



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Análise da variabilidade pluviométrica e eventos de secas no Cariri Ocidental paraibano

Maria José Herculano Macedo¹, Juliana Oliveira Ramos², Francisco de Assis Salviano de Sousa³, Fabiano da Silva Araújo⁴

¹Doutorado em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2013) e atualmente é Professora do magistério superior da Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: mariejhm@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6160-8659> ²Graduanda em Engenharia de Bioprocessos pela Universidade Federal de Campina Grande, e-mail: juliana.amos@estudante.ufcg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4049-5102> ³Graduação em Bacharelado em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo, Professor Titular da Universidade Federal de Campina Grande. e-mail: fsouza2011@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4085-0785> ⁴Bacharel em Engenharia de Biosistemas pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Licenciatura em Matemática pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI, Doutorado em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. E-mail: fabiano.silva@professor.ufcg.edu.br ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1397-6312>

Artigo recebido em 19/02/2025 e aceito em 13/05/2025

RESUMO

A precipitação pluvial desempenha um papel crucial na ocorrência de desastres naturais, como inundações e secas, tornando essencial a análise de suas tendência e variabilidade. Este estudo investiga a variabilidade pluviométrica, a tendência temporal e identifica os eventos de secas na região do Cariri Ocidental paraibano entre 1963 e 2021. Foram analisados dados de seis postos pluviométricos, obtidos na Agência Nacional de Águas (ANA) e na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Aplicou-se o teste de Mann-Kendall para avaliar tendências nos totais anuais de precipitação e o método RUN para identificar eventos de seca nos totais mensais. Os resultados indicaram que o semestre chuvoso ocorre de janeiro a junho, com o período mais úmido entre fevereiro e maio, enquanto o período seco concentra-se entre agosto e novembro. Entre os postos estudados, o município de Prata apresentou os maiores totais anuais de precipitação, enquanto Congo registrou os menores. O teste de Mann-Kendall revelou tendências decrescentes significativas em Camalaú e São Sebastião do Umbuzeiro, enquanto os demais postos não apresentaram variações estatisticamente significativas. O método RUN indicou que São José dos Cordeiros e Camalaú registraram os maiores valores de severidade máxima e média de secas, sendo Camalaú o posto com a maior intensidade média de seca. Além disso, as maiores durações de secas ocorreram na região Norte e Leste do Cariri Ocidental, destacando-se Camalaú e São José dos Cordeiros. Os resultados reforçam a importância do monitoramento climático para a gestão hídrica e tomada de decisão na região.

Palavras-chave: Pluviometria, Tendência, Método RUN.

Analysis of rainfall variability and drought events in the western Cariri region of Paraíba

ABSTRACT

Rainfall plays a crucial role in the occurrence of natural disasters such as floods and droughts, making it essential to analyze its trends and variability. This study investigates rainfall variability, temporal trends, and identifies drought events in the Western Cariri region of Paraíba between 1963 and 2021. Data from six rainfall stations, obtained from the National Water Agency (ANA) and the Executive Agency for Water Management of the State of Paraíba (AESAs), were analyzed. The Mann-Kendall test was applied to assess trends in annual rainfall totals and the RUN method to identify drought events in monthly totals. The results indicated that the rainy semester occurs from January to June, with the period from February to May being the wettest, while the dry period is concentrated from August to November. Among the stations studied, the municipality of Prata had the highest annual rainfall totals and the municipality of Congo, the lowest. The Mann-Kendall test revealed significant decreasing trends in Camalaú and São Sebastião do Umbuzeiro, while the other stations did not show statistically significant variations. The RUN method indicated that São José dos Cordeiros and Camalaú recorded the highest values of maximum and average drought severity, with Camalaú being the station with the highest average drought intensity. In addition, the longest drought durations occurred in the North and East regions of Western Cariri, with Camalaú and São José dos Cordeiros standing out. The results reinforce the importance of climate monitoring for water management and decision-making in the region.

Keywords: Rainfall, Trend, RUN Method.

Macedo, M. J., H., Ramos, J. O., Sousa, F. A. S., Araújo, F. S.

Introdução

A precipitação pluvial é um elemento meteorológico que pode causar desastres naturais, como inundações e/ou secas, devido ao aumento ou redução da quantidade e/ou frequência de chuvas, respectivamente. Assim, uma análise da variação nas tendências médias e extremas da precipitação pluvial é essencial para compreender tais eventos (Wu et al., 2023; Arora et al., 2023; Adeel et al., 2024).

O monitoramento de secas é fundamental para a gestão hídrica em regiões semiáridas, uma vez que esses eventos são caracterizados pela redução da chuva em relação à média de longo prazo, resultando em escassez de água (Tomasella et al., 2023; Dantas et al., 2020). No Brasil, há registros de secas desde o século XVI (Dantas et al., 2020). Apesar de uma relativa abundância de recursos hídricos em grande parte do país, a seca representa um desafio ambiental significativo, contribuindo para incêndios de grande porte, degradação do solo e impactos socioeconômicos expressivos, sobretudo nos setores da agricultura, geração de energia, abastecimento de água, navegação e irrigação (Tomasella et al., 2023).

Diversos estudos têm sido realizados sobre secas em diferentes regiões do mundo (Sayat et al., 2025; Sukkar et al., 2024), visando conceituar o fenômeno e categorizá-lo conforme sua duração e intensidade. Segundo Khan e Gilani (2021), ao contrário de outros desastres, a seca se desenvolve lentamente ao longo do tempo devido a mudanças em variáveis ambientais e climatológicas.

No Semiárido brasileiro (SAB) as chuvas são irregulares e mal distribuídas (Silva et al., 2023), ocasionando secas periódicas (Santos e Borja, 2020). Essa variabilidade está associada a três principais fenômenos: a temperatura da água do Oceano Atlântico, o fenômeno “El Niño”, causado pelo aquecimento das águas do Oceano Pacífico e a baixa umidade atmosférica (Diniz et al., 2020). A compreensão desses processos é essencial para o planejamento de estratégias de gestão hídrica e tomadas de decisão (Oliveira et al., 2020; Nascimento et al., 2021).

Os sistemas atmosféricos que produzem chuvas no Nordeste do Brasil, podem ser classificados em mecanismos de grande escala, em geral responsáveis pela maior parte da precipitação observada, bem como mecanismos de meso e microescalas, que complementam os totais pluviométricos. No Cariri paraibano, destacam-se o Sistema de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

(VCAN), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Ondas de Leste (Da costa et al., 2024; Pereira et al., 2020).

A precipitação pluvial na região Nordeste é influenciada por um conjunto de fatores, incluindo circulação atmosférica, maritimidade, continentalidade e aspectos orográficos, que afetam diretamente sua distribuição espacial e temporal. Especificamente, no Cariri paraibano, a variabilidade climática e a escassez hídrica são desafios recorrentes.

Estudos têm demonstrado fortes relações entre padrões de teleconexão e a variabilidade climática em diversas regiões do mundo. Rehman et al. (2024) identificaram essa relação no sudeste da Austrália, Laureanti et al. (2024) no Brasil e Sharma et al. (2020) na Índia. No entanto, a escassez de dados diários de precipitação de alta qualidade, especialmente em países em desenvolvimento e no SAB, limita a capacidade de monitoramento e compreensão da variabilidade climática.

Dada a influência da precipitação no ciclo hidrológico e nas secas, é essencial analisar suas tendências temporais. O teste de Mann-Kendall é amplamente utilizado para esse fim, sendo um método estatístico não paramétrico eficiente na detecção de tendências monotônicas em séries temporais (Mann, 1945; Kendall, 1975). Sua aplicação permite identificar mudanças nos padrões de chuva, fornecendo subsídios para a gestão dos recursos hídricos.

Além do monitoramento das tendências de precipitação pluvial, é essencial analisar a duração e intensidade das secas. Como os impactos desses eventos variam conforme suas características, os índices de seca são amplamente utilizados para quantificar e descrever sua intensidade, distribuição espacial, duração e magnitude (Tomasella et al., 2023).

Além disso, a caracterização das secas exige a análise de sua duração, intensidade e magnitude. Para isso, utilizam-se índices de seca amplamente empregados na literatura (Tomasella et al., 2023). O Método RUN é particularmente relevante para identificar eventos extremos de precipitação, permitindo detectar períodos críticos de excesso ou falta de chuva na região do Cariri paraibano. Estudos como o de Melo e Souza (2021) aplicaram esse método para determinar parâmetros como severidade, duração e intensidade da seca no SAB.

Ao longo da história, diversas políticas públicas foram implementadas para mitigar os

impactos das secas no Semiárido brasileiro. Inicialmente, as medidas governamentais tinham caráter emergencial, focado na redução dos efeitos imediatos da escassez hídrica. A partir da segunda metade do século XX, avanços na infraestrutura resultaram na construção de reservatórios, ferrovias e estradas. Programas como o Um Milhão de Cisternas e a Operação Carro-Pipa foram implementados para garantir o abastecimento de água às populações rurais (Dantas et al., 2020).

Em 2005, foi lançado o maior projeto hídrico da região, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), cuja seção leste entrou em operação em 2017, levando água ao Reservatório Epitácio Pessoa (Dantas et al., 2020).

Diante desse contexto, este estudo tem como objetivo analisar a variabilidade e tendência das chuvas, bem como identificar os eventos de seca na região do Cariri Ocidental paraibano, fornecendo informações essenciais para a gestão e planejamento dos recursos hídricos.

Material e métodos

Os municípios nos quais foram coletados os dados de precipitação pluvial para a obtenção dos resultados da presente pesquisa estão destacados na Figura 1: Camalaú, Congo, Prata, São José dos Cordeiros, São Sebastião do Umbuzeiro e Taperoá. Todos os municípios mencionados estão localizados na microrregião do Cariri Ocidental da Paraíba.

A região do Cariri paraibano é caracterizada por uma grande variabilidade espaço-temporal nos valores de precipitação pluvial ao longo do ano (Salvador et al., 2024). Segundo a classificação climática de Köppen, o Cariri possui um clima Bsh, definido como semiárido quente (Santos et al., 2022). Essa região apresenta forte insolação, altos índices de evapotranspiração, temperaturas médias de aproximadamente 27°C e umidade relativa do ar geralmente baixa (Embrapa, 2024). Os solos são rasos e pedregosos, com presença de afloramentos rochosos e a vegetação predominante é a caatinga (Clemente et al., 2021).

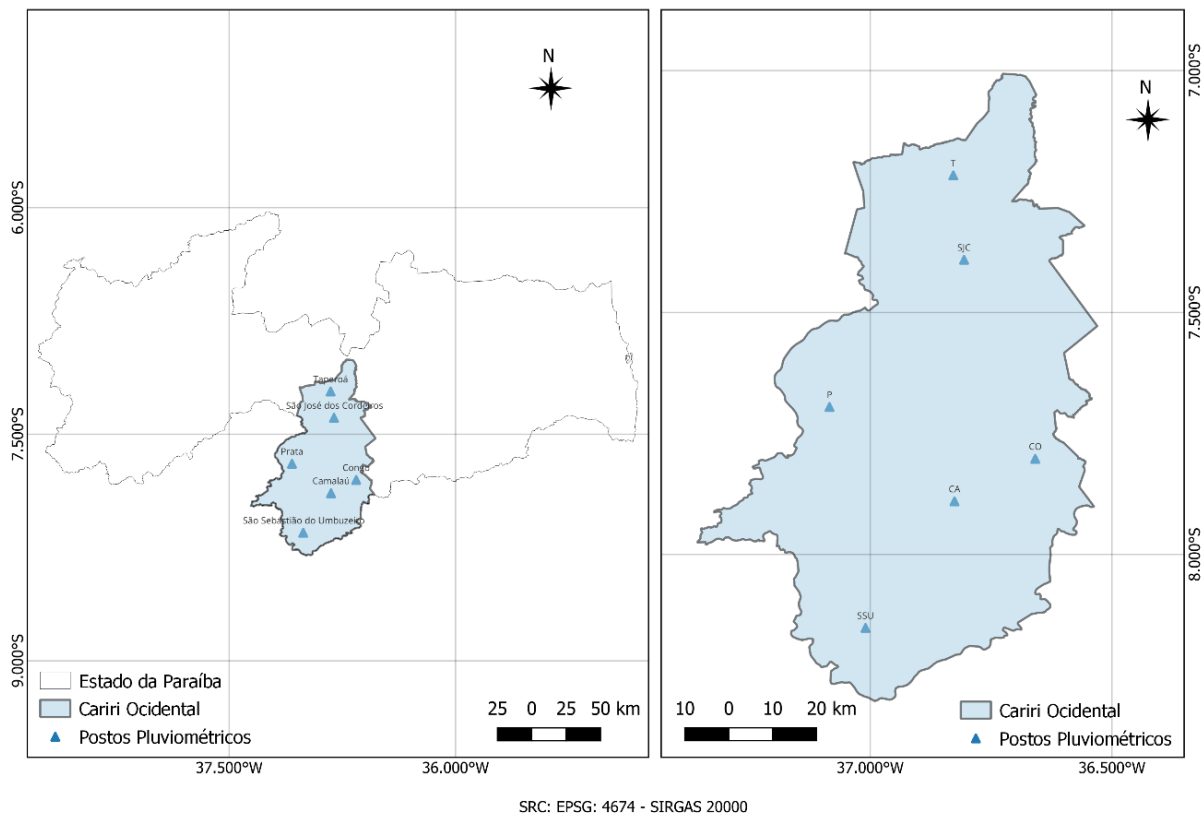


Figura 1. Localização da microrregião do Cariri Ocidental – PB e dos municípios estudados.

Coleta e Análise dos dados

Os dados amostrais utilizados no estudo abrangem o período de 1963 a 2021. Os dados de 1963 a 2017 foram obtidos das séries históricas da ANA, enquanto os dados de 2018 a 2021 foram fornecidos pela AESA. Foram analisados seis postos pluviométricos, conforme ilustrado na Figura 1.

A Tabela 1 apresenta as coordenadas latitude e longitude em grau decimal e a altitude em metros dos postos estudados. Apresenta também o percentual de dados faltosos em cada um dos postos pluviométricos e os anos excluídos da análise. O critério para a exclusão de alguns anos foi baseado na ausência de dados por mais de seis meses.

Para o preenchimento dos dados faltosos utilizou-se o Método da Ponderação Regional. Os dados falhos foram preenchidos com informações de três postos vizinhos, localizados o mais próximo

possível, conforme descrito por Medeiros (2020). Conforme a Equação 1:

$$Px = \frac{1}{3} \left(\frac{Pa}{Pam} + \frac{Pb}{Pbm} + \frac{Pc}{Pcm} \right) * p \quad (1)$$

Em que:

Px = precipitação pluvial mensal do posto pluviométrico com dados faltantes (mm);

P = média da precipitação pluvial histórica do mês em que houve falha (mm);

Pa, Pb e Pc = chuvas do mês, em que houve falha, dos postos pluviométricos vizinhos;

Pam, Pbm e Pcm = precipitações médias dos postos vizinhos.

Para o preenchimento das falhas, foram utilizados os postos pluviométricos descritos na Tabela 1 e os postos localizados nos municípios de Coxixola e São João do Tigre.

Tabela 1 – Informações dos municípios utilizados no estudo: latitude, longitude e altitude.

Municípios	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Dados faltosos (%)	Anos excluídos
Camalaú	-7,89	-36,82	565	0,7	1992
Congo	-7,80	-36,67	500	0,9	1974,1983,1991,1992
Prata	-7,70	-36,81	-	0,6	1990,1991,1992
São José Dos Cordeiros	-7,39	-37,08	-	0,3	1963,1990,1991,1992
São Sebastião do Umbuzeiro	-8,15	-37,01	600	1,8	1990 e 1992
Taperoá	-7,22	-36,83	500	1,6	-

Método RUN

O método RUN, no contexto deste estudo, avalia o efeito dos eventos de secas e define os parâmetros de duração, intensidade e severidade desses eventos. A Figura 2 mostra a representação gráfica do comportamento dos índices de secas. Melo e Sousa (2021) define a duração do evento

seca como sendo o período entre o início e o fim de uma seca, e é expressa em semanas, meses ou anos. A severidade do evento seca é dada pela soma do déficit de chuva ou soma da sequência de anomalias negativas consecutivas. A intensidade do evento seca é dada pela razão entre a severidade e a duração do evento de seca.

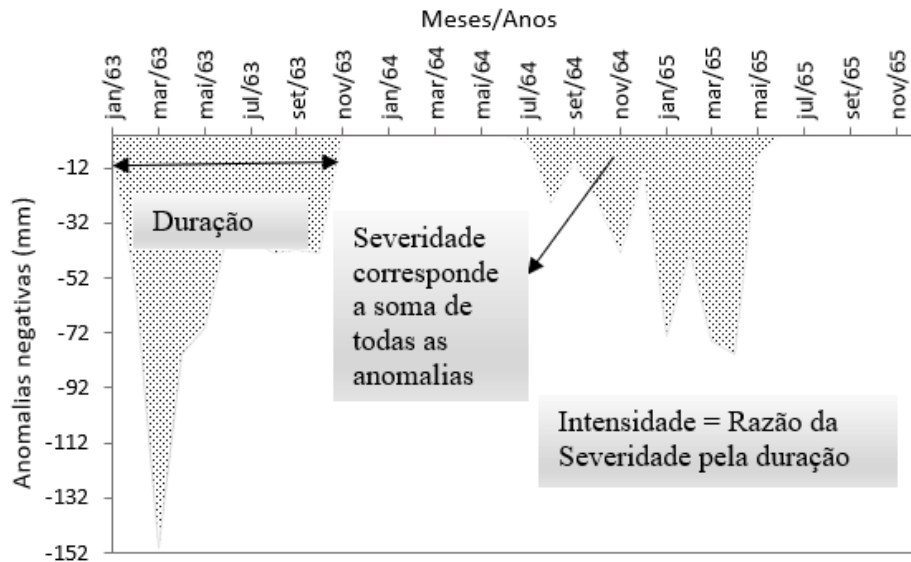


Figura 2. Variáveis utilizadas para quantificar o evento seca.

Análise de tendência através do teste de Mann-Kendall

O teste não paramétrico proposto por Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) foi utilizado para detectar possíveis tendências nas séries temporais pluviométricas do Cariri Ocidental paraibano. O método não assume uma função distribuição específica para os dados. A equação é dada por:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sin}(\mathbf{a}l(x_j - x_i)) \quad (2)$$

Em que S corresponde ao resultado da soma das contagens de $(x_j - x_i)$; x_j é o valor inicial após x_i , n é o número de dados da série temporal. Para cada par de dados serão atribuídos os seguintes valores:

$$\text{sin}(\mathbf{a}l) = \begin{cases} +1 & \text{se } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{se } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

A distribuição de probabilidade da estatística S tende à normalidade quando se tem um número elevado de observações (n), com média zero e variância dada por:

$$\text{Var} = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (4)$$

Em que t_p é o número de dados com valores iguais em certo grupo; q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados em um grupo p.

A estatística do teste de Mann-Kendall é baseada no valor da variável Z_{MK} , calculada conforme a Equação 5:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Realizou-se um teste bilateral considerando o nível de significância (α) de 5%, ou seja, rejeitou-se a hipótese de ausência de tendência quando o valor-p foi inferior ao nível α .

Resultados e discussão

A Figura 3 apresenta a média mensal das chuvas durante os anos de 1963 a 2021 para os seis postos pluviométricos. Pode ser notado que os quatro meses mais chuvosos correspondem aos meses de fevereiro a maio, onde todos os postos registraram chuvas com média superior a 50 mm, este registro segue de acordo com os estudos de Saboya et al. (2021) que destaca o trimestre mais chuvoso do ano para o município de Monteiro, no Cariri ocidental, os meses de fevereiro, março e abril. O mês de março apresentou as maiores

médias pluviométricas evidenciando a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que provoca chuvas mais intensas de fevereiro a maio, com picos em março. Isso assemelha-se com o resultado de Da Silva et al. (2022), que em seus estudos verificaram que na região do Cariri/Curimataú o quadrimestre mais chuvoso foi de fevereiro a maio, e os eventos de precipitações ocorridas neste período foram decorrentes da atuação de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, Zona de Convergência Intertropical, Distúrbios Ondulatórios de Leste e Sistemas Frontais.

Por outro lado, os quatro meses mais secos ocorrem de agosto a novembro, com médias mensais abaixo de 20 mm. Esse padrão coincide com o período seco identificado por Saboya et al. (2021) em Monteiro no Cariri ocidental, que aponta agosto a outubro como trimestre mais seco. Dentre os postos pluviométricos, o município de Prata apresentou as maiores médias pluviométricas nos meses mais chuvosos, seguido por Taperoá. Em contraste, Congo registrou as menores médias de fevereiro a abril e São José dos Cordeiros apresentou a menor média em maio com 54,1 mm.

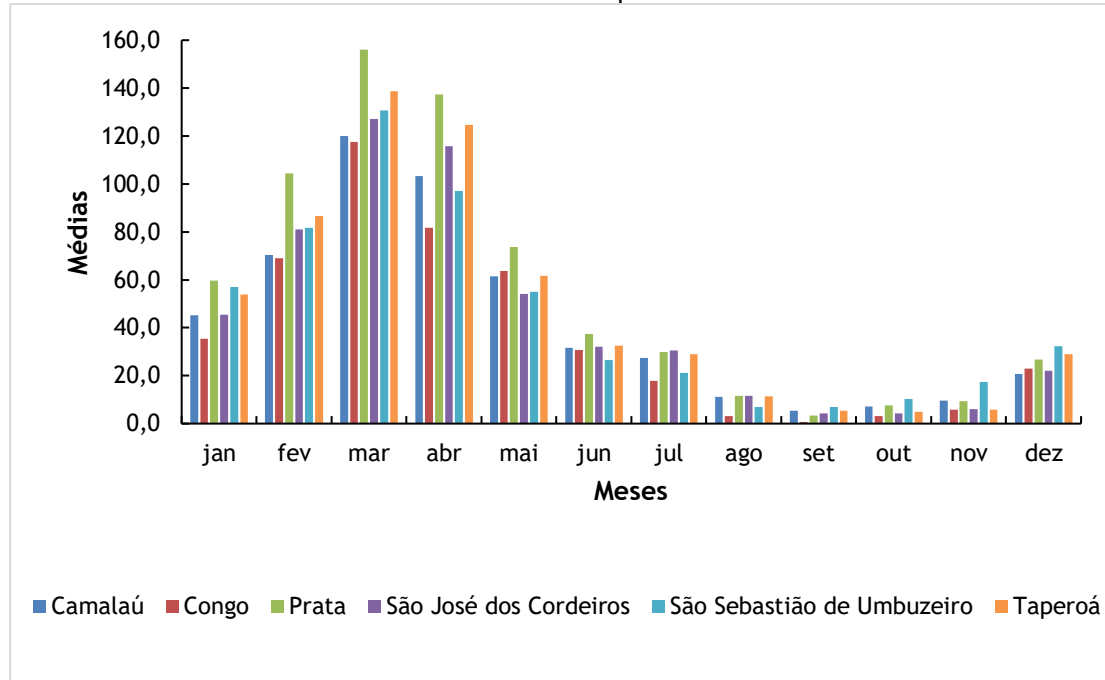


Figura 3. Média mensal precipitada no período de 1963 a 2021.

A Tabela 2 exibe os totais anuais precipitados para os postos analisados no período de 1963 a 2021. Foram registrados totais acima de 900 mm em vários anos, destacando a influência do fenômeno La Niña, especialmente nos anos de La Niña forte, como 1973, 1974, 1975, 1989 e 2008. Sena, Moraes Neto e Lucena (2019) também identificaram um aumento na precipitação pluvial durante os anos do fenômeno La Niña. No estudo realizado nos municípios de São João do Cariri e Sumé, no estado da Paraíba, os autores constataram que os eventos extremos de chuvas se intensificam na presença da La Niña.

A ocorrência de anos com precipitação pluvial superior a 900 mm foi mais frequente na primeira metade do período estudado em comparação com o intervalo de 1993 a 2021. Entre 2012 e 2019, Da Silva et al., (2023) apontaram que a região Semiárida do Nordeste do Brasil enfrentou

secas de grande severidade e ampla extensão espacial. Nesse contexto, a variabilidade climática contribuiu para condições hidrológicas extremas, resultando em estações secas particularmente intensas.

Nos anos de 1982 (Prata), 1990 (Camalaú), 1993 (Taperoá), 1998 (Prata) e 2012 (Taperoá) apresentaram os menores totais precipitados (*ver Tabela 2 - coluna posto com maior pluviometria*), sendo esses valores inferiores a 400 mm. Esses anos tiveram a influência do fenômeno El Niño, destacando-se os anos de 1982, 1990, 1993 e 1998. Nos estudos realizados por Castelhana e Pinto (2022) e Santos et al. (2022) os autores verificaram que durante eventos de El Niño a região Nordeste como um todo tende a ser afetada com a intensificação de eventos de seca.

Com relação aos postos que apresentaram menor pluviometria ao longo dos 58 anos

estudados, Congo se destacou com uma frequência de 26, seguido de Camalaú com registro de 12 vezes.

As tendências pluviométricas dos postos pluviométricos estudados estão expostas na Figura 4. Nela é possível notar tendências negativas na maioria dos postos, exceção para São José dos Cordeiros e Taperoá, que apresentaram leves tendências positivas.

A Tabela 3 exibe os resultados numéricos do teste de Mann-Kendall. Apenas os postos

Camalaú (CA) e São Sebastião de Umbuzeiro (SSU) apresentaram p-valor inferior ao nível de significância alfa igual 0,05 revelando tendências decrescentes significativas. Os postos P, CO, SJC e T não demonstraram tendências estatisticamente significativas, com p-valores indicando ausência de evidências robustas de mudança ao longo do tempo. As variâncias e os coeficientes de Kendall corroboram com essas observações, indicando variações na magnitude e direção das tendências entre os postos.

Tabela 2 – Análise dos totais anuais precipitados durante o período de 1963 a 2021 nos municípios: T (Taperoá), P (Prata), CO (Congo), CA (Camalaú), SJC (São José dos Cordeiros) SSU (São Sebastião do Umbuzeiro).

Anos	Posto com maior pluviometria (mm)	Posto com menor pluviometria (mm)	Anos	Posto com maior pluviometria (mm)	Posto com menor pluviometria (mm)
1963	P (788,9)	T (361,3)	1993	T (205,5)	CO (66,8)
1964	P (818,2)	SJC (457,2)	1994	T (643,2)	CO (326,1)
1965	P (1063,8)	SJC (606,3)	1995	T (739)	CO (525,6)
1966	SSU (1193,1)	CO (80,5)	1996	SJC (696,7)	CO (389)
1967	P (1131,2)	CO (333,2)	1997	SJC (501,1)	CO (412,2)
1968	P (949,3)	CO (369,2)	1998	P (243,7)	SJC (46,7)
1969	P (983,7)	CO (203,4)	1999	T (401,2)	CA (84,8)
1970	CA (470,1)	SJC (235)	2000	P (622,1)	CA (397,3)
1971	P (1004,3)	CA (532,8)	2001	SSU (545)	T (295,6)
1972	CA (633,9)	CO (278)	2002	T (597,4)	CA (333,1)
1973	CO (970,6)	SSU (374,9)	2003	P (627,3)	CO (218,2)
1974	CA (1128,3)	T (593,9)	2004	SJC (918,6)	SSU (580,6)
1975	CA (915,6)	SSU (472,5)	2005	CO (641,8)	CA (458,1)
1976	P (620,6)	CO (320,33)	2006	T (986,5)	CA (468,9)
1977	CO (1162,6)	SSU (323)	2007	P (662,6)	CO (348,3)
1978	CO (913,1)	SSU (344,9)	2008	T (938)	CA (495,8)
1979	P (706,2)	SJC (319,6)	2009	T (1369,4)	CO (932,2)
1980	SSU (631,6)	CO (185,5)	2010	SSU (970,6)	CA (542,8)
1981	SSU (590,2)	T (352)	2011	T (1316,6)	CA (555,1)
1982	P (393,4)	CO (119,2)	2012	T (208,5)	CO (60,7)
1983	SJC (452,4)	CA (288,5)	2013	SSU (478,5)	SJC (237,8)
1984	P (914,1)	CO (371)	2014	T (612,9)	CO (249,2)
1985	CA (1458,7)	SJC (810)	2015	SJC (584,7)	CA (258,7)
1986	P (941,3)	CO (616)	2016	SSU (436,5)	CO (166,4)
1987	P (494,3)	CO (322,9)	2017	P (510,4)	SJC (163,1)
1988	P (700,1)	SJC (347,2)	2018	T (973)	CA (349,7)
1989	SSU (905,1)	CO (495,1)	2019	SJC (977,6)	SSU (421,6)
1990	CA (169)	CO (115)	2020	P (1049,4)	CO (506,7)
1991	CA (482,7)	SSU (350,6)	2021	P (563)	CO (231,5)

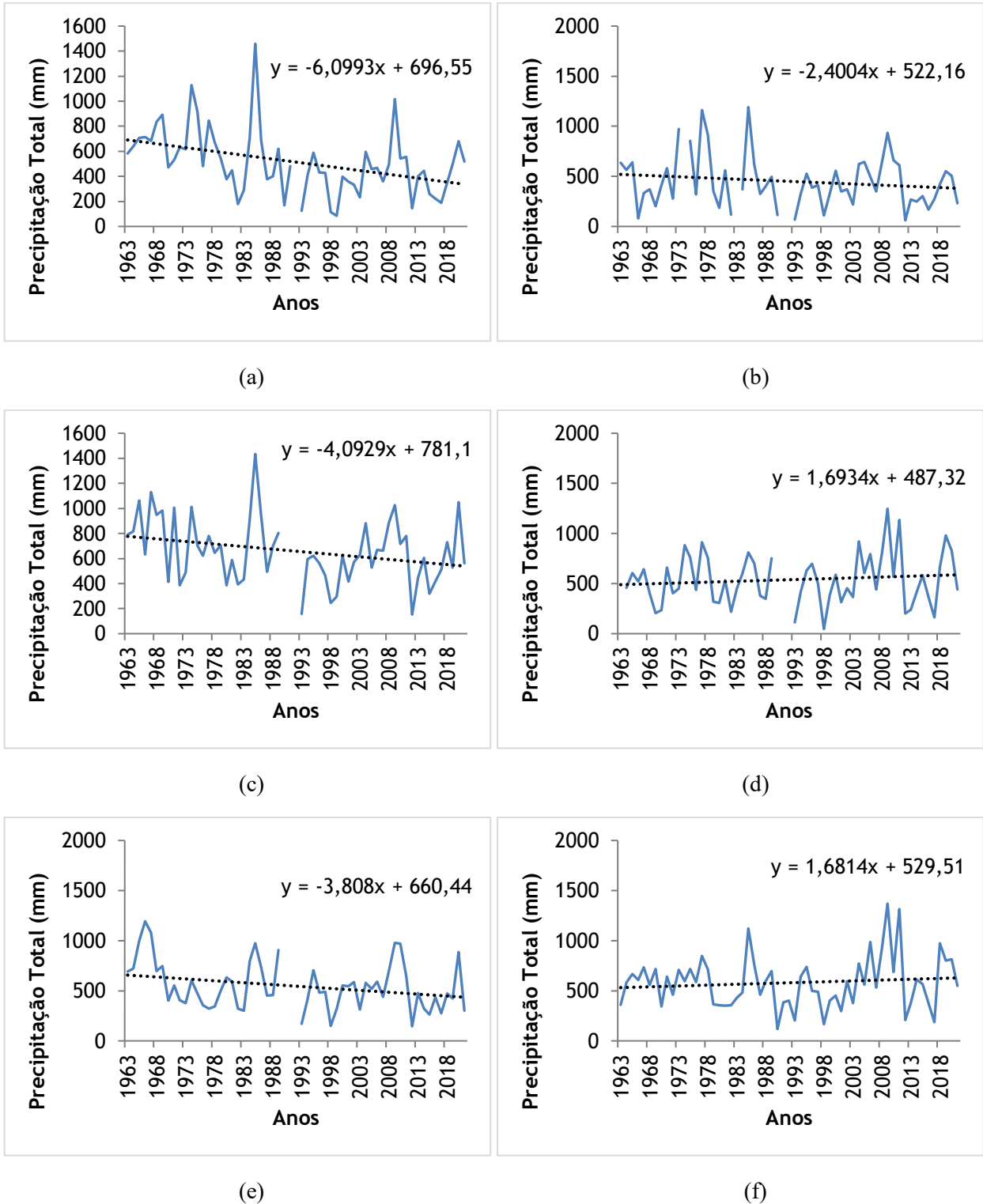


Figura 4. Tendências da pluviometria de Camalaú(a), Congo (b), Prata (c), São José dos Cordeiros (d), São Sebastião do Umbuzeiro (e) e Taperoá (f).

Tabela 3 – Resultados numéricos do teste de Mann-Kendall para os postos pluviométricos: T (Taperoá), P (Prata), CO (Congo), CA (Camalaú), SJC (São José dos Cordeiros) e SSU (São Sebastião do Umbuzeiro).

Teste Mann-Kendall	Postos Pluviométricos					
	CA	CO	P	SJC	SSU	T
Z	-3,381	-0,857	-1,788	0,508	-2,086	0,445
N	58	55	56	55	57	59
P-valor	0,000723	0,392	0,074	0,611	0,037	0,657
S	-505	-119	-254	71	-304	69
Var (S)	22.223,67	18.975	20.020	18.974	21.102,67	23.381,67
Tau	-0,306	-0,0801	-0,165	0,048	-0,190	0,0403

Análise temporal das secas no período chuvoso

Para a análise de severidade (S), duração (D) e intensidade (I) de secas nos períodos em que era esperado chuvas, correspondendo ao semestre de janeiro a junho, foi utilizado também, gráficos para apresentar os valores correspondentes a cada evento para os seis postos pluviométricos analisados. A severidade (S) e intensidade (I) foram analisadas separadamente, para uma melhor visualização, comparação e entendimento sobre esses parâmetros.

A Figura 5a apresenta os valores para o posto de Camalaú. Neste gráfico destaca-se os

meses de fevereiro de 1998 a janeiro de 2000 apresentando a maior severidade para todo o período analisado, correspondendo a – 424,1 mm e também a maior duração correspondendo a 12 meses. Destaca-se ainda os meses de abril de 2016 a fevereiro de 2018 com severidade de – 291,8 mm e duração de 11 meses, seguido dos meses de junho de 1989 a fevereiro de 1991 com severidade de – 233 mm e 9 meses de duração. Para o valor máximo de intensidade (Figura 5b) temos o mês de junho de 1979 com -77,6 mm/mês, correspondendo ao maior valor para todo o período seguido dos meses de fevereiro de 1965, janeiro de 1978, março de 2004 e janeiro de 2021, ambos com -42,8 mm/ mês.

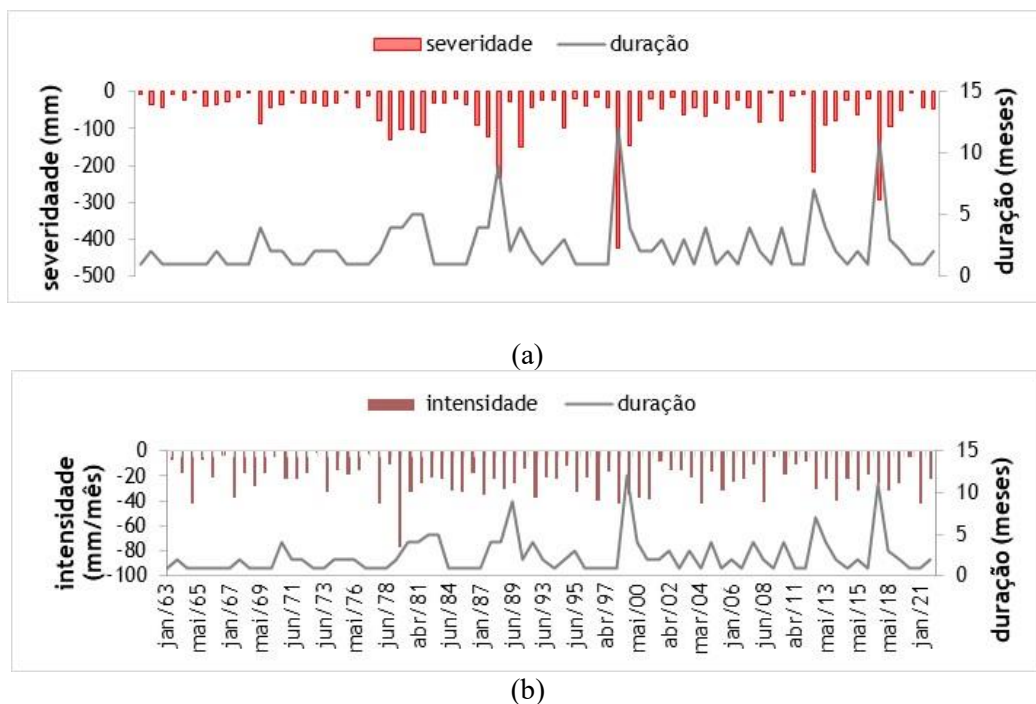


Figura 5. Severidade e duração (a) e intensidade e duração (b) de secas no período chuvoso para o posto de Camalaú. Fonte: Autores (2025).

Na Figura 6a, os meses com maiores severidade e duração para o Congo, correspondem aos meses de junho de 2011 a março de 2013 com $-290,4$ mm de severidade e 10 meses de duração, seguido dos meses de fevereiro de 1998 a abril de 1999 com severidade de $-261,3$ mm e 9 meses de duração. Ainda nos meses de janeiro de 1966 a fevereiro de 1967, foi registrado um terceiro pico de duração de 8 meses.

Para o maior valor de intensidade (Figura 6b), 12 meses apresentaram intensidade máxima de $-37,4$ mm/mês, são eles, janeiro e fevereiro de 1965, janeiro de 1978, junho de 1979 a janeiro de 1980, janeiro a fevereiro de 1984, junho de 1995, maio de 2001, maio de 2010 e junho de 2018 a janeiro de 2019.

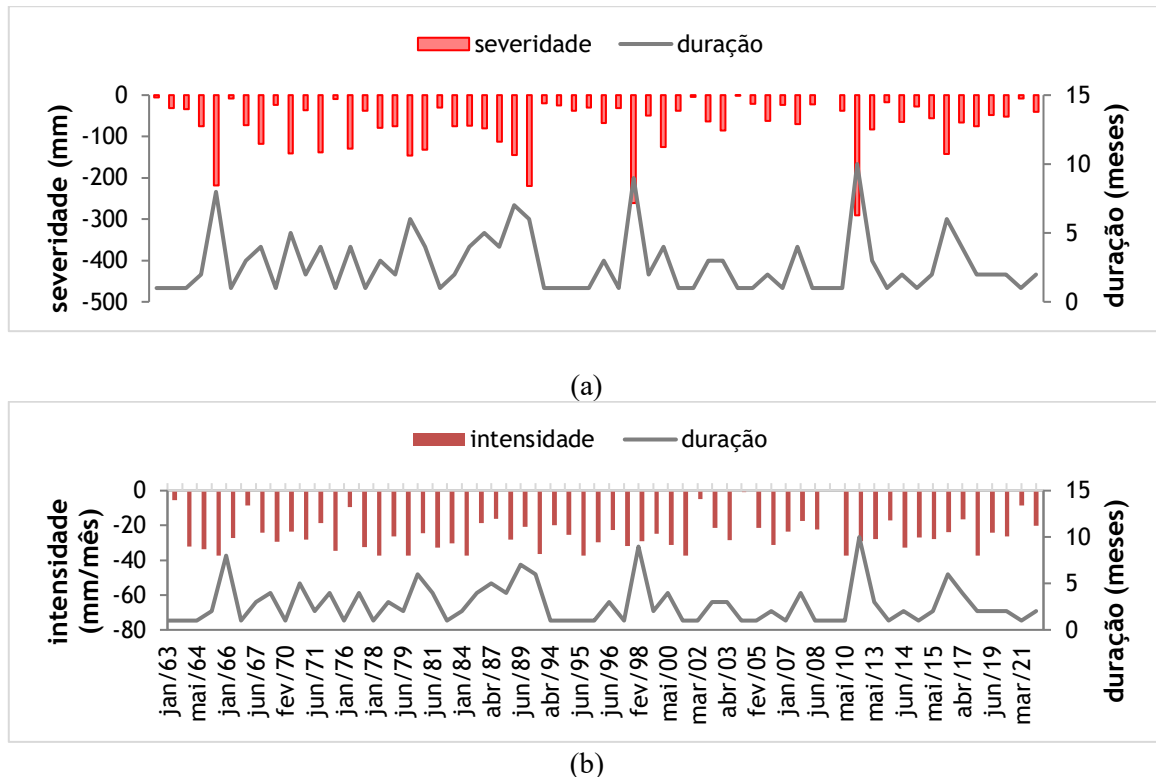
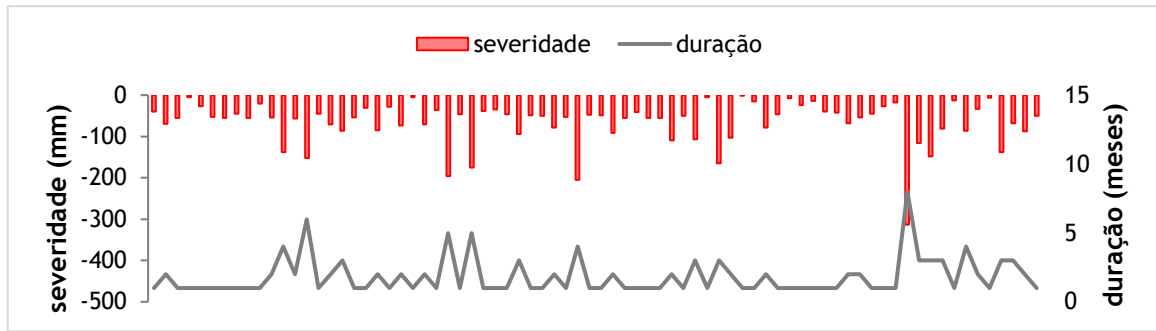


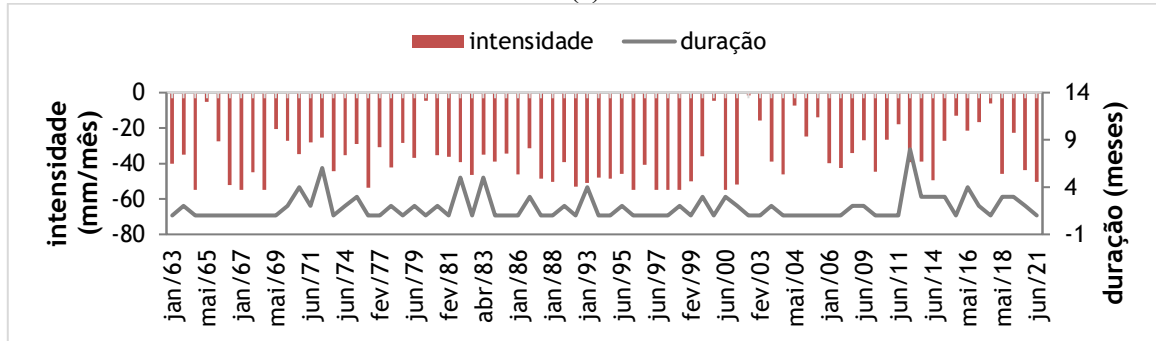
Figura 6. Severidade e duração (a) e intensidade e duração (b) de secas no período chuvoso para o posto de Congo. Fonte: Autores (2025).

Na Figura 7a, a severidade se destaca, com o valor máximo para os meses de fevereiro de 2012 a março de 2013 com $-313,5$ mm e com duração máxima de 8 meses no município de Prata. Destaca-se ainda os meses de janeiro a maio de 1993 com severidade de $-204,3$ mm, seguido de abril de 1981 a fevereiro de 1982 com $-196,3$ mm de severidade e 5 meses de duração. O segundo valor máximo de duração foi de 6 meses e ocorreu

entre os meses de março de 1972 a fevereiro de 1973, seguindo dos meses de abril de 1983 a fevereiro de 1984, também com duração de 5 meses. Para o maior valor de intensidade (Figura 7b), 10 meses apresentaram intensidade máxima de $-54,8$ mm/mês, sendo eles, fevereiro de 1995, janeiro de 1967, fevereiro de 1969, junho de 1996, junho de 1997, fevereiro e maio de 1998 e junho de 2000 a fevereiro de 2001.



(a)

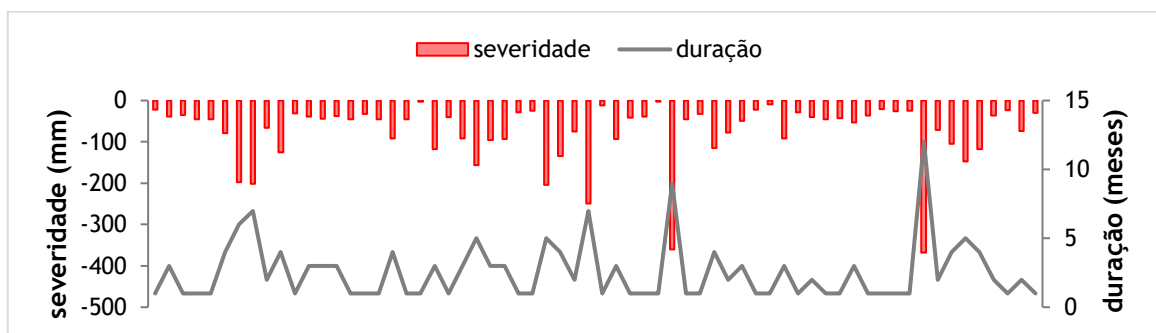


(b)

Figura 7. Severidade e duração (a) e intensidade e duração (b) de secas no período chuvoso para o posto da Prata.

A Figura 8a mostra os valores de cada evento analisado para o posto pluviométrico de São José dos Cordeiros. Na figura pode ser visto que o evento com o valor máximo de severidade (-367,3 mm) e duração de 12 meses ocorreu entre março de 2012 e fevereiro de 2014. O segundo maior evento foi entre junho de 1997 e fevereiro de 1999, com severidade de -359,8 mm e duração de nove meses.

O terceiro evento significativo ocorreu de janeiro de 1993 a janeiro de 1994, com severidade de -248,7 mm e duração de sete meses. Na Figura 8b, é apresentado o valor máximo de intensidade, onde sete meses tiveram uma intensidade máxima de -44,9 mm/mês. Esses meses foram março de 1966, janeiro de 1967, fevereiro de 1977, janeiro de 1979, maio de 1980, abril de 1999 e janeiro de 2006.



(a)

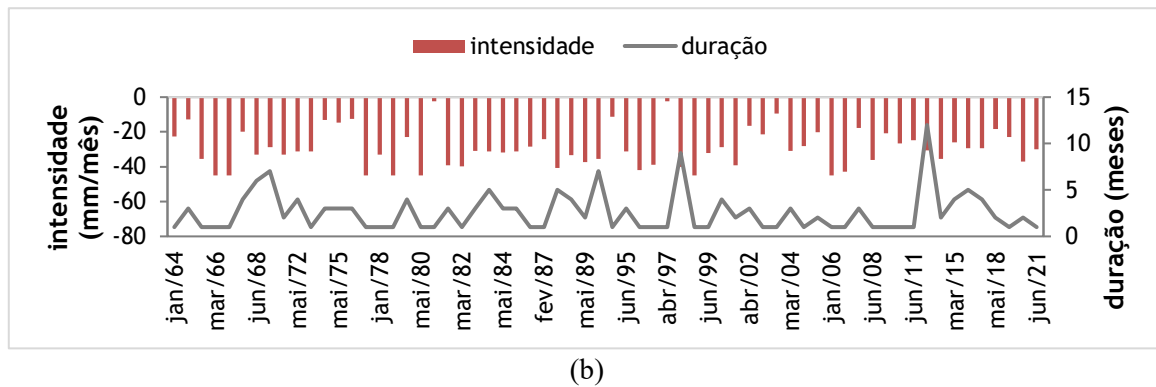


Figura 8. Severidade e duração (a) e intensidade e duração (b) de secas no período chuvoso para o posto São José dos Cordeiros.

Para o posto pluviométrico de São Sebastião do Umbuzeiro (Figura 9a), o período com a maior severidade foi de junho de 1997 a junho de 1998, com -200,3 mm e uma duração de 7 meses. O segundo maior evento ocorreu de março de 2012 a janeiro de 2013, com uma severidade de -179,8 mm e duração de cinco meses. Em seguida, tem-se o semestre de janeiro a junho de 1993 que

apresentou uma severidade de -175,9 mm e uma duração de seis meses. Na Figura 9b, é apresentado o valor máximo de intensidade, onde três meses apresentaram uma intensidade máxima de -45,5 mm/mês: abril de 1999, maio de 2010 e abril de 2016. O mês de maio de 1981 teve a segunda maior intensidade, com -43,0 mm/mês.

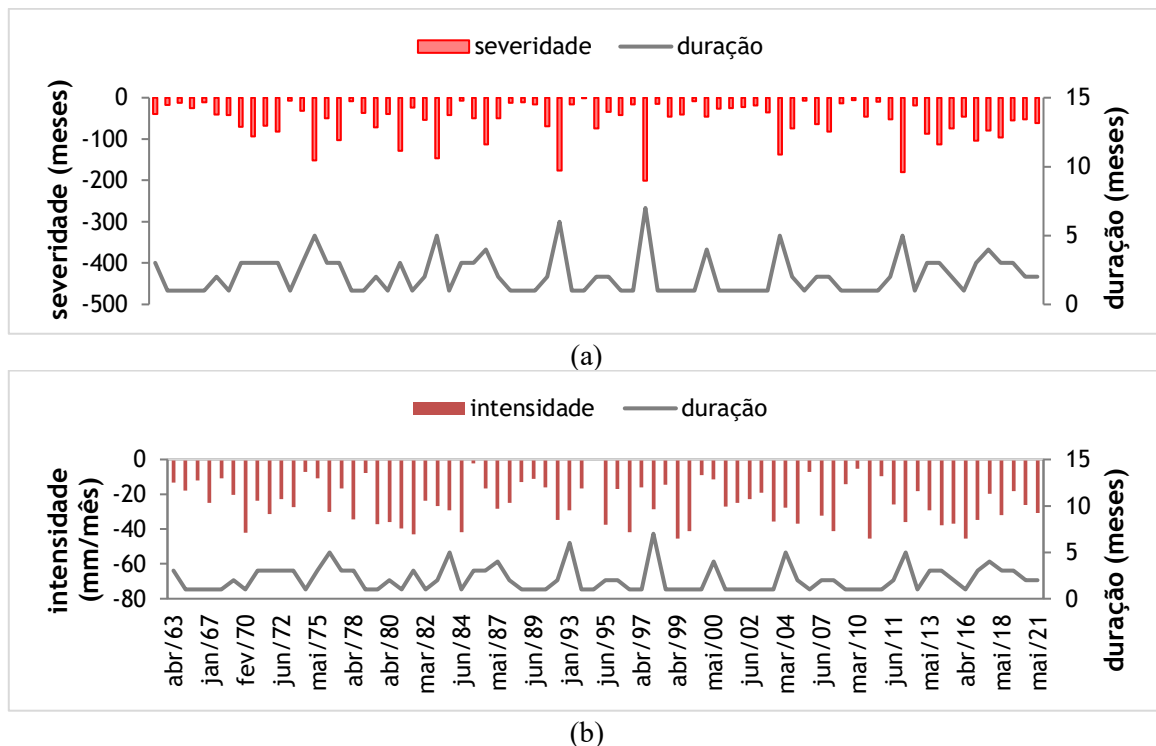


Figura 9. Severidade e duração (a) e intensidade e duração (b) de secas no período chuvoso para o posto São Sebastião do Umbuzeiro.

A Figura 10a apresenta os valores de severidade e duração das secas para o posto pluviométrico de Taperoá, o evento com o máximo

Macedo, M. J., H., Ramos, J. O., Sousa, F. A. S., Araújo, F. S.

valor de severidade foi de -280,6 mm, com uma duração de 10 meses, ocorrendo de abril de 2016 a janeiro de 2018. Em seguida, destacam-se os

períodos de janeiro de 1990 a janeiro de 1991, com severidade de -262,6 mm e duração de sete meses, e de maio de 1992 a abril de 1993, com severidade de -233,3 mm e duração de seis meses.

Na Figura 10b, o maior valor de intensidade foi de -48,3 mm/mês, registrado em quatro períodos: abril a junho de 1972, janeiro de 1978, abril de 1999 e janeiro de 2006.

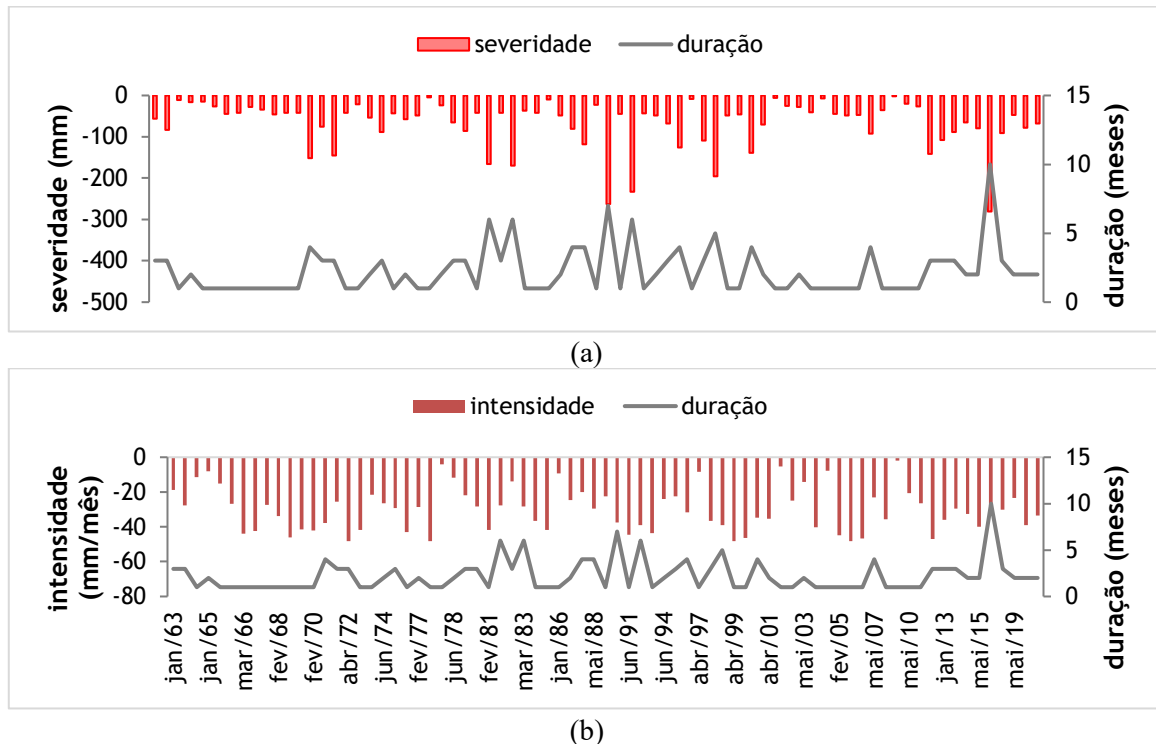


Figura 10. Severidade e duração (a) e intensidade e duração (b) de secas no período chuvoso para o posto Taperoá.

Os mapas de Severidades mínima e média de secas (Figura 11) indica o maior valor para o município de São José dos Cordeiros, cerca de 2,5 mm e 75,9 mm respectivamente. Já no mapa de máximo de severidade, Camalaú apresentou o maior valor com cerca de 424,1 mm, seguido de São José dos Cordeiros com 367,6 mm. Os mapas correspondentes as intensidades máxima e média apresentam os maiores valores para Camalaú com 77,6 mm/mês e Prata com 36,2 mm/mês respectivamente, os menores valores estão

identificados nos mapas pelas cores correspondentes. Já para duração, ambos os mapas apresentam os maiores valores nas regiões Norte e Leste da região de estudo. Os valores de durações máximas correspondem aos municípios de Camalaú e São José dos Cordeiros ambos com durações de doze meses de secas. Já os maiores valores para as durações médias correspondem aos municípios de Congo e São José dos Cordeiros, cerca de 2,7 e 2,6 meses respectivamente.

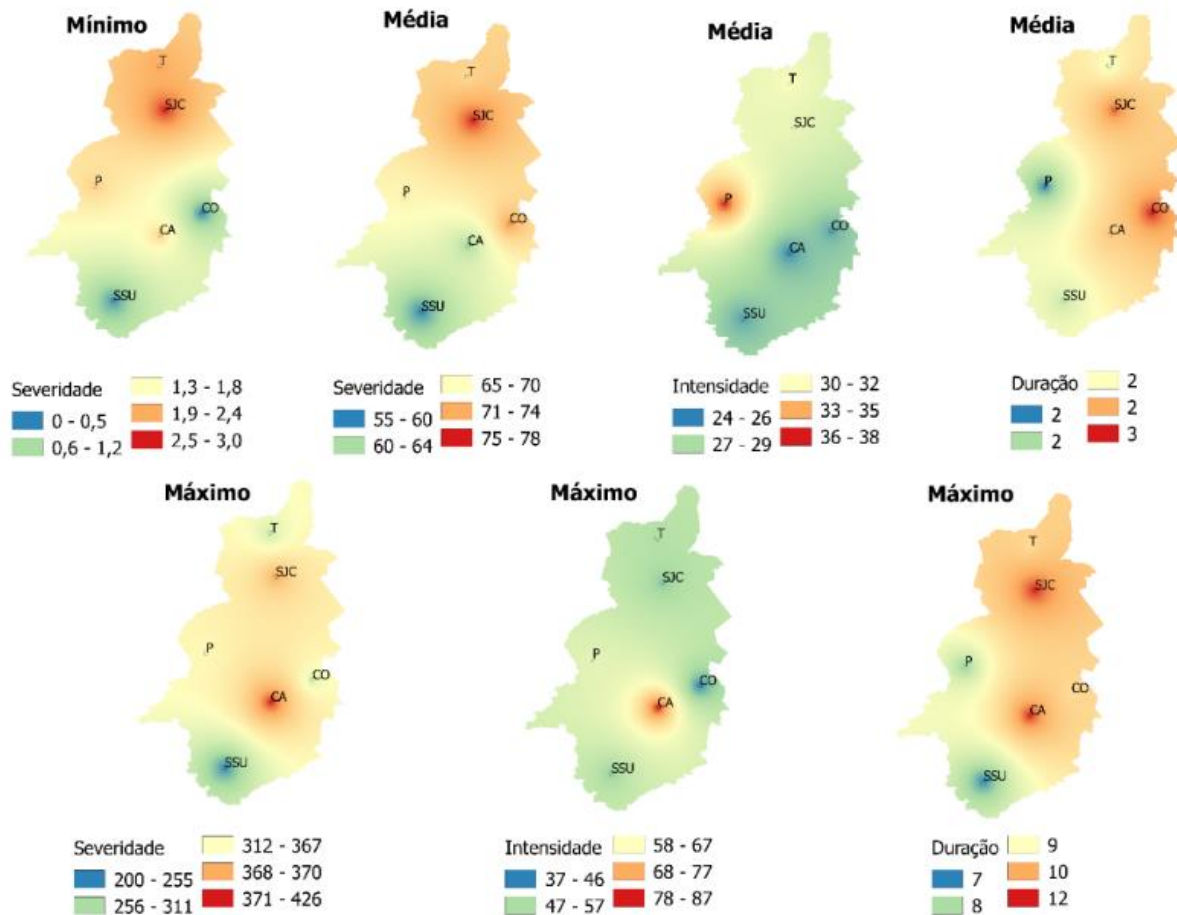


Figura 11. Severidade máxima, mínima e média, intensidade máxima e média de secas e duração máxima e média de secas para os postos utilizados no estudo no período de 1963 - 2021.

Conclusões

Neste estudo a análise detalhada das chuvas e secas no Cariri Ocidental paraibano revelou padrões significativos e tendências importantes para a região. O período chuvoso identificado na região estudada é de janeiro a junho. Nesse período os meses de fevereiro a maio apresentaram os valores mais elevados de precipitação pluvial. Por outro lado, o segundo semestre (período seco) revelou as menores médias pluviométricas, com destaque para os meses de agosto a novembro.

Com relação ao total anual precipitado, Prata se destacou, apresentando os maiores totais anuais em comparação com os demais postos. Em contraste, Congo registrou os menores totais anuais em vários anos. É importante observar que na década de 1990 foi registrado o menor total anual precipitado de toda a década, com um valor de 739 mm, enquanto nas décadas subsequentes, os totais anuais precipitados foram superiores a 1000 mm.

As tendências pluviométricas analisadas indicaram uma predominância de decréscimo na precipitação pluvial anual para a maioria dos postos, exceto para São José dos Cordeiros e Taperoá, que mostram uma leve tendência de aumento. No entanto, o teste de Mann Kendall revelou que apenas Camalaú e São Sebastião do Umbuzeiro apresentaram tendências decrescentes significativas, enquanto os outros postos não demonstraram mudanças estatisticamente significativas.

O método RUN possibilitou a realização da análise de severidade, intensidade e duração de secas para o período analisado. Com relação as secas no período chuvoso, a maioria dos postos apresentaram valores extremos de severidade e duração. Também foi possível identificar intervalos intra-anual secas severas e extremas. Estes resultados coincidem com aqueles apresentados por Diniz et al (2020, p. 2634 - 2635) que considera os anos de 2016 e 2017 (Seca alta) e em 2012 (Seca extremamente alta) e afirma ainda

que os anos de 1999, 2012, 2013, 2015 e 2016 foram considerados anos de El Niño forte.

Esse estudo ajuda na compreensão das tendências e padrões da precipitação pluvial para a região supracitada. Tendências e padrões de chuva é essencial para auxiliar no planejamento de recursos hídricos e na implementação de políticas socioeconômicas capazes de minimizar os efeitos da variabilidade climática na região estudada e por extensão em todo o semiárido brasileiro.

Agradecimentos

Agradecemos, em primeiro lugar, a Deus por nos conceder saúde e força para realizar esta pesquisa. Manifestamos nossa gratidão à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pelo apoio financeiro, possibilitando a participação de discentes na equipe executora deste projeto. Agradecemos também a todos os pesquisadores envolvidos, cuja dedicação e valiosas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- Adeel, M., Razzak, A., Riaz, S. M. F., Iqbal, M. J. (2024). Impact of sea surface temperature in the Arabian Sea on the variability of Summer Monsoon Rainfall over Pakistan Region. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 107, 101482. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2024.101482>.
- Arora, A., Valsala, V., & Pillai, P. A. (2023). A contrast in biennial variability of rainfall between central India and the Western Ghats and its mechanisms. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 103, 101383. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2023.101383>.
- Castelhano, F. J.; De Siqueira Pinto, J. E. S. (2022). Tendências e alterações climáticas no Estado de Sergipe, nordeste do Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, 42, 1-15. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.185565>
- Clemente, T. S.; Nascimento, M. B.; Silva, J. M.; Araújo, L. E. (2021). Pegada hídrica da microrregião do cariri ocidental, Paraíba. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, 2(43), 121-137.
- Da Costa, F. F.; Rufino, I. A. A.; De Aragão, R.; Ramos Filho, R. S. (2024). Performance evaluation of four remote-sensing products throughout precipitation estimation in the State of Paraíba, Northeast Brazil. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 35, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101256>
- Da Silva, E. A., de Brito, J. I. B., Becker, C. T., Cavalcanti, E. P., Mandú, T. B.; de Lima, I. P. C. (2022). Determinação de limiares para a precipitação mensal das regiões homogêneas da Paraíba usando quantis. *Revista Brasileira de Climatologia*, 30, 92-111.
- Da Silva, J. L. B.; Moura, G. B.; Da Silva, M. V.; Oliveira Júnior, J. F.; Jardim, A. M. R. F.; Refati, D. C.; (2023). Environmental degradation of vegetation cover and water bodies in the semiarid region of the Brazilian Northeast via cloud geoprocessing techniques applied to orbital data. *Journal of South American Earth Sciences*, 121, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104164>
- Dantas, J. C.; Silva, R. M.; Santos, C. A. G. (2020). Drought impacts, social organization, and public policies in northeastern Brazil: a case study of the upper Paraíba River basin. *Environ Monit Assess* 192, 765 – 785. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8219-0>
- Diniz, R. R. S.; Alencar, M. L. S.; Medeiros, S. A.; Guerra, H. O. C.; Sales, J. C. R. (2020). Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(6), 2628-2640. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.6.p2628-2640>.
- Embrapa; Clima. Disponível em: www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm. Acesso em: 27 de julho de. 2024.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank correlation Methods*. 4.ed. Londres: Charles Griffin.
- Khan, R.; GILANI, Hammad. (2021). Global drought monitoring with drought severity index (DSI) using Google Earth Engine. *Theoretical and Applied Climatology*, 146(1), 411-427.
- Laurenti, N. C.; Chou, S. C.; Nobre, P.; Curchitser, E. (2024). On the relationship between the South Atlantic Convergence Zone and sea surface temperature during Central-East Brazil extreme precipitation events. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. 105, 101422. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2023.101422>.
- Mann, H. B. (1945). Non-parametric tests against trend. *Econometria*, 13, 245-259.
- Medeiros, R. M. (2020). A Técnica dos Quantis para diferentes regimes pluviais e a aplicação do Balanço Hídrico em São Bento do Una – PE, Brasil visando apoio a avicultura. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 12, 46-57.
- Melo, V. D. S.; Sousa, F. D. A. S. (2021). Análise de frequência de secas utilizando técnica de

- agrupamento e distribuições de probabilidades. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26, 53-60, 2021.
- Nascimento, M. B.; Silva, T. J. R. D.; Paiva, W.; Santos, L. L.; Araújo, L. E. (2021). Análise da Variabilidade Pluviométrica na Microrregião do Curimataú Ocidental, Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14 (01), 082-093.
- Oliveira, T. A.; Tavares, C. M. G.; Sanches, F.; Ferreira, C.; C. M. (2020). Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de fora-MG no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do box plot. *Revista Brasileira de Climatologia*, 26, 457-478.
- Pereira, M. D. B., de Oliveira Moura, M., Lucena, D. B. (2020). Análise da variabilidade pluviométrica interanual da zona da mata nordestina e a identificação de anos padrão. *Revista Brasileira de Climatologia*, 26.
- Rehman, S. U., Simmonds, I., Usmani, B. A., & Hannachi, A. 2024. The role played by the Indian Ocean High in affecting winter precipitation over Victoria, Australia. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. 107, 101484. <https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2024.101484>.
- Saboya, L. M. F., Medeiros, R. M., Holanda, R. M., França, M. V., Araújo, W. R., Neto, F. C. R. (2021). Monteiro - PB e suas variabilidades meteorológicas. *Revista Científica Multidisciplinar*, 2(9). <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i9.690>.
- Salvador, M. S. S., Lucena, D. B., Sousa, B. I., Sampaio, T. V. M., Neto, I. O. B. (2024). Tendências de precipitação e temperatura na Região Semiárida do Brasil: estudo de caso no Cariri paraibano. *RAEGA - O Espaço Geográfico Em Análise*, 59, 102 – 126. <https://doi.org/10.5380/raega.v59i0.93989>.
- Sayat, A.; Lyazzat, M.; Elmira, T.; Gaukhar, B.; Gulsara, M. (2025). Assessment of the impacts of climate change on drought intensity and frequency using SPI and SPEI in the Southern Pre-Balkash region, Kazakhstan. *Watershed Ecology and the Environment*, 7, 11-22.
- Sena, J. P. O.; Moraes Neto, J. M.; Lucena, D. B. (2019). Variabilidade da precipitação em Sumé e São João do Cariri e suas consequências na agropecuária. *Revista Brasileira de Climatologia*, 25.
- Santos, E. F. N.; Sousa, I. F. D.; Leite, I. V. (2022). Regiões Homogêneas em Sergipe Agrupadas Através dos índices Climáticos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 37, 477-489. <https://doi.org/10.1590/0102-77863740053>
- Santos, J. E. S., Borja, P. C. (2020). Captação e armazenamento de água de chuva para consumo humano no semiárido baiano no âmbito do P1MC: uma análise da viabilidade do uso da tecnologia no município de Abaré-BA. *Brazilian Journal of Development*, 6(1), 5259-5300. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-383>
- Santos, M. P. A., Sousa, J. H. S., Nascimento, A. A., Ribeiro, G. N., Júnior, L. S. P., Neto, J. N. O. (2022). Volume hídrico por processamento digital de imagens de açude público em Sumé, Paraíba. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 17(3), 215-220. <https://doi.org/10.18378/rvads.v17i3.9622>.
- Sharma, P. J.; Patel, P. L.; Jothiprakash, V. (2020). Hydroclimatic teleconnections of large-scale oceanic-atmospheric circulations on hydrometeorological extremes of Tapi Basin, India (2019). *Atmospheric Research*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104791>
- Silva, L. L. B., Moura, G. B. A., Silva, M. V., Oliveira-Júnior, J. F., Jardim, A. M. R. F., Refati, D. C., Lima, R. C. C., Carvalho, A. A., Ferreira, M. B., Brito, J. I. B., Guedes, R. V. S., Lopes, P. M. O., Nóbrega, R. S., Pandorfi, H., Bezerra, A. C., Batista, P. H. D., Jesus, F. L. F., Sanches, A. C., Santos, R. C. (2023). Environmental degradation of vegetation cover and water bodies in the semiarid region of the Brazilian Northeast via cloud geoprocessing techniques applied to orbital data. *Journal of South American Earth Sciences*, 121, 104164. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104164>
- Sukkar, A.; Abulibdeh, A.; Essoussi, S.; Seker, D. Z. (2024). Investigating the impacts of climate variations and armed conflict on drought and vegetation cover in Northeast Syria (2000–2023). *Journal of Arid Environments*, 225. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105278>
- Tomasella, J.; Cunha, A. P. M.; Simões, P. A.; Zeri, M. (2023). Assessment of trends, variability and impacts of droughts across Brazil over the period 1980–2019. *Natural Hazards*, 116 , 2173–2190. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05759-0>
- Wu, Y., Mu, H., Wu, S. Y., Xu, Y., Xu, M., Wu, H., Clark, R. T., & Gao, C. (2023). Changes in mean and extreme homogeneous precipitation in China during 1960–2020. *Atmospheric Research*, 292 (106891). <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106891>.