





## ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA APLICADO AO ESTUDO DAS PRECIPITAÇÕES NA REGIÃO CRAJUBAR - CEARÁ

*Rain anomaly index applied to the study of rainfall in the  
CRAJUBAR region - Ceará*



*Índice de anomalías de lluvia aplicado al estudio de las  
precipitaciones en la región de CRAJUBAR - Ceará*

**Paulo Jardel Araújo Belém**  

Universidade Federal do Cariri - UFCA  
paulo.araujo@aluno.ufca.edu.br

**Celme Torres Ferreira da Costa**  

Universidade Federal do Cariri - UFCA  
celme.torres@ufca.edu.br

**Rayanne Bezerra de Melo**  



Universidade Federal do Cariri - UFCA  
rayanne.melo@aluno.ufca.edu.br

**Ana Rute Batista Pereira**  

Universidade Federal do Cariri - UFCA  
ana.pereira@aluno.ufca.edu.br

**Pedro Henrique Tavares Batista**  

Universidade Federal do Cariri - UFCA  
pedro.tavares@aluno.ufca.edu.br

**Wyldevânio Vieira da Silva**  

Universidade Federal do Cariri - UFCA  
wyldevaniovieira@gmail.com

**Resumo:** Os eventos extremos de precipitações, como secas ou chuvas intensas, acarretam diversos danos à sociedade e uma forma de se monitorar a ocorrência destes eventos é através do Índice de



Anomalia de Chuvas (IAC). A região CRAJUBAR cearense, composta pelos municípios Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, bem como os demais municípios do nordeste brasileiro, é marcada por anos de secas severas ou grandes chuvas concentradas em um curto período, com influência, dentre outros fenômenos, da ocorrência do El Niño Oscilação Sul em suas fases quente (El Niño) e fria (La Niña). Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo principal caracterizar e analisar o regime pluviométrico da região do Cariri, através da aplicação do IAC para os anos que compõem a série histórica de 1974 a 2021, verificando sua relação com o ENOS. Os registros pluviométricos foram disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e a partir destes, sem necessidade de preenchimento de falhas, foi calculado o IAC para cada ano estudado em cada município, sendo ilustrado os resultados juntamente com a ocorrência do ENOS em um gráfico. Das ocorrências extremas, tanto positivas como negativas de precipitação, menos da metade foram concomitantes ao ENOS, inclusive com seca moderada em ano com La Niña em intensidade moderada. Sob outra perspectiva, dos anos com influência do ENOS, em poucos deles apresentaram anomalias moderadas a intensas de cheia ou seca.

**Palavras-chave:** Eventos extremos. ENOS. Seca.

**Abstract:** Extreme precipitation events, such as droughts or heavy rains, cause several damages to society and one way to monitor the occurrence of these events is through the Rainfall Anomaly Index (CAI). The CRAJUBAR region of Ceará, composed of the municipalities of Crato, Juazeiro do Norte and Barbalha, as well as other municipalities in northeastern Brazil, is marked by years of severe droughts or heavy rains concentrated in a short period, influenced, among other phenomena, by the occurrence of El Niño Southern Oscillation in its hot (El Niño) and cold (La Niña) phases. Thus, this work had as its main objective to characterize and analyze the rainfall regime of the Cariri region, through the application of the IAC for the years that make up the historical series from 1974 to 2021, checking its relationship with the ENSO. The rainfall records were made available by the Meteorology and Water Resources Foundation of Ceará (FUNCEME) and from these, without the need for filling in gaps, the IAC was calculated for each year studied in each municipality, and the results are illustrated together with the occurrence of ENSO in a graph. Of the extreme occurrences both positive and negative of precipitation, less than half were concomitant to ENSO, including in the municipality of Barbalha, in 1976, there was moderate drought despite the occurrence of La Niña in moderate intensity. From another perspective, of the years with ENSO influence, few of them had moderate to intense anomalies of flood or drought.

**Keywords:** Extreme events. ENSO. Dought.

**Resumen:** Los eventos de precipitación extrema, como sequías o lluvias intensas, causan diversos daños a la sociedad y una forma de monitorear la ocurrencia de estos eventos es a través del Índice de Anomalías de Lluvias (IAC). La región CRAJUBAR de Ceará, compuesta por los municipios de Crato, Juazeiro do Norte y Barbalha, así como otros municipios del nordeste brasileño, está marcada por años de severas sequías o fuertes lluvias concentradas en un corto período, con influencia, entre otros fenómenos, de la ocurrencia de El Niño Oscilación del Sur en sus fases cálida (El Niño) y fría (La Niña). Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue caracterizar y analizar el régimen de precipitaciones en la región de Cariri, mediante la aplicación del IAC para los años que conforman la serie histórica de 1974 a 2021, verificando su relación con ENOS. Los registros de precipitaciones fueron puestos a disposición por la Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) y a partir de ellos, sin necesidad de completar vacíos, se calculó el IAC para cada año estudiado en cada municipio, ilustrando los resultados junto con la ocurrencia de ENOS en un gráfico. De los casos extremos de precipitación, tanto positivos como negativos, menos de la mitad fueron concomitantes con ENSO, incluida sequía moderada en años con La Niña de intensidad moderada.

Desde otra perspectiva, de los años con influencia ENOS, en pocos de ellos se presentaron anomalías de inundaciones o sequías de moderadas a intensas.

**Palabras clave:** Eventos extremos. ENOS. Sequía.

Submetido em: 12/09/2023

Aceito para publicação em: 04/04/2024

Publicado em: 16/04/2024





## 1. INTRODUÇÃO

Os eventos extremos de precipitação, como secas ou chuvas intensas, impactam significativamente a sociedade, podendo causar danos críticos em diversas perspectivas: segurança da população, disponibilidade de água, produção agrícola e geração de energia (GETIRANA, 2016; YE *et al.*, 2016). Tais eventos se apresentam fora da média de ocorrência, em que está havendo um crescimento da recorrência destes nos últimos anos, com maiores intensidades e durações. Tal fato favorece o desencadeamento de desastres naturais, como enchentes e secas, pois tem papel fundamental no ciclo hidrológico e na manutenção dos seres vivos do planeta (COSTA *et al.*, 2015).

Embora algumas regiões do Brasil desfrutem de chuvas abundantes durante todo o ano, o mesmo não ocorre em outras áreas do país, como no caso dos ambientes semiárido, onde a estação seca prolongada apresenta-se como uma característica marcante. Porém, mesmo nessas áreas a atuação de sistemas atmosféricos em determinados períodos do ano pode contribuir para a ocorrência de episódios pluviométricos extremos (MONTEIRO; ZANELLA, 2019). Um exemplo de áreas que são afetadas pela seca é o estado do Ceará, localizado em uma região onde a seca é predominante devido a ocorrência de extremas flutuações climáticas com recorrentes irregularidades nas chuvas, onde a maior parte das chuvas se concentra na chamada estação chuvosa (dezembro a junho), resultando em um período seco que pode se estender de seis a nove meses em determinadas regiões (GIRÃO, 2012).

O Nordeste Brasileiro (NEB) apresenta alguns pontos que tornam a previsão e o monitoramento das precipitações extremas singularmente importantes: projetos de irrigação existentes; abastecimento de cidades que são, predominantemente, provenientes da água do escoamento dos rios e do acúmulo em barragens; dependência da regularidade das chuvas para o mantimento de diversas culturas agrícolas e baixa possibilidade de uso de água subterrânea, quando comparado ao uso de águas superficiais (FREITAS, 2004).

O período de chuva no NEB ocorre na primeira metade do ano, com o restante dos meses identificados como o período seco (ALVES *et al.*, 2009). A ocorrência, ou não, das precipitações da região está associada, com grande influência, à evolução térmica anual no Atlântico Tropical, cujo modo chamado dipolo de Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

está relacionado ao acoplamento e migração norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e da circulação atmosférica da baixos níveis. A ocorrência de severas secas ou enchentes é influenciada pela ocorrência deste evento, também chamado de gradiente meridional, de forma positiva ou negativa. Anomalias de TSM positivas ao norte do equador no Atlântico Tropical, ZCIT posicionadas mais ao norte e alísios de nordeste mais fracos que o comum, estão relacionados com períodos de seca no NEB, enquanto o inverso da situação reflete em anos de chuvas mais intensas, devido a ZCIT ser deslocada para o sul da posição climatológica (NOBRE; SHUKLA, 1996; HASTENRATH; GREISCHAR, 1993; UVO *et al.*, 1998).

Além do evento citado, também com grande influência atua o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) em suas fases quente (El Niño) e fria (La Niña). A influência deste evento se dá pelo favorecimento, ou desfavorecimento, das atividades convectivas. Em anos da ocorrência de El Niño, a circulação de Walker é deslocada, passando a ter um ramo de subsidência situado sobre o NEB, prejudicando os mecanismos de convecção geradores de precipitação. No inverso da situação, La Niña, eventos positivos de precipitação são percebidos, uma vez que as influências nas circulações de Walker e Hadley favorecem os mecanismos de convecção (MEDEIROS *et al.*, 2018; CORREIA FILHO *et al.*, 2018; CARMO, 2020).

Dessa forma, a relação das precipitações no NEB com o Atlântico é influenciada por múltiplos fatores climáticos, incluindo as anomalias de TSM, as quais podem atuar modificando ou fortalecendo o padrão dos efeitos causados pelo El Niño (escassez de precipitação) ou pela La Niña (excessos de chuvas), alterando o sinal das anomalias de precipitação sobre o Brasil tropical. Além disso, a interação entre a ZCIT e os vórtices, como os VCAN e os VCS, também influencia a modulação das chuvas no NEB, podendo levar a diferentes padrões de precipitação no NEB, sendo importante considerar a interação entre a ZCIT, os vórtices e outros padrões climáticos para uma compreensão abrangente dos fenômenos observados. A ocorrência desses fenômenos globais pode amplificar ou atenuar os efeitos da ZCIT e dos vórtices sobre as chuvas no NEB, contribuindo para a variabilidade das condições climáticas observadas na região (REBOITA; SANTOS, 2014).

Ainda se tratando da região, considerando-se os eventos extremos mais recentes, destacam-se as secas observadas nos anos de 1982-1983, 1987, 1997-1998 e 2012-2015 e as enchentes nos anos de 1985, 2004 e 2009. Inúmeros foram os prejuízos decorrentes destas anomalias, principalmente em 1987, quando ainda não existia um eficiente monitoramento



sobre os fenômenos. As perdas de grãos chegaram na ordem de 75% neste ano. A seca de 1997-1998 foi decorrente do fenômeno El Niño ocorrido no período, possivelmente o mais intenso dos últimos 150 anos. O período entre 2012 e 2015, com maior intensidade nos dois primeiros anos, é considerado o mais seco nas últimas décadas, estimando-se perdas da ordem de 6 bilhões de dólares devido aos impactos no setor agrícola (MARENGO, 2011; MARENGO *et al.*, 2016).

As chuvas de 1985 se concentraram entre o fim de abril e o início de maio, com áreas apresentando precipitações com até 300% acima da média histórica. Já referente à 2004, nos 94 anos de registros pluviométricos existentes jamais choveu tanto quanto em janeiro do referido ano. Em 2009, foram registrados volumes de chuva 200 a 300% maiores que o normal nos meses de abril e maio. Neste ano houve 48 mortes decorrentes das enchentes e deslizamentos, com destaque nos estados do Ceará e Maranhão, onde, respectivamente, registraram 17 e 12 óbitos, retratando uma crítica situação (MARENGO, 2011).

Dentre as formas de se monitorar estes eventos anômalos, compreendendo a dinâmica das precipitações e as características climáticas, destaca-se o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) desenvolvido por Rooy (1965). O índice permite classificar as severidades tanto positivas, quanto negativas dos eventos extremos de chuva. Freitas (1998) adotou o método para áreas no estado do Ceará, analisando a relação da precipitação atual com os valores da média histórica, destacando a utilidade do método para verificação da distribuição e intensidade das chuvas.

Desta forma, o presente trabalho tem como objeto de estudo a região do Cariri, onde o volume de chuva pode ser considerado alto para um clima semiárido, marcado por uma estação chuvosa bem delimitada, iniciando em janeiro com o término em abril e precedida por uma pré-estação chuvosa em novembro e dezembro, com o restante dos meses caracterizados pela escassez de chuva (NIMER, 1989; BARBOZA *et al.*, 2020). Cabe ainda destacar que conforme Ramires *et al.* (2017), a dinâmica atmosférica da região do Cariri está ligada a uma vasta variedade de fatores, sendo os fenômenos ENOS e ODP (Oscilação Decenal do Pacífico) importantes fatores para determinar anos secos ou chuvosos, não sendo os únicos responsáveis pela variabilidade temporal e espacial dos totais pluviométricos.

Como objetivo, pretende-se com esta pesquisa analisar e caracterizar o regime pluviométrico dos municípios da região estudada bem como aplicar o IAC para os anos que

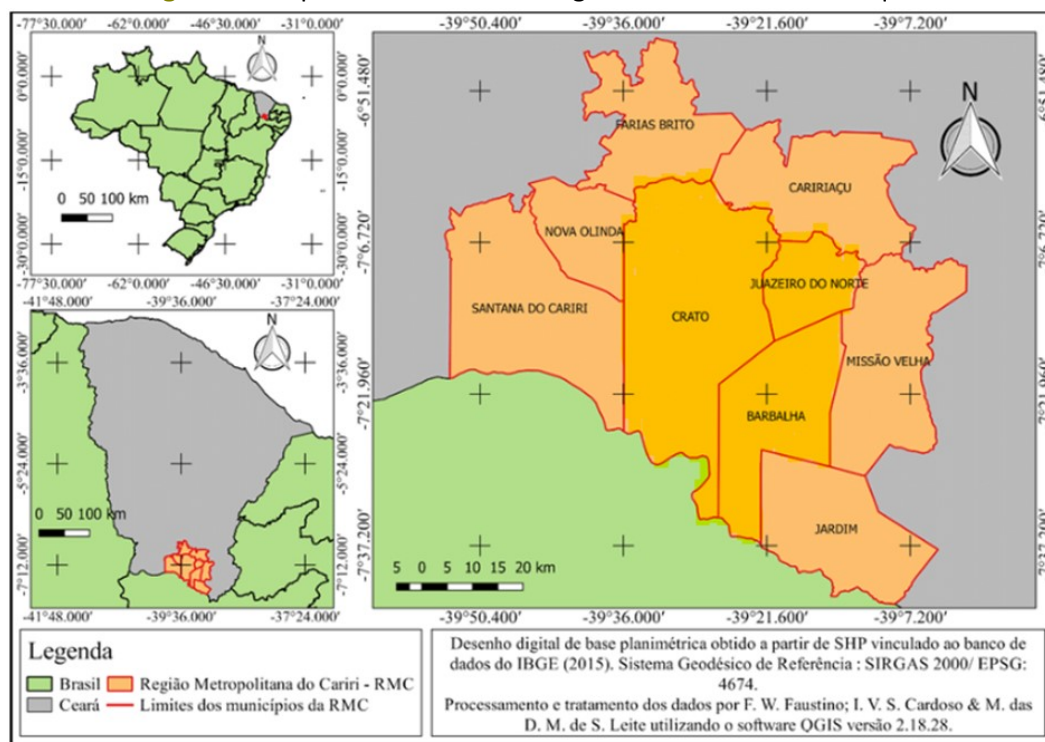
compõem a série histórica de 1974 a 2021, verificando sua relação com o ENOS na região do Cariri.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Caracterização da Área de Estudo

O aglomerado urbano conhecido como Triângulo CRAJUBAR é formado pelo agrupamento municípios Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha e se destaca na região cearense os melhores indicadores econômicos e maior adensamento populacional do interior do estado, além de possuir um elevado crescimento socioeconômico (GURGEL, 2017). A partir dos municípios citados, foi originada a Região Metropolitana do Cariri, sendo estes os principais do conjunto urbano, mantendo vínculos estreitos não só pela proximidade territorial, mas também pelo vínculo de complementaridade socioeconômica (Secretaria das Cidades, 2022). A localização dos municípios pode ser visualizada na Figura 1.

**Figura 1** - Mapa da RMC com o triângulo CRAJUBAR em destaque.



Fonte: Adaptado de LEITE *et al.* (2020).



As cidades compõem uma área de 2.005,096 Km<sup>2</sup> no sul do estado do Ceará, com 454.363 habitantes, sendo o Crato a maior em extensão, com 1.138,15 km<sup>2</sup> ocupados por 133.913 habitantes, e Juazeiro do Norte a mais populosa e desenvolvida, com 278.264 habitantes nos seus 258,788 km<sup>2</sup>. Barbalha ocupa 608,158km<sup>2</sup> e tem 61.662 habitantes (IBGE, 2021). Quanto às taxas de urbanização de cada município, Juazeiro do Norte possui índice de 96,07%, já Barbalha e Crato apresentam, respectivamente, 68,73% e 83,11% (CEARÁ, 2023).

As cidades possuem aspectos climáticos semelhantes, com temperaturas médias variando entre 24°C e 26°C, predominando o clima tropical quente semiárido e clima tropical quente semiárido brando. A pluviosidade média anual é maior no município de Barbalha, 1.153,0 mm, se concentrando no período compreendido entre janeiro e abril, já em Juazeiro do Norte e Crato as precipitações predominam entre janeiro e maio, com pluviosidades de 925,1mm e 1.090,9 mm, respectivamente. Nestes dois últimos, o relevo é composto pela Chapada do Araripe e depressões sertanejas, enquanto em Barbalha está presente apenas a Chapada. (IPECE, 2017).

## 2.2. Coleta de Dados

Para o desenvolvimento do estudo, foi realizado um levantamento pluviométrico do período compreendido entre os anos 1974 e 2022, através dos dados disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Foram selecionados para utilização na pesquisa os postos pluviométricos que possuíam a maior quantidade de dados históricos de cada município, conforme detalhados na Tabela 1.

**Tabela 1-** Descrição dos postos pluviométricos dos municípios em estudo.

Posto	Município	Região	Longitude	Latitude
Barbalha	Barbalha	Salgado	-39.3016	-7.3072
Crato	Crato	Salgado	-39.4128	-7.2383
Juazeiro do Norte	Juazeiro do Norte	Salgado	-39.3260	-7.2460

**Fonte:** FUNCEME (2022).

A verificação de possíveis falhas foi realizada através do agrupamento dos dados no software Excel e os seus respectivos preenchimentos foram realizados através do Método de



Ponderação Regional – MPR (Equação 1). A aplicação deste consiste em uma ponderação dos dados de pelo menos três postos vizinhos, desde que estes tenham uma série mínima de 10 anos e sejam de região climatológica semelhante (MELLO *et al.*, 2017).

$$(1) \quad Y = \frac{1}{n} \left[ \frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} + \dots + \frac{x_n}{x_{mn}} \right]$$

Onde Y se refere à precipitação corrigida, n equivale à quantidade de postos vizinhos utilizados,  $x_i$  são as precipitações do período em questão nos postos vizinhos (mm), e  $x_{mi}$  são as precipitações médias nas estações vizinhas (mm).

### 2.3. Análise dos Eventos Extremos

Uma forma de avaliar os eventos extremos, segundo Silva *et al.* (2009), é a aplicação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) através das Equações 2 e 3, desenvolvidas por Rooy (1965) e adaptado para o Nordeste brasileiro por Freitas (2004). O método necessita apenas dos dados pluviométricos da região de estudo ao longo da série histórica estudada. Foi aplicada a metodologia de forma anual, para todo o período de 48 anos e sobre os dados de precipitação de cada município.

$$(2) \quad IAC = 3 \left[ \frac{N - \bar{N}}{\bar{M} - \bar{N}} \right], \text{ para anomalias positivas;}$$

$$(3) \quad IAC = -3 \left[ \frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right], \text{ para anomalias negativas;}$$

Sendo N a precipitação anual do ano calculado,  $\bar{N}$  a precipitação média anual da série histórica em estudo (mm),  $\bar{M}$  a média dos dez valores anuais mais altos (mm), e  $\bar{X}$  a média dos dez valores anuais mais baixos (mm).

A classificação dos índices calculados será feita de acordo com a Tabela 2.



**Tabela 2-** Categorias de IAC para o estado do Ceará.

IAC	Classificação
-5.5 a -2.5	Seco moderado a intenso
-2.4 a 0	Seco
0 a 2.4	Úmido
2.5 a 5.5	Úmido moderado a intenso
5.6 a 7.8	Extremamente úmido

Fonte: COSTA e SILVA (2017).

De posse dos dados, foram construídos, através do software Excel, gráficos demonstrando a variação dos índices ao longo da série, possibilitando uma visualização geral dos eventos de cada município, podendo-se verificar o comportamento dos eventos pluviométricos, sua relação entre os três municípios e entre o ENOS, através do Índice Oceânico Niño, o qual segue a classificação da Tabela 3 (INPE, 2022).

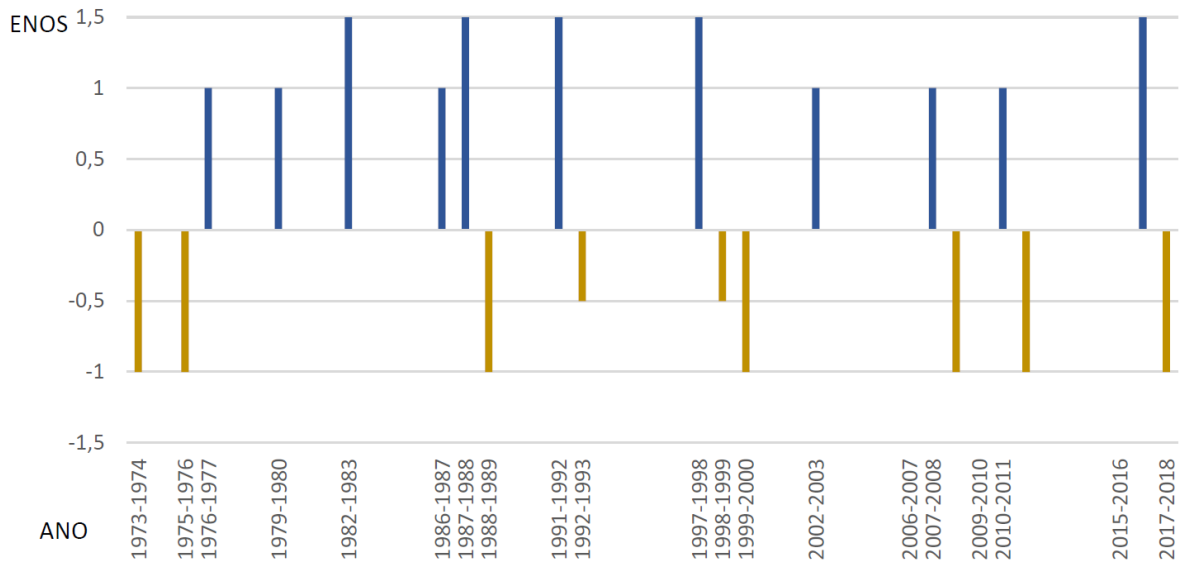
**Tabela 3-** Classificação do ENOS.

aTSM	Evento	Intensidade
$\leq -1.5^{\circ}\text{C}$	La Niña	Forte
-1.5°C a -1.0°C	La Niña	Moderado
-1.0°C a -0.5°C	La Niña	Fraco
0.5°C a 1.0°C	El Niño	Fraco
1.0°C a 1.5°C	El Niño	Moderado
$\geq 1.5^{\circ}\text{C}$	El Niño	Forte

Fonte: INPE (2022).

A Figura 2 mostra a ocorrência dos eventos na série histórica estudada, predominando eventos de El Niño com intensidade moderada. A partir dos IACs calculados será verificado a relação entre as anomalias e aos episódios de ENOS.

**Figura 2** - Mapa da RMC com o triângulo CRAJUBAR em destaque.



Fonte: INPE (2022).

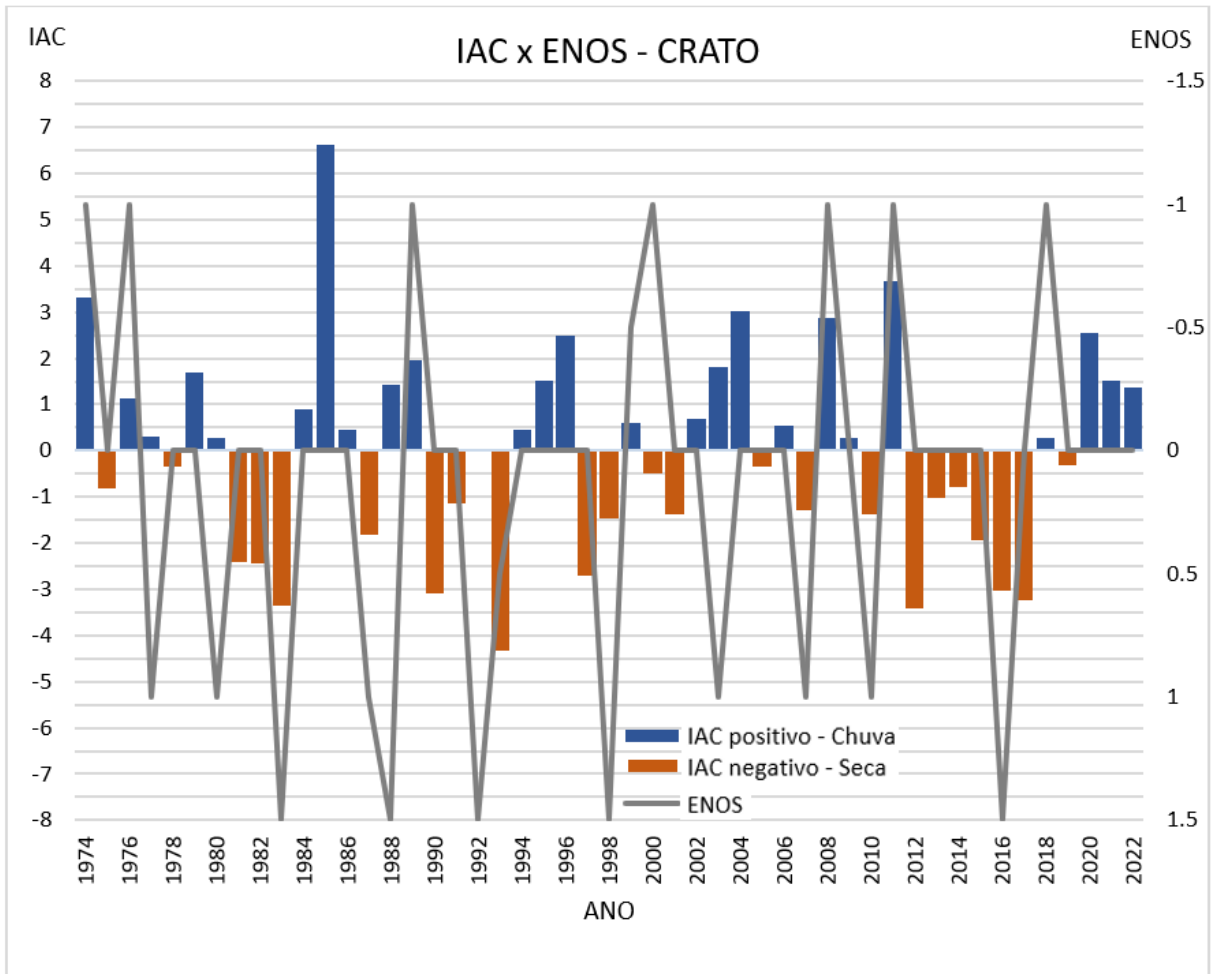
### 3. DESENVOLVIMENTO

As Figuras 3, 4 e 5 mostram, respectivamente, o IAC dos municípios Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, juntamente com a ocorrência de El Niño e La Niña para a série histórica de 1974 – 2022. Os valores -1,5, -1,0 e -0,5 correspondem à La Niña, sendo forte, moderado e fraco, respectivamente, bem como os valores 1,5, 1,0 e 0,5, que correspondem à ocorrência de El Niño forte, moderado e fraco, respectivamente.





Figura 3 - Valores de IAC e ENOS no município do Crato.



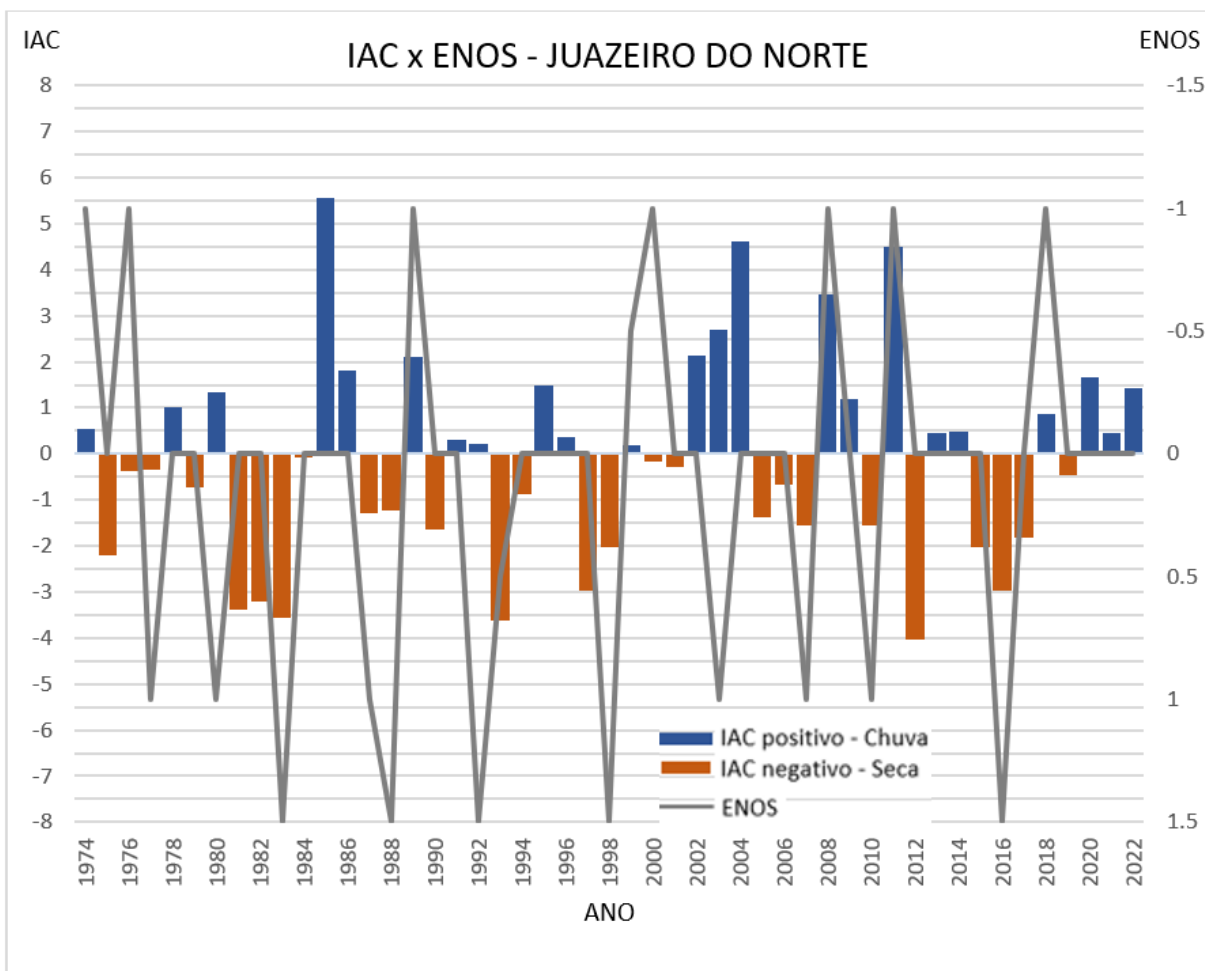
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No município do Crato, dentre as anomalias positivas, destacam-se os eventos moderados a intensos dos anos 1974, 2008 e 2011, onde todos ocorreram concomitantemente à eventos de La Niña moderados. Nos anos de 1985, 1996, 2004 e 2020 não houve a ocorrência de ENOS, apesar de serem, também, anos de eventos anômalo de precipitação moderados a intensos, com exceção apenas de 1985, onde ocorreram eventos extremos de chuva. Logo, apenas três dos sete anos de precipitações anômalas (43%) podem estar relacionados ao fenômeno do ENOS e.

Quanto às anomalias negativas, as ocorrências de anomalias moderadas a intensas de secas ocorridas nos anos de 1983 e 2016 foram simultâneas à eventos de El Niño forte, enquanto em 1993, ano de maior anomalia negativa, houve apenas El Niño fraco. Os anos de 1990, 1997, 2012 e 2017, apesar de apresentarem também índices anômalo moderados a

intensos, não tiveram influência do ENOS, ou seja, 43% dos eventos de seca podem estar associados ao fenômeno.

**Figura 4** - Valores de IAC e ENOS no município de Juazeiro do Norte.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

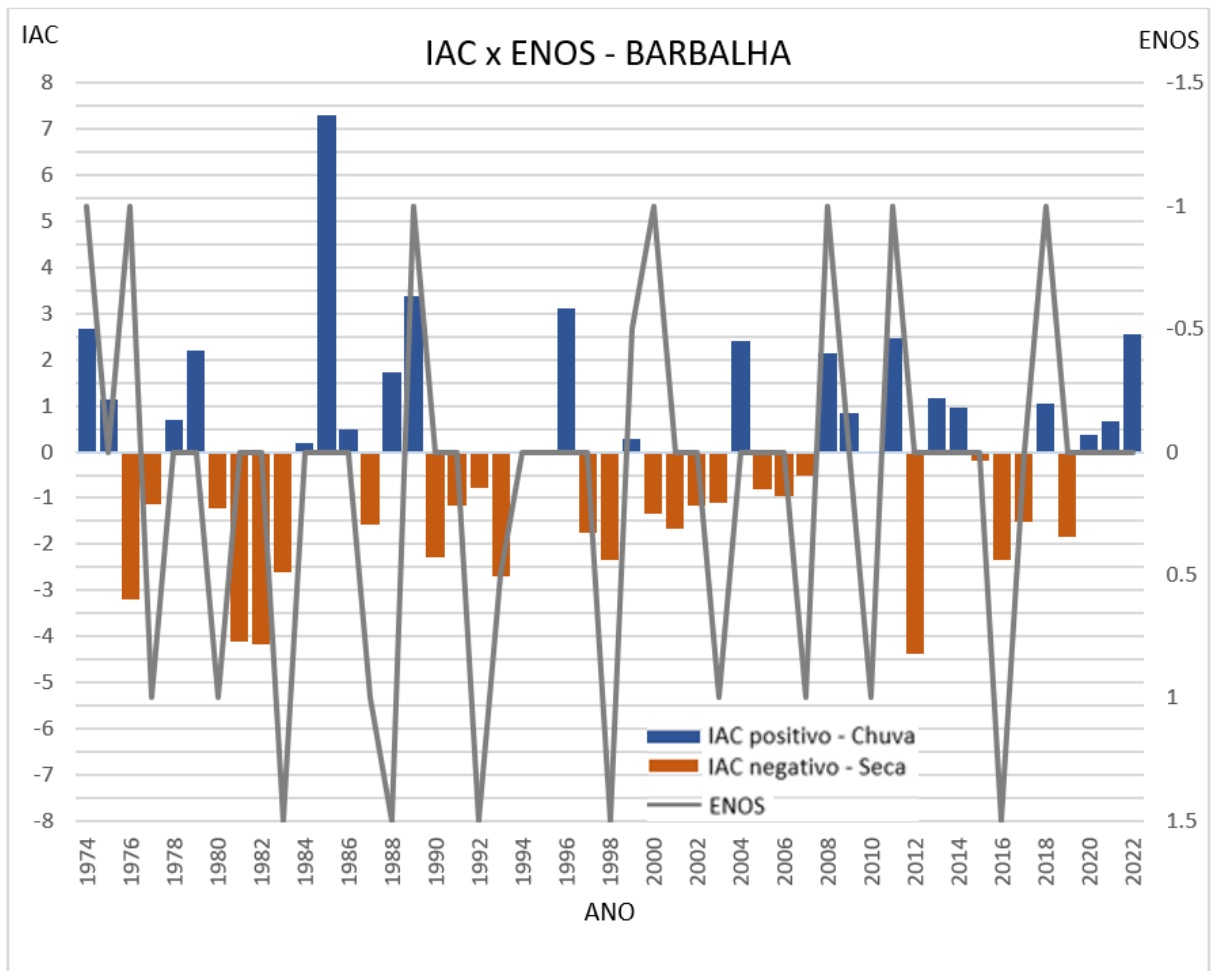
Para o município de Juazeiro do Norte, destacam-se os anos 1985, 2003, 2004, 2008 e 2011, com IAC's classificados em extremamente úmido em 1985 e úmido moderado a intenso nos demais anos. Nos anos de 2008 e 2011, apenas dois dos anos (40%), a ocorrência esteve acompanhada do fenômeno La Niña em intensidade moderada. Em 2003, contraditoriamente ao comportamento esperado, foi ano de El Niño moderado, enquanto no restante dos anos não houve influência do ENOS.

Por outro lado, os anos 1981, 1982, 1983, 1993, 1997, 2012 e 2016 foram marcados por secas moderadas a intensas, conforme a classificação do IAC. Dentre estes, apenas 1983 e 2016 foram possivelmente influenciados pela ocorrência de El Niño forte. Em 1993 também



houve El Niño, contudo em intensidade fraca. Todos os demais anos não apresentaram ocorrência de ENOS, havendo uma possível relação com o evento em apenas 43% dos anos secos.

**Figura 5** - Valores de IAC e ENOS no município de Barbalha.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2023).

No município de Barbalha, os anos chuvosos de destaque foram 1974, 1985, 1989, 1996, 2004, 2011 e 2022, sendo apenas 1974, 1989 e 2011 concomitante com ocorrência de La Niña moderada, representando 43% dos anos, e os demais sem qualquer influência de ENOS.

Assim como em Juazeiro do Norte, na série histórica em análise os anos de seca foram mais recorrentes, ocorrendo em 1976, 1981, 1982, 1983, 1993 e 2012, sendo 1983 marcado também por ocorrência de El Niño forte. Em 1993 houve ocorrência de El Niño, contudo em intensidade fraca. Paradoxalmente, 1976, apesar de ter sido um ano seco, houve ocorrência



de La Niña em intensidade moderada. Os demais anos não tiveram interferência do ENOS no regime pluviométrico. Dessa forma, apenas 33% das ocorrências podem ter relação com o ENOS.

Sob outra perspectiva, pode ser observado que, dos oito anos com ocorrência de La Niña na série histórica, apenas foram marcados por anomalia de chuva moderada a intensa ou extrema dois deles (25%), no caso de Juazeiro do Norte. Em Crato e Barbalha apenas três (37,5%). Quanto ao El Niño, das doze ocorrências do período, em três delas (25%) houve anomalias de secas em Crato e Juazeiro do Norte, e em duas delas (17%) no município de Barbalha.

As cheias de 1985 e 2004, as quais foram intensas e marcantes nos três municípios estudados, segundo Marengo (2011), tiveram como causa o transporte de umidade desde o Atlântico tropical e da bacia amazônica até o Nordeste, evento apesar de atípico, possível.

Importante ressaltar também que, além destes municípios, é possível observar um comportamento parecido em estudo realizado no município de Fortaleza entre os anos de 1849 e 1992, onde dos 46 El Niños moderados e fortes ocorridos, apenas 21 (45%) estiveram associados a fortes secas (SOUSA; SILVA, 2013).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar e caracterizar o regime pluviométrico na região do Cariri através da aplicação do IAC para cada ano da série histórica dos anos 1974 a 2021, verificando a possível relação das variações com fatores climáticos externos, o qual foi atingido.

Foi possível coletar e compilar com êxito os dados referentes à precipitação dos municípios, havendo os dados pluviométricos de todos os anos, sem a necessidade de realizar preenchimento de falhas. Seguidamente, foi realizado o cálculo para determinação do IAC para cada ano, sendo classificado e gerado um gráfico para cada uma das cidades mostrando os Índices e a ocorrência de El Niño e La Niña no período através do software Excel.

A última etapa do trabalho se referia a análise das variações do Índice para cada município, a qual evidenciou os eventos extremos e verificou possíveis relações com o ENOS. A observação dos gráficos gerados mostra que, apesar de influenciar na pluviometria em



escala global, a ocorrência de El Niño e secas severas, bem como de La Niña e chuvas mais intensas se limitam a alguns eventos específicos, da mesma maneira que, na grande maioria dos anos de pluviometria anômala não há a ocorrência do ENOS.

Dessa forma, foi possível observar que outros sistemas climáticos exercem uma forte influência no regime pluviométrico dos municípios, como por exemplo as anomalias de temperatura da superfície do mar (ATSMs) do Atlântico Tropical influenciando a posição e intensidade da ZCIT, as frentes frias e os VCANs.

Observou-se que as alterações climáticas estão causando mudanças nos padrões de precipitação, ocasionando eventos de secas prolongadas como também eventos de chuvas intensas e enchentes. Essas variações podem ter impactos significativos na disponibilidade de água doce, na agricultura, nos recursos hídricos e na saúde humana.

As alterações nos eventos de precipitação exigem uma adaptação na gestão dos recursos hídricos. É necessário desenvolver políticas e práticas de gestão que levem em consideração os efeitos das mudanças climáticas e garantam a sustentabilidade e a equidade no acesso à água.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, e da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP.

## REFERÊNCIAS

BARBOZA, Eliezo Nascimento *et al.* Análise das chuvas na Região Metropolitana do Cariri e a influência do fenômeno climático El Niño-Oscilação do Sul. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e758974971-e758974971, 2020.

CARMO, Maria Vitória Nava Silva do; LIMA, Carlos Henrique Ribeiro. Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do índice SPI. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, p. 233-242, 2020.

CEARÁ. Plano de Ações da Bacia do Salgado. Fortaleza: COGERH, 2023. Disponível em: [https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2023/04/Plano\\_Acoes\\_Salgado-FINAL.pdf](https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2023/04/Plano_Acoes_Salgado-FINAL.pdf). Acesso em: 26 mar. 2024.



CORREIA FILHO, Washington Luiz Félix *et al.* Diagnóstico da Precipitação e EVI em Dois Eventos de Seca no Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 102-112, 2018.

COSTA, Micejane da Silva *et al.* Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5, p. 1321-1334, 2015.

COSTA, Juliana Alcântara; DA SILVA, Djane Fonseca. Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará (Distribution space-temporal of rain anomaly index for the Ceará State). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 4, p. 1002-1013, 2017.

FREITAS, Marcos Airton. Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. **Revista Tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 19-30, 1998.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE REPRESAS Y OPERACIÓN DE EMBALSES, 2004, Puerto Iguazú. **Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses**. Puerto Iguazú: CACIER, v. 1. p. 1-1, 2004.

GETIRANA, Augusto. Extreme water deficit in Brazil detected from space. **Journal of Hydrometeorology**, v. 17, n. 2, p. 591-599, 2016.

GURGEL, Ana Paula Campos. As metrópoles do interior do Nordeste: a caracterização de um tipo metropolitano regional. **Cadernos Metrópole**, v. 19, n. 40, p. 841-864, 2017.

GIRÃO, O. S. Reconstrução do clima no Nordeste Brasileiro: Secas e enchentes do século XIX. **Revista Portuguesa de Geografia**, v. 47, n. 93, 2012.

HASTENRATH, Stefan; GREISCHAR, Lawrence. Circulation mechanisms related to northeast Brazil rainfall anomalies. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 98, n. D3, p. 5093-5102, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Documento eletrônico. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>. Acesso em 29 set. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Documento Eletrônico. Disponível em <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 24 out. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Perfil Municipal 2017. Disponível em <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/>>. Acesso em: 04 out. 2022.

MARENGO, José A. *et al.* The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 12, 2011.





MARENGO, José A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas**, v. 1, p. 385-422, 2011.

MARENGO, José A.; CUNHA, Ana P.; ALVES, LINCOLN M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, v. 3, n. 1, p. 49-54, 2016.

MEDEIROS, Felipe Jeferson *et al.* Impacto da variabilidade interanual da precipitação nos reservatórios do semiárido do Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, p. 731-741, 2018.

MELLO, Yara Rúbia; KOHLS, Werner; DE OLIVEIRA, Therezinha Maria Novais. Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 1, p. 112-121, 2017.

MONTEIRO, Jander Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. Eventos extremos no estado do Ceará, Brasil: uma análise estatística de episódios pluviométricos no mês de março de 2019. **GeoTextos**, v. 15, n. 2, p. 149-173, 2019.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 422p.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 9, n. 10, p. 2464-2479, 1996.

RAMIRES, Jéssica; ARMOND, Núbia Beray; SALGADO, Carla Maciel. A variabilidade pluviométrica no Cariri cearense e a influência das teleconexões ENOS e ODP. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2017, Campinas. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, v. 1, p. 2138-2150, 2017.

REBOITA, M. S., SANTOS, I. A. Influência de alguns padrões de teleconexão na precipitação no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, p. 28-48, 2014.

SECRETARIA DAS CIDADES. Documento eletrônico. Disponível em <https://www.cidades.ce.gov.br/regiao-metropolitana-do-cariri/>. Acesso em 29 set. 2022.

SILVA, D. F. *et al.* Uso de IAC e ondeletas para análise da influência das multi-escalas temporais na precipitação da bacia do Rio Mundaú. **Revista de Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 180-195, 2009.

SOUSA, A. B.; SILVA, D. F. Causas climáticas da variabilidade pluviométrica e tendências climáticas na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe (CE). **Caminhos de geografia**, v. 14, n. 46, p. 101-117, 2013.

LEITE, Maria das Dôres Milena de Sousa *et al.* Região metropolitana do Cariri: uma análise socioeconômica e ambiental. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 35906-35919, 2020.

UVO, Cintia Bertacchi *et al.* The relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation. **Journal of climate**, v. 11, n. 4, p. 551-562, 1998.

YE, Xuchun *et al.* Similarity, difference and correlation of meteorological and hydrological drought indices in a humid climate region—the Poyang Lake catchment in China. **Hydrology Research**, v. 47, n. 6, p. 1211-1223, 2016.