no decorrer do ano e sua ciclicidade.



Fonte: Monteiro (1968, p.131).

E para além da difícil representação cartográfica, uma vez que para Monteiro (1968) mais do que oferecer uma expressão numérica espacial (que poderia indicar a concepção rígida e estática dos valores), é mais importante partir dos controles e dos domínios das massas de ar na constituição dos tipos de tempo, ou extrair valores relativos – como índices de participação de massas de ar (MONTEIRO, 1968, 154).

Em outro momento, Nimer (1989) parte para integração de processos quantitativos e da marcha anual das chuvas, associado a dinâmica e os fluxos atmosféricos. Para o autor, a significativa homogeneidade pluviométrica em relação às outras regiões do país ocorre principalmente pelo domínio exclusivo e quase absoluto de um clima mesotérmico do temperado.

No que tange a distribuição anual das chuvas, Nimer (1989, p. 214) aponta que em nenhuma época do ano elas não se fazem ausentes por muitos dias - sejam as chuvas leves



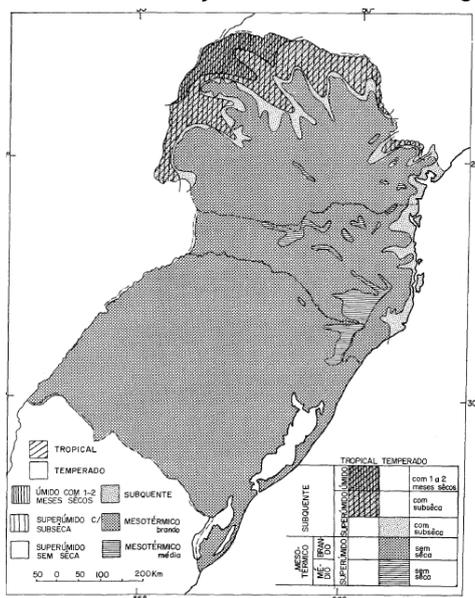
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ou pesadas, em qualquer época do ano o território meridional do Brasil é bem regado por chuvas. Esta uniformidade, portanto, é decorrente de dois principais fatores: 1) os sistemas de circulação causadores de chuva atuam com frequência mais ou menos semelhante em todo o território regional; 2) o relevo que, caracterizado por superfícies e formas simples, não interfere a ponto de criar diferenciações muito importantes na precipitação. Mas destaca a existência de algumas áreas excepcionais, que não estariam contempladas na amplitude média anual referida, seja por feições específicas da paisagem, seja pela atuação singular dos principais sistemas atmosféricos (NIMER, 1989, p. 212) (Figura 05).

Figura 05 – Diferenciações climáticas na Região Sul.



Fonte: Nimer (1989).

A explicação também é concentrada no principal sistema gerador de chuvas na região, as frentes polares, que seja qual for seu trajeto, quase todo o território regional do Sul está sujeito à sua descontinuidade com maior ou menor intensidade das chuvas. Por isso, a variabilidade pluviométrica da região contempla os menores desvios anuais do Brasil, estando, privilegiada em relação à regularidade dos seus totais anuais e estacionais. Entretanto, os anos de fortes desvios positivos, ou seja, anos de muita chuva, seriam decorrentes de um maior número de invasões da frente polar sobre a Região Sul, sendo o inverso nos anos de fortes desvios negativos (NIMER, 1989, p.221).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

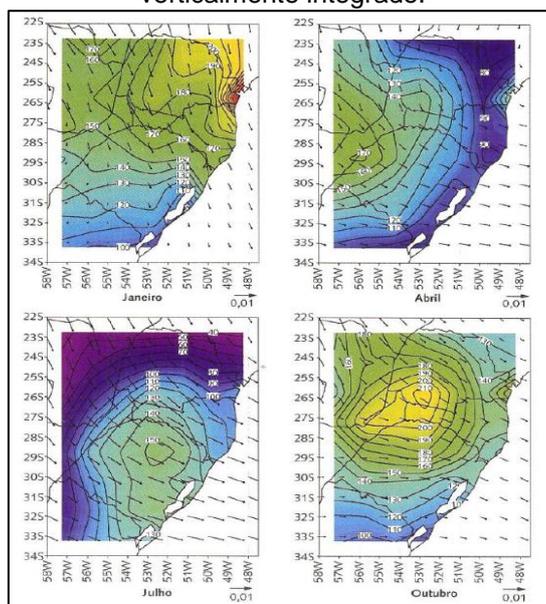
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Em outro contexto técnico-científico, Grimm (2009) amplia a abordagem da fonte de chuvas na região, assumindo a importância do transporte horizontal médio de vapor. A autora destaca que, embora haja valores relativamente altos de evaporação no sul do Brasil em todas as estações no ano (mais no verão),

[...] valores relativamente altos de evaporação no sul do Brasil em todas as estações no ano (mais no verão), a maior contribuição à água que precipita provém do transporte da umidade vinda do norte/noroeste. A diferença média entre precipitação e evaporação é positiva em todo o sul do Brasil, excetuando o inverno, o que indica a importância do transporte de umidade para a região (GRIMM, 2009, p. 268)

Grimm (2009) coloca em evidência o papel dos fluxos de umidade no ciclo anual de precipitação, com uma contribuição do transporte transiente reduzida apenas no inverno sobre a Região Sul, e que a na convergência vertical de umidade, as maiores contribuições seriam encontradas no nordeste da Região Sul, sendo estas caracterizadas pelas topografias mais íngremes, o que remete a formação de chuvas orográficas pela ascensão da umidade (GRIMM, 2009, p. 268) (Figura 06).

Figura 05 - Precipitação total média (mm) representada com as setas do fluxo de umidade verticalmente integrado.



Fonte: GRIMM (2009, p. 269).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Nesta perspectiva, o regime de chuvas de verão é mais importante no setor norte, e apresenta o caráter típico de monções sul-americanas. Nos setores sul é onde se verificam os picos máximos de precipitação, inclusive em diferentes épocas do ano. Em grande parte, essa característica indica a associação de outros mecanismos que produzem chuvas bem distribuídas durante todo o ano (GRIMM, 2009, p. 270).

Durante o inverno e nas estações de transição, a maior convergência de umidade está mais deslocada para o sul, quando as condições baroclínicas, ou seja, de pressão e temperatura, estão mais intensas por conta do maior gradiente latitudinal de temperatura na região, provocando condições de ciclogênese (formação e intensificação dos centros de baixa pressão) e maior penetração de frentes. O sudeste da Região Sul é a área mais afetada, configurando o máximo de precipitação no inverno (GRIMM, 2009, p. 273).

De todo modo, todas essas condições também podem ser alteradas por sistemas do tipo Zona de Convergência do Atlântico Sul, e também por tele conexões climáticas, principalmente do relacionado ao ENOS (NERY, 2005; GRIMM, 2009).

Observa-se que caracterizar a dinâmica do clima e a gênese chuvas na Região é um processo que tem sido ampliado aos avanços técnico-científicos e também a sistematização enquadrada para cada autor em propor a definição os valores, os limites e as fontes dos tipos de tempo.

Em síntese, pode-se considerar que as principais propostas de classificação climática para a Região Sul do Brasil, apresentam: 1) A insuficiência de considerar somente os valores médios para definir os climas que, reduzidos a uma abstração, acaba por desconsiderar extremos, frequências, duração e amplitude dos processos em termos espaço-temporais; 2) A dificuldade de estabelecer valores e limites a partir de uma classificação de base dinâmica; 3) Considerar as oscilações que são associadas à anomalias em regiões remotas que e que afetam diretamente na variabilidade do clima a Região Sul, sejam elas de alta ou de baixa frequência.

E se de um lado, a dificuldade de classificar climas pode existir através de uma complexidade inerente à natureza do fenômeno climático, essencialmente dinâmico e passageiro, é também dessa ordem que se coloca que toda definição de limites, embutida de parâmetros políticos e ideológicos (PORTO-GONÇALVES, 1989, p.99).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Isso implica, considerar que definir critérios para uma classificação climática, significa definir parâmetros para a produção e organização do espaço geográfica, já que todas elas devem responder às indagações e necessidades exigidas pela sociedade, em um determinado período histórico, modo de produção e contexto socioespacial. Nesse caso, incorporar a base dinâmica no processo de classificação climática significa, fundamentalmente, compreender a dialética do clima em sua repercussão nas categorias de espaço-tempo.

Assim, definir limites climáticos significa inicialmente atribuir uma tipologia diferente de chuvas, especializando a precipitação de acordo com as diferentes escalas temporais, sejam elas mensais ou sazonais, e seus impactos associados. Trata-se, portanto, de uma sistematização para uma proposta de classificação geográfica do clima (ARMOND, 2018).

5. Crítica e possibilidades às propostas de classificação climáticas

Conforme apresentado, com os avanços na obtenção de dados e nas observações meteorológicas, os modelos de classificação climática têm sido cada vez mais sofisticados e consistentes, mas pouco tem revelado a redução dos impactos climáticos, ou a maior segurança e proteção civil da população frente a dinâmica climática e variabilidade das chuvas.

A título de exemplificação, toda classificação climática constitui excepcional importância para a compreensão e gestão do território. Particularmente, na Região Sul, o território é em grande parte orientação para produção agrícola (WREGE *et al.*, 2012, p. 20) e compreende a terceira região mais populosa do país (IBGE, 2010), mas também é, uma das regiões mais impactadas por inundações, escorregamentos, marés de tempestade, vendavais, granizos, estiagens e secas (HERRMANN, 2014).

No caso da ocorrência das estiagens e secas, é preciso elaborar uma classificação climática que revele as fontes e a origem das contradições já que em todas propostas a abundância de chuvas durante o decorrer do ano é bastante valorizada (MONTEIRO, 1968; NIMER, 1989).

Incorporar os processos socioespaciais no modelo e como critério de classificação, deve atender por exemplo, que a causa desses eventos não estaria relacionada exclusivamente a adversidades climáticas (redução pluviométrica), mas também às condições



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

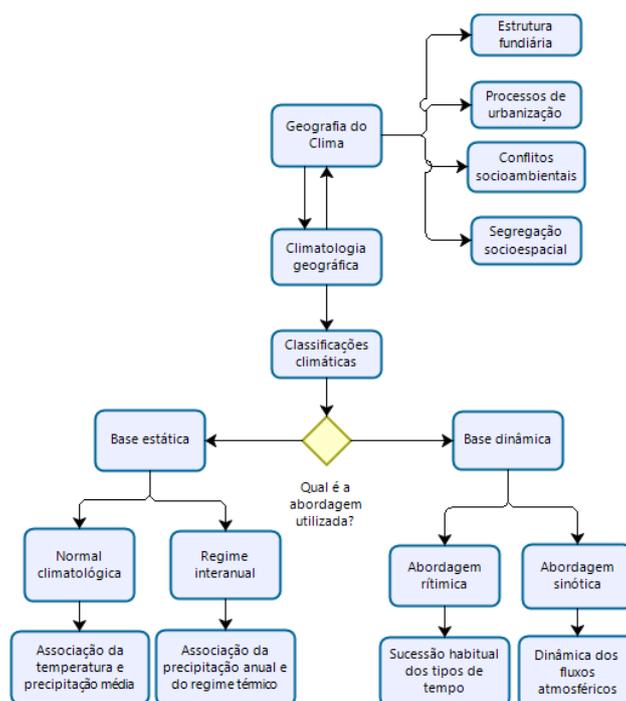
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

de utilização e manejo dos recursos hídricos na região que é distribuído desigualmente (HERRMANN, 2014, p. 138). Também os eventos de incremento pluviométrico, não seriam somente interpretados pelos registros, notificações, frequência e intensidade das condições meteorológicas e sinóticas, mas tem sua repercussão associada aos diferentes tipos de ocupação da terra, estrutura fundiária e modelos de urbanização.

O esquema apresentado na Figura 06 representa uma possibilidade de partir de uma Geografia do Clima, na busca de uma Climatologia eminentemente humana e geográfica (SANT'ANNA NETO, 2001, p.56).

Figura 06 – Sistematização inicial para uma proposta de classificação geográfica do clima



Fonte: Pereira e Nascimento Júnior (2021).

Assim sendo, há de se considerar a dinâmica atmosférica em todos os seus processos derivados, sob uma abordagem espaço-temporal multiescalar, que vá além de uma abordagem das características físico-naturais. Isto é, incorporar os processos socioespaciais para propor uma classificação climática que compreenda que definir limites é, por excelência, a arte de fazer política. Trata-se então de incorporar o processo de (re)produção socioespacial



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

na definição dos limites climáticos, fornecendo subsídios para uma gestão do território que considere os fenômenos climáticos em seus impactos, manifestações e apropriações socioespaciais.

Isso significa da classificação climática o caráter de neutralidade e de arbitrariedade para definição dos limites e dos valores, mas conserva a perspectiva para formulação de políticas territoriais mais coerentes com a realidade atual, e aberta para as possibilidades e futuras, em uma produção do espaço que oriente um outro projeto de sociedade, outra relação entre clima – espaço, ser humano – natureza.

Não se pretende, de modo algum, desconsiderar as classificações abordadas, mas sim, realizar uma releitura dos atuais modelos e incorporar a eles novos métodos e novos paradigmas, atingindo um grau de conhecimento e uma nova visão desta ordem de problemas que estão sendo colocados e que ainda não foram suficientemente incorporados pela climatologia geográfica.

4. Considerações finais

Diversas contribuições foram desenvolvidas para compor a diversidade de propostas classificação climática na Região Sul do Brasil. No entanto, essas classificações ainda apresentam limites para considerar os processos socioespaciais, condição essa, importante para a compreensão do fenômeno climático e, sobretudo, no que tange seus impactos concretos.

A sistematização da natureza das classificações climáticas para a Região Sul contribui para uma reflexão sobre como o clima tem sido observado e, sobretudo, constitui um subsídio para a construção de outros modelos de classificação. Oferecemos inicialmente, a proposta de uma classificação geográfica do clima, inicialmente apresenta por Armond (2018).

Essa abordagem supera a concepção do clima como a causa única de todos os transtornos socioambientais ocorridos em decorrência das instabilidades atmosféricas pois, incidência de seus impactos sobre um espaço socialmente construído, atribui à este fenômeno uma natureza socialmente construída. Nesta perspectiva, uma proposta de classificação geográfica do clima atende de fato a sua natureza mais essencial, que é dar a consistência coerente para gestão do território de acordo com os interesses da sociedade.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

5. Referências

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidade para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. In: **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13, vol. 20, 2017.

ARMOND, N. B. **Dinâmica climática, excepcionais e vulnerabilidade: contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2018.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro, 1996.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. In: **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, nº37. 2018.

GRIMM, A. M. Clima da região sul do Brasil. In: **Tempo e clima no Brasil**. 2009, p. 259-275, São Paulo.

GRIMM, A. M.; SANT'ANNA, E. L. da S. Influência de fases extremas da oscilação sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no sul do Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. 2010. Sociedade Brasileira de Meteorologia.

HERRMANN, M. L. de P. (Org.). **Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 2014.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010.

MENDONÇA F, DANNI OLIVEIRA, I. M. Brasil: aspectos termoplúviométricos e tipos climáticos. In: **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de Textos, 2007. p 139-182.

MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (Ed.). **Geografia do Brasil: Grande Região Sul**. Rio de Janeiro, v.4, n.18, Tomo I, p.114-166, 1968.

MONTEIRO, C. A. F. Da Necessidade De Um Caráter Genético à Classificação Climática: (Algumas Considerações Metodológicas a Propósito Do Estudo Do Brasil Meridional). In: **Revista Geográfica**, vol. 31, no. 57, 1962, pp. 29-44.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

NERY, J. T. Dinâmica climática da região sul do Brasil. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, vol.1, nº1. 2005, p. 61-75.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Os (des)caminhos do meio ambiente**, 1898.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do Clima. In: **Revista Terra Livre**. AGB: São Paulo, v. 17, p. 49-62, 2001



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e Organização do Espaço. In: **Boletim de Geografia**, 1998, Maringá, p. 121-131.

SORRE, M. Objeto e Método da Climatologia. Tradução José Bueno Conti In: **Revista do Departamento de Geografia**, 2006[1934], São Paulo, p. 89-94

WREG, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; ALMEIIDA, I. R. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

CLASSIFICAÇÃO DE ANOS-PADRÃO PARA O MUNICÍPIO DE CAMPINAS-SP, NO PERÍODO DE 1993 A 2020

MILENA LUMI HANGAI¹
ALINE PASCOALINO²

RESUMO

Este artigo segue no intuito de identificar os anos-padrão no município de Campinas para posterior estudo do ritmo climático, sendo a precipitação o principal elemento climático analisado. A identificação de anos-padrão permite uma análise aprofundada em relação à variabilidade climática no período e local a ser estudado, neste caso, principalmente em relação à distribuição temporal da pluviosidade. Para esta pesquisa, foi estudada a série temporal referente ao período de 1993 a 2020, disponibilizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Após a organização e sistematização do banco de dados, utilizou-se a aplicação da fórmula de Sturges para definição de classes possibilitando nestas identificar os anos secos, anos habituais e anos chuvosos da série temporal estudada. A distribuição interanual da precipitação também foi analisada, com base nos dados sistematizados através do *software RStudio*. Os procedimentos aplicados na série temporal investigada resultaram na seleção dos anos-padrão que posteriormente serão trabalhados com a técnica de análise rítmica e possibilitarão aprofundar os conhecimentos sobre o ritmo climático no município de Campinas-SP para um período recente, servindo como base para futuras pesquisas na área de Climatologia, assim como ferramenta de auxílio para projetos municipais.

Palavras-chave: Precipitação; Anos-padrão; Ritmo climático

ABSTRACT

This article follows in order to identify the standard years in the city of Campinas for further study of the climatic rhythm, with precipitation being the main climatic element to be analyzed. The identification of standard years allows a deep analysis related to the climatic variability in the period and place to be studied, in this case, mainly related to the temporal distribution of rainfall. For this research the time series studied was from the period from 1993 to 2020, provided by the Agronomic Institute of Campinas (IAC). After the organization and systematization of the database, the application of the Sturges formula was used to define classes, making it possible to identify the dry years, usual years and rainy years of the studied time series. The interannual rainfall distribution was also analyzed, based on data systematized using RStudio software. The procedures applied in the investigated time series resulted in the selection of standard years that will later be worked with the technique of rhythmic analysis and will make it possible to deepen the knowledge about the climatic rhythm

¹ Graduanda em Matemática Aplicada e Computacional na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Laboratório de Estudos Climáticos (Leclig) e aluna bolsista pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica – PIBIC, m184654@dac.unicamp.br

² Professora Doutora do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências (IG), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Laboratório de Estudos Climáticos (Leclig), apascoal@unicamp.br



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

in the city of Campinas-SP for a recent period, serving as a basis for future research. in the area of Climatology, as well as an aid tool for municipal projects.

Keywords: Precipitation; Standard years; Climatic rhythm

1. Introdução

O conceito de “clima” passou por diversas definições ao longo do tempo. Atualmente, a definição utilizada por pesquisadores da climatologia geográfica é a concepção Sorreana de clima que define o clima como “o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera sobre um lugar em sua sucessão habitual” (SORRE apud BARROS e ZAVATTINI, 2009, p. 256). Esta concepção destaca a necessidade da observação e análise do tempo e clima em acordo com a climatologia dinâmica que propõe a avaliação abrangente da sucessão dos tipos de tempo, sem a exclusão de eventos extremos, possibilitando a explicação dos mecanismos do clima (PÉDELABORDE apud BARROS E ZAVATTINI, 2009, p. 257) e um estudo mais adequado da Climatologia.

A dinâmica atmosférica e climática se reproduz de forma similar, mas não idêntica, e apresenta como principal característica a ciclicidade na sequência de eventos que ocorrem em escala temporal diversa. Dessa forma, com relação ao clima de um dado local, pode-se dizer que “os diversos climas teriam, durante as várias estações do ano, tipos de tempos característicos, que se sucederiam de forma definida, caracterizando cadeias de tipos de tempo” (TAVARES, 1976, p. 80). Surge então, a necessidade de estabelecer parâmetros para classificar e mensurar as possíveis variações climáticas relacionadas aos tipos de tempos característicos de um dado lugar ao longo do período estudado.

Tendo em vista que no “território brasileiro, as chuvas despontam como elemento meteorológico que melhor representa a diversidade climática num país de características continentais e tropicais” (NIMER apud FONTÃO e ZAVATTINI, 2019, p. 458), nesta pesquisa, a pluviosidade será o critério utilizado para a classificação e análise do período estudado.

Diante disso, o arcabouço teórico-metodológico da pesquisa parte da abordagem dos anos-padrão, conforme a concepção Monteiriana com a finalidade de identificar os fenômenos atmosféricos mais frequentes e os extremos dentro da variabilidade climática local. A identificação dos tipos de tempo com base nos anos “secos”, “chuvosos” e “habituais”, possibilita “a compreensão e caracterização do clima, através da análise de padrões normais



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

e das possíveis diversificações que ocorrem na circulação atmosférica” (TAVARES, 1976, p. 86). Dessa forma, o objetivo de identificar os anos-padrão é “separar anos que apresentem características semelhantes quanto a uma determinada variável, de forma que esses possam ser considerados como um grupo com características semelhantes; e posteriormente eleger um ano padrão para representar cada grupo” (SILVESTRE, 2013, p. 24).

Neste contexto, a pesquisa desenvolvida tem por objetivo analisar a distribuição da precipitação interanual no período de 1993 a 2020 no município de Campinas - SP, para seleção de anos-padrão que serão trabalhados posteriormente com a técnica de análise rítmica¹. Entre as estações do ano que apresentam índices mais altos de pluviosidades deste município, estão a primavera e o verão, dois trimestres com maior quantidade de eventos extremos relacionados às inundações. Já o período seco, apresenta-se entre as estações inverno e outono.

Este primeiro exercício, para definição e seleção dos anos-padrão descrito nesta produção científica, constitui um indicativo dos anos que serão posteriormente analisados em escala diária e mensal de modo a aprofundar os conhecimentos sobre o ritmo climático e a sucessão dos tipos de tempo em Campinas-SP para um período recente. Além disso, a pesquisa poderá ser observada comparativamente às pesquisas anteriores que adotaram a técnica de análise rítmica e os resultados também poderão ser utilizados como ferramenta para o auxílio no planejamento e gestão urbana territorial do município.

2. Metodologia

2.1. Localização e caracterização da área de estudos

O município de Campinas, polo da Região Metropolitana de Campinas (RMC), está localizado no interior do estado de São Paulo, próximo ao Trópico de Capricórnio (figura 01). Em aspectos geográficos, a cidade possui uma área de 797,6 km² e é considerada uma metrópole pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com mais de 1 milhão de habitantes (IBGE, 2020). Este município é climaticamente considerado como “zona

¹ A técnica de análise rítmica consiste “na montagem de um gráfico de representação simultânea dos elementos do clima em sua variação “diária”, acoplando a representação gráfica da sequência de alternância dos diferentes sistemas meteorológicos envolvidos na circulação secundária” (MONTEIRO, 1991, p.38-39), possibilitando a identificação da gênese e sequência dos tipos de tempo.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

intertropical, caracterizada por uma estação com elevadas temperaturas e períodos úmidos, e por outra com temperaturas mais amenas e menor pluviosidade” (VICENTE, 2005, p. 22).

Figura 01 – Mapa com destaque para a RMC



Fonte: Abreu (2006).

2.2. Fonte de dados e procedimentos metodológicos

Os dados utilizados nesta pesquisa foram disponibilizados pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), localizado na Avenida Doutor Theodureto de Almeida Camargo, 1500, Jardim Nossa Senhora Auxiliadora, Campinas - SP, nas coordenadas geográficas 47°04'44"O; 22°52'03"S, a uma altitude de 669m. Na figura 02 é possível observar as instalações do local da coleta de dados, um espaço aberto e sem muitas interferências externas próximas.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 - Imagem de satélite do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).



Fonte: Google Earth (2021).

Foram solicitados ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) os dados referentes à última normal climatológica, porém a série temporal existente compreende o período de vinte e oito anos referente aos anos de 1993 e 2020. Diante do objetivo de identificar anos-padrão para posterior análise rítmica deu-se o prosseguimento aos procedimentos metodológicos considerando-se o período de dados existentes, ainda que inferior a trinta anos. Foram disponibilizados dados diários referentes a: precipitação acumulada, temperatura mínima e máxima diária. Com base nos referenciais bibliográficos sobre a seleção de anos-padrão (MONTEIRO, 1971; TAVARES, 1976; FONTÃO e ZAVATTINI, 2019) optou-se pela análise principal dos dados de precipitação para identificação dos mesmos.

Para a sistematização dos dados de precipitação utilizou-se como ferramenta o *software Microsoft Office Excel* e *Rstudio*, onde foi possível constatar a precipitação acumulada de cada ano estudado. Com base nestas, foram elaborados gráficos e histogramas de frequência investigando-se a distribuição das precipitações interanuais na série temporal observada.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

A partir da constatação dos valores referentes à precipitação anual acumulada em sua distribuição interanual, o procedimento seguinte foi desenvolvido no âmbito de gerar um intervalo de classes adequado ao banco de dados existente, com a finalidade de classificar o total anual de precipitação acumulada para identificação do que seriam os anos-padrão da série. Dessa forma, conforme procedimentos desenvolvidos por (FONTÃO e ZAVATTINI 2019) foi aplicada a fórmula de Sturges, que consiste na seguinte equação:

$$K = 1 + \log_{10}(n) \cdot 3,3$$

Onde K é o número de classificações e n é a quantidade de observações feitas. Com o K obtido, foi calculada uma amplitude que pode ser chamada Δ , que será dada pelo maior valor da quantidade total de precipitação subtraído do menor valor. Por fim, esse valor Δ foi dividido por K, obtendo os intervalos de classificação que foram aplicados na série temporal analisada.

Com base neste procedimento, através da Fórmula de Sturges, considerando $n = 28$, tem-se:

$$K = 1 + 3,3 \cdot \log_{10}(28)$$

$$K = 1 + 4,78 = 5,78 \approx 6$$

Indicando que 6 é a melhor quantidade de classificações para este caso. Estas classes serão denominadas: “extremamente seco”, “seco”, “tendendo a seco”, “habitual seco”, “habitual” e “chuvoso”. A partir dos valores extremos de chuva, foram calculados os intervalos de classificações, conforme:

$$\Delta = 1675,90 - 900,90 = 775$$

$$\frac{\Delta}{K} = 134,2$$

Para a identificação e definição do ano padrão dado como seco e dado como chuvoso, foram observados os extremos da precipitação acumulada analisada do banco de dados e a ausência da mesma. Já para a identificação do ano habitual mais significativo, foi feita uma análise mensal dentre os oito anos pré-estabelecidos como anos representativos da característica de habitual. Após a sistematização mensal do período analisado, métodos como diferença percentual em relação à média de cada mês e desvio padrão foram utilizados para chegar no resultado final. Buscou-se neste procedimento o ano que menos apresentou desvios em relação ao considerado “normal”, tendo como referência a média de cada um dos meses.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

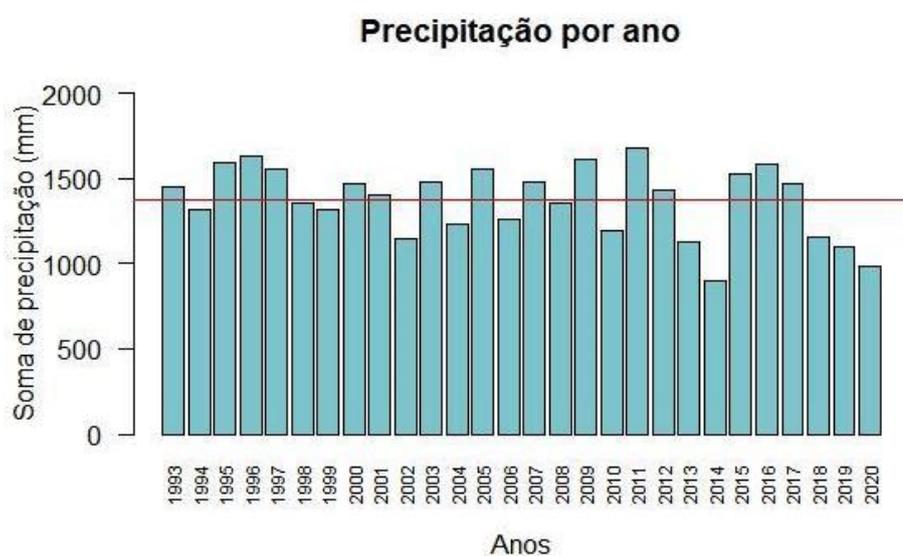
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3. Resultados e discussão

Na sistematização inicial dos dados da série temporal analisada, foi possível encontrar a quantidade de precipitação acumulada em milímetros para cada ano estudado. Na figura 03 é possível observar a distribuição do total anual de precipitação em comparação ao parâmetro médio para toda a série. Identifica-se, de modo geral, que os anos de 2011 (1675,90mm), 1996 (1633,50mm) e 2009 (1614,20mm) foram anos mais chuvosos, enquanto os anos de 2014 (900,90mm) e 2013 (1128,90mm) foram os mais secos com relação a média para o período. Na tabela 01 é possível verificar o total anual de precipitação em cada ano da série, destacando-se os anos de 2011 e 2014 como os extremos da série, mais e menos chuvosos, respectivamente. Dessa forma, com base no primeiro procedimento de organização dos dados, verificou-se os anos com maiores totais acumulados de chuvas ou extrema ausência de chuvas.

Figura 03 – Distribuição do total anual de precipitação com relação a média da precipitação para a série temporal 1993 a 2020, no município de Campinas-SP.



Fonte: Hangai e Pascoalino (2021)



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 01 - Dados de precipitação da série temporal

Ano	Precipitação acumulada (mm)
1993	1447,40
1994	1318,80
1995	1594,40
1996	1633,50
1997	1559,50
1998	1353,90
1999	1319,70
2000	1467,90
2001	1406,30
2002	1143,00
2003	1478,80
2004	1235,70
2005	1559,50
2006	1265,00
2007	1475,70
2008	1351,50
2009	1614,20
2010	1191,90
2011	1675,90
2012	1432,50
2013	1128,90
2014	900,90
2015	1525,60
2016	1584,90
2017	1471,80
2018	1154,50
2019	1096,67
2020	984,86

Fonte: Hangai e Pascoalino (2021).

Da organização e estabelecimento de classes, conforme os procedimentos metodológicos descritos anteriormente, foram obtidos os intervalos de classe representados na tabela 02. Tendo em vista uma maior quantidade de anos com precipitação acumulada referente aos totais situados entre 1438,1mm - 1572,3mm, este intervalo foi considerado como “habitual”.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tomando-se este como ponto inicial, foram estabelecidos parâmetros e nomes para as demais classificações, sendo elas anteriores ou posteriores ao “habitual”, identificando-se a frequência em número de anos correspondentes a cada classe estabelecida. Dessa forma, verifica-se que na série temporal estudada foram identificados: oito anos que podem ser classificados como habitual; seis anos classificados como habitual seco; cinco anos classificados como chuvosos; quatro anos considerados como secos; três anos tendendo a seco e dois anos como extremamente secos, conforme demonstra a tabela 02 e a figura 04. Cabe ressaltar que os valores extremos da série representados pelos anos classificados como extremamente secos tiveram totais anuais de chuvas correspondentes ao intervalo entre 900,9mm e 1035,1mm e os anos classificados como mais chuvosos tiveram totais anuais entre 1572,4mm e 1704,6mm.

Na tabela 02 é possível verificar a síntese da classificação de cada ano da série temporal analisada conforme os intervalos de classe delimitados. Para o período total de análise a maior frequência de anos secos e extremamente secos foi encontrada da metade para o final da série, sendo estes representados pelos anos de 2002, 2013, 2014, 2018 a 2020. Os anos classificados como chuvosos foram mais frequentes no início e meio da série temporal, representados pelos anos de 1995, 1996, 2009, 2011, e ao final da série pelo ano de 2016. Considerando-se a maior frequência dos anos que foram classificados como habitual na série analisada (1993, 1997, 2000, 2003, 2005, 2007, 2015 e 2017), ressalta-se a necessidade e importância dos procedimentos subsequentes de sistematização e análise dos totais mensais de precipitação acumulada para definição específica de um dentre os oito anos classificados nesta primeira etapa que foi desenvolvida pela presente pesquisa.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

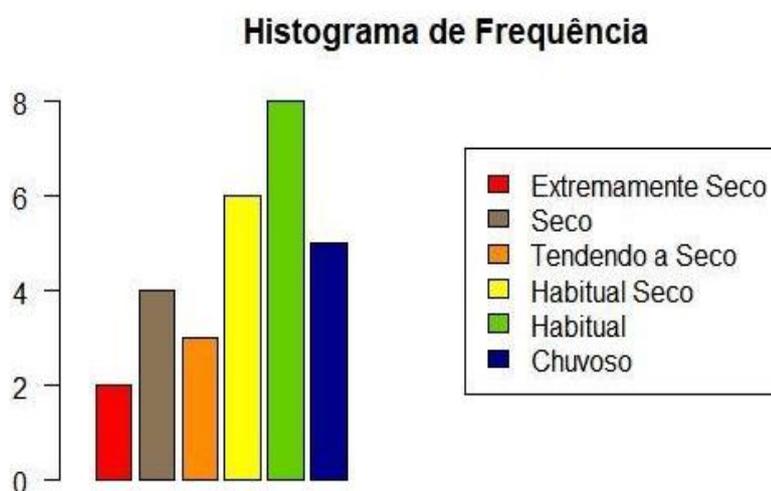
UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Tabela 02 – Quantificação de anos em cada classificação

Classificação	Intervalo (mm)	Anos
Extremamente seco	900,9 – 1035,1	2014, 2020
Seco	1035,2 – 1169,4	2002, 2013, 2018, 2019
Tendendo a seco	1169,5 – 1303,7	2004, 2006, 2010
Habitual seco	1303,8 – 1438,0	1994, 1998, 1999, 2001, 2008, 2012
Habitual	1438,1 – 1572,3	1993, 1997, 2000, 2003, 2005, 2007, 2015, 2017
Chuvoso	1572,4 – 1704,6	1995, 1996, 2009, 2011, 2016

Fonte: Hangai e Pascoalino (2021).

Figura 04 - Histograma de frequência do número de anos conforme a classificação da série temporal 1993-2020 para o município de Campinas-SP.



Fonte: Hangai e Pascoalino (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

De acordo com os métodos mencionados no tópico anterior, para encontrar o ano padrão habitual mais significativo foram obtidos números percentuais, conforme demonstra a tabela 03 com a quantidade que cada mês apresentou de desvio em relação à média de precipitação do próprio mês relacionado. Em destaque amarelo, há os menores desvios em percentual para cada mês dentre os 8 anos. Percebe-se uma maior quantidade destes destaques no ano de 2015, seguido pelos anos de 2007 e 2017. Além disso, em vermelho, há a marcação do ano que apresenta a menor média entre os desvios, significando que é o ano que mais se aproxima das médias previamente calculadas. O ano de 2015 também é apontado como o menor, sendo um bom indicativo para ser considerado o ano habitual mais significativo. Por fim, tem-se os desvios-padrão calculados. O baixo valor deste indicativo demonstra uma proximidade dos valores esperados. O menor valor apresentado é de 2003, logo seguido por 1993 e depois, 2015 juntamente com 2017. Portanto, o ano de 2015 não possui o menor desvio-padrão, mas ainda assim é considerado um valor baixo em relação ao valor máximo e mínimo obtidos.

Tendo em vista todos os parâmetros calculados e apresentados na tabela 03, conclui-se que o ano de 2015 seria o mais adequado para ser considerado como o ano habitual da série temporal estudada.

Tabela 03 – Diferença em valores percentuais (%) do desvio com relação à média mensal.

	1993	1997	2000	2003	2005	2007	2015	2017
Janeiro	37,64	9,78	9,43	18,81	39,59	24,57	37,20	8,47
Fevereiro	75,72	1,39	29,74	10,98	50,15	55,67	37,37	49,38
Março	30,17	64,06	24,59	52,29	75,21	9,24	58,77	27,89
Abril	49,51	21,56	98,60	9,32	24,37	70,21	48,76	64,25
Mai	15,91	18,04	96,32	43,25	87,74	26,91	4,58	85,44
Junho	4,13	222,58	87,82	71,42	9,60	13,76	59,74	3,57
Julho	73,75	48,85	87,84	49,99	86,20	299,21	28,26	100,00
Agosto	29,14	10,62	129,06	33,05	44,94	100,00	9,77	20,65
Setembro	88,75	32,37	13,48	69,75	27,54	88,93	134,05	82,44
Outubro	26,62	13,43	36,88	9,97	112,61	5,10	36,14	5,31
Novembro	41,86	25,48	52,56	23,17	78,65	6,45	4,25	21,51
Dezembro	0,93	22,98	7,03	50,83	31,65	28,68	13,42	6,16
Média	4,35	11,50	2,83	18,05	1,56	7,33	1,34	2,08
Desvio Padrão	0,5	0,73	0,72	0,40	0,66	1,03	0,54	0,54

Fonte: Hangai e Pascoalino (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

A partir da análise dos resultados obtidos, dentro da série temporal analisada, os anos de 2014 e 2011 são os anos mais extremos, classificados como ano seco e ano chuvoso, respectivamente. Dentre os oito anos classificados como habitual, os procedimentos iniciais de análise mensal dos dados sugerem o indicativo de que o ano de 2015 poderá ser selecionado como o ano habitual da série.

A partir da definição dos anos-padrão a investigação dará prosseguimento com a aplicação da técnica de análise rítmica elaborada por Monteiro (1971), a fim de relacionar as variáveis meteorológicas ao fator genético que desencadeou o registro quantitativo das mesmas em escala temporal diária de análise para estudo do ritmo climático. Enfatiza-se que para a aplicação da técnica da análise rítmica, é de grande importância a classificação dos anos-padrão, pois a identificação e análise destes permite reconhecer o conjunto de tipos de tempo reproduzidos na variabilidade climática de um dado lugar, no repertório dos eventos extremos e habituais.

Sendo assim, os procedimentos desenvolvidos pelo presente estudo identificaram os anos-padrão de 2011, 2014 e 2015 como adequados para a aplicação da técnica de análise rítmica na série temporal investigada para o município de Campinas-SP, o que propiciará o aprofundamento da análise dos dados em escala diária de ocorrência e o reconhecimento dos fenômenos atmosféricos e climáticos dos anos mais recentes.

5. Referências

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. **BASES CONCEITUAIS EM CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA (the conceptual bases in geographical climatology)**. Mercator, Fortaleza, v. 8, n. 16, p. 255 a 261, oct. 2009. ISSN 1984-2201. Available at: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/289>. Date accessed: 30 apr. 2021

Cidades e Estados. (s.d.). Acesso em 30 de Abril de 2021, disponível em Site do IBGE: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/campinas.html>.

FONTÃO, P. A. Breda; ZAVATTINI, J. A. Variabilidade das chuvas anuais na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e no Sistema Cantareira: classificação e frequência dos anos-padrão (Variability of annual rainfall in São Paulo Metropolitan Region (RMSP) and Cantareira System: classification and frequency of the standard-years). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 457-469, maio 2019. ISSN 1984-2295. Disponível em:



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbqfe/article/view/234903>. Acesso em: 27 abr. 2021.
doi:<https://doi.org/10.26848/rbqf.v12.2.p457-469>.

INSTITUTO AGRONÔMICO. **Instituto Agrônômico [s.d.]**. Clima IAC. Disponível em: Acesso em: 28 de Fevereiro de 2021.

MONTEIRO, C.A.F., 1971. **A análise rítmica em climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. *Climatologia* 1, 1-21.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e Excepcionalismo (Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico)**. Florianópolis: UFSC, 1991.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

SILVESTRE, M. R. et al. **Critérios estatísticos para definir anos padrão**: uma contribuição à climatologia geográfica. *Revista Formação*, v. 2, n. 20, p. 23 - 53, 2013.

STURGES, H.A., 1926. **The choice of a class interval**. *Journal of the American Statistical Association* 21, 65-66.

TAVARES, A.C. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. *Geografia*, v.1, n.1, p.79- 87, 1976.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas**. 2005. 160p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/286870>>. Acesso em: 29 de Abril de 2021.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ESTIMATIVA E VARIABILIDADE SUB-CLIMATOLÓGICA DA RADIAÇÃO SOLAR DIRETA E DIFUSA PARA A REGIÃO DE MACEIÓ-ALAGOAS

JOSÉ MARCELO LOPES JÚNIOR¹
NAYARA BARRETO DA COSTA²
JOSÉ LEONALDO DE SOUZA³

RESUMO

A distribuição da radiação solar define as variações dos elementos meteorológicos e os padrões de circulação atmosférica e oceânica configuram o clima terrestre. Este trabalho objetiva-se avaliar a disponibilidade e a variação da radiação solar através da análise da irradiância solar global e da estimativa de suas componentes durante um período sub-climatológico (2009-2019) para a cidade de Maceió. As estimativas da irradiância solar direta normal aos raios solares (I_D) foram conduzidas com base numa equação linear de estimativa horária. Para a validação das estimativas da I_D utilizou-se dados provenientes da estação radiométrica solar da Universidade Federal de Alagoas para a realização de uma análise estatística. No período seco o coeficiente de correlação foi menor, e no período úmido percebeu-se uma melhora em relação aos dados gerais. O coeficiente de correlação de 0,74 indicou forte relação entre a I_D medida e estimada em conjunto com o índice d que foi 0,71. Observou-se uma tendência de diminuição das irradiâncias desde o início ao final do período, em que a I_G teve uma diminuição total de $33,20 \text{ W m}^{-2}$, a I_D de $42,69 \text{ W m}^{-2}$ e a I_a de $14,85 \text{ W m}^{-2}$. Considera-se que a estimativa da radiação solar direta e difusa foi expressivamente bem, com índices de inferência estatística razoáveis para as estimativas horárias. O trabalho demonstra a essencialidade da estimativa dos fluxos de radiação solar em superfície para diversas áreas científicas e tecnológicas.

Palavras-chave: Energia renovável; Irradiância; Nebulosidade

ABSTRACT

The distribution of solar radiation defines the variations of the meteorological elements and the patterns of atmospheric and oceanic circulation determines the terrestrial climate. This paper aims to evaluate the availability and variation of solar radiation through the analysis of global solar irradiance and the estimation of its components during a subclimate period (2009-2019) for the city of Maceió. The estimates of normal direct solar irradiance (I_D) were conducted based on a linear equation of hourly estimation. To validate the I_D estimates, data from the solar radiometric station at the Federal University of Alagoas was used. In the dry period, the correlation coefficient was lower, and in the wet period an improvement was noticed in relation to the general data. The correlation coefficient of 0.74 indicated a strong relationship between the measured and estimated I_D together with the index d which was 0.71. Was observed a decrease tendency of the irradiances from the beginning to the end of the period, wherein I_G

¹Doutorando em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, josemarcelolopesjunior@hotmail.com

² Mestranda em Geografia, Universidade Federal de Alagoas, nayara.costa@igdema.ufal.br

³Doutor em agronomia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP, leonaldos@yahoo.com.br.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

had a total decrease of 33.20 W m^{-2} , the I_D had 42.69 W m^{-2} and I_d 14.85 W m^{-2} . It is considered that the estimate of direct and diffuse solar radiation was significantly good, with moderate statistical inference indices for hourly estimates. The paper demonstrates the essentiality of the surface solar radiation estimate for several scientific and technological areas.

Keywords: Renewable Energy; Irradiance; Cloudiness.

1. Introdução

A distribuição da radiação solar ao redor do mundo, a qual é a fonte principal de energia da Terra, define as variações dos elementos meteorológicos de maneira que os padrões de circulação atmosférica e oceânica são estabelecidos, configurando o clima terrestre que é resultado de um balanço de energia no sistema Terra-Atmosfera (SOUZA, 1997). Nesse sentido, quando a radiação solar incide sobre a superfície ela é conhecida como irradiância solar com unidade definida como W m^{-2} e quando essa irradiância é integrada ao longo de um dado intervalo de tempo (minutos, horas, dias, meses, etc) temos a irradiação solar cuja unidade é J m^{-2} . Assim, a radiação solar que chega até a Terra e atinge o topo da atmosfera é denominada irradiância solar no topo da atmosfera (I_0) e é afetada pela emissão solar, distância média Terra-Sol, elevação solar e comprimento de onda.

Parte da I_0 que consegue chegar à superfície terrestre é chamada de irradiância solar descendente ou irradiância solar global (I_G), sendo esta última definida também como a soma das componentes de duas componentes da radiação solar, irradiância solar direta (I_D) e irradiância solar difusa (I_d). A irradiância solar direta (I_D) é definida como a radiação solar que é diretamente recebida pela superfície após passar pela atmosfera e a irradiância solar difusa (I_d) é caracterizada como a radiação que é espalhada ou refletida difusamente para todas as direções a partir do momento que atravessa a atmosfera, sendo ambas recebidas numa superfície horizontal (BIGGS, 1982; FRITSCHEN; GAY, 1979).

A radiação solar afeta todos os processos físicos, químicos e biológicos no ecossistema terrestre, e o conhecimento da sua disponibilidade em uma superfície e sua variação local e sazonal é importante não só para o campo da meteorologia, mas também para a silvicultura, agronomia, geografia, medicina, engenharia, arquitetura, hidrologia, oceanografia, astronomia, entre outros (SOUZA; NICÁCIO; MOURA, 2005; MONTEIRO, 2009). Nesse sentido, destaca-se o papel da radiação solar na agricultura quanto ao desenvolvimento e crescimento das plantas e o aumento da produtividade das culturas,



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

influenciando nos processos fisiológicos e fotoquímicos, que por sua vez pode gerar implicações na determinação dessa produtividade (SOUZA *et al.*, 2011; TAVARES, 2005).

Mediante esse contexto, é importante ressaltar que a I_G é uma variável fundamental à vida na Terra por condicionar diversos processos da atmosfera e superfície terrestre, como a troca de fluxo de energia e água entre a superfície e a atmosfera, isto é, o balanço de energia em superfície, manutenção dos ecossistemas, evapotranspiração, determinação do tempo e clima, etc. (HUANG, *et al.* 2019). No que diz respeito a radiação solar direta, esta emprega algumas importantes finalidades, dentre as quais destaca-se a sua funcionalidade para fins de aproveitamento energético, podendo ser utilizada como fonte de geração de energia elétrica e térmica. Para tanto, torna-se necessária a obtenção de dados que caracterize a distribuição dessa radiação de maneira que sejam obtidas informações acerca da quantidade de energia solar que esteja atingindo, em um determinado período de tempo, a superfície de um local (DORVLO *et al.*, 2002).

A estimativa e avaliação da disponibilidade da radiação solar é necessária, pois é partir disso que se torna possível determinar os locais mais adequados para a instalação de sistemas de obtenção de energia solar, reduzindo assim, o custo de viabilidade de estudos e projetos dessa área (CHELBI; GAGNON; WAEWSAK, 2015). Batlles *et al.* (2000) avaliaram diversos modelos utilizados na estimativa de valores médios horários da irradiância solar direta no objetivo de melhorar as estimativas dessa irradiância, para ser utilizada nos sistemas de energia solar térmicos e fotovoltaicos. Yaniktepe e Genc (2015) avaliaram modelos de irradiância solar para uma superfície horizontal a fim de estabelecer um tipo de sistema que gera energia a partir da energia solar fotovoltaica e da conversão de hidrogênio.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar a disponibilidade e a variação da radiação solar através da análise da irradiância solar global e da estimativa de suas componentes durante um período sub-climatológico (2009-2019) para a cidade de Maceió e região próxima no estado de Alagoas.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo localiza-se na cidade de Maceió, estado de Alagoas – Brasil (Figura 01). Maceió é a capital do Estado de Alagoas, localizada na região Nordeste do Brasil, com



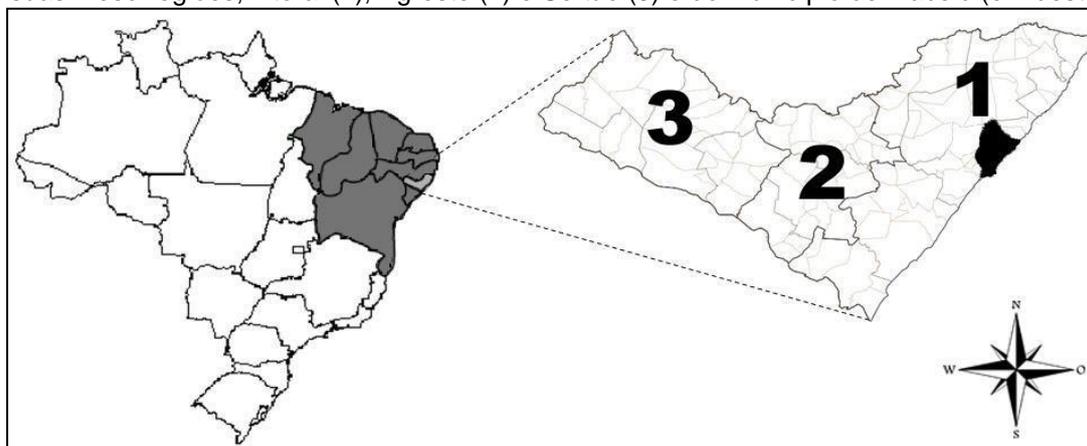
XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

população estimada em 2020 superior a um milhão de habitantes (IBGE, 2021). O estado de Alagoas está localizado ao leste da região Nordeste, fazendo divisa com os estados de Pernambuco (ao norte), Bahia e Sergipe (ao sul) e com o oceano Atlântico (ao Leste). Encontra-se subdividido em três mesorregiões geográficas (Litoral/Zona da Mata, Agreste e Sertão), possuindo diferentes tipos de clima.

Figura 01 - Localização geográfica do Nordeste Brasileiro (em cinza escuro), do estado de Alagoas com suas mesorregiões, Litoral (1), Agreste (2) e Sertão (3) e do município de Maceió (em destaque)



Fonte: Adaptado de Lopes Júnior (2017).

A cidade de Maceió encontra-se localizada na mesorregião do Litoral alagoano (1), possuindo um clima tropical chuvoso com verão seco de acordo com a classificação de Köppen (EMPRAPA, 2012). Segundo a última normal climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a cidade de Maceió referente ao período de 1981 a 2010, a temperatura média anual é 25,1°C. O valor de precipitação acumulada média anual é de 1867,4 mm. Para o período seco (outubro-janeiro) a precipitação total é 232 mm e para o período úmido (abril-julho) é 1123,4 mm (INMET, 2021) (Figura 02). O regime de precipitação o estado está associado aos diversos sistemas meteorológicos comuns em boa parte do Nordeste brasileiro. Dentre os principais sistemas encontram-se as linhas de instabilidade costeira, variação sazonal dos ventos alísios, posição e intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Ondas de Leste (OL), como os principais (SOUZA *et al.*, 2003).

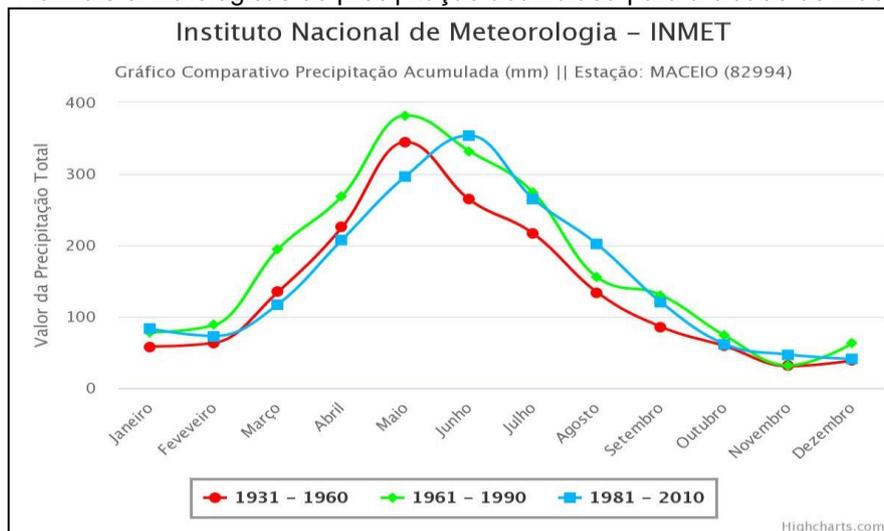


XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Figura 02 - Normais climatológicas de precipitação acumulada para a cidade de Maceió-Alagoas



Fonte: INMET (2021).

2.2 Métodos e análise realizada

As estimativas da irradiância solar direta normal aos raios solares (I_D) foram conduzidas com base numa equação de estimativa horária proposta por Lopes Júnior *et al.* (2017) (Equação 1) durante o período de 2009 a 2019. Em seu trabalho, os autores propuseram três diferentes equações lineares, uma que pode ser utilizada para qualquer período do ano para a região de Maceió, que é a equação utilizada no presente trabalho, outra equação adaptada para o período seco e outra para o período úmido ou chuvoso (equações não incluídas). Como o objetivo é estimar a radiação solar direta para o período de 2009 a 2019, optou-se por utilizar a primeira equação, visto que através de uma análise conduzida previamente, as demais equações não se adaptaram muito bem aos dados gerais, pois tiveram coeficientes de correlação médios de 0,31, sendo menores em comparação com a equação utilizada (ver Tabela 01).

$$I_D = - 428,65 + 1,12 * I_{GN} \quad (1)$$

onde I_{GN} é a irradiância solar global normal aos raios solares, - 428,65 e 1,12 são, respectivamente, os coeficientes angular e linear da equação. A I_{GN} é a irradiância solar global recebida numa superfície horizontal (I_G) normalizada para acompanhar os raios solares podendo ser calculada pela razão entre a I_G e o cosseno do ângulo zenital ($\cos \theta_z$).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

Para validação das estimativas da I_D e, por consequência, da irradiação solar direta (H_D) foram utilizados dados provenientes de uma estação radiométrica solar localizada sobre o telhado do prédio Severinão da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) nas seguintes coordenadas geográficas: 9° 33' S; 35° 46' O e 100m de altitude. A estação pertencia ao já desativado Laboratório de Agrometeorologia e Radiometria Solar (LARAS). A I_D foi medida através de um pireliômetro snip da *Eppley*, ligado a um *micrologger* 21xl da *Campbell Scientific INC*, programado para fazer médias de dez minutos das 07:00h as 17:00h durante o período de 2011-2013.

Através dos dados instantâneos foram feitas médias horárias, mensais e anuais da I_D para a realização das estimativas as quais foram elaboradas para os períodos seco (outubro-janeiro) e úmido (abril-julho) da região. Foram utilizados dados de transmitância atmosférica global mensal (KT) que determina a quantidade efetiva de radiação solar que chega até a superfície terrestre sendo determinada pela razão entre a I_G e a irradiância solar esperada numa superfície horizontal no topo da atmosfera (I_0).

Para determinar o desempenho da equação de estimativa os dados médios estimados foram comparados com os dados médios medidos. Nesta comparação optou-se por utilizar três índices de inferência estatísticos, o coeficiente de correlação de Pearson (r) (equação 2), o índice de confiança de Willmott (d) (equação 3) e a Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE) (equação 4).

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (2)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_i^n (E_i - M_i)^2}{\sum_i^n (|E_i - \bar{M}| + |M_i - \bar{M}|)^2} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_i^n \frac{(E_i - M_i)^2}{n}} \quad (4)$$

em que, n é o número de observações; X_i = variável independente; Y_i variável dependente; E_i são os valores estimados, M_i são os valores medidos e \bar{M} é a média dos valores medidos.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

3. Resultados e discussão

3.1 Estimativa horária e mensal da irradiância solar direta (I_D)

A estimativa horária do fluxo direto da radiação solar descendente realizada mostrou que a equação linear utilizada com coeficiente angular de -428,65 e coeficiente linear de 1,12 multiplicado pela I_{GN} retornou estimativas caracterizadas como de fraca a moderada para os dados gerais, pois seu coeficiente de correlação (0,45) não atingiu o mínimo esperado para uma forte estimativa (Figura 03a). Além disso, o erro de inferência estatístico RMSE retornou valores elevados ($199,93 \text{ W m}^{-2}$) quase metade da média da I_D medida ($417,15 \text{ W m}^{-2}$) indicando que a equação utilizada consegue estimar bem apenas uma parte dos dados (Tabela 01). Em contrapartida, o índice de concordância de Willmott ou índice d retornou um valor de 0,65 mostrando que, apesar da existência de uma correlação fraca ainda existe uma concordância moderada entre a I_D medida e a estimada.

Para o período seco (outubro-janeiro) o coeficiente de correlação foi menor, contudo explicando ainda 38% dos dados medidos. O RMSE de 49,48% não ficou tão distante em comparação com os dados gerais e o índice d foi o mesmo, indicando que, apesar das estimativas terem obtido menor acurácia, ainda assim são razoáveis para serem consideradas. Quanto às estimativas para o período úmido (abril-julho) é possível perceber uma melhora em relação aos dados gerais, ao período seco e aos demais períodos no RMSE e índice d , porém o coeficiente de correlação foi menor sendo o mesmo que o período seco. Isso ocorre possivelmente pelo fato da equação não conseguir estimar a I_D para acompanhar as maiores variações de radiação que ocorrem nesses períodos devido à influência da nebulosidade, que é presente no período seco como nuvens cúmulos ocasionadas pela circulação local do vento (LOPES JÚNIOR, 2017). Para os demais períodos (fevereiro e março; agosto e setembro) as estimativas foram medianas e somente o índice d foi menor, porém ainda assim sem mudanças consideráveis.

Os valores encontrados aqui são próximos aos encontrados por Bertrand, Vanderveken e Journée (2015) que estimaram a irradiância solar direta instantânea e horária através de diversos modelos empíricos e semi-empíricos e dados de satélite provenientes do Meteosat (SEVIRI). Os autores encontraram valores de RMSE entre 20 e 35% para boa parte dos modelos utilizados e quando considerados valores de KT abaixo de 0,50 o RMSE



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

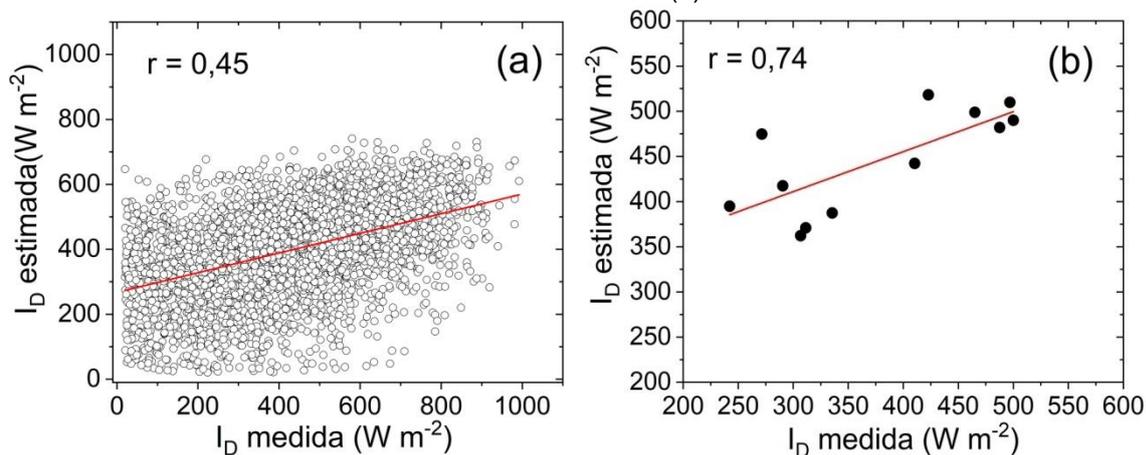
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

ultrapassa os 60% e muitos dos valores de KT para a região de Maceió-Alagoas estão próximos ou são até menores do que 0,50 (LOPES JÚNIOR *et al.*, 2021) mostrando a boa performance das estimativas deste trabalho.

A estimativa mensal da I_D (Figura 03b) teve resultados bem melhores em comparação com a estimativa horária, demonstrando que a equação de estimativa possui mais compatibilidade com dados de períodos mais longos, pois quanto maior o período considerado, menos variabilidade pode ser observada na radiação, uma vez que as principais variações ocorrem devido a nebulosidade, que é fenômeno com período de tempo de minutos a horas. O coeficiente de correlação de 0,74 indica uma forte relação entre a I_D medida e estimada e em conjunto com o índice d que foi 0,71 é possível afirmar que a concordância entre ambas as variáveis foi muito boa. O RMSE caiu pela metade ficando em 92 W m^{-2} em comparação com as estimativas horárias, apenas 24,31% da média mensal da I_D medida ($378,38 \text{ W m}^{-2}$) o que corrobora com os demais índices estatísticos e indica a boa acurácia da equação em estimar a I_D para períodos mensais.

Figura 03 - Relação linear entre a irradiância solar direta medida e estimada: média horária (a) e média mensal (b)



Fonte: Lopes Júnior, Costa e Souza (2021).



Tabela 01 - Raiz quadrática do erro médio (RMSE), coeficiente de correlação de Pearson (r) e índice de concordância de Willmott (d) das estimativas médias horárias da irradiância solar direta para diferentes períodos sazonais e sua respectiva média mensal

Período do ano	Estimativa I_D horária			Estimativa I_D Mensal		
	RMSE (%)	r	d	RMSE (%)	r	d
Geral	47,92	0,45	0,65	24,31	0,74	0,71
Período seco	49,48	0,38	0,65			
Período úmido	46,31	0,38	0,67			
Demais períodos	47,92	0,44	0,63			

Fonte: Lopes Júnior, Costa e Souza (2021).

3.2 Disponibilidade e variação da irradiância solar global medida e da irradiância solar direta e difusa estimadas

A variação média horária da radiação solar ao longo de um dia vai depender de diversos fatores astronômicos e atmosféricos que envolvem o planeta Terra. Os principais são a declinação solar, elevação solar e nebulosidade. A declinação solar determina a posição do disco do sol em relação às latitudes terrestres, assim sabe-se o quanto de radiação solar é disponível em uma região num determinado período do ano. A elevação solar é a posição angular do disco solar ao decorrer de um dia em relação ao nascer e ao pôr do sol. A nebulosidade é o principal fator atmosférico responsável pelas variações horárias ou diárias da radiação solar que atinge a superfície terrestre (OMETTO, 1981).

Partindo desse pressuposto observa-se a variação média horária da I_G medida e da estimativa de suas componentes ao decorrer de um dia durante o período de 2009 a 2019 (Figura 04). A variação da I_G média horária (Figura 04a) demonstra um padrão normal com desvios padrões maiores próximos ao meio-dia. O valor máximo foi atingido ao meio-dia ($750,54 \text{ W m}^{-2}$) com desvio padrão máximo também no mesmo horário ($261,13 \text{ W m}^{-2}$), indicando que a I_G máxima horária ultrapassou os 1000 W m^{-2} . A irradiância total diária média foi $5,30 \text{ KWh m}^{-2}$ o que equivale a uma irradiação de $19,10 \text{ MJ m}^{-2}$.

Em relação a I_D estimada (Figura 04b) é possível perceber o padrão diário normal dessa irradiância em relação a I_G , pois como é uma radiação normal aos raios solares esta tende a ter níveis mais elevados ao início e final do dia. A média diária foi $438,51 \text{ W m}^{-2}$ e o máximo ocorreu as 13:00h ($531,31 \text{ W m}^{-2} \pm 207,21 \text{ W m}^{-2}$) o desvio padrão médio (DP) foi de $198,71 \text{ W m}^{-2}$. A irradiância total diária média foi $4,82 \text{ KWh m}^{-2}$ ou $17,36 \text{ MJ m}^{-2}$ com irradiação média horária de $1,58 \text{ MJ m}^{-2}$. As médias horárias e os padrões da curva da I_D se assemelham



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

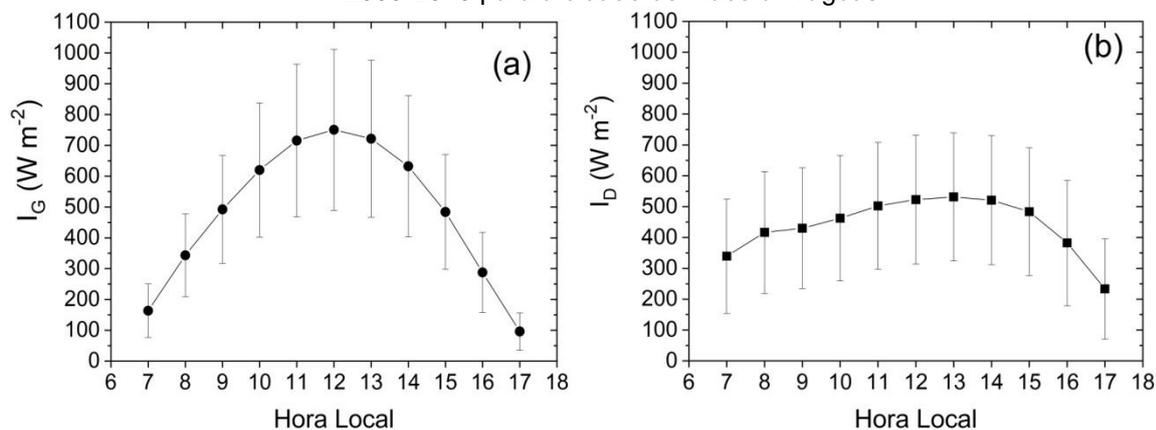
Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

com as de Marques Filho *et al.* (2016) que encontrou uma média horária de $2,31 \text{ MJ m}^{-2}$ no verão e $1,52 \text{ MJ m}^{-2}$ no inverno para a cidade do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro.

A I_d ficou com uma média horária de $221,33 \text{ W m}^{-2}$ com um máximo às 12:00h ($314,41 \text{ W m}^{-2}$ ou $1,13 \text{ MJ m}^{-2}$) (Figura 04c). O DP médio ficou em $25,73 \text{ W m}^{-2}$ e total diário médio foi $2,43 \text{ kWh m}^{-2}$ ou $8,76 \text{ MJ m}^{-2}$. A irradiação média horário foi $0,80 \text{ MJ m}^{-2}$ bem próxima a de Marques Filho *et al.* (2016) ($0,84 \text{ MJ m}^{-2}$). El-Sebaï *et al.* (2010) estimou todas as irradiâncias solares para a cidade de Jeddah na Arábia Saudita e encontrou valores estimados entre $12,4 \text{ MJ m}^{-2}$ e $12,9 \text{ MJ m}^{-2}$ e um valor de medido de aproximadamente $12,75 \text{ MJ m}^{-2}$ para a I_d . Essa diferença é natural, uma vez que a cidade de Jeddah está localizada numa região desértica onde os níveis de incidência de radiação solar são maiores, pois quase não existe a influência da nebulosidade e a I_d tende a ser incrementada pela reflexão da radiação em partículas de poeira presentes na atmosfera, uma vez que essa irradiância é proveniente do espalhamento da I_G ocorrente em várias camadas da atmosfera.

Figura 04 - Médias horárias da irradiância solar global (a) direta (b) e difusa (c) durante o período de 2009-2019 para a cidade de Maceió-Alagoas

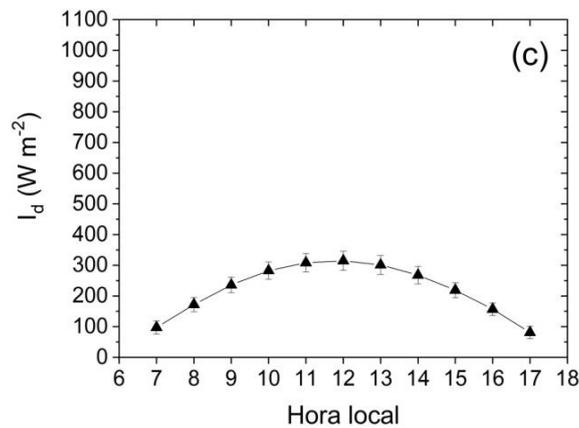




XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

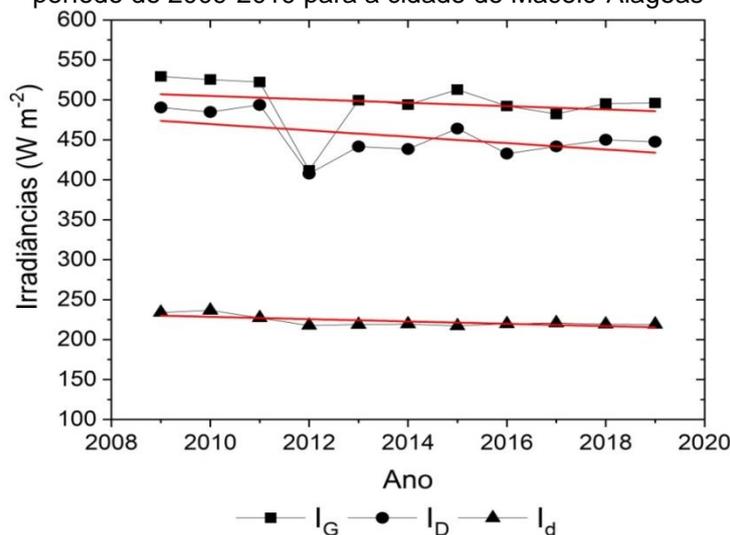


Fonte: Lopes Júnior, Costa e Souza (2021).

A variação anual da radiação solar incidente na superfície terrestre durante o período de 2009 a 2019, expressa através da I_G e suas componentes é demonstrada na Figura 05. É possível observar uma tendência de diminuição das irradiâncias desde o início ao final do período, em que é comum ao final do ciclo a quantidade de energia ser menor do que no início. Observa-se no ano de 2012 uma diminuição anormal das médias anuais da I_G e I_D , isso ocorreu possivelmente devido à exclusão/falta de 25,98% dos dados, em comparação com os demais anos que tiveram em média 1,1% de dados faltantes. Do início ao final do ciclo a I_G teve uma diminuição total de $33,20 W m^{-2}$, enquanto que a I_D e a I_d diminuíram $42,69 W m^{-2}$ e $14,85 W m^{-2}$, respectivamente. Os DP médios de todo o período para a I_G , I_D e I_d foram $291,90 W m^{-2}$, $253,37 W m^{-2}$ e $85,29 W m^{-2}$, respectivamente. Os totais médios diários da H_G caíram de $21,01 MJ m^{-2}$ para $19,69 MJ m^{-2}$, os totais da H_D passaram de $19,36 MJ m^{-2}$ para $17,71 MJ m^{-2}$ e os da H_d de $9,24 MJ m^{-2}$ para $9,13 MJ m^{-2}$.



Figura 05 - Tendência média anual das irradiâncias solar global (a) direta (b) e difusa (c) durante o período de 2009-2019 para a cidade de Maceió-Alagoas



Fonte: Lopes Júnior, Costa e Souza (2021).

Os totais mensais da irradiação direta estimada (H_{Dest}) e difusa (H_d) se comportaram dentro dos padrões esperados da radiação para o local de estudo quando compara-se com as irradiações medidas H_G e H_{Dmed} (Tabela 02). A H_{Dest} acompanhou bem o padrão verdadeiro da H_D e também teve DP semelhante. O máximo valor da H_G ocorreu em novembro e o mínimo em junho, acompanhando o mínimo da H_o que ocorre no mesmo mês ($29,35 MJ m^{-2}$) (valores não presentes na tabela). No caso da H_{Dmed} o máximo ocorreu no mês de janeiro e o mínimo em agosto, isso possivelmente ocorreu devido a falta de dados medidos para o referido mês, sendo somente utilizada a média do ano de 2013.

A H_{Dest} contornou o problema da falta de dados da H_{Dmed} e retornou valores, durante o período úmido, seguindo o padrão da H_o . A máxima ocorreu no mês de dezembro, segundo mês do ano com maior valor da H_o ($39,27 MJ m^{-2}$) perdendo apenas para janeiro ($39,42 MJ m^{-2}$) e a mínima em julho. O padrão anual da H_G e H_D medida e estimada apresentado aqui seguiu o padrão anual encontrado por Marques Filho *et al.* (2016) na cidade de Rio de Janeiro, com valores mínimos em junho e máximos em fevereiro, contudo deve-se levar em consideração a diferença da climatologia da precipitação da região considerada no trabalho em comparação a de Maceió. A H_d por ser um tipo de radiação proveniente da difusão da radiação solar na atmosfera, depende bastante da nebulosidade, ou seja, quanto mais



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia: contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

nebulosidade presente no céu, maior será o valor da H_d , esse fato explica os valores elevados durante a período úmido da região, contudo a Tabela 02 mostra que os fatores astronômicos exerceram influencia superior aos fatores atmosféricos, pois, ainda assim, o valor máximo ocorreu em fevereiro e o mínimo em junho.

A transmitância atmosférica global (KT) teve seu maior valor em novembro seguindo o padrão da H_G , esse padrão ocorre pelo fato da precipitação ser menor durante o mês de novembro para a região como pode ser observado na Figura 02. O mínimo, no entanto, ocorreu em julho não por ser o mês mais chuvoso, mas por ser o segundo com menor valor de H_0 ($30,09 \text{ MJ m}^{-2}$) e ser o terceiro mês mais chuvoso do ano (Figura 02). E a média anual do KT foi de 0,50, uma vez que, de acordo com Lopes Júnior *et al.* (2021) a região possui maior ocorrência de dias e horas com céu parcialmente nublado, ou seja, KT entre 0,4 e 0,6.

Tabela 02 - Médias mensais dos totais diários da irradiação solar global (H_G), irradiação solar direta estimada (H_{Dmed}), irradiação solar medida (H_{Dest}) e irradiação solar difusa (H_d) e médias horárias mensais da transmitância atmosférica global (KT) durante o período de 2009 a 2019 para a cidade de Maceió-Alagoas

Mês	H_G (MJ m^{-2})	H_{Dmed} (MJ m^{-2})	H_{Dest} (MJ m^{-2})	H_d (MJ m^{-2})	KT
Jan	21,00± 11,27	23,40± 6,44	20,15± 8,10	9,68± 2,89	0,52± 0,23
Fev	20,74± 11,18	22,82± 5,66	20,12± 7,72	9,83± 3,11	0,51± 0,24
Mar	21,01± 11,13	21,76± 6,53	20,36± 7,38	9,61± 3,13	0,53± 0,22
Abr	17,88± 10,24	19,21± 7,69	17,94± 7,47	9,26± 3,16	0,47± 0,22
Mai	14,87± 9,14	15,70± 5,59	15,68± 7,37	8,76± 3,11	0,42± 0,21
Jun	14,13 ± 8,53	14,57± 5,72	15,33± 7,19	8,30± 2,98	0,42± 0,20
Jul	14,21± 8,69	14,35± 4,27	14,95± 7,28	8,54± 3,03	0,41± 0,20
Ago	17,15± 9,37	11,34± 7,47	16,03± 7,29	9,08± 3,04	0,46± 0,20
Set	20,03± 9,77	13,60± 7,34	17,15± 7,33	9,59± 3,04	0,51± 0,15
Out	22,26± 10,26	12,70± 8,04	19,60± 7,24	9,73±3,00	0,55± 0,15
Nov	23,48± 10,56	19,79±7,42	21,37± 7,61	9,52± 2,79	0,58± 0,16
Dez	22,92± 10,68	23,25± 6,21	21,49± 8,37	9,48± 2,76	0,55± 0,18

Fonte: Lopes Júnior, Costa e Souza (2021).



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB – João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

4. Considerações finais

A estimativa da radiação solar direta e difusa foi expressivamente bem, apesar das ferramentas de inferência estatística retornarem valores razoáveis para as estimativas horárias, foi demonstrado que para a estimativa mensal a equação linear teve boa acurácia. Esse fato fica comprovado quando se observa as médias horárias e mensais das irradiâncias que foram próximas às medias de outros trabalhos e tiveram seus padrões diários devidamente comprovados.

Ao analisar as médias anuais ficou nítido que do início ao final do período de 2009 a 2019 houve uma diminuição da irradiância média que chegou à superfície terrestre aproximadamente 6,68% para a I_G , 10,63% para a I_D e 6,66% para a I_d , ou seja, apesar do aumento da atividade solar por volta de 2014 e 2015, ainda assim não foi suficiente para aumentar o fluxo médio de radiação solar durante o período. Grande parte dessa diminuição deve-se a alguns fatores principais como, por exemplo: nebulosidade, aumento da quantidade de gases ou partículas presentes na atmosfera ou até mesmo fatores astronômicos como a distância média Terra-Sol, entre outros.

Em suma, o trabalho demonstra a essencialidade de se estimar os fluxos de radiação solar em superfície, seja para sua utilização em modelos de previsão de tempo e clima, modelos agrometeorológicos, para o estudo de sua distribuição espacial com a finalidade de instalação de sistemas de energia solar fotovoltaicos ou térmicos, ou para conhecimento da influência exercida pela atmosfera nos fluxos energéticos de ondas curtas. Para tanto, pesquisas de estimativa com métodos mais acurados ou através de parametrizações devem ser conduzidas com foco nos diferentes tipos de aplicações da radiação solar.

5. Referências

BATLLES, F. J.; RUBIO, M. A.; TOVAR, J.; OLMO, F. J.; ALADOS-ARBOLEDAS, L. Empirical modeling of hourly direct irradiance by means of hourly global irradiance. **Energy**. v. 25, p. 675-688, 2000.

BERTRAND, C.; VANDERVEKEN, G.; JOURNÉE, M. Evaluation of decomposition models of various complexity to estimate the direct solar irradiance over Belgium. **Renew Energy**, v. 74, p.618-626, 2015.

BIGGS, W. W. Radiation measurement. In: **Radiation measurements and instrumentation**. Lincoln: LI-COR, 42p, 1982.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. Curitiba: CRV, 2016.

CHELBI, M.; GAGNON, Y.; WAEWSAK, J. Solar radiation mapping using sunshine duration-based models and interpolation techniques: application to Tunisia. **Energy Conversion and Management**.v. 101, p. 203-215, 2015.

DORVLO, A. S. S.; JERVASE, J. A.; AL-LAWATI, A. Solar radiation estimation using artificial neural networks. **Applied Energy**, v. 71, p. 307-319, 2002.

EL-SEBAILI, A. A. *et al.* Global, direct and diffuse solar radiation on horizontal and tilted surfaces in Jeddah, Saudi Arabia. **Applied Energy**, v.87, n.2, p. 568-576, 2010.

EMBRAPA. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Recife: EMBRAPA, 2012. ISSN 1678-0892.

FRITSCHEN, L.J.; GAY, L.W. **Environmental instrumentation**. New York: Springer Verlag. 242p., 1979.

HUANG, G. *et al.* Estimating surface solar irradiance from satellites: Past, present, and future perspectives. **Remote Sensing of Environment**, v. 233, n. 111371, p. 1-16, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/maceio/panorama>>. Acesso em: 21 de abr. 2021.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em:< <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/AL/83377> >. Acesso em: 21 de abr. 2021.

LOPES JÚNIOR, J. M. **Medidas da radiação solar direta na região de Maceió-AL**. 2017. 61p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Meteorologia). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

LOPES JÚNIOR, J.M. *et al.* Estimativa horária da irradiância solar direta para a região de Maceió-AL. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 20, 2017, Juazeiro/Petrolina. **Anais...** Juazeiro: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2017.

LOPES JÚNIOR, J.M. *et al.* Frequência e probabilidade de ocorrência de transmitância atmosférica global para a região de Maceió-Alagoas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.2, p. 14685-14700, 2021.

MARQUES FILHO, E.P. *et al.* Global, diffuse and direct solar radiation at the surface in the city of Rio de Janeiro: observational characterization and empirical modeling. **Renewable Energy**. v. 91. P. 64-74, 2016.

MONTEIRO, G. *et al.* Solar radiation and shadow modelling with adaptive triangular meshes. **Solar Energy**. v. 83, n.7. p. 998 – 1012, 2009.



XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA

Saberes acadêmicos, populares e institucionais em Climatologia:
contextos para uma agenda socioambiental

UFPB - João Pessoa, de 10 a 14 de agosto de 2021

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Editora Agrônômica Ceres, 1981. 425p.

SOUZA, J.L. Irradiância solar no litoral do nordeste: avaliação preliminar. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 10, Piracicaba, P. 457-459, 1997.

SOUZA, J. L. *et al.* Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, período 1972- 2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p.131-141, 2003.

SOUZA, J. L.; NICÁCIO, R. M.; MOURA, M. A. L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. **Renew Energy**, v. 30, p.1203 – 1220, 2005.

SOUZA, J.L. *et al.* Irradiância solar global e fotossintética em regiões de alagoas. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 17, Guarapari, 2011.

TAVARES, P. S. **Observação e análise da radiação solar global e fotossinteticamente ativa na região de Maceió**. 2005. 63p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Meteorologia). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2005.

YANIKTEPE, B.; GENÇ, Y. A. Establishing new model for predicting the global solar radiation on horizontal surface. **Hydrogen energy**. v. 40, p. 15278-15283, 2015.