

Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental

Variabilidade pluviométrica e índice de anomalia de chuvas em municípios do Piauí

Rainfall variability and rainfall anomaly index in municipalities of Piauí

Variabilidad pluviométrica e índice de anomalía pluviométrica en municipios del estado de Piauí

Marcus Willame Lopes Carvalho^I , Wellington Cruz Corrêa^I ,
Marcos Antônio de Castro Marques Teixeira^{II} , Catharina Teixeira Cortez^{III} ,
Adriana Conceição da Silva^{IV} 

^I Universidade Federal do Maranhão , Chapadinha, MA, Brasil

^{II} Instituto Federal do Piauí , Teresina, PI, Brasil

^{III} Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Teresina, PI, Brasil

^{IV} Instituto Federal do Ceará , Crateús, CE, Brasil

RESUMO

O conhecimento da precipitação de uma região é fundamental para o planejamento de qualquer atividade econômica, principalmente a agricultura. Portanto, esse trabalho teve como objetivo analisar a variabilidade pluviométrica de 10 municípios do Piauí através da utilização do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Foram utilizados dados pluviométricos de um período de 21 anos (2000-2020) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram utilizados para o cálculo do IAC e classificados como extremamente úmido, muito úmido, úmido, seco, muito seco e extremamente seco. Para os municípios localizados na região centro norte do Estado do Piauí, há maior influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre a qualidade e quantidade de chuva na região, enquanto para os municípios ao sul do Estado são decorrentes das penetrações de frentes frias e/ou seus vestígios e a formação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANS). A partir do IAC, identificou-se predomínio de anos secos no período de 2012 até 2016 sendo associados ao El Niño-Oscilação Sul (ENOS). A utilização do IAC garante resultados mais precisos referentes ao grau de variação da chuva, possibilitando a sua utilização como uma ferramenta para o acompanhamento interanual da precipitação pluviométrica de regiões, com a qual é possível determinar mudanças em seu regime de chuvas.

Palavras-chave: Sistemas meteorológicos; Precipitação; Seca

ABSTRACT

The knowledge of rainfall from a region is fundamental for planning any economic activity, especially agriculture. Therefore, this study aimed to analyze the rainfall variability of 10 municipalities in Piauí throughout the use of the Rain Anomaly Index (IAC). Rainfall data from a 21 years period (2000-2020) were used, provided by the National Institute of Meteorology (INMET). The data were utilized to calculate the IAC and were classified as extremely wet, very wet, wet, dry, very dry and extremely dry. For municipalities located in the north-central region of the State of Piauí, there is a greater influence of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) on the quality and quantity of rainfall in the region, whilst for municipalities in the south of the state they are arising to the penetration of cold fronts and/or or its trace elements and the formation of High Level Cyclonic Vortexes (VCANS). As of IAC, a predominance of dry years was identified in the period from 2012 to 2016, being associated with the El Niño-Southern Oscillation (ENSO). The use of the IAC ensures more accurate results regarding the degree of rainfall variation, affording its use as a tool for the interannual monitoring of rainfall in regions, with which it is possible to determinate changes in their rainfall regime.

Keywords: Meteorological systems; Rainfall; Dry

RESUMEN

El conocimiento de la precipitación en una región es fundamental para planificar cualquier actividad económica, especialmente la agricultura. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo analizar la variabilidad de las precipitaciones de 10 municipios de Piauí mediante el uso del Índice de Anomalía de la Lluvia (IAC). Se utilizaron datos de lluvia de un período de 21 años (2000-2020) proporcionados por el INMET (Instituto Nacional de Meteorología). Los datos se utilizaron para calcular el IAC y se clasificaron como extremadamente húmedos, muy húmedos, húmedos, secos, muy secos y extremadamente secos. Para los municipios ubicados en la región centro norte del Estado de Piauí, hay una mayor influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en la calidad y cantidad de lluvia en la región, mientras que para los municipios del sur del estado se deben a la penetración de frentes fríos y/o sus vestigios ya la formación de Vórtices Ciclónicos de Alto Nivel (VCANS). A partir de la CIT se identificó un predominio de años secos en el periodo 2012 a 2016, asociándose con El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). El uso del IAC garantiza resultados más precisos en cuanto al grado de variación de las precipitaciones, pudiendo ser utilizado como una herramienta para el seguimiento interanual de las precipitaciones en las regiones, en las que a través de él es posible determinar cambios en su régimen pluviométrico.

Palabras-clave: Sistemas meteorológicos; Precipitación; Seco

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o IBGE (2021), o estado do Piauí possui uma área territorial de 251.755,481 km², o que corresponde a 2,95% do território brasileiro. Regiões com grande extensão territorial podem apresentar adversidades climáticas e afetar diretamente vários setores da economia, principalmente a agricultura (Medeiros, 2017). Em razão

de sua posição geográfica, esse estado é considerado uma típica zona de transição climática entre o Nordeste semiárido e a Amazônia úmida (Lima; Andrade Junior, 2020), o que condiciona dois regimes chuvosos: no sul do Estado chove de novembro a março e no centro e norte chove de dezembro a maio (Silva *et al.*, 2013).

O Piauí situa-se na área de influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), caracterizando-se como o mais importante sistema atmosférico produtor de chuvas no setor norte do Nordeste (Zanella, 2014). Outro importante elemento que influencia a abundância ou ausência de chuvas nessa região são as anomalias positivas e negativas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos Oceanos Atlântico e Pacífico, que interfere na determinação da intensidade e posição da ZCIT. Alia-se à TSM a incidência de fenômenos El Niño e La Niña, que, associados à ocorrência do dipolo do Atlântico, movimentam a convecção para Leste ou para Oeste, gerando extremos de chuvas (Santos; Aquino, 2017).

O Piauí é considerado um dos estados mais secos da Região Nordeste. Esse fenômeno não se dá apenas pela falta absoluta de água, mas sim à má distribuição da chuva no tempo e no espaço. A necessidade do monitoramento do regime pluviométrico é útil devido a vários aspectos: existência de inúmeros projetos de irrigação implantados em funcionamento e futuros; abastecimento d'água para grandes, médias e pequenas cidades que, em sua maioria, dependem diretamente dos níveis dos rios ou, de forma indireta, do volume acumulado das barragens distribuídas no Nordeste brasileiro; diversas culturas agrícolas são dependentes exclusivamente da regularidade das chuvas (Silva *et al.*, 2017).

O conhecimento das características climáticas da paisagem é fundamental para o planejamento das atividades humanas, sobretudo do comportamento das chuvas de uma região. Assim, destaca-se a importância do conhecimento das variações da precipitação pluviométrica, em especial no Nordeste do Brasil, região marcada pela irregularidade espaço-temporal das chuvas com elevados valores de temperaturas e de evapotranspiração.

Pesquisas que utilizam índices voltados ao conhecimento dos condicionantes climáticos, notadamente das precipitações pluviométricas, são essenciais ao planejamento de políticas públicas para convivência com as condições semiáridas (Alves *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2017; Carvalho *et al.*, 2020). Um dos métodos estatísticos mais utilizados em estudos de precipitação pluviométrica é o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), pois permite o acompanhamento climático com comparações entre as condições atuais e os valores históricos de chuvas e para o entendimento da distribuição espacial e temporal entre os períodos secos e úmidos (Marcuzzo; Melo, 2011).

Marcuzzo e Melo (2011) analisaram a variação espacial, temporal e sazonal da precipitação pluvial no estado do Mato Grosso e observaram grande variação nos índices precipitados no extremo noroeste e norte com os maiores valores de chuvas e menores na região sul do estado, enquanto o IAC verifica ser maior o número de anos secos que de anos úmidos. Marcuzzo e Goularte (2012), ao analisarem a variação do IAC da precipitação pluvial no estado do Tocantins, também observaram maior número de anos secos durante o período delimitado.

Nascimento, Almeida e Araujo (2020) estudaram a variabilidade climática da precipitação pluviométrica na Microrregião de Umbuzeiro, no Estado da Paraíba, utilizando o IAC, e observaram dois períodos distintos: um período chuvoso, que vai de março a julho, tendo junho como o mês mais significativo; e um período seco, que vai de agosto a fevereiro, sendo outubro o mês mais seco.

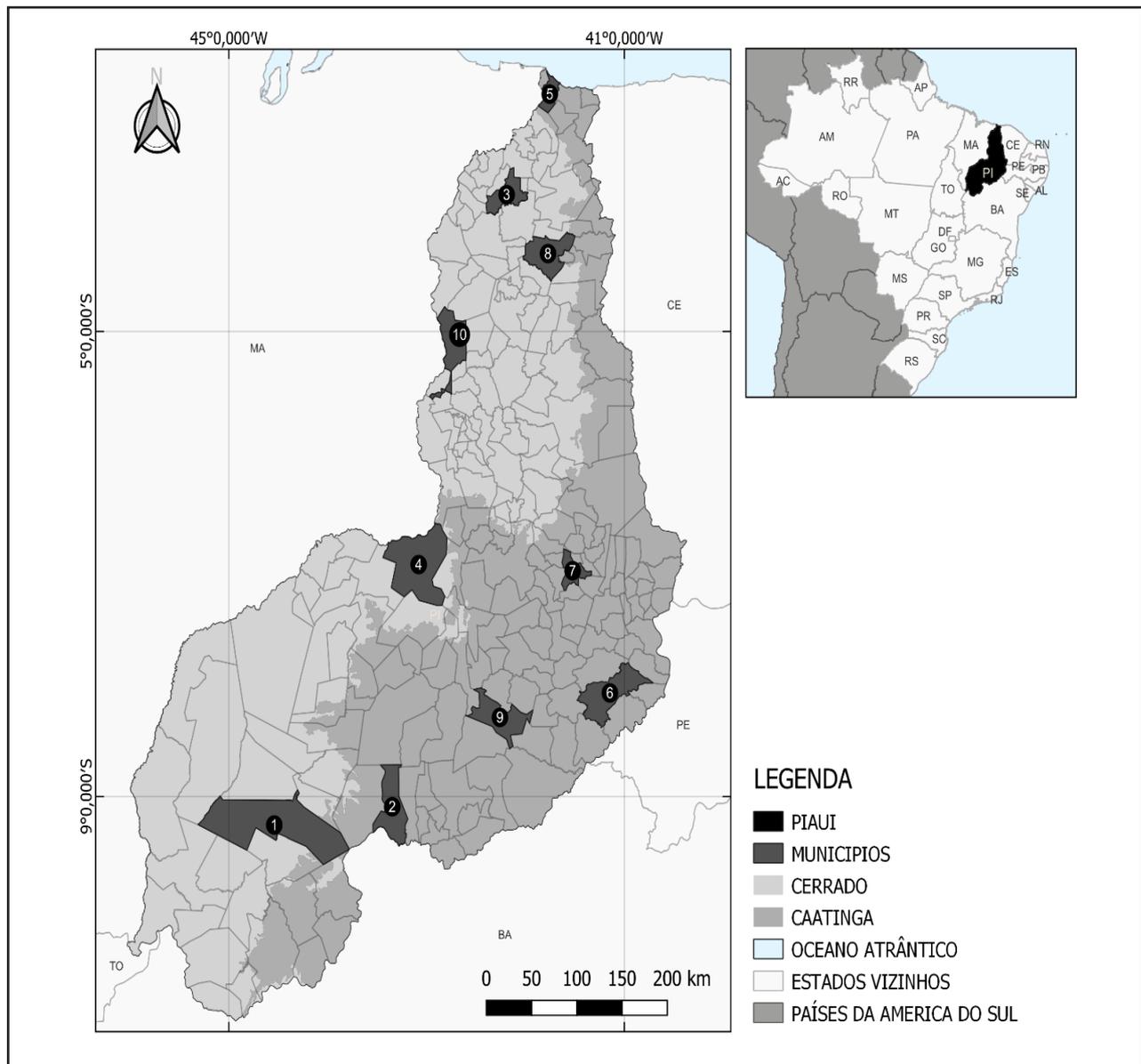
Nesse sentido, enfatiza-se a importância da execução do presente estudo para ampliação do conhecimento acerca da climatologia, bem como para o conhecimento sobre o clima local, que ainda carece de muitos estudos. Portanto, o objetivo desse trabalho é avaliar a variabilidade pluviométrica e determinar o índice de anomalia de chuva de municípios do Piauí nos últimos 21 anos.

2 METODOLOGIA

Utilizou-se dados pluviométricos mensais de estações meteorológicas automáticas e convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram

selecionadas estações que apresentaram históricos de, no mínimo, 21 anos e os municípios foram selecionados de modo a abranger todas as regiões do Estado do Piauí, para sua devida caracterização (Figura 1). No total, utilizou-se dados pluviométricos de 10 municípios que podem ser identificados na Tabela 1.

Figura 1 – Distribuição dos municípios selecionados para análise dos dados das estações meteorológicas automáticas e convencionais do INMET no estado do Piauí



Fonte: Organizado pelos autores (fevereiro, 2023)

Projeção: UTM, Zona 23

DATUM: SIRGAS 2000

Municípios Selecionados: 1 – Bom Jesus do Piauí; 2 – Caracol; 3 – Esperantina; 4 – Floriano;

5 – Parnaíba; 6 – Paulistana; 7 – Picos; 8 – Piripiri; 9 – São João do Piauí; 10 – Teresina

Tabela 1 – Estações meteorológicas com seus respectivos municípios, biomas, latitudes, longitudes e altitudes

EMA*	EMC**	Município	Bioma	Latitude	Longitude	Altitude
A326	82975	Bom Jesus do Piauí	Caatinga/ Cerrado	-9.08333333	-44.32638888	296
A337	82976	Caracol	Caatinga	-9.28583333	-43.32444443	515,3
A338	82298	Esperantina	Cerrado	-3.89944444	-42.25944444	88
A311	82678	Floriano	Cerrado	-6.76138888	-43.00333333	126,39
A308	82287	Parnaíba	Caatinga/ Cerrado	-3.08666666	-41.78305554	52,11
A330	82882	Paulistana	Caatinga	-8.132288	-41.142945	376
A343	82780	Picos	Caatinga	-7.07111111	-41.40416666	232,91
A335	82480	Piripiri	Caatinga	-4.276047	-41.794568	157,89
A331	82879	São João do Piauí	Caatinga	-8.36444444	-42.2525	231
A312	82578	Teresina	Cerrado	-5.03472221	-42.80138888	75,23

Fonte: Organizado pelos autores (outubro, 2021)

* Estação meteorológica automática, ** Estação meteorológica convencional

Foi realizado o método da ponderação regional para o preenchimento de falhas entre 2000 e 2020. Esse é um método simplificado, normalmente utilizado para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitações, visando à homogeneização do período de informações e à análise estatística das precipitações. Para um grupo de postos, devem ser selecionados ao menos três que possuam, no mínimo, dez anos de dados. Os postos vizinhos devem estar numa região climatológica semelhante ao posto a ser preenchido (Bertoni; Tucci, 2001). Por exemplo, para o município de Bom Jesus, entre os 250 dados, foram identificadas 6 falhas e para a ponderação utilizou-se os dados dos municípios vizinhos de São João do Piauí - PI, Balsas - MA e Barra - BA.

Para a tabulação e realização dos cálculos das séries históricas selecionadas, foi utilizada uma planilha eletrônica (*Microsoft Office Excel*), sendo obtidas as médias

mensais e anuais das séries.

Na determinação do IAC, utilizou-se a metodologia do trabalho de Alves *et al.* (2016), a fim da obtenção das anomalias positivas e negativas:

$$IAC_{positivo} = 3 \left[\frac{(N - N_1)}{(M - N_1)} \right] \quad (1)$$

$$IAC_{negativo} = -3 \left[\frac{(N - N_1)}{(X - N_1)} \right] \quad (2)$$

em que:

N = precipitação observada do ano em que será gerado o IAC (mm);

N1 = precipitação média anual da série histórica (mm);

M = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); e

X = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Para a realização da disposição dos municípios em termos de IAC, foi utilizada a classificação elaborada por Araújo, Moraes Neto e Sousa (2009) para os anos secos e úmidos. A classificação é feita de acordo com os valores registrados para o IAC, como mostra a Tabela 2. Valores positivos de IAC significam que o determinado ano foi chuvoso. Dependendo do valor atingindo, pode ser classificado na classe de intensidade como úmido, muito úmido ou extremamente úmido e, similarmente aos valores positivos de IAC, os valores negativos representam os anos secos, com classificação de seco, muito seco ou extremamente seco (Araújo *et al.* 2007).

Tabela 2 - Classes do Índice de Anomalia de Chuva

	Faixa do IAC	Classe de intensidade
Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	>4	Extremamente úmido
	2 a 4	Muito úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a - 2	Seco
	- 2 a - 4	Muito seco
	<- 4	Extremamente seco

Fonte: Araújo, Moraes Neto e Sousa (2009)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para um melhor embasamento, no que se refere ao clima e às características pluviométricas de cada município, está exposto na Figura 2 o comportamento da normal climatológica mensal para a precipitação pluviométrica que permite a visualização das épocas chuvosas e secas de cada município.

O município de Esperantina apresentou uma precipitação média anual de 1446,42 mm, sendo o mais chuvoso dos municípios estudados, concentrando os maiores valores entre meses de janeiro a maio (Figuras 2 e 3). O município de Piri-piri foi o segundo mais chuvoso com média anual de 1372,98 mm, seguido de Teresina, com 1313,43 mm, Parnaíba, com 1042,94 mm e Floriano, com 1010,93 mm.

Esses municípios encontram-se no Nordeste Setentrional, região que sofre forte influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A estação das chuvas nessa região, principalmente na parte norte do Maranhão, Piauí, Ceará, oeste do Rio Grande do Norte e interior da Paraíba e Pernambuco, ocorre no período de fevereiro a maio e deve-se ao deslocamento da ZCIT para latitudes mais ao sul, a qual influencia diretamente na intensidade do período chuvoso da região (Marengo *et al.*, 2011). A maioria das chuvas que ocorrem na região semiárida são influenciadas pelo sistema ZCIT. De acordo com Silva, Galvínio e Costa (2017a), o período chuvoso no sertão nordestino ocorre de dezembro a maio com máximas de precipitação durante fevereiro e março, enquanto no agreste o período chuvoso ocorre de fevereiro a julho com máximas de precipitação durante abril e maio.

A maioria dos municípios analisados nessa pesquisa apresentam período chuvoso característicos do sertão nordestino, ou seja, com chuvas mais intensas no período de dezembro a março, com exceção dos municípios localizados ao norte do estado do Piauí, onde as chuvas mais intensas tem início no mês de janeiro e se estendem até junho. Resultados semelhantes também foram observados por Santos

e Aquino (2017) ao analisarem a precipitação pluviométrica no município de Castelo do Piauí, onde a estação chuvosa concentra-se nos meses de janeiro a abril, sendo março o mais chuvoso, e agosto o menos chuvoso.

O município de Bom Jesus, localizado a sudoeste do Estado, apresentou precipitação média anual de 953,55 mm. Apesar da baixa frequência anual média, em torno de 1 (Cavalcanti, 2016), nessa mesorregião o principal causador de chuvas são as penetrações de frentes frias e/ou seus vestígios e a formação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANS), em que a formação se dá com o seu centro no oceano, as formações e contribuições da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), posicionadas na direção noroeste-sudeste da América do Sul aumentam a nebulosidade e provocam chuvas de intensidade moderada a forte (Medeiros, 2016). A ZCAS é caracterizada como uma banda de precipitação e nebulosidade que abrange desde a Amazônia até o sudeste do Brasil, se estendendo pelo oceano. Trata-se do principal sistema de grande escala responsável pelo regime de chuvas sobre o Brasil durante o verão austral (outubro a março).

O município de Paulistana é o menos chuvoso, apresentando precipitação média anual de 556,58 mm, antecedido dos municípios Caracol, com 626,20 mm, São João do Piauí, com 626,26 mm e Picos, com 669,05 mm. Esses municípios se encontram na região do semiárido piauiense. O semiárido nordestino é caracterizado pela ocorrência de chuvas escassas, irregulares ao longo do tempo e do espaço, ocorrendo secas frequentes, alta intensidade de precipitações com pouca duração e baixo volume de escoamento de água dos rios. Isso se explica, possivelmente, pela variabilidade temporal das precipitações e das características geológicas dominantes, além dos sistemas meteorológicos atuantes, como os fenômenos El Niño e La Niña (Silva *et al.*, 2013).

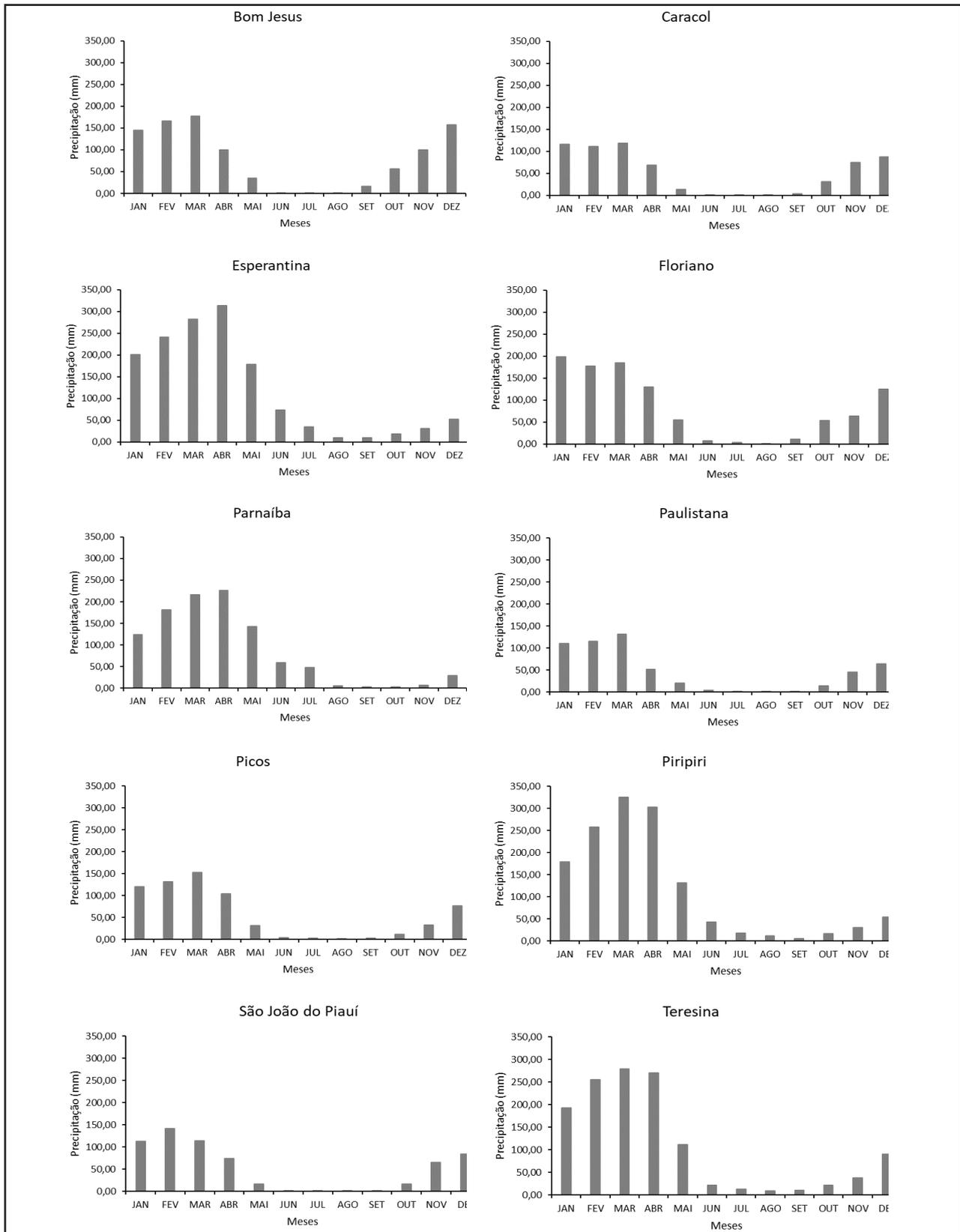
A pluviometria da região Nordeste decresce do litoral para o interior, sendo que, na maior parte dos estados do PI, CE, RN, PB, PE e BA, ocorrem índices totais

que variam de 800 a 500 mm. Além dos valores pluviométricos baixos, a variabilidade da precipitação interanual é muito elevada, principalmente no semiárido. Fenômenos oceânicos-atmosféricos são os responsáveis pela variabilidade que ocorre de um ano para outro. Em anos de El Niño, quando as águas do Pacífico estão mais aquecidas no centro-leste, toda a convecção se desloca para leste, alterando o posicionamento da célula de Walker, causando fortes anomalias na circulação atmosférica sobre os trópicos e, conseqüentemente, afetam a intensidade e duração do período chuvoso dessa região.

Com a continuidade da circulação atmosférica, o ar quente da região é empurrado e origina um ramo descendente sobre o oceano Atlântico, próximo à Região Nordeste do Brasil e à Amazônia oriental. De acordo com a intensidade desta célula de circulação e de sua fase de ocorrência, pode haver inibição da formação de nuvens e da descida da ZCIT para posições mais meridionais e, como consequência, a diminuição das chuvas no nordeste brasileiro. Assim, o fenômeno El Niño é um dos responsáveis pela redução das chuvas no setor setentrional do NE brasileiro (Lucena; Nóbrega; Wanderley, 2017).

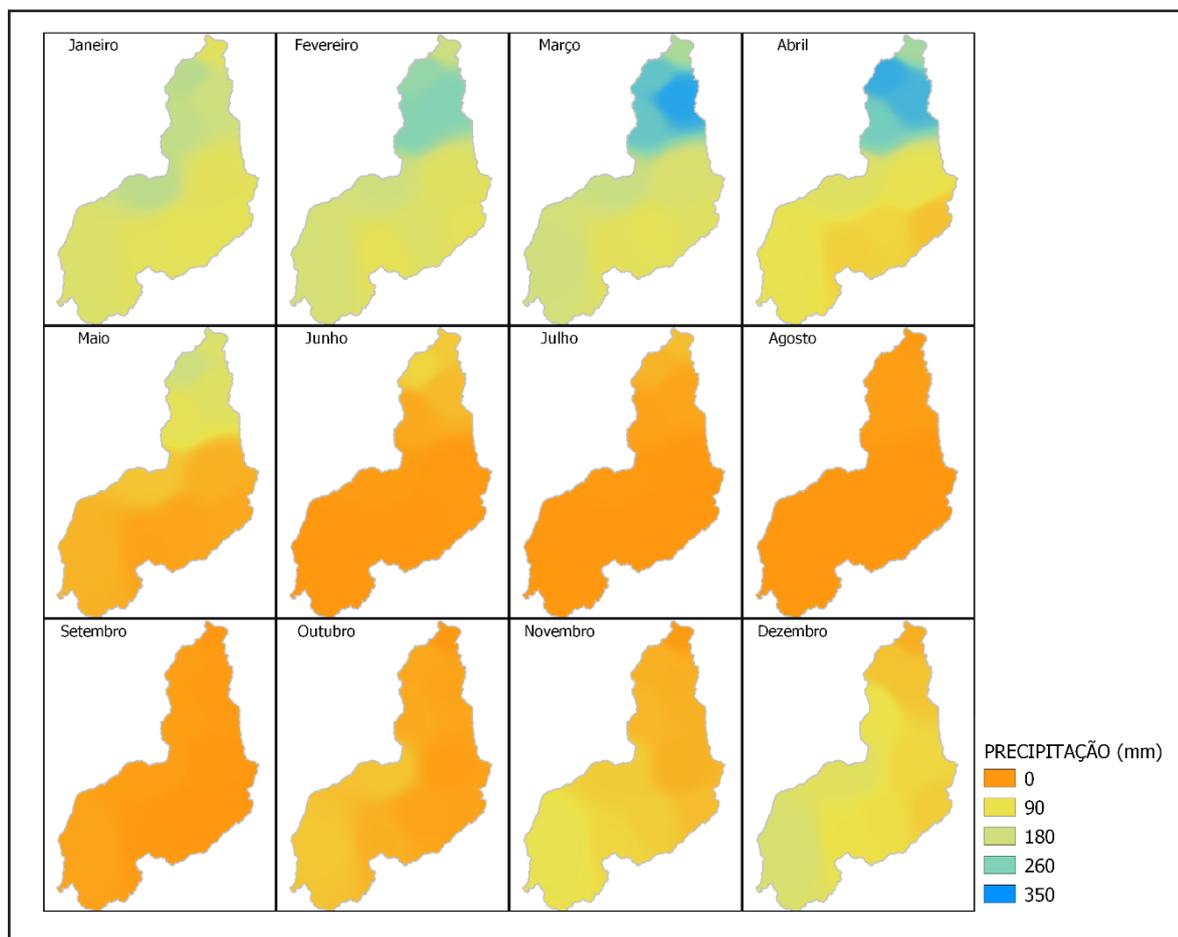
Outro importante elemento produtor de chuvas no norte do Nordeste está relacionado às Perturbações Ondulatórias nos Alísios (POAs), que se originam devido ao gradiente térmico gerado a partir do aquecimento e resfriamento oceânico e continental aliados à convergência dos ventos da Região Sul. As POAs propagam-se para oeste e, ao confluírem com a brisa terrestre, intensificam-se e causam totais pluviométricos superiores a 100 mm por dia e rajadas de vento superiores a 50 km h⁻¹, quando adentram ao continente, atingindo seus maiores valores no mês de março (molion; bernardo, 2002). esse fenômeno pode ser observado nas médias mensais de precipitação (figura 2), em que o mês de março se apresenta entre os maiores volumes anuais.

Figura 2 – Média mensal de precipitação pluviométrica dos últimos vinte anos de municípios do Piauí



Fonte: Organizado pelos autores (maio, 2022)

Figura 3 – Variabilidade espacial e temporal da precipitação no estado do Piauí de acordo com as médias mensais do período de 2000 a 2020



Fonte: Organizado pelos autores (maio, 2022)

A avaliação e o monitoramento do grau de severidade e de duração dos períodos secos e úmidos das séries de dados foram realizados por meio do IAC (Figura 4).

Durante o período analisado, na cidade de Bom Jesus houve 10 anos com desvios positivos e 11 anos com desvio negativos, variando entre -4,56 e 7,57. Caracol apresentou 10 anos com desvios positivos e 11 anos com desvios negativos, variando de -8,07 a 8,10. Esperantina apresentou 12 anos com desvios positivos e 9 anos com desvios negativos, variando de a -8,39 a 6,39. Floriano apresentou 13 anos com desvios positivos e 8 anos com desvios negativos, variando de -5,24 a 6,44. Parnaíba apresentou 9 anos com desvios positivos e 12 anos com desvios negativos variando

de -5,09 a 6,87. Paulistana apresentou 9 anos com desvios positivos e 12 anos com desvios negativos variando de -7,29 a 10,53. Picos apresentou 12 anos com desvios positivos e 9 anos com desvios negativos variando de -5,69 a 5,35. Piripiri apresentou 11 anos com desvios positivos e 10 anos com desvios negativos, variando de -5,76 a 9,70. São João do Piauí apresentou 9 anos com desvios positivos e 12 anos com desvios negativos variando de -6,64 a 6,37. Teresina apresentou 10 anos com desvios positivos e 11 anos com desvios negativos variando de -5,63 a 8,39.

O município de Paulistana apresentou maior desvio positivo com 10,53, no ano de 2004, sendo este considerado extremamente chuvoso. Nesse ano o município registrou precipitação anual de 1106,50 mm, bem acima da média anual do período. Silva *et al.* (2017), avaliando as variações no índice de anomalia de chuva no semiárido, especificamente no município de Petrolina, que se localiza a aproximadamente 174 km de Paulistana, verificou que o ano de 2004 foi considerado um ano anômalo com possibilidades de grandes volumes de precipitação para a região. O ano de 2004 é caracterizado pela ocorrência do El Niño de intensidade moderada com ocorrência no segundo semestre, não tendo influência sobre o regime de chuvas na região (Oliveira *et al.*, 2017). O El Niño é um fenômeno caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais na porção central e leste do oceano Pacífico. A união do El Niño com a Oscilação Sul (ENOS) e o Dipolo do Atlântico Tropical afetam diretamente o posicionamento da ZCIT. Esse fenômeno guarda uma íntima relação de causa e efeito com as secas intensas no semiárido nordestino (Costa *et al.*, 2015). Porém, esses eventos anômalos foram associados ao transporte de umidade desde o Atlântico tropical e da bacia Amazônica, até o Nordeste, fenômeno bastante incomum (Marengo *et al.*, 2011).

Os anos 2008 e 2009 foram os que apresentaram maiores desvios positivos para grande parte dos municípios estudados, sendo que o ano de 2008 foi considerado extremamente chuvoso para os municípios de Bom Jesus, Caracol, Piripiri e Teresina e, no ano de 2009 para os municípios de Caracol, Esperantina, Floriano, Parnaíba e Teresina. Resultado semelhante também foi destacado por Silva Junior e Lima

(2016) para o ano de 2009, com índice de anomalia positivo de 2,47 para o município de Teresina. Essas anomalias positivas são atribuídas à ocorrência simultânea de evento La Niña de intensidade fraca a moderada e fase positiva do Dipolo do Atlântico (Santos; Mendes; Cruz, 2020). Essa anomalia também foi observada para os municípios de São João do Piauí e Picos, porém com valores menores de IAC.

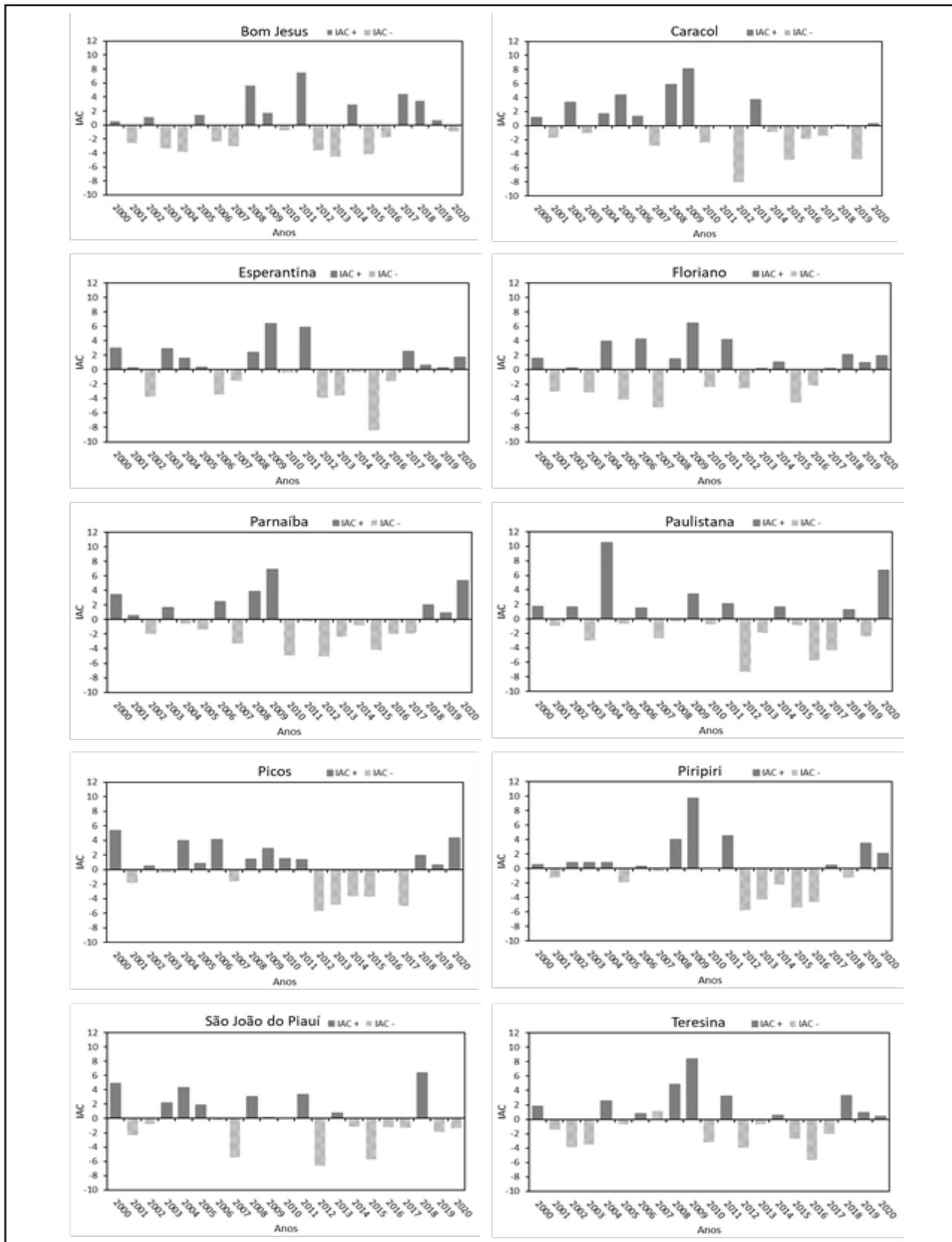
Pode-se observar que para a maioria dos municípios analisados o período de 2012 até 2016 houve predomínio de anos secos, sobretudo nos municípios que se localizam no semiárido. Esse período coincide com o período de seca que ocorreu na Região Nordeste em 2012 e se intensificou em 2015, sendo considerada a mais grave das últimas décadas e que teve um impacto em muitos distritos das regiões semiáridas nos estados do Nordeste brasileiro, afetando quase 9 milhões de pessoas (Marengo; Cunha; Alves, 2016).

Esses eventos de seca podem ser associados a mudanças na temperatura da superfície do mar no pacífico tropical. Esses fenômenos se manifestam com os extremos, em casos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS), e podem afetar a precipitação sobre o Nordeste brasileiro através de mudanças na circulação Walker orientada zonalmente (Ambrizzi; Souza; Pulwarty, 2004).

No município de Esperantina, que apresentou as maiores médias anuais de precipitação durante o período analisado, o ano de 2015 apresentou o menor desvio negativo com IAC de -8,39. Marengo, Cunha e Alves (2016) ressaltam que eventos de El Niño (fortes e moderados), durante o período de 2012-2015, foram associados com as secas no norte do Nordeste brasileiro, como observados também nos municípios de Piri-piri, Parnaíba e Teresina.

A seca de 2012-2015 é considerada a pior nas últimas décadas e teve um impacto negativo para os setores agrícola, pecuária, produtores industriais e, de acordo com o Ministério da Integração, estima-se perdas da ordem de 6 bilhões de dólares devido aos impactos da seca no setor agrícola até 2015 (Marengo; Cunha; Alves, 2016).

Figura 4 – Índice de Anomalia de Chuva (IAC) de municípios do Piauí, utilizando série histórica de dados correspondentes ao período de 2000 a 2020



Fonte: Organizado pelos autores (maio, 2022)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) garante resultados mais precisos referentes ao grau de variação da chuva, podendo ser utilizado como uma ferramenta para o acompanhamento interanual da precipitação pluviométrica de regiões, nas quais é possível, através dele, determinar mudanças em seu regime de chuvas, como o predomínio de anos secos de 2012 até 2016.

O município que apresentou mais IAC positivos foi Floriano, seguido de Esperantina, Picos, Piri-piri, Bom Jesus, Caracol, Teresina, Parnaíba, Paulistana e São João do Piauí, nesta ordem. O maior IAC observado no município de Paulistana e o município que apresentou menor IAC foi o município de Esperantina.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilização dos dados históricos de precipitação das estações meteorológicas.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. *et al.* Índice de anomalia de chuva para diferentes mesorregiões do estado de Pernambuco. **Pensar Acadêmico**, Manhuaçu, v. 14, n. 1, p. 37-47, 2016. Disponível em: <http://www.pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/pensaracademico/article/view/4>. Acesso em: 14 ago. 2021.

AMBRIZZI, T.; SOUZA, E. B. de; PULWARTY, R. S. The Hadley and Walker regional circulations and associated ENSO impacts on the South American seasonal rainfall. *In: The Hadley Circulation: Present, Past and Future*. Kluwer, Dordrecht, 21, p. 203-235, 2004. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-2944-8_8. Acesso em: 20 jan. 2021.

ARAÚJO, L. E. de *et al.* Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 24, n. 1, p. 47-59, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revista-geografia/article/view/228680>. Acesso em: 22 jan. 2021.

ARAÚJO, L. E. de; MORAES NETO, J. M. de; SOUSA, F. de A. S. de. Análise Climática da Bacia do Rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Engenharia Ambiental**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 508-523, 2009. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=344&locale=en>. Acesso em: 21 jan. 2021.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. *In*: TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. p. 177-241.

CARVALHO, M. W. *et al.* Caracterização da precipitação e sua relação com a evapotranspiração de referência em municípios do Piauí. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 24, n. 14. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/-geografia/article/view/40226>. Acesso em: 14 jan. 2021.

CAVALCANTI, I. F. A. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2016. Disponível em: <https://books.google.com.br>. Acesso em: 14 fev. 2023.

COSTA, M. D. S. *et al.* Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 08, n. 05, p. 1321-1334, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233598>. Acesso em: 25 fev. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados** – Piauí. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi.html>. Acesso em: 01 jun. 2022.

LIMA, M. D.; ANDRADE JUNIOR, A. S. Climas do estado do Piauí e suas relações com a conservação do solo. *In*: LIMA, M. G. de *et al.* (org.). **Climas do Piauí: interações com o ambiente**. Teresina: Edufpi, 2020. p. 16-36. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216902/1/Capitulo-CLIMA-E-MEIO-AMBIENTE.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2022.

LUCENA, J. A. de; NÓBREGA, R. S.; WANDERLEY, L. S. de A. Anomalias de temperatura da superfície do mar e a variabilidade pluviométrica no núcleo de desertificação de Cabrobó/PE. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 34, n. 3, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229379>. Acesso em: 13 jan. 2021.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. 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. Disponível em: <http://dSPACE.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/18875>. Acesso em: 13 jan. 2021.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Índice de Anomalias de Chuvas do Estado do Tocantins. **Geoambiente On-line**, n. 19, p. 55-71, 2012. Disponível em: <http://dSPACE.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/14834>. Acesso em: 13 fev. 2023.

MARENGO, J. A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. *In*: MEDEIROS, S. S. *et al.* (org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido; p. 385-422, 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3480265>. Acesso em: 13 jan. 2021.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/311058940>. Acesso em: 15 jan. 2021.

MEDEIROS, R. M. de. **Análise de aspectos climático, socioeconômico e ambiental e seus efeitos na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto e entorno**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016. Disponível em: <http://dSPACE.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/1440>. Acesso em: 21 mar. 2021.

MEDEIROS, R. M. Variabilidade decadal da precipitação em microrregiões do Piauí-Brasil. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 34, n. 1, p. 110-127. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/-view/229275>. Acesso em: 12 fev. 2021.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. de O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/327219140>. Acesso em: 22 fev. 2021.

NASCIMENTO, M. B. do; ALMEIDA, N. V.; ARAUJO, L. E. de. Análise da variabilidade da precipitação pluviométrica na microrregião de Umbuzeiro, Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, a. 16, v. 26, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65498>. Acesso em: 13 fev. 2023.

OLIVEIRA, R. L. *et al.* Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 6, p. 1995-2009, 2017. Disponível em: <https://periodicos.-ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/235912>. Acesso em: 22 fev. 2021.

SANTOS F. A; MENDES, L. M. S.; CRUZ, M. L. B. da. Avaliação de ocorrências de eventos climáticos extremos na sub-bacia hidrográfica do rio Piracuruca. **Revista GEOgrafias**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/-article/view/22249>. Acesso em: 05 mar. 2021.

SANTOS, F. de A. dos; AQUINO, C. M. S. de. Análise da precipitação pluviométrica no município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil. **GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 619-633, 2017. Disponível em: <http://www.-revis-tas.usp.br/geousp/article/view/123154>. Acesso em: 02 fev. 2021.

SILVA JÚNIOR, L. G. da; LIMA, A. M. Análise da anomalia de precipitação pluviométrica mediante o índice padronizado de precipitação da cidade de Teresina (PI). **Ambiência Guarapuava (PR)** v.12 Ed. Especial p. 775 – 783. 2016. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?cluster=3703169266346121156&hl=pt-BR&as_sdt=0,5. Acesso em: 31 mar. 2023.

SILVA, A. R. *et al.* Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of environmental analysis and progress**, Recife, v. 02, n. 04, p. 377-384. 2017. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1420>. Acesso em: 01 jun. 2022.

SILVA, M. J. da; GALVÍNCIO, J. D.; COSTA, V. S. de O. Abordagem interdisciplinar sobre a influência da Zona de Convergência Intertropical — ZCIT no Nordeste brasileiro. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, Recife, v. 6, n. 1, p. 107-11. 2017a. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistamseu/article/view/230721>. Acesso em: 01 jun. 2022.

SILVA, V. M. de A. *et al.* Variabilidade Pluviométrica Entre Regimes Diferenciados de Precipitação no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 5, p. 1463-1475. 2013b. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233118>. Acesso em: 02 jun. 2022.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 36, Volume Especial, p. 126-142, 2014. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3176%3E>. Acesso em: Acesso em: 31 mai. 2022.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

1 – Marcus Willame Lopes Carvalho

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Universidade Federal do Maranhão

<https://orcid.org/0000-0002-5882-7399> • marcus.willame@ufma.br

Contribuição: Tabulação dos dados, Elaboração dos Mapas

2 – Wellington Cruz Corrêa

Engenheiro Agrícola, Universidade Federal do Maranhão

<https://orcid.org/0000-0002-1200-5867> • wellingtoncruz156@gmail.com

Contribuição: Escrita – Primeira Redação

3 – Marcos Antônio de Castro Marques Teixeira

Professor de Geografia, Doutor em geografia agrária, Universidade Federal do Piauí.

<https://orcid.org/0000-0002-6548-7732> • marcosteixeira@ifpi.edu.br

Contribuição: Escrita – Primeira Revisão

4 – Catharina Teixeira Cortez

Gestora Ambiental, Mestre em Agronomia

<https://orcid.org/0000-0003-2374-5323> • txcatharina@gmail.com

Contribuição: Escrita – Segunda Revisão

5 – Adriana Conceição da Silva

Gestora Ambiental, Mestre em Agronomia, Instituto Federal do Ceará

<https://orcid.org/0000-0002-0275-8777> • dricaconceicao@hotmail.com

Contribuição: Revisão

COMO CITAR ESTE ARTIGO

CARVALHO, M. W. L.; TEIXEIRA, M. A. C. M.; CORREA, W. C.; CORTEZ, C. T.; SILVA, A. C. da.,. Variabilidade pluviométrica e índice de anomalia de chuvas em municípios do Piauí. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v.27, e71043, p 1-19, 2023. Disponível em: 10.5902/2236499471043. Acesso em: dia mês abreviado. ano.