

## **INFLUÊNCIA DAS ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NOS PADROES DE PRECIPITAÇÃO DA CIDADE DE JOÃO PESSOA/PB**

Marcus Vinicius Corrêa Ferrera<sup>1</sup>, Ingrid Sthefanny Gomes de Farias<sup>2</sup>, Henrique Mendonça dos Santos<sup>3</sup>, José Mário de Lima Barbosa Júnior<sup>4</sup>, Luiz Felipe da Silva Lima<sup>5</sup>, Sabrina Pereira Barbosa<sup>6</sup>, Vitor Aluizio Cavalcanti de Oliveira Lima<sup>7</sup>, Cristiana Coutinho Duarte<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, [marcus.mvcf@ufpe.br](mailto:marcus.mvcf@ufpe.br),

<sup>2</sup> Graduanda em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, [ingrid.farias@ufpe.br](mailto:ingrid.farias@ufpe.br),

<sup>3</sup> Graduando em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, [henrique.mendonca@ufpe.br](mailto:henrique.mendonca@ufpe.br),

<sup>4</sup> Graduando em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, [jose.mjuniior@ufpe.br](mailto:jose.mjuniior@ufpe.br),

<sup>5</sup> Graduando em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, [luiz.fslima2@ufpe.br](mailto:luiz.fslima2@ufpe.br),

<sup>6</sup> Graduanda em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, [sabrina.spb@ufpe.br](mailto:sabrina.spb@ufpe.br),

<sup>7</sup> Graduando em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, [vitor.aluizio@ufpe.br](mailto:vitor.aluizio@ufpe.br),

<sup>8</sup> Professora Doutora do Departamento de Ciências Geográficas na Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, [cristiana.duarte@ufpe.br](mailto:cristiana.duarte@ufpe.br).

### **INTRODUÇÃO**

Segundo Francisco e Santos (2017), o litoral da Paraíba, onde se encontra João Pessoa, é o local que concentra maior índice pluviométrico no Estado, o período chuvoso começa no mês de abril e se estende até julho, porém os índices extraídos da base de dados do INMET indicam uma mudança no mês de precipitação mais volumosa nos últimos 20 anos, a pesquisa de Francisco e Santos (2017) tem uma amostragem maior com dados de 51 a 102 anos e que elegem Maio como o mês mais volumoso, entanto a série histórica confeccionada neste trabalho indicou Junho como o mês de maior precipitação média nos últimos 20 anos. Gomes et al. (2019) completa dizendo que os principais sistemas climáticos produtores de células de instabilidade que geram maior impactos na região são os Distúrbios Ondulatórios de Leste, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e por fim as Brisas Marítimas que adentram o continente gerando instabilidades e chuvas, sendo a DOL o principal sistema gerador de chuva na região (Wanderley, 2021).

Aragão e Duarte (2023) explicam que o El Niño Oscilação-Sul (ENOS) é um dos principais influenciadores do clima no país. O mesmo é um fenômeno com escala global, onde segundo Grimm (2009) se trata de “uma oscilação acoplada do oceano-atmosfera, que produz alterações na temperatura da superfície do mar (TSM), na pressão, no vento e na convecção tropical”. O ENOS está localizado no Oceano Pacífico Equatorial e tem duas fases opostas, sendo a positiva denominada de El Niño e a negativa de La Niña, podendo cada um de suas fases afetar de forma distinta uma região (Grimm et al., 1998, 2000), como é o caso da Costa Leste da Região Nordeste do Brasil (ENE), onde sua fase positiva tem uma tendência de diminuição no índice pluviométrico, já na sua fase negativa o inverso ocorre, com um fortalecimento dos sistemas que ocasionam chuva e conseqüentemente um aumento no índice pluviométrico da região.

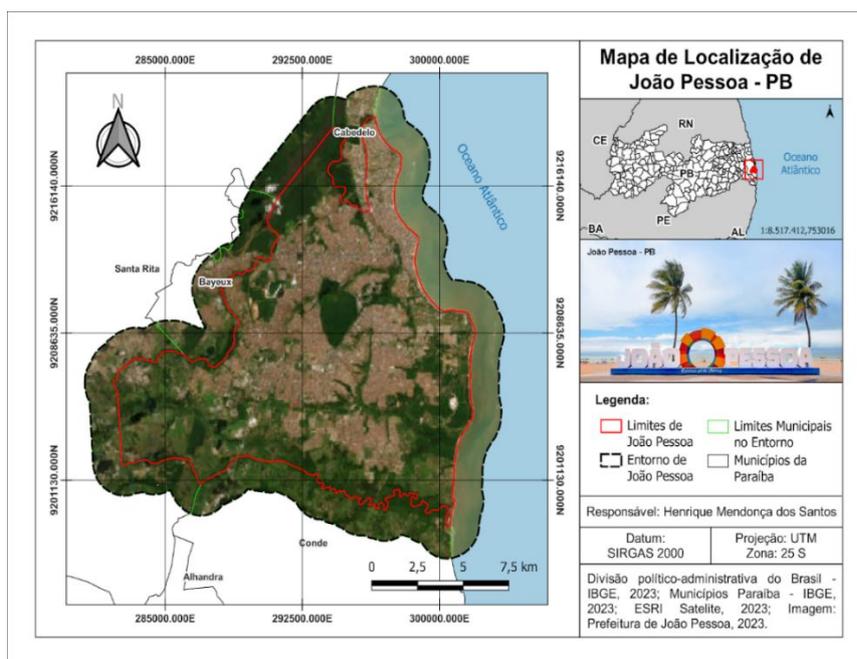
Entretanto apesar do ENOS ter uma enorme influência na dinâmica climática do Brasil, no que diz respeito ao litoral leste da Região Nordeste do Brasil (NEB), a TSM que se localiza Atlântico Tropical Sul (ATS), tem maior poder de influência na qualidade da estação chuvosa dessa região (Grimm, 2009). Sendo assim, as anomalias de TSM localizada no Atlântico Tropical denominado de Dipolo do Atlântico é considerada o principal fator de formação das anomalias de chuva do ENE, enquanto as anomalias de TSM localizada no Pacífico Tropical podem fortalecer ou enfraquecer a formação dessas anomalias (Kayano; Andreoli, 2009). Compreendendo-se a variabilidade da precipitação atrelada às anomalias de temperatura da superfície do mar, refletidas na dinâmica atmosférica e na intensificação/inibição dos sistemas atmosféricos atuantes, torna-se essencial para a definição de estratégias de adaptação, da cidade, às variações e mudanças do clima.

Dito isto, o presente artigo tem como objetivo entender a influência da Temperatura de Superfície do Mar nos padrões de precipitação da cidade de João Pessoa. O trabalho buscou identificar, por meio dessas correlações, tendências entre os índices El Niño e La Niña, Dipolo do Atlântico e Oscilação Decadal do Pacífico.

## **METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)**

Este artigo delimitou como área de estudo o município de João Pessoa (Figura 1), capital do estado da Paraíba, que possui um clima tropical úmido e chuvoso, tipo As, de característica climática quente e úmida de acordo com a classificação de Köppen-Geiger.

**FIGURA 1:** Mapa de Localização da cidade de João Pessoa.



**Fonte:** HENRIQUE MENDONÇA, 2023.

Os índices pluviométricos coletados na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, foram tratados e processados com a utilização da ferramenta Excel, também servindo para a confecção dos gráficos de precipitação média, máxima e mínima, assim como o climograma e o índice de anomalia de chuva. Para a produção deste último, foi utilizado o cálculo de anomalia de chuva, desenvolvido por Rooy (1965) e adaptado por Freitas (2005).

$$IAC = 3.N - NM - N \text{ para anomalias positivas.}$$

$$IAC = 3.N - NX - N \text{ para anomalias negativas.}$$

$N$  = precipitação mensal atual;

$N$  = precipitação média mensal da série histórica;

$M$  = média das dez maiores precipitações mensais da série histórica;

$X$  = média das dez menores precipitações mensais da série histórica.

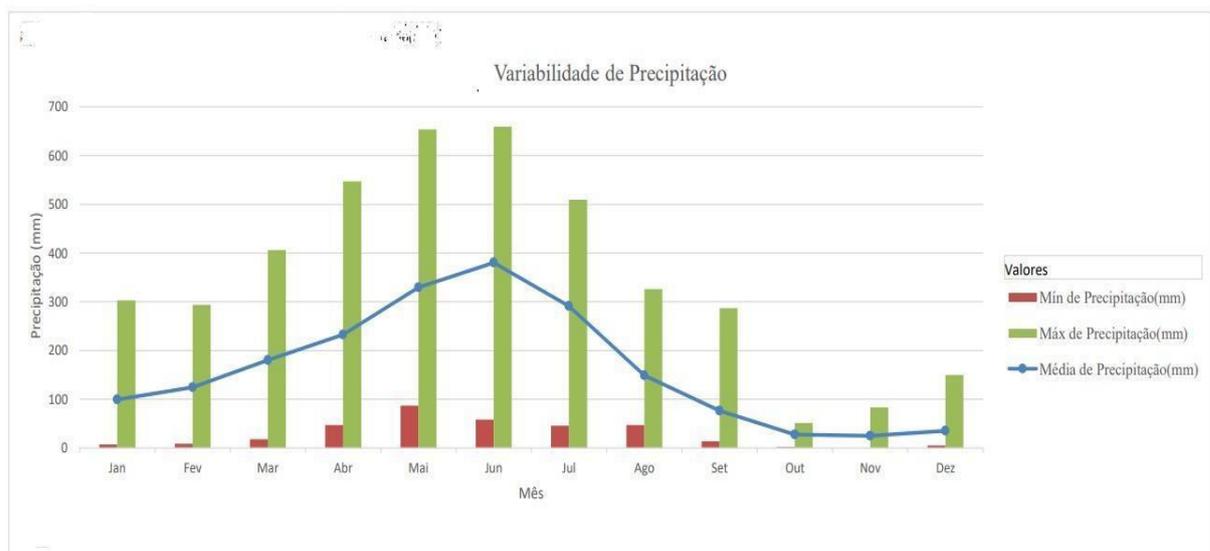
Com a ajuda desse método podemos obter informações sobre os períodos de anomalia de chuva, anos com índices que vão de extremamente seco a extremamente chuvoso. Para compreender os porquês desses eventos irregulares utilizou-se a plataforma do site de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, que conta com um mapa interativo de histórico de teleconexões.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na série histórica de 2002 a 2022, as temperaturas variaram entre 25°C e 28°C, com as menores durante o inverno. As chuvas se concentram nos primeiros sete meses, com janeiro a maio acumulando 966,5 mm. Junho é o mês mais chuvoso, com 383,3 mm. De janeiro a junho, as chuvas aumentam gradualmente e diminuem de julho a setembro, enquanto outubro a dezembro têm índices de precipitação quase estáveis.

A Figura 2 de precipitação na capital paraibana mostra que Outubro, Novembro e Dezembro têm níveis constantes, enquanto Maio e Junho apresentam eventos extremos. Isso reflete o clima tropical úmido, com variações significativas nas chuvas influenciadas por massas de ar e teleconexões, enquanto nos períodos secos, a diferença entre precipitação máxima e mínima é menor.

**FIGURA 2:** Gráfico de precipitação da cidade de João Pessoa



**Fonte:** SABRINA PEREIRA, 2023.

Os principais sistemas meteorológicos que atuam na região incluem a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que no verão traz chuvas intensas e frequentes, o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), que durante o período seco pode inibir a formação de chuvas e o Distúrbio Ondulatório de Leste. Os anos de El Niño influenciam na redução das chuvas e no aumento da temperatura, prolongando a estiagem. Em contrapartida, a La Niña favorece chuvas abundantes e temperaturas mais amenas. A Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) também desempenha um papel importante, com

sua fase quente associada a mais chuvas e temperaturas mais amenas, enquanto a fase fria resulta em redução de chuvas e dias mais ensolarados.

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi criado por Rooy em 1965 e adaptado por Freitas em 2005. Ele é usado para identificar anomalias de precipitação, extremas ou não, através da fórmula:  $N = \text{precipitação mensal atual}$ ;  $N = \text{precipitação média mensal da série histórica}$ ;  $M = \text{média das dez maiores precipitações}$ ;  $X = \text{média das dez menores precipitações}$ .

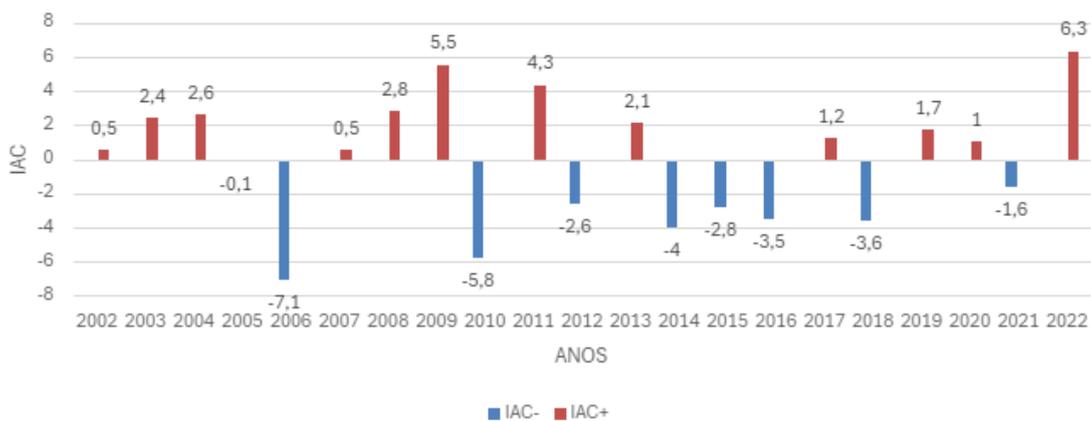
$$IAC = 3.N - NM - N \text{ para anomalias positivas.}$$

$$IAC = 3.N - NX - N \text{ para anomalias negativas.}$$

Para desenvolver o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) em João Pessoa, foram analisados os dados de precipitação de 2002 a 2022. Os valores mensais, em milímetros, foram organizados e, posteriormente, calculadas as médias anuais. Esse banco de dados facilitou a aplicação do IAC, permitindo uma análise eficaz das anomalias climáticas na série histórica

À vista disso, conclui-se que o valor 162,2 mm trata-se da média de precipitação da soma e divisão de toda série histórica, enquanto 189,3 mm é a média das dez maiores precipitações mensais, utilizando esses valores originam as variáveis do IAC, que separando de acordo com seu estado de positivo ou negativo, exposto na Figura 3.

FIGURA 3: IAC de João Pessoa, considerando os anos de 2002 a 2022.



**Fonte:** MARCUS FERREIRA, 2024

A Classificação dos anos a partir do IAC se deu da seguinte forma, 4 ou mais foi considerado extremamente chuvoso; entre 2 e 4, muito chuvoso; entre 0 e 2, chuvoso; entre 0 e -2, seco; entre -2 e -4, muito seco; e de -4 para baixo, extremamente seco.

Diante os números e anos escritos, pode-se destacar o Extremamente Seco em 2006 e Extremamente Chuvoso em 2022, possíveis influências serão tratadas adiante. O Índice de Anomalias Chuva faz-se eficiente e presente nas práticas do dia a dia de noções climáticas até os dias vigentes, pois sua singularidade auxilia no manuseio e distribuição de água, investimentos na agricultura e projetos de planejamentos, visando lidar com impactos e complicações naturais.

Sendo assim, a influência da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) se distribui da seguinte forma: os anos classificados como extremamente secos (2006 e 2010) tiveram ambos a influência de um El Niño de moderada intensidade combinado com um Dipolo do Atlântico Positivo.

Já os anos classificados como muito secos foram 2012, onde, apesar da La Niña de fraca intensidade, o Dipolo Positivo teve maior influência; 2014, que apresentou uma condição neutra do ENOS e um Dipolo Positivo; 2015, marcado por um El Niño de forte intensidade, mas com a presença de um Dipolo do Atlântico Negativo (DAN); 2016, que também registrou um Dipolo Negativo e um El Niño de forte intensidade; e, finalmente, 2018, em que, apesar da influência de uma La Niña moderada, o Dipolo do Atlântico Positivo (DAP) foi predominante.

Os anos classificados como secos pelo IAC foram 2005 e 2021. Em 2005, identificou-se um fraco El Niño no Pacífico equatorial e um Dipolo do Atlântico dentro da normalidade; já em 2021, o Dipolo do Atlântico também permaneceu em condições normais, assim como a La Niña de fraca intensidade. A seca observada nesses anos, mesmo com fatores que poderiam favorecer um período chuvoso, pode ser explicada pela influência mais forte de outros sistemas climáticos.

Os anos classificados como extremamente chuvosos pelo IAC foram 2009, que apresentou certa neutralidade em relação ao ENOS, mas, no final do período, observou-se a formação de um El Niño de moderada intensidade e um Dipolo do Atlântico Negativo; 2011, influenciado por uma La Niña moderada e um Dipolo Negativo; e 2022, considerado o ano mais chuvoso, com a influência de uma forte La Niña e um Dipolo Negativo, registrando o maior índice de chuva no IAC (6,3 mm) para a cidade.

Nos anos muito chuvosos, encontramos 2003, onde, apesar da influência de um El Niño moderado e um Dipolo Positivo, outros sistemas atmosféricos prevaleceram; em 2004, houve registro de um El Niño de fraca intensidade, mas o DAN teve maior influência, aumentando o nível de precipitação da cidade; 2008, marcado por um Dipolo Positivo, mas com uma La Niña moderada predominante no regime pluviométrico; e 2013, influenciado por um Dipolo Negativo e uma condição normal do ENOS.

No que diz respeito aos anos chuvosos, temos 2017, onde, apesar do Dipolo Positivo, a La Niña moderada teve maior influência, aumentando a precipitação na cidade; 2019, onde, apesar de um El Niño de fraca intensidade, o forte Dipolo Negativo foi determinante no regime pluviométrico; e, finalmente, 2020, que, apesar de passar a maior parte do ano com um ENOS neutro, no final do período, observou-se a intensificação de uma La Niña, além da continuidade da influência do forte Dipolo Negativo.

Por fim, os anos considerados neutros foram 2002 e 2007, ambos apontados no IAC com 0,5 mm. Em 2002, apesar do El Niño moderado, o Dipolo Negativo atuou como um balanceador da precipitação; e em 2007, apesar do El Niño moderado e do Dipolo Positivo, o regime pluviométrico permaneceu dentro da normalidade.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base na análise dos Índices de Anomalia de Chuva (IAC) entre 2002 e 2022, constatou-se que o ano mais seco foi 2006, enquanto 2022 se destacou como o mais chuvoso. A comparação desses dados com os índices de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) indicou que a TSM tem uma influência significativa na variação pluviométrica de João Pessoa. Entretanto, os resultados demonstram que a TSM não é o único fator determinante. Exemplos como o ano de 2021, em que, apesar da ocorrência do fenômeno La Niña, outros sistemas climáticos prevaleceram, evidenciam que a classificação de um ano como seco ou chuvoso depende da interação de múltiplos fatores climáticos. Sendo assim os dados confirmam que a uma relação entre as TSM e os padrões de precipitação. Esses achados reforçam a complexidade das dinâmicas atmosféricas e a necessidade de considerar uma gama mais ampla de variáveis ao prever padrões pluviométricos na região.

## REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, M. L.; DUARTE, C. C. Dinâmica climática, eventos extremos e impactos associados no município do Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil. *\*Revista Brasileira de Geografia Física\**, v. 16, n. 02, p. 818-836, 2023.
- FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; SANTOS, Djail. *\*Climatologia do Estado da Paraíba\**. 1. ed. Campina Grande: EDUFPG, 2017.
- FREITAS, Marcos Airton. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. *\*Revista Tecnologia\**, v. suplement., p. 84-95, 2005. Disponível em: <<http://www.45graus.com.br/artigos-marcos-airton-de-sousa-freitas-engenheiro-civil-especialista-em-recursos-hidricos-verdeveredas,105706.html>>. Acesso em: 16 set. 2023.
- GOMES, H. B. et al. Climatology of easterly wave disturbances over the tropical South Atlantic. *\*Climate Dynamics\**, v. 53, n. 3-4, p. 1393-1411, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00382-019-04667-7>>.
- GOMES, H. B.; AMBRIZZI, T.; HERDIES, D. L.; HODGES, K.; PONTES DA SILVA, B. F. Easterly wave disturbances over Northeast Brazil: an observational analysis. *\*Advances in Meteorology\**, v. 2015, p. 1-20, 2015.
- GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. *\*Tempo e clima no Brasil\**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. *\*Journal of Climate\**, v. 13, p. 35-58, 2000.
- 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, p. 2863-2880, 1998.
- KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. *\*Tempo e clima no Brasil\**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- ROOY, M. P. van. A rainfall anomaly index independent of time and space. *\*Notos\**, v. 14, p. 43, 1965.
- UNIFEI. Mapa interativo de teleconexões. Universidade Federal de Itajubá, 2023. Disponível em: <<http://www.unifei.edu.br/ciencias-atmosfericas/teleconexoes>>. Acesso em: 17 set. 2023.
- WANDERLEY, L. S. A. et al. Tipos de tempo associados a eventos diários de chuva intensa na cidade de Recife-PE, Brasil. *\*Sociedade & Natureza\**, v. 33, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-60520>>. Acesso em: 23 fev. 2024.