

Article

# Variabilidade Espaço-Temporal da Precipitação Pluviométrica na Região Hidrográfica da Calha Norte, Estado do Pará, Brasil

Adria Lorena de Moraes Cordeiro <sup>1</sup>, Fabíola Souza da Silva <sup>2</sup>, Addyson Macedo Silva <sup>3</sup>,

Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa <sup>4</sup>, Laila Rover Santana <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestra. Universidade Federal do Pará Belém, Pará. ORCID: 0000-0002-1369-1635. E-mail: adrialmc@gmail.com

<sup>2</sup> Mestra. Universidade Federal do Pará Belém, Pará. ORCID: 0000-0003-0692-1356. E-mail: fabiolasdsilva@gmail.com

<sup>3</sup> Mestrando. Universidade Federal do Pará Belém, Pará. ORCID: 0000-0001-6992-5245. E-mail: addysonmacedo@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Doutor. Docente na Universidade Federal do Pará Tucuruí, Pará. ORCID: 0000-0002-7238-6892. E-mail: cecosta@ufpa.br

<sup>5</sup> Mestra. Docente no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Breves, Pará. ORCID: 0000-0003-1824-6976. E-mail: lailasrover@gmail.com

## RESUMO

A intensificação das precipitações pluviométricas na região amazônica pode contribuir para eventos extremos como enchentes, grandes secas, inundações e alterações nas estações do ano. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi analisar as variações de precipitação pluviométrica em nível espacial e temporal na Região Hidrográfica da Calha Norte (Pará). Os dados pluviométricos utilizados na pesquisa correspondem a série de dados diários do período de 1990 a 2021, adquiridos por meio do produto Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS). Para analisar a variabilidade mensal, os dados de precipitação diária foram agrupados em dados mensais e posteriormente, foi realizado a distribuição espacial da precipitação por meio do método Inverse Distance Weighted (IDW). A análise da duração dos períodos secos e úmidos foi realizada por meio do cálculo do Índice de Anomalia da Chuva (IAC). Observa-se que a precipitação variou de 1391,51 mm a 2610,30 mm, as quais ocorreram nos anos de 1992 e 2008, respectivamente. Em fevereiro, ocorre um aumento da precipitação na parte sul da Calha Norte, apresentando valores de precipitação de até 286 mm, os menores valores de precipitação se concentram no noroeste da área. Verifica-se que a região amazônica, especificamente a Calha Norte, apresenta grande variação na distribuição espacial e temporal da precipitação.

**Palavras-chave:** CHIRPS, IDW, índice de anomalia da chuva.

## ABSTRACT

The intensification of rainfall in the Amazon region can contribute to extreme events such as floods, major droughts, floods and changes in the seasons. Therefore, the objective of this work was to analyze the variations of rainfall in space and time in the region of Calha Norte (Pará). The rainfall data used in the research correspond to the daily data series from 1990 to 2021, acquired through the Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS) product. To analyze the monthly variability, the daily precipitation data were grouped into monthly data and subsequently, the spatial distribution of precipitation was performed using the Inverse Distance Weighted (IDW) method. The analysis of the duration of dry and wet periods was performed by calculating the Rainfall Anomaly Index (RAI). It is observed that the precipitation ranged from 1391.51 mm to 2610.30 mm, which occurred in the years 1992 and 2008, respectively. In February, there is an increase in precipitation in the southern part of Calha Norte, with precipitation values of up to 286 mm, the lowest precipitation values are concentrated in the northwest of the area. It appears that the Amazon region, specifically the Calha Norte, presents great variation in the spatial and temporal distribution of precipitation.

**Keywords:** CHIRPS, IDW, rainfall anomaly index.



Submissão: 18/03/2023



Aceite: 19/06/2023



Publicação: 10/08/2023



## Introdução

É possível considerar que a variabilidade climática é a variação “natural” das condições climáticas, incluindo os extremos, que por sua vez, fogem da habitualidade. Sendo assim, torna-se fundamental compreender os modos de variação que influenciam no regime de precipitações tanto anuais como sazonais (Oliveira et al., 2021).

Franco et al. (2019) esclarece que as mudanças climáticas devem produzir grandes impactos sobre os recursos hídricos, maiormente em países que ainda estadeiam reservas florestais, como é o caso do Brasil, que até então dispõe de uma rica biodiversidade distribuída ao longo da Floresta Amazônica e de seus biomas. A intensificação das precipitações pluviométricas na região amazônica pode contribuir para eventos extremos como enchentes, grandes secas, inundações e alterações nas estações do ano.

De acordo com Pinto et al., (2022), muitos índices de anomalia de chuva têm sido desenvolvidos e adaptados com o objetivo de quantificar os aspectos climatológicos de uma região. Dentre vários, o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), é um dos mais simples em relação a sua quantificação e é um dos mais utilizados. Estas informações são de grande relevância, pois são capazes de caracterizar a região de estudo e prevenir ao máximo os danos negativos, oriundos de fenômenos climáticos intensos e anômalos como sérios impactos socioeconômicos e ambientais (Lima et al., 2022).

Uma das primeiras etapas dos estudos hidroclimatológicos é a obtenção de dados pluviométricos confiáveis. Para Miró et al. (2017), a disponibilidade desses dados hidrológicos, com qualidade e extensão adequada, é vital para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. No entanto, os dados pluviométricos muitas vezes são incompletos ou inexistentes (Sattari et al., 2017). Na Amazônia, por exemplo, as estações de medição são escassas e há grandes lacunas nas séries históricas. Isso que gera uma problemática em estudos hidroclimatológicos na região, que é conhecidamente a que possui maior concentração de recursos hídricos do Brasil.

A partir destas problemáticas, dados de satélite e simulações numéricas têm sido utilizados para tais estudos, contribuindo para o aumento da cobertura de dados climáticos. Os dados de satélite atualmente são indispensáveis para colaborar com as pesquisas e tentar amenizar a falta de cobertura (e qualidade) de dados em regiões que não possuem estações de medições ou que não abrangem todo o seu território (Pessi et al., 2019).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os índices de anomalias de chuva (IAC), usando a classificação de padrões climáticos de umidade, a partir de dados de satélite, para apresentar as variações na precipitação pluvial em nível espacial e temporal na região da Calha Norte, noroeste do Estado do Pará. Deste modo, será possível conhecer e interpretar as escalas da variabilidade pluviométricas (espaciais e temporais), em virtude da importância das alterações das mudanças climáticas, tendo em vista o aumento crescente dos eventos extremos de secas e umidade nesta região, e desta forma, monitorar estes períodos através do emprego de índices.

## 2 Metodologia

### 2.1 Área de Estudo

Escolheu-se como ponto de estudo a região hidrográfica paraense Calha Norte (Figura 1), que está localizada no noroeste do Estado. O Pará está dividido em 7 macrorregiões: Calha Norte, Tapajós, Xingu, Baixo Amazonas, Portel–Marajó, Tocantins–Araguaia e Costa Atlântico Nordeste, sendo agrupadas de acordo com suas características geofisiográficas, solos e fatores hidroclimáticos (SEMA, 2001). A Região Hidrográfica



da Calha Norte ocupa uma área de 21,5% do estado. Essa região situa-se ao norte do rio Amazonas, possuindo 28 milhões de hectares, distribuídos entre nove municípios: Alenquer, Almeirim, Curuá, Faro, Monte Alegre, Óbidos, Oriximiná, Prainha e Terra Santa, com uma população de 320.558 habitantes (IBGE, 2010; Santos, 2012).

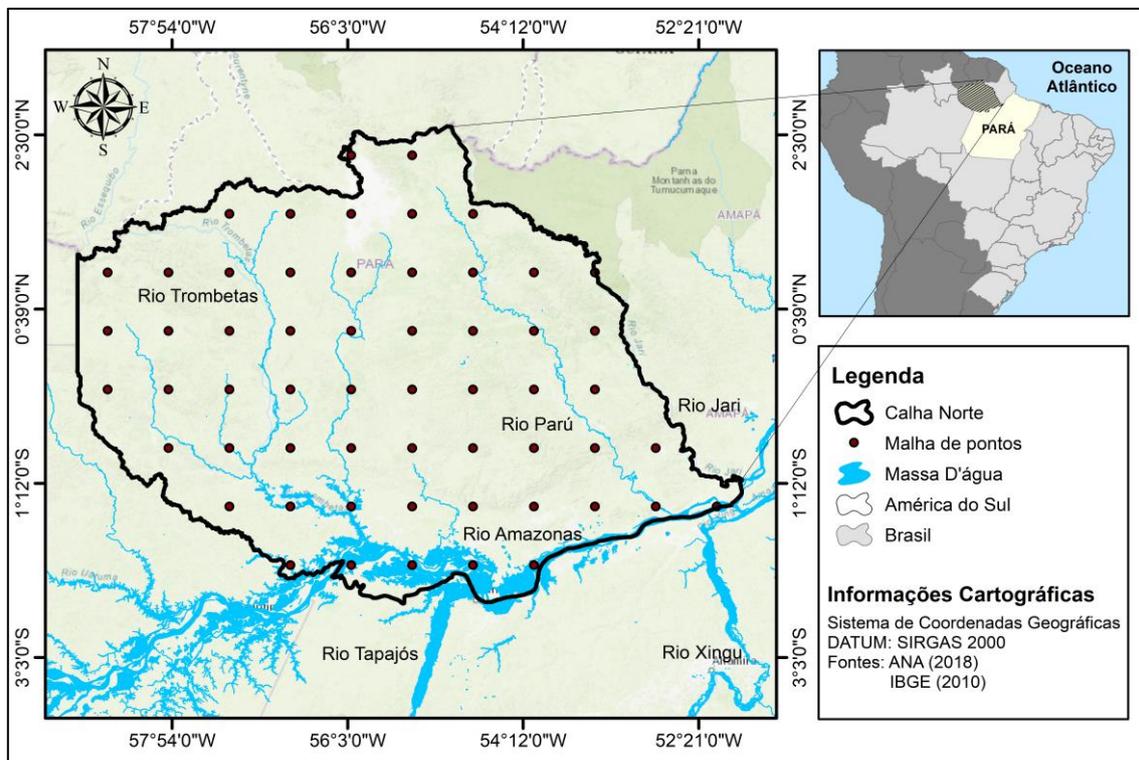


Figura 1. Localização da Calha Norte. Fonte: Elaborado pelos autores.

A região da Calha Norte é marcada por uma baixa densidade demográfica, sendo uma das regiões mais preservadas do Estado. A precipitação pluviométrica total anual média é em torno de 2000 mm, com distribuição irregular durante o ano (Pessoa et al., 2011). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a maior parte da região apresenta clima de monções, moderadamente chuvoso, pouco chuvoso e moderadamente seco, com tudo, identifica-se áreas com clima de savana e tropical equatorial. A temperatura varia de 25 a 27 °C anualmente. A umidade relativa do ar se encontra na faixa de 75 a 85% (Almeida et al., 2019).

## 2.2 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados na pesquisa correspondem a série de dados diários de precipitação do período de 1990 a 2021, adquiridos por meio do produto Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS) desenvolvido pelo United States Geological Survey (USGS) e pelo Climate Hazards Group (CHG) at the University of California, Santa Barbara (UCSB).

O produto CHIRPS possui uma resolução espacial de 0,05° x 0,05°, ou aproximadamente 5 km, próximo ao equador, cobertura geográfica de 50°S a 50°N, com dados de 1981 até os dias atuais e é disponibilizado em conjuntos de dados diários, em pântadas e dados mensais (Funk et al., 2015). Os dados do CHIRPS estão disponíveis no sítio eletrônico da University of California, Santa Barbara (UCSB)



(<https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>), em formato Network Common Data Format (NetCDF) e Georeferenced Tagged Image File Format (GeoTiff).

Neste trabalho, foram utilizados os dados diários do CHIRPS para analisar a distribuição espacial e temporal da precipitação na região da Calha Norte. Para analisar a variabilidade da precipitação mensal, os dados de precipitação diária foram quantificados em dados mensais e posteriormente, foi realizada a distribuição espacial da precipitação por meio do método Inverse Distance Weighted (IDW), utilizando o Software QGIS 3.28. O IDW foi usado, neste trabalho, por ser uma ferramenta robusta e tradicionalmente utilizada para distribuições de variáveis climáticas. Esse método se baseia na dependência espacial entre os pontos, quanto mais próximo estiver um ponto do outro, maior será a correlação entre os valores (Silva et al., 2019).

Os dados do produto CHIRPS já foram validados por diversos estudos, como o de Paca et al. (2020), que avaliaram a eficácia do CHIRPS para Bacia do Rio Amazonas utilizando dados das estações meteorológicas da área obtidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), os autores mostraram que os dados do CHIRPS apresentaram padrão similar aos dados das estações. Além disso, Cordeiro e Blanco (2021) constataram que o produto CHIRPS apresenta as melhores estimativas de dados mensais de precipitação quando comparado a outros produtos de satélites na região amazônica, sendo adequado para a estimativa de precipitação na região.

### 2.3 Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

A análise da duração dos períodos secos e úmidos será realizada por meio do cálculo do IAC desenvolvido e utilizado por Rooy (1965), e adaptado por Araújo et al. (2009), obtido a partir das Equações 1 e 2 que representam as anomalias positivas (Equação 1) e negativas (Equação 2), respectivamente, onde:  $N$  é a precipitação observada do ano em que será gerado o IAC (mm);  $\bar{N}$  é a precipitação média anual da série histórica (mm);  $\bar{M}$  é a média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm);  $\bar{X}$  é a média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

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

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

Depois de efetivado o cálculo do IAC, os valores gerados serão classificados de acordo com sua intensidade (Tabela 1).

Para o presente estudo foi considerado apenas o IAC anual, com o objetivo de investigar a variabilidade pluviométrica dos últimos 32 anos (1990 a 2021) da Calha Norte-PA, indicando os anos mais úmidos e mais secos para a realização das análises necessárias.



Tabela 1. Classes do Índice de Anomalia de Chuva.

Faixa do IAC	Classe de intensidade
> 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: Van Rooy (1965).

### 3. Resultados e Discussão

Os valores de precipitação total anual, registrados durante 1990 a 2021, da região da Calha Norte são apresentados na Figura 2. Observa-se que a precipitação variou de 1391,51 mm a 2610,30 mm, as quais ocorreram nos anos de 1992 e 2008, respectivamente. No mais, a análise desses dados indicou que a média da precipitação total anual da região durante esse período foi de 2194,08 mm. Em comparação a outras regiões do estado do Pará, a Calha Norte que está localizada no Baixo Amazonas, apresenta precipitação anual abaixo das médias encontradas na região Metropolitana, Marajó e Nordeste paraense, que apresentam média de precipitação acima de 2340 mm (Albuquerque et al., 2010; Moura; Vitorino, 2012).

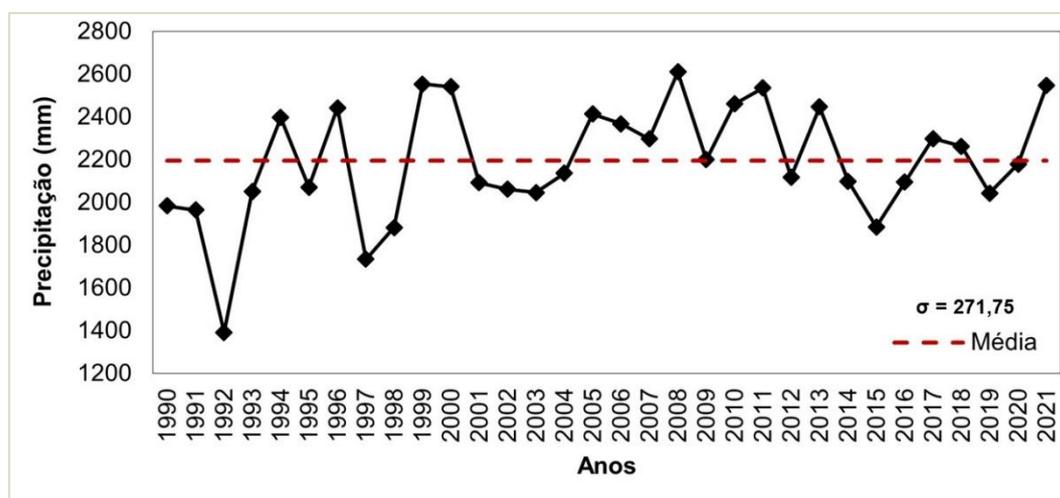


Figura 2. Precipitação anual da Calha Norte no período de 1990-2021. Fonte: Elaborado pelos autores.

Além disso, na Calha Norte identificou-se uma variabilidade relativamente moderada da precipitação, levando em consideração o desvio padrão das precipitações anuais, apenas 271,75 mm. pluviométrica. Não obstante, para Yoon e Zeng (2010), essa variabilidade anual e interanual da precipitação pode estar relacionada, no ponto de vista da climatologia, ao fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) que influenciam na temperatura da superfície do mar. Inúmeros estudos apontam que a região Amazônica é influenciada por vários sistemas climáticos. De acordo com Franca e Mendonça (2016), a pluviosidade na Amazônia é largamente influenciada por condições vigentes nos oceanos Atlântico e Pacífico. A Oscilação Sul no Pacífico Equatorial, associada ao fenômeno El Niño, permite compreender, juntamente com o Atlântico Tropical a maior parte da variabilidade interanual do clima na região. Além disso, para Loureiro et al. (2014) e Menezes et al. (2015), a



Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos principais sistemas atuantes na região, sendo uma das responsáveis para a formação de precipitação em toda bacia amazônica.

Na Figura 3 é apresentando o Índice de Anomalia de Chuva, o qual avalia o grau de severidade dos eventos e de duração de períodos secos e úmidos da série histórica de precipitação. Com base nesses dados, identifica-se que os três anos que apresentaram os maiores IACs negativos, 1992, 1997 e 2015, coincidiram com eventos extremos de El Niños (Lopes et al., 2021). Assim como, durante a ocorrência de La Niñas, se observou o aumento do IAC, especialmente, nos anos de 1999 e 2008, com valores de 3,62 e 4,19, respectivamente. No ano de 2021, apesar do IAC positivo de 3,55, não foi identificada a ocorrência de ENOS. Para os autores Zeng et al. (2008), Yoon e Zeng (2010) e Marengo et al. (2012) as variações regionais da distribuição dos extremos pluviométricos na Amazônia podem ou não ser consequência de El Niños e La Niñas.

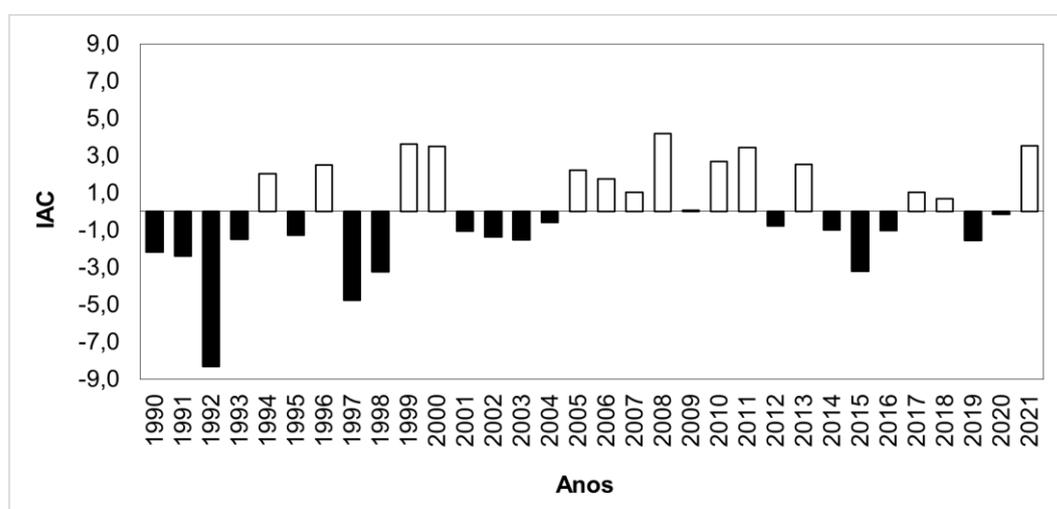


Figura 3. Índice de anomalia de chuva (IAC) da Calha Norte. Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, ressalta-se que existe apenas uma tendência de aumento e diminuição da precipitação, durante os anos de ocorrência de eventos de La Niña e El Niño, respectivamente, não sendo possível garantir que a precipitação se comportará sempre de acordo com a ocorrência ou não desses fenômenos (Gonçalves et al., 2016). Em seu estudo, Limberger e Silva (2016), afirmaram que os eventos ENOS são responsáveis somente por 20% da variância que ocorre nas precipitações na Amazônia.

A Figura 4 mostra a distribuição dos anos da série histórica estudada de acordo com a classificação do IAC proposta por Araújo et al. (2009) (Tabela 1). No geral, verifica-se que a série é composta por 17 anos secos e 15 anos chuvosos. Do total, cerca de 34,5% dos anos são classificados como 'seco', seguido de 28,13% tidos como 'muito úmido'. O percentual de anos classificados como extremo foi baixo, apenas, 3,13% (2008) e 6,25% (1992 e 1997), extremamente úmido e extremamente seco, respectivamente. Em outros estudos realizados no estado do Pará, como o de Moraes et al. (2013) e Souza et al. (2020), que também calcularam o IAC, foi observado uma predominância de anos classificados como úmidos.

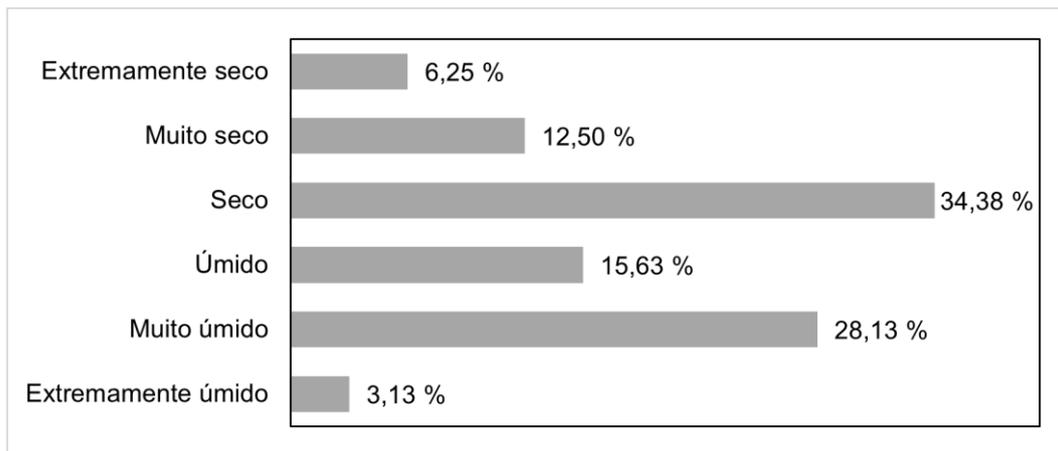


Figura 4. Classificação do IAC para os anos de 1990 a 2021. Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto a variação mensal da precipitação, a Figura 5 apresenta a precipitação média mensal da Calha Norte entre 1990 e 2021. A precipitação mensal média na região foi de 182,8 mm. Pode-se observar dois períodos distintos, um chuvoso e um seco, cada um de seis meses. O chuvoso ocorre entre os meses de janeiro a junho com precipitação que varia de 187,22 mm a 340,42 mm, sendo os meses de maio e abril, 340,42 e 331,30 mm, respectivamente, os mais representativos. A ZCIT que atua com maior frequência entre os meses de fevereiro a maio, ocasiona uma maior intensidade de chuvas na região (Oliva, 2019). Em contrapartida, o menos chuvoso ocorre entre os meses de julho a dezembro, tendo outubro como o mês menos chuvoso, com média de 56,98 mm, seguido de setembro com 59,98 mm.

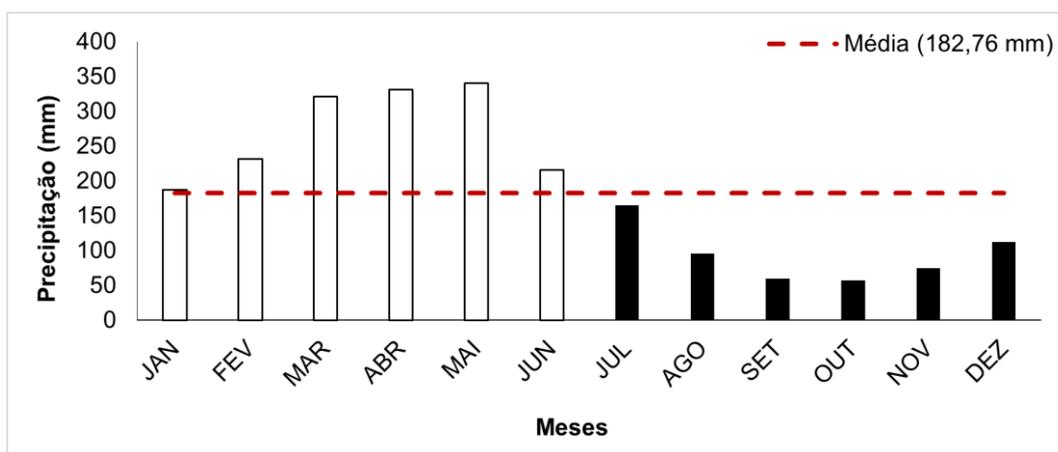


Figura 5. Precipitação mensal média registradas na Calha Norte durante a série temporal de 1990 a 2021. Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesse contexto, verifica-se em outros estudos no estado do Pará, que o mês que costuma apresentar maior índice pluviométrico é março e o menor agosto (Santos et al., 2014; Souza et al., 2020). Além disso, Lopes et al. (2020) observaram em seu trabalho que o período chuvoso se deu entre dezembro e maio e o menos chuvoso entre junho a novembro. No entanto, de forma geral, os resultados obtidos para a variação mensal da precipitação na região da Calha Norte estão em concordância com o estudo de Limberger e Silva (2018), que geraram um mapa que apresenta o ciclo sazonal em cada área da região amazônica. Ademais, de acordo com o apresentado por Cordeiro e Blanco (2021), ressalta-se que o hietrograma de precipitação mensal média da Calha



Norte se aproxima mais da variação mensal observada no estado do Amapá em relação ao do Pará, isso pode explicar as diferenças encontradas no regime de precipitação na área de estudo.

Na Figura 6, é apresentada a distribuição espacial da precipitação mensal na Calha Norte. O mês de janeiro, que é o mês de transição dos períodos menos para mais chuvosos na região, apresentou precipitação mensal média de 187,22 mm, apenas um pouco acima da média mensal (182,80 mm). No geral, pode-se perceber que ao longo da região o índice precipitado ainda é baixo, comparado aos demais meses da estação chuvosa. Nesse mês, a porção sul é que apresenta os valores máximos de chuvas, chegando a 248,6 mm, indo em direção a parte norte, a precipitação vai diminuindo com valores mínimos de 135 mm. Em fevereiro, ocorre um aumento da precipitação na parte sul da Calha Norte, apresentando valores de precipitação de até 286 mm, os menores valores de precipitação se concentram no noroeste da área.

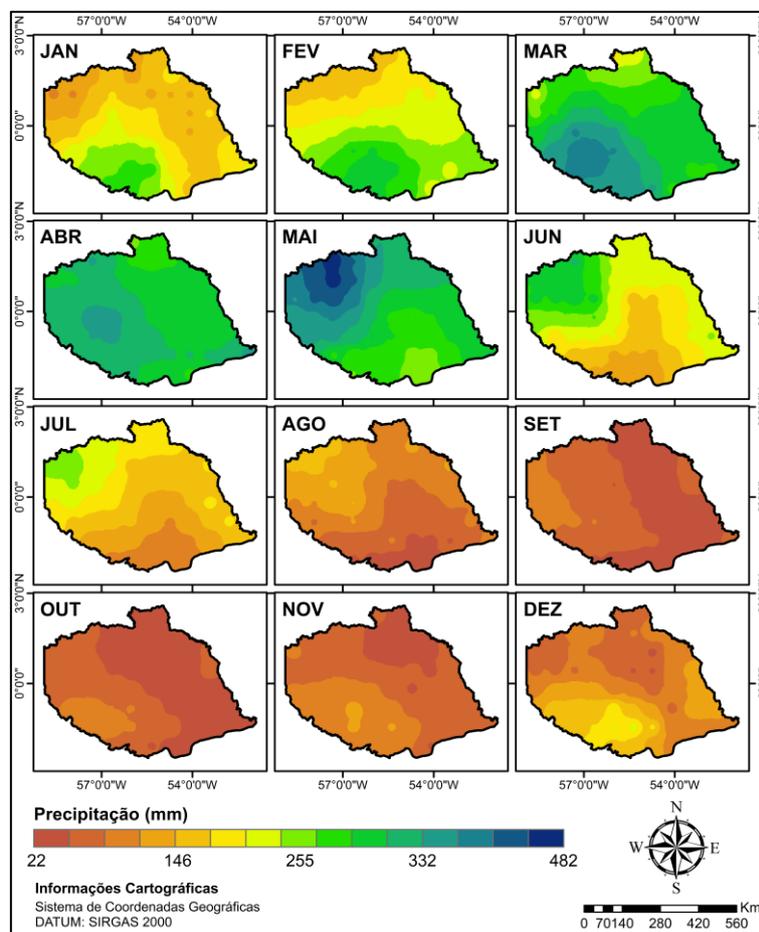


Figura 6. Distribuição mensal da precipitação na Calha Norte. Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a Figura 6, pode ser observa que no mês de março é onde se nota o aumento do índice pluviométrico na região. Nesse mês, os valores precipitados podem chegar até 394 mm na parte sudoeste da região. Quanto a abril, é observado que, em toda sua extensão, a região apresenta precipitação acima de 270 mm, com maiores valores precipitados concentrados na porção oeste. O mês de maio foi o que apresentou os maiores índices pluviométricos, com valores máximos de precipitação próximos a 482 mm. Além disso, em maio a precipitação se mostrou bem distribuída ao longo da área, variando de 243,64 mm a 481,02 mm, os menores valores de precipitação se encontram na parte sul, enquanto, os maiores valores se concentram a noroeste da Calha Norte. Estes resultados estão de acordo com o encontrado por Albuquerque et al. (2010),



que verificaram que o período chuvoso no Pará tem duração de cinco a seis meses, sendo o mês de março mais chuvoso em todas as mesorregiões, exceto no Baixo Amazonas que é o mês de abril e maio. Esse fato, pode ser justificado pela intensificação dos efeitos locais associados à presença da ZCIT.

Ainda na Figura 6, nota-se que o mês de junho é o último da estação chuvosa, com média de 215,56 mm. A precipitação varia de 108,15 a 280,33 mm, estando as precipitações máximas presentes na porção noroeste da região. Para Moraes et al. (2005), junho representa a transição entre a estação chuvosa propriamente dita e a estação menos chuvosa, onde a precipitação média predominante nesse mês foi inferior a 200 mm. No mês de julho se inicia a estação menos chuvosa da Calha Norte, contudo, ainda é possível identificar áreas onde a precipitação se encontra acima de 239 mm. No mais, nesse mês, a maior parte da região apresenta uma precipitação média de, aproximadamente, 165 mm. Os meses de agosto a dezembro são os que apresentam o menor índice pluviométrico, com destaque para setembro e outubro, com o menor volume precipitado, média de 59,98 e 56,95 mm, respectivamente. Nesses meses, observa-se que a precipitação mínima se concentra na parte nordeste da Calha Norte, com a precipitação variando de 20 a 108,13 mm. Em novembro e dezembro se identifica um leve aumento da precipitação na porção sul da região, especialmente em dezembro, sendo observado que a precipitação já ultrapassa 200 mm em algumas áreas. De acordo com Carvalho et al. (2011), durante a estação menos chuvosa da região amazônica, há uma predominância de chuvas de caráter convectivo na forma de pancadas de chuvas isoladas. Sendo observado, que o período de menor precipitação mensal ocorre entre os meses de setembro e outubro em todas as mesorregiões, exceto para o Sudeste e Sudoeste que é entre agosto e setembro.

#### 4. Conclusão

Verifica-se que a região amazônica, especificamente a Calha Norte, apresenta grande variação na distribuição espacial e temporal da precipitação. Esse regime pluviométrico não homogêneo pode estar ser consequência da influência de diferentes sistemas de mesoescala e, também, fenômenos climáticos.

Trabalhos como este demonstram que o conhecimento da variabilidade da precipitação pode gerar dados e informações importantes, que dão suporte a qualquer atividade econômica, social e ambiental relacionadas aos ambientes físicos e relações humanas. Nesse sentido, é válido ressaltar que estudos da distribuição espacial e temporal da precipitação são de suma importância para o planejamento e para gestão dos Recursos Hídricos, especialmente na Calha Norte que se encontra na região amazônica.

Estudos da precipitação anual para a Amazônia indicam reduções futuras no leste da Amazônia e estações secas mais longas, particularmente no sul e leste da floresta, e isso, conseqüentemente, pode aumentar o risco de recorrência de secas e queimadas intensas, comprometendo o bioma no longo prazo, além de afetar a hidrologia regional e aumentar a vulnerabilidade dos serviços ecossistêmicos para a população local e regional dentro e fora da região amazônica.

#### Referências

Araújo, L., Neto, J. M., Sousa, F 2009. Análise climática da bacia do rio Paraíba-índice de anomalia de chuva (IAC). Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, 6(3).

Brasil, I. B. G. E. 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE/CENSUS. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento. Censo Demográfico. Brasília.



Carvalho, L. M., Silva, A. E., Jones, C., Liebmann, B., Silva Dias, P. L., Rocha, H. R 2011. Moisture transport and intraseasonal variability in the South America monsoon system. *Climate dynamics*, 36, 1865-1880.

da Motta Paca, V. H., Espinoza-Dávalos, G. E., Moreira, D. M., Comair, G 2020. Variability of trends in precipitation across the Amazon River Basin determined from the CHIRPS precipitation product and from station records. *Water*, 12(5), 1244.

de Albuquerque, M. F., de Souza, E. B., de Oliveira, M. D. C. F., de Souza Júnior, J. A 2010. Precipitação nas mesorregiões do Estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, 6.

de Almeida, L. R., Pessoa, F. C. L., Crispim, D. L., Ferreira Filho, D. F 2019. Analysis of fluviometric trends in the hydrographic region of Calha Norte-PA. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing v*, 9(2), 88-98.

de Lima, A. F. B., Moreira, J. G. V., Virgílio, L. R., Serrano, R. O. P., Nascimeto, L., Ferreira, J. B 2022. Aportes Teóricos sobre a Influência dos Fenômenos Atmosféricos na Precipitação do Estado do Acre e o Uso de Índice para Avaliação da Chuva. *UÁQUIRI-Revista do Programa de Pós - Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre*, 4(1).

de Moraes Cordeiro, A. L., Blanco, C. J. C 2021. Assessment of satellite products for filling rainfall data gaps in the Amazon region. *Natural Resource Modeling*, 34(2), e12298.

de Moraes, J. D. S., Martorano, L. G., Batista, V. D. S., da Silva, G. M 2013. Índices de anomalias de precipitação pluvial associados aos fenômenos enos no município de Santarém, Pará. In: *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, 18.; reunião latino-americana de agrometeorologia, 7.

dos Santos Franco, V., de Souza, E. B., da Costa, C. P. W., Ferreira, D. S., de Oliveira, J. V., Sodré, G. R. C., de Azevedo, F. T. M 2019. Prognóstico sazonal da precipitação para o verão e outono austral da Amazônia oriental (Seasonal prognosis for the southern summer and autumn in the Eastern Amazon). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(1), 057-070.

dos Santos Silva, D. S., Blanco, C. J. C., dos Santos Junior, C. S., Martins, W. L. D 2020. Modeling of the spatial and temporal dynamics of erosivity in the Amazon. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6, 513-523.

Dos Santos, S. R. Q., Braga, C. C., Campos, T. L. O. B., Brito, J. I. B., Santos, A. P. P 2014. Variabilidade da Precipitação no Estado do Pará por meio de Análise em Componentes Principais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 7(3), 615-627.

Franca, R. R. D., Mendonça, F. D. A 2016. A pluviosidade na Amazônia meridional: variabilidade e teleconexões extra-regionais. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, (29).

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Michaelsen, J 2015. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. *Scientific data*, 2(1), 1-21.



Gonçalves, M. F., Blanco, C. J. C., Dos Santos, V. C., dos Santos Oliveira, L. L., Pessoa, F. C. L 2016. < b> Identification of Rainfall Homogenous Regions taking into account El Niño and La Niña and Rainfall Decrease in the state of Pará, Brazilian Amazon. *Acta Scientiarum. Technology*, 38(2), 209-216.

Limberger, L., Silva, M. E. S 2016. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, 20(3), 657-675.

Limberger, L., Silva, M. E. S 2018. Precipitação observada na Amazônia Brasileira: Redes convencionais e dados da Reanálise I do NCEP/NCAR, CRU e GPCC. *Revista Brasileira de Climatologia*, 22.

Lira, B. R. P., Teixeira, L. C. G. M., dos Santos Costa, L., do Nascimento Sousa, A. A. 2020. Análise da variabilidade da precipitação frente às mudanças no uso da terra no município de Tucuruí-PA. *Research, Society and Development*, 9(3), e186932726-e186932726.

Lopes, A. B., Vieira, M. R. S., De Lima Filho, A. A., Silvestrim, E. G., Silvestrim, F. G. (2021). Anomalias na precipitação de quatro municípios do Amazonas, Brasil. *Research, Society and Development*, 10(14), e196101421766-e196101421766.

Loureiro, R. S. D., Saraiva, J. M., Saraiva, I., Senna, R. C., Fredó, A. S 2014. Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29, 83-94.

Marengo, J. A., Tomasella, J., Soares, W. R., Alves, L. M., Nobre, C. A 2012. Extreme climatic events in the Amazon basin: Climatological and hydrological context of recent floods. *Theoretical and Applied Climatology*, 107(1-2), 73-85.

Menezes, F. P., Fernandes, L. L., da Rocha, E. J. P 2015. O uso da estatística para regionalização da precipitação no Estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 16.

Miró, J. J., Caselles, V., Estrela, M. J 2017. Multiple imputation of rainfall missing data in the Iberian Mediterranean context. *Atmospheric research*, 197, 313-330.

Moraes, B. C. D., Costa, J. M. N. D., Costa, A. C. L. D., Costa, M. H 2005 Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazônica*, 35, 207-214.

Moura, M. D. N., Vitorino, M. I 2012. Variabilidade da precipitação em tempo e espaço associada à Zona de Convergência Intertropical. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27, 475-483.

OLIVA, F. G 2019. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos relacionados. *GeoPUC, Rio de Janeiro*, 12(23), 74-99.

Oliveira, T., Tavares, C., Ferreira, C 2021. O Evento Extremo de Precipitação de 09/12/2016: Da Gênese aos Impactos do Evento no Perímetro Urbano de Juiz de Fora (MG). *Revista de Ciências Humanas*, 1(21).



- Pessi, D. D., dos Santos, C. S. A., Nonato, J. J., Dourado, L. G. A., Silva, O. P., Bassini, R. T., José, J. V 2019. Validação das estimativas de precipitação do satélite TRMM no Estado de Mato Grosso, Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1), 79-88.
- Pessoa, F. C., Blanco, C. J., Martins, J. R 2011. Regionalização de curvas de permanência de vazões da região da Calha Norte no Estado do Pará. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 16(2), 65-74.
- Pinto, C. A. D., Silva Júnior, J. D. A., da Cunha, A. C., da Silva, J. F. B. R., D'oliveira, F. A. F., SOUSA, L., da Souza Filho, J. D 2022. Índice de anomalia de chuva (IAC) e sua relação com os desastres naturais no leste da Amazônia.
- Santos, D. (Ed.) 2012. Unidades de Conservação Estaduais do Pará na Região da Calha Norte do rio Amazonas. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Governo do Pará.
- Sattari, M. T., Rezazadeh-Joudi, A., Kusiak, A 2017. Assessment of different methods for estimation of missing data in precipitation studies. *Hydrology Research*, 48(4), 1032-1044.
- SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO PARÁ (SEMA-PA). Divisão do Estado do Pará em regiões hidrográficas. Lei Estadual n° 6.381, de 25 de julho de 2001. Disponível: <<http://www.sema.pa.go.br>>. Acesso em jun. 2023.
- Souza, A., Oliveira, A., Pinto, P., Mello, A., Araújo, J 2020. Análise do índice de anomalia de chuvas do município de Tucuruí-PA. *Enciclopédia biosfera*, 17(32).
- Van Rooy, M. P 1965. A rainfall anomaly index independent of time and space, notas.
- Yoon, J. H., Zeng, N 2010. An Atlantic influence on Amazon rainfall. *Climate Dynamics*, 34, 249-264.
- Zeng, N., Yoon, J. H., Marengo, J. A., Subramaniam, A., Nobre, C. A., Mariotti, A., Neelin, J. D 2008. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. *Environmental Research Letters*, 3(1), 014002.