



ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DO MACIÇO DO PEREIRO/CE, NORDESTE DO BRASIL

*Pluviometric analysis of The Pereiro Massif, in Ceará,
Northeast of Brazil*

*Análisis pluviométrico del Macizo del Pereiro In Ceará,
Noreste de Brasil*

Diêgo Souza Albuquerque 

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

diealbuquerque07@gmail.com

Andreza Tacyana Felix Carvalho 

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

andrezafelix@uern.br

Dirce Maria Antunes Suertegaray 

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

dircesuerte@gmail.com

Rafael Albuquerque Xavier 

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

rafaelxavier@servidor.uepb.edu.br

Francisco Madson de Queiroz 

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

madysonq@gmail.com

Resumo: O Nordeste brasileiro possui regime variável de precipitação pluviométrica, condicionado por diferentes fatores climáticos. Assim, faz-se necessário compreender as características pluviométricas, tanto em escala regional quanto local, para auxiliar no ordenamento territorial. Dito isto, o presente trabalho analisou a variabilidade espacial das precipitações pluviométricas no Maciço do Pereiro/CE, entre os anos de 1980 e 2021. Para tanto, foram observados os dados diários e mensais de volume de precipitação de chuva dos municípios onde está situado o maciço e de municípios circundantes à sua área. Obteve-se a análise das precipitações de chuvas anuais, discussão da média pluviométrica

histórica dos postos pluviométricos e espacialização da variação da pluviometria do Maciço do Pereiro/CE, fazendo associações de causas de ordens geográficas das precipitações e sua espacialização. No contexto analisado, infere-se que os fatores orográficos têm papel de destaque na distribuição da pluviosidade média anual. Conclui-se que o presente estudo favorece o conhecimento climático na dimensão local e espera-se que incentive o desenvolvimento de pesquisas mais específicas e robustas que abarquem a completude do maciço, e que possa orientar discussões salubres ao ordenamento territorial da área.

Palavras-chave: precipitação. Orogaria. Semiárido. Nordeste.

Abstract: The Brazilian Northeast exhibits a variable rainfall regime, influenced by different climatic factors. Thus, it is necessary to understand pluviometric characteristics at both regional and local scales to support territorial planning. In this context, this study analyzed the spatial variability of rainfall in the Pereiro Massif, in Ceará, Brazil, between 1980 and 2021. Daily and monthly precipitation data were observed for the municipalities located within the massif and in its surrounding municipalities. The study analyzed annual rainfall patterns, discussed the historical average rainfall from pluviometric stations, and spatialized the variation in rainfall across the Pereiro Massif. Geographic factors that influence rainfall and their spatial distribution were also explored. In the analyzed context, it is inferred that orographic factors play a significant role in the distribution of average annual rainfall. This study contributes to local climatic knowledge and it is expected to encourage more specific and robust research that covers the entirety of the massif, providing guidance for informed discussions on territorial planning in the area.

Keywords: Precipitation. Orography. Semiarid. Northeast.

Resumen: El noreste de Brasil presenta un régimen variable de precipitación pluvial, condicionado por diferentes factores climáticos. Así, es necesario comprender las características pluviales, tanto a nivel regional como local, para auxiliar la planificación territorial. De este modo, el presente estudio analizó la variabilidad espacial de las precipitaciones en el Macizo del Pereiro/CE, entre los años 1980 y 2021. Para ello, se observaron los datos diarios y mensuales del volumen de precipitación de los municipios donde se ubica el macizo y de municipios circundantes a su área. Se obtuvo el análisis de las precipitaciones anuales, la discusión de la media pluviométrica histórica de los puestos de medición y la espacialización de la variación pluvial del Macizo del Pereiro/CE, estableciendo asociaciones entre las causas geográficas de las precipitaciones y su distribución espacial. En el contexto analizado, se infiere que los factores orográficos desempeñan un papel destacado en la distribución de la pluviosidad media anual. Se concluye que el presente estudio contribuye al conocimiento climático a escala local, y se espera que fomente el desarrollo de investigaciones más específicas y robustas que abarquen la totalidad del macizo, y que pueda orientar discusiones saludables sobre la ordenación territorial de la zona.

Palabras clave: Precipitación. Orogafía. Semiárido. Nordeste.

Submetido em: 09/01/2024

Aceito para publicação em: 16/12/2024

Publicado em: 10/01/2025

1. INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é um elemento atmosférico consideravelmente relevante para o funcionamento dos ambientes, bem como é uma variável meteorológica fundamental para os estudos climáticos. Sua ocorrência é variada tanto em escala planetária quanto local, haja vista os diversos fatores que influenciam seu regime. É nessa variabilidade do volume de precipitação que reside, também, a importância e necessidade de sua compreensão, pois pode contribuir para a gestão de risco frente aos impactos ocasionados pela precipitação ou falta dela (Anjos; Wanderley; Nóbrega, 2020), auxiliando no ordenamento territorial.

No Nordeste do Brasil, influenciado predominantemente pelo clima Semiárido, o regime de chuvas é concentrado entre quatro a seis meses (janeiro a junho) durante o ano, dependendo da região. No Nordeste semiárido, a realidade é de, no máximo, quatro meses, enquanto que na porção oeste, próximo à região Norte, o regime de chuvas pode se concentrar em um período maior (Nobre, 2012). A respeito da precipitação, Nobre (2012) explica que a região Nordeste recebe totais pluviométricos anuais entorno de 600 mm/ano na sua parte central, 1.800 + mm/ano na porção amazônica do Maranhão, e totais entre 1.200 a 1.500 mm/ano na região do litoral. À vista dos índices pluviométricos apresentados pelo autor supracitado, entende-se que a precipitação no Nordeste é espacialmente mal distribuída e sua incidência decresce das áreas litorâneas em direção ao interior.

Tal distribuição diferenciada de chuvas se dá pela atuação diversa de sistemas atmosféricos e oceânicos que podem incidir de maneira particular em diferentes porções da região, além das características continentais, como os atributos geomorfológicos. Considerando a área de estudo desse trabalho, localizada na porção centro-norte do Nordeste setentrional, o principal mecanismo atmosférico causador das chuvas, atuando entre fevereiro e maio, é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é fortemente modulada pelos campos de Temperaturas de Superfície do Mar (TSM) sobre o Atlântico Equatorial (Nobre, 2012; Zanella, 2014). Apreciando esse mecanismo e outros, são comuns, no espaço nordestino, variações espaciais e temporais interanuais maiores e intrazonais menores dos totais pluviométricos, que podem proporcionar precipitações abaixo da média esperada/normal climatológica ou mesmo acima dela.

No contexto da região Nordeste, o estado do Ceará está submetido ao clima Semiárido, o que influencia a variabilidade espacial das precipitações pluviométricas, como apontam os trabalhos de Monteiro, Zanella e Pinheiro (2021) e Hiera, Lima Júnior e Zanella (2019). Outro elemento que também influencia a distribuição das chuvas e os totais pluviométricos pelo estado é o condicionante geomorfológico. Na diversidade paisagística do Ceará, encontram-se as serras, ambientes de vultoso potencial geoambiental, que podem ser classificadas como maciços úmidos, subúmidos e secos e se destacam por suas altitudes, ocorrendo dispersos pela Depressão Sertaneja cearense, englobam especificidades, os chamados topoclimas, principalmente dentro da escala climática (Santos Junior; Caracrist, 2019).

Ao que concerne aos amplos maciços, como é o caso do Maciço do Pereiro, com aproximadamente 2.200 km² de área e altitudes que atingem os 861 metros, algumas características são esperadas e empiricamente perceptíveis, como o aumento da precipitação, da diminuição da temperatura em consequência do aumento da altitude, do aumento da umidade relativa do ar e sensações térmicas amenas. Contudo, somente através da coleta de dados mensurados e tratamento adequado, é possível concluir, cientificamente, com melhor detalhamento, as características desses ambientes e inferir acerca da influência que o relevo exerce sobre os seus atributos climáticos.

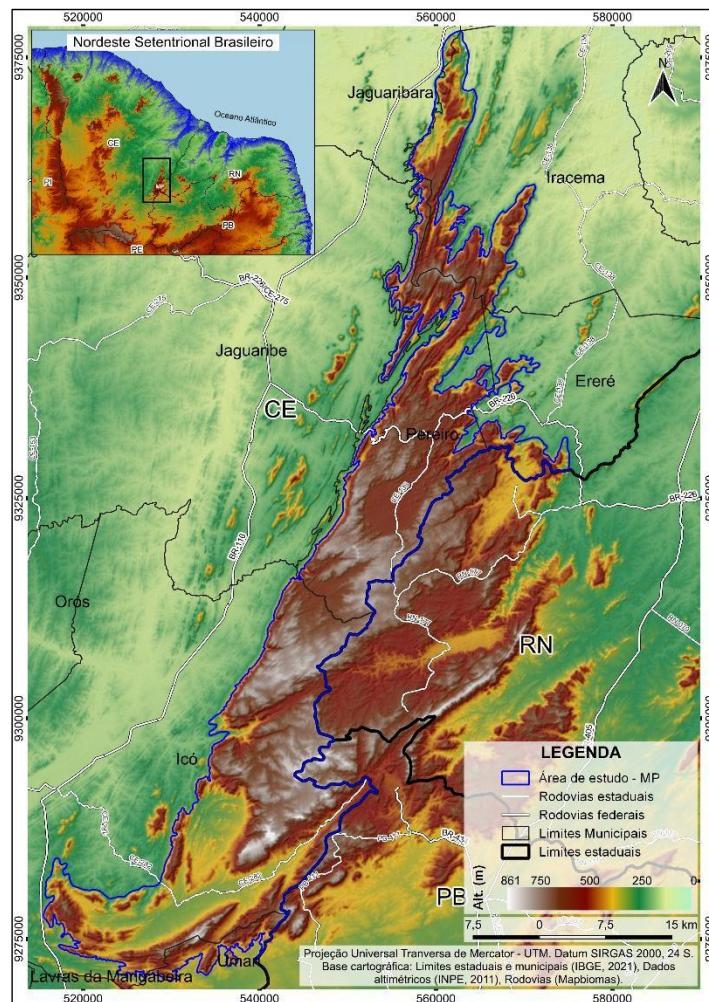
Diante deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a variabilidade espacial das precipitações pluviométricas no Maciço do Pereiro/CE, entre os anos de 1980 e 2021. Para tanto, foram observados os dados diários e mensais de volume de precipitação de chuva dos municípios onde está situado o maciço e de municípios circundantes à sua área. Como resultado, obteve-se a análise das precipitações de chuvas anuais, discussão da média pluviométrica histórica, identificação da quadra chuvosa e espacialização da variação da pluviometria do Maciço do Pereiro/CE, fazendo, com isso, associações de causas de ordens geográficas das precipitações e sua espacialização.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização da área de estudo

O Maciço do Pereiro (MP) possui altitudes predominantes entre 500 e 700 metros, e máximas nas cristas de 861 metros. Ocupa área de, aproximadamente, 2.200 km², estando localizado entre os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, no Nordeste setentrional brasileiro. A área definida para investigação verticalizada sobre a pluviosidade se refere à porção do MP situada no estado do Ceará, com aproximadamente 1.200 km² (figura 1). Igualmente à maioria dos maciços na Província Borborema, o MP está associado a granitóides, cuja gênese se relaciona aos processos de erosão diferencial (Lima et al., 2019), com desenvolvimento de feições esculpidas em litotipos graníticos e metamórficos.

Figura 1 - Localização do Maciço do Pereiro (MP) no Nordeste setentrional brasileiro e indicação da área de estudo.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

O MP está cravado na Superfície Rebaixada Sertaneja, com disposição orientada, predominante, no sentido NE–SW, caracterizado por apresentar uma morfologia alongada e fortemente dissecada, modelado, dominantemente, em granitoides do Neoproterozóico oriundos do Magmatismo Brasiliense (Magini; Hackspacher, 2008).

2.2. Etapas procedimentais

2.2.1. Caracterização da pesquisa

Essa pesquisa tem caráter quantitativo e seu cunho é descritivo e interpretativo, estando assentada em procedimentos da pesquisa de gabinete, constituída pelos levantamentos bibliográfico e documental. Esses levantamentos embasaram as discussões sobre pluviometria, interpolação estatística e fatores interferentes na ocorrência das chuvas no recorte de estudo, assim como oportunizou a coleta dos dados secundários referentes aos registros diários de precipitações pluviométricas na área de estudo e, posteriormente, seu tratamento, composição de mapas temáticos e análise e discussão dos resultados.

2.2.2. Obtenção dos dados

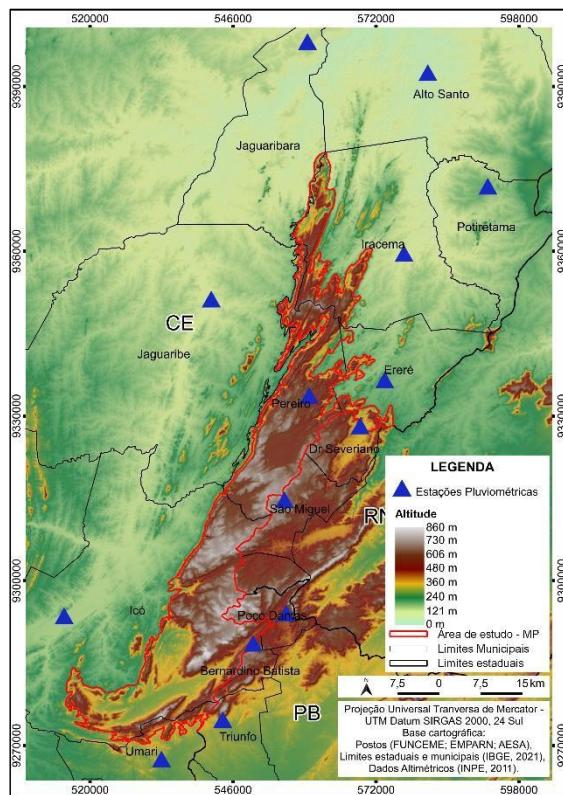
Para obtenção dos dados para conhecimento da variação pluviométrica do Maciço do Pereiro, foram consideradas as precipitações diárias de nove estações pluviométricas localizadas em nove municípios cearenses, sendo uma delas localizada sobre o Maciço do Pereiro, e oito em municípios circundantes. O histórico de dados utilizados foi referente ao período de 1980 a 2021, sendo cedidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCME). Para além dos municípios cearenses, foram considerados estações de municípios de estados vizinhos ao recorte de estudo, sendo os dados utilizados para solucionar falhas nas estações cearenses e para gerar o mapa interpolado da pluviometria do MP. Foram consideradas duas estações no Rio Grande do Norte, localizadas sobre o MP, e três estações na Paraíba, sendo duas localizadas sobre o MP e uma em município circundante.

No conjunto de dados pluviométricos das estações do Ceará, a maioria apresentou dados diários anuais completos, e outras revelaram falhas em seu histórico de registros, sendo as dos municípios de Jaguaribara, Ereré, Icó e Umari. Na análise climática, é imprescindível

trabalhar com dados pluviométricos contínuos para que não sejam feitas conclusões errôneas. Por isso, buscou-se preencher as falhas existentes nas estações a partir do método da regressão linear múltipla, para obtenção dos respectivos totais mensais para os períodos, considerando o cenário de seus dados diários sequenciais e dos dados análogos das suas estações vizinhas.

Nesse processo, não foram consideradas apenas os dados das estações da FUNCEME. Por existirem estações pluviométricas de outros estados mais próximas às estações com falhas, foram usados dados de tais estações no procedimento de interpolação. Assim, foram usados dados da estação do município de Doutor Severiano/RN, disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), para preenchimento de falhas na estação de Ereré, e utilizados dados da estação de Triunfo/PB, cedidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA), para preenchimento de falhas na estação de Umari. Para as estações de Jaguaribara e Icó, foram usados dados de estações vizinhas de municípios cearenses. A figura 1 localiza as estações pluviométricas utilizadas, sendo observadas as variações altimétricas do relevo.

Figura 2 - Localização dos postos pluviométricas com destaque para as altitudes do relevo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024 - dados da FUNCEME (2022), EMPARN (2022) e AESA (2024).

Para geração do mapa final da espacialização das precipitações pluviométricas do MP, através método de interpolação (IDW), foram incluídas as médias dos municípios de Doutor Severiano e São Miguel, no Rio Grande do Norte, e Triunfo, Bernadinho Batista e Poço Dantas na Paraíba (figura 2). O objetivo foi elaborar uma área de interpolação maior que a área de estudo, para que se pudesse fazer o recorte do limite geográfico do MP posteriormente, considerando, assim, a influência dessas localidades na compreensão da área de estudo.

2.2.3. Tratamento dos dados e elaboração dos resultados

De posse dos dados pluviométricos completos dos anos em observação para os municípios cearenses, que são de 1980-2021 (41 anos) para Alto Santo, Icó, Iracema, Jaguaribara, Jaguaribe, Pereiro e Umari, e de 1989-2021 (32 anos) para Ereré e Potiretama, foram calculadas, no software Microsoft Excel, os totais pluviométricos anuais e as médias aritméticas dos totais anuais do volume de chuva. Com o banco de dados gerado no software Microsoft Excel, foram elaborados gráficos para avaliação das maiores/menores precipitações de chuvas anuais e suas respectivas médias e a dispersão dos totais pluviométricos em cada município considerado. Além disso, foi identificado o quadrimestre chuvoso de cada um deles.

Por conseguinte, foi gerado outro banco de dados, uma tabela em formato separado por vírgulas (*.csv), com a sistematização das médias totais de precipitação de chuva dos municípios cearenses indicados anteriormente, dos municípios de São Miguel e Doutor Severiano, correspondente aos anos de 2005-2021 e 1997-2021, respectivamente, e Triunfo, Bernardino Batista e Poço Dantas, com recorte temporal de 1996 a 2021. A tabela gerada foi inserida em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), mediante auxílio do software Qgis - versão 3.28 Firenze, tornando possível a elaboração do mapa de espacialização das precipitações de chuva no Maciço do Pereiro/CE (figura 7), no qual a distribuição dos quatorze pontos com informações das precipitações se deu a partir da localização (coordenadas UTM) dos pontos pluviométricos existentes em cada município. O mapa utilizou a base de malhas geográficas estaduais e municipais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) e dos limites geográficos do Maciço do Pereiro.

Com a tabela csv importada no SIG Qgis, aplicou-se a interpolação através da técnica do Inverso do Quadrado da Distância – IDW ou IQD, para gerar o arquivo raster no formato

*.tiff, apresentando como resultado o mapa representando informações relativas à média anual das precipitações de chuva do MP e arredores.

O IDW é uma das técnicas de interpolação mais usadas para pontos espalhados espacialmente, e frequentemente utilizado para estudos do comportamento espacial e temporal das chuvas (Marcuzzo; Andrade; Melo, 2012). Segundo os autores, essa interpolação determina os valores dos pontos usando uma combinação linear ponderada dos pontos amostrados, de modo que o peso de cada ponto é o inverso de uma função. Assim, consiste na média ponderada espacial baseada nos valores dos pontos vizinhos ao ponto em que se deseja interpolar (Neris, 2019).

Xavier, King e Scanlon (2016), fazendo comparação entre métodos de interpolação para dados de precipitação, apontou o IDW, junto a Ponderação pela Distância Angular (ADW), como um dos melhores métodos para interpolação de dados de precipitação.

3. SÍNTSE DA CLIMATOLOGIA ESTADUAL: SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES, FATORES GEOGRÁFICOS E TIPOLOGIA CLIMÁTICA

A pluviosidade é um elemento atmosférico consideravelmente relevante para o funcionamento dos ambientes, bem como é uma variável meteorológica fundamental para os estudos climáticos. Ferreira e Mello (2005) argumentam que o clima e, por extensão, as precipitações, são determinadas pela diferenciação global da radiação solar, pela distribuição dos oceanos e pelas características topográficas dos continentes, de modo que esses fatores criam padrões de circulações atmosféricas ou sistemas atmosféricos que distribuem calor, umidade e momentum (quantidade de movimento) por todo o Globo.

No contexto do Nordeste do Brasil, sobretudo na sua porção setentrional e, nesse caso específico, o estado do Ceará, o principal sistema atmosférico de grande escala atuante é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Zanella, 2014). A ZCIT é um conjunto de nebulosidade que circula na porção equatorial do planeta Terra, formada, especialmente, pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte com os ventos alísios do Hemisfério Sul, estabelecendo uma área de intensa atividade convectiva, acompanhadas de baixas pressões, alta nebulosidade e elevada pluviometria (Ferreira; Mello, 2005).

A ZCIT atua mais expressivamente no NE a partir de meados do verão e atinge sua posição mais meridional no outono (Ferreira; Mello, 2005), atuando na porção setentrional entre fevereiro e maio, quando está mais direcionada ao Hemisfério Sul; em maio, ela retorna em direção ao Hemisfério Norte, quando se inicia o período seco para o setor setentrional do Nordeste (Zanella, 2014). O deslocamento da ZCIT está relacionado aos padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico Tropical, de modo que perturbações na TSM podem aumentar ou reduzir a pluviosidade no NEB (Monteiro; Zanella; Pinheiro, 2021), denotando a variabilidade interanual, que caracteriza o clima regional.

Assim, fenômenos oceânicos-atmosféricos são responsáveis pelas variações de atuação da ZCIT. Historicamente, o fenômeno Oscilação Sul (ENOS), chamado de El Niño, na sua fase quente, e La Niña, na sua fase fria, é vinculado às variações na ZCIT. Além do ENOS, diversos estudos têm apontado para a influência de outros mecanismos na distribuição variável das chuvas nessa região (Zanella, 2014). No caso do Ceará, Silva et al. (2013) comprovam que, além do ENOS, tem-se o Dipolo do Atlântico, o ciclo de manchas solares e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) influenciando as precipitações variáveis no estado.

Outros sistemas, esses de mesoescala, que produzem chuvas no Ceará, são Ondas de Leste, Complexos Convectivos, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e brisas marinhas e terrestres (FUNCENE, 2014). As Ondas de Leste se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, se deslocando da costa africana até o litoral leste do Brasil e, no estado do Ceará, influenciam chuvas em junho, julho e agosto; os Complexos Convectivos se formam devido a condições locais favoráveis (temperatura, relevo, pressão, etc) e provocam chuvas fortes e de curta duração de forma isolada; o VCAN é formado no Oceano Atlântico e avança para o interior do Nordeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro, e formam nuvens chuvosas em sua periferia, que atingem o Ceará, além de um centro de alta pressão no seu interior (FUNCENE, 2014).

Diniz e Pereira (2015) explicam que a brisa marítima é um fenômeno importante, pois ela costuma carregar umidade do oceano para o interior do continente até distâncias de cerca de 300 km, e a brisa terrestre faz justamente o contrário, costuma provocar precipitações sobre o oceano. No caso do Ceará, a brisa marinha não costuma adentrar tanto para o interior continental, não provocando significativas precipitações nessa porção do estado.

Dentre os sistemas apresentados, a ZCIT é aquele gerador mais importante de precipitação sobre a região Nordeste, sobretudo na sua porção setentrional, e no estado do Ceará. Os demais sistemas, apesar de influência menor, são tão importantes quanto, pois influenciam, também, a pluviosidade em diferentes espaços, intensidades e períodos do ano. A pluviometria da região Nordeste decresce do litoral para o interior, sendo que, no Ceará, ocorrem totais que variam de 800 a 500 mm, podendo ocorrer totais pluviométricos menores em áreas mais interioranas e totais maiores em locais específicos e isolados. No Ceará, nesse tocante, percebe-se que a variabilidade da precipitação interanual é elevada (Zanella, 2014).

Ao se referir às condições climáticas do Ceará, Zanella (2005) explica que a localização do estado, próxima à Linha do Equador, favorece uma intensa insolação durante todo o ano produzindo muito calor, caracterizando uma área típica de climas quentes.

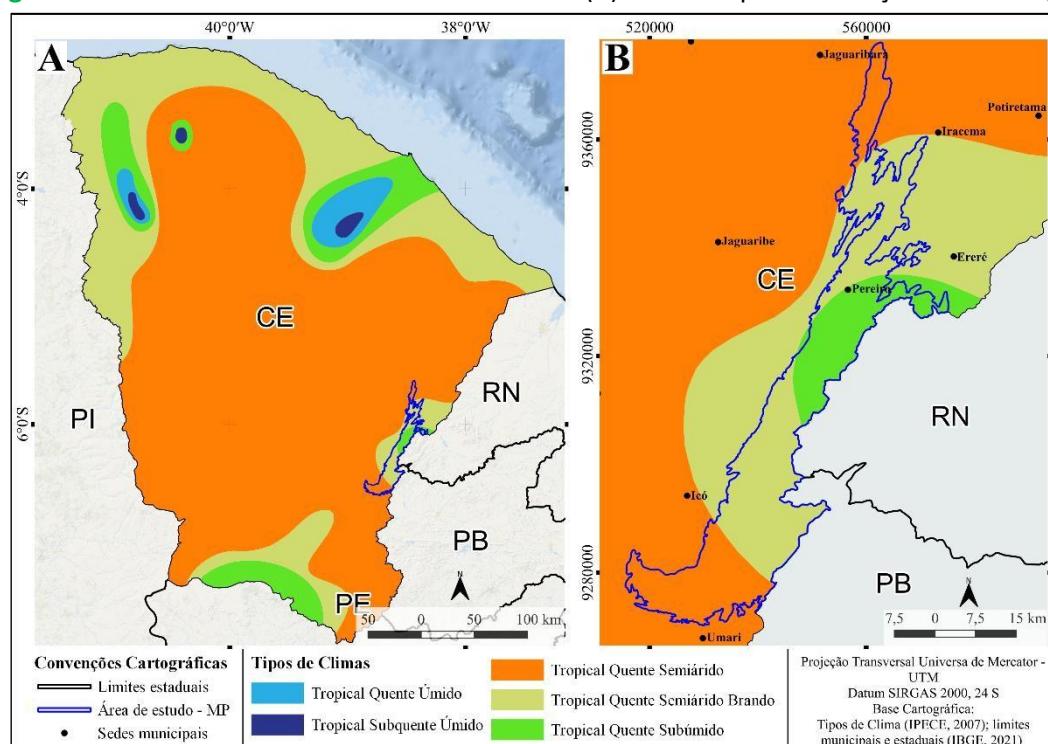
Conforme tipologia climática do Ceará, elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2007), as áreas com maiores precipitações estão na fachada litorânea e em locais do interior influenciados pela orografia. Os relevos mais elevados desempenham papel preponderante para a ocorrência de chuvas mais elevadas, a exemplo do Maciço do Baturité, que possui índices pluviométricos que chegam 1.600 mm anuais (Brito; Silva; Crispim, 2015) e do Maciço da Meruoca, situados na porção norte do estado, o Planalto do Araripe na região sul cearense e a Serra da Ibiapaba, na porção noroeste do estado, e ainda o Maciço do Pereiro, no extremo leste cearense. O restante do estado, dominado por Superfícies Rebaixadas, possui menor pluviometria e clima mais seco, onde se enquadra o clima Tropical Quente Semiárido (IPECE, 2007).

A tipologia climática do estado do Ceará (IPECE, 2007) foi elaborada a partir de dados obtidos das estações pluviométricas da FUNCEME, sendo subdividido em cinco tipos de clima: Tropical Quente Semiárido, Tropical Quente Semiárido Brando, Tropical Quente Subúmido, Tropical Quente Úmido e Tropical Subquente Subúmido (figura 3A).

O recorte de estudo dessa pesquisa está localizado nas unidades climáticas Tropical Quente Semiárido, Tropical Quente Semiárido Brando e Tropical Quente Subúmido (figura 3B). O tipo climático Tropical Quente Semiárido, maior em abrangência do Ceará, tem como características a escassez e irregularidade de chuvas, temperaturas elevadas que variam entre 25° C e 29° C e médias pluviométricas anuais abaixo de 800 mm, havendo exceção de anos extremos, quando há uma maior proximidade da ZCIT (Brito; Silva; Crispim, 2015).

O clima Tropical Quente Semiárido Brando está presente em ambientes litorâneos, áreas próximas às bacias sedimentares elevadas e ambientes rebaixados próximos aos maciços (figura 3A), com médias pluviométricas anuais entorno de 800 mm e temperaturas entre 24°C e 26°C (Brito; Silva; Crispim, 2015). Por sua vez, o clima Tropical Quente Subúmido, conforme caracterização de Brito, Silva e Crispim (2015) apresenta precipitações médias anuais entre 1000 mm e 1400 mm e temperaturas médias superiores a 24°C.

Figura 3 - Unidades climáticas do estado do Ceará (A) e recorte para o Maciço do Pereiro (B).



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IPECE (2007).

Na área de estudo, como apresenta a figura 3B, o clima Tropical Quente Semiárido está presente mais aos arredores do Maciço do Pereiro, na Superfície Rebaixada Sertaneja, e ainda nas extremidades norte e sul do maciço; o Tropical Quente Semiárido Brando abrange áreas também no entorno mais próximo do MP, bem como sobre ele; e o tipo climático Tropical Quente Subúmido se distribui nos patamares mais elevados do maciço, nos municípios de Pereiro, Icó e Ereré, onde se verifica precipitações de chuva mais elevadas e temperaturas mais amenas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise das precipitações de chuvas anuais

Na análise referente à precipitação pluvial, abrangendo dados de 1980 a 2021 (41 anos) para a maioria dos municípios, e de 1989-2021 (32 anos) para Ereré e Potiretama, fornecidos pela FUNCUME, verificou-se a variação das precipitações de chuvas e as variações existentes nos acúmulos totais de volume de precipitação na área investigada, como mostra o quadro 1.

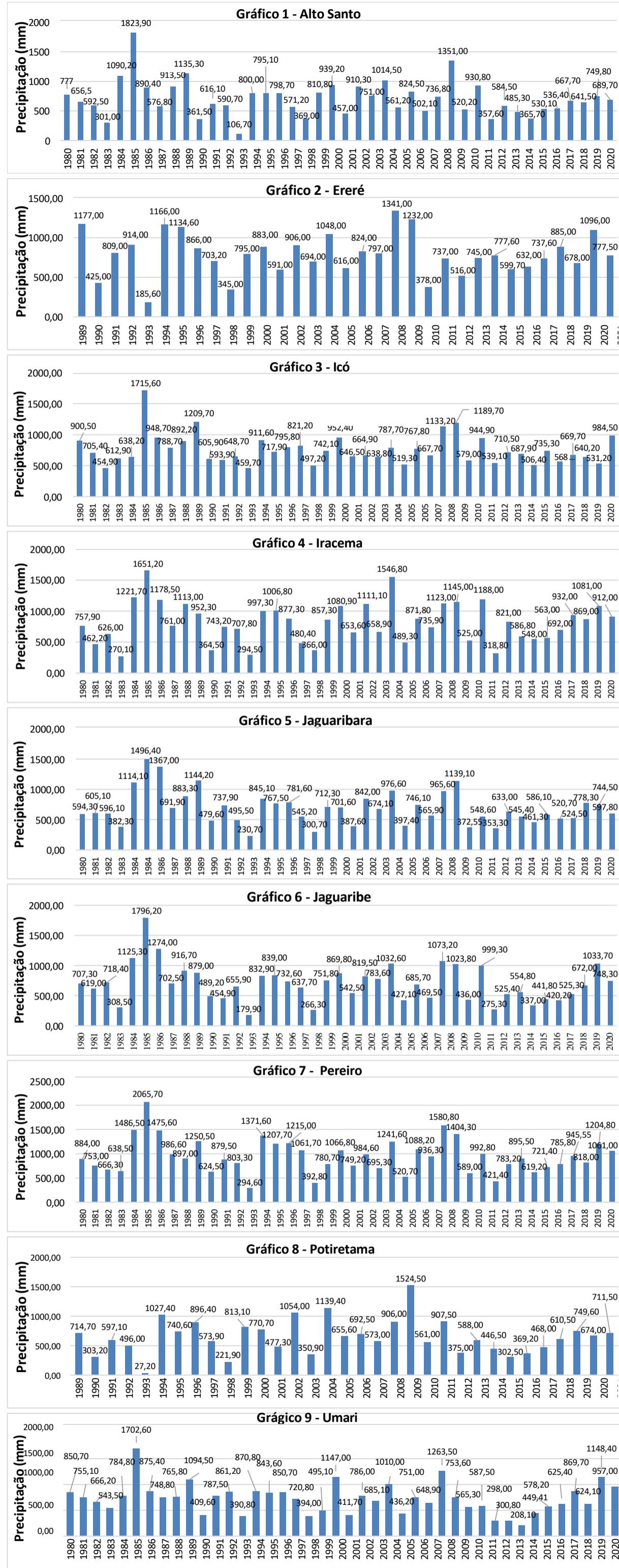
Quadro 1 - Variações pluviométricas totais anuais históricas (1980 – 2021) dos municípios em análise.

Município	Variações da pluviosidade
Alto Santo	1823,90 mm – 106,70 mm
Ereré	1341,00 mm – 185,60 mm
Icó	1715,60 mm – 454,90 mm
Iracema	1651,20 mm – 270,10 mm
Jaguaribara	1496,40 mm – 230,70 mm
Jaguaribe	1796,20 mm – 179,90 mm
Pereiro	2065,70 mm – 294,60 mm
Potiretama	1524,50 mm – 27,20 mm
Umari	1702,60 mm – 208,10 mm

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da FUNCUME.

Conforme o quadro 1, Pereiro exibe o maior acúmulo, com 2065,70 mm correspondentes ao ano de 1985, seguido por Alto Santo, com 1823,90 mm de precipitação de chuva, também no ano de 1985. Quanto aos menores acúmulos, Potiretama segura a primeira posição, com registro de 27,20 mm no ano de 1993, seguido por Alto Santo e Jaguaribe, exibindo 106,70 mm e 179,90 mm, respectivamente, em 1993. Os gráficos pluviométricos expostos na figura 4 revelam que os municípios apresentam ampla variação no regime pluviométrico. De modo claro, há oscilações na quantidade de chuvas anualmente, com anos de aumento pluvial intercalados com anos de declínio pluviométrico.

Figura 4 - Totais pluviométricos precipitados (1980 – 2021) dos municípios cearenses em análise



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da FUNCEME.

Os gráficos da figura 4 elucidam a oscilação no volume pluviométrico anual em cada município, bem como entre os municípios. Um ano chuvoso em um município pode não ter sido assim em seu vizinho, demonstrando a variabilidade espaço-temporal da precipitação. Contudo, é notório que alguns anos apresentaram volumes pluviométricos elevados em todos os municípios. Os anos de 1985, 1989, 1994, 2004, 2008 e 2009 apresentam recordes de volume de chuva nos municípios, acumulando, na maioria deles, mais de 1.000 mm cada.

As maiores precipitações pluviométricas anuais em evidência coincidem com a ocorrência do fenômeno oceânico-atmosférico ENOS La Nina, em sua passagem considerada forte e moderada no norte do Nordeste (Pinheiro; Araújo, 2019) e Ceará (Monteiro; Zanella; Pinheiro, 2021), caso dos anos de 1985, 1989, 1994 e 2009 com precipitação de chuva acima da média. O fenômeno La Nina influencia no resfriamento das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial, influenciando no comportamento da chuva do estado do Ceará no quadrimestre fevereiro-maio (Monteiro; Zanella; Pinheiro, 2021).

Em vista da figura 4, nota-se a ocorrência de anos com volumes totais pluviométricos de chuva bem abaixo da média em todas as estações, a exemplo de 1983, 1993, 1998 e 2012. Correlacionando tais anos com fenômenos oceânicos-atmosféricos, constata-se que os períodos chuvosos em tela foram fortemente influenciados pelo El Nino (Pinheiro; Araújo, 2019; Monteiro; Zanella; Pinheiro, 2021), que é o aquecimento anormal da TSM no Pacífico Equatorial, provocando redução das precipitações no Nordeste e no Ceará.

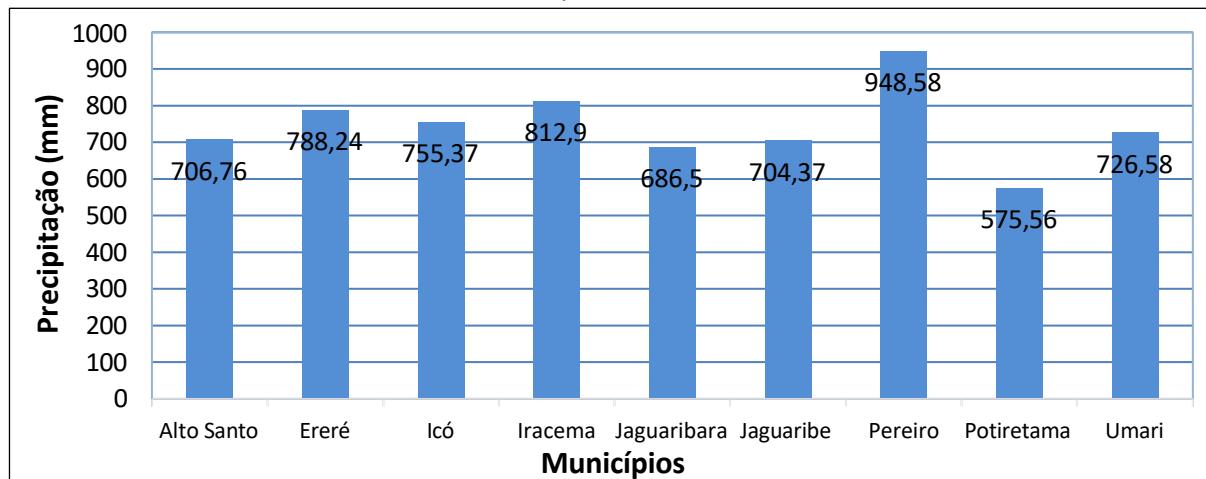
Dentre os quatro anos menos chuvosos indicados anteriormente, 1993 foi o mais seco, seguido por 1998, impactando severamente na oferta hídrica nos municípios. Nos anos seguintes a eles, 1994 e 1999, respectivamente, teve-se precipitações mais elevadas, contribuindo para a disponibilidade hídrica na região. O ano de 2012 também foi seco e diferente dos anos indicados anteriormente, que receberam chuvas elevadas no ano seguinte. A partir de 2012, desencadeou-se uma seca severa, que perdurou até 2017, com índices pluviométricos abaixo da média, observado em todo estado do Ceará.

Conforme apresentam Cortez, Lima e Sakamoto (2017), a precipitação média no quadrimestre chuvoso (fevereiro a maio) para o estado do Ceará, segundo a climatologia de 1981 a 2010, é de 600,7. Entre 2012 e 2017, a pluviometria média cearense oscilou entre 302,5 mm e 460,2 mm (Cortez; Lima; Sakamoto, 2017). Os autores enfocam que esse período foi o de seca mais severa no Ceará nos últimos 100 anos.



De posse dos dados pluviométricos de chuva anuais das estações, foi possível identificar as médias das precipitações anuais dos municípios, como apresentado na figura 5.

Figura 5 - Gráfico representando a média da precipitação anual histórica (1980 – 2021) dos municípios em análise.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da FUNCME.

A maioria dos municípios pertence à Região Pluviometricamente Homogênea Jaguaribana, que inicia no litoral de Aracati e se estende pelo estado por longa faixa até à altura de Icó. Apenas Umari pertence a outra região, a Região Pluviometricamente Homogênea Cariri Cearense, mais ao sul do estado, conforme regionalização utilizada pela FUNCME. A primeira região apresenta a média histórica do quadrimestre chuvoso, período compreendido entre os meses de fevereiro a maio, de 599,7 mm, considerando o período de 1950-2009, e a segunda, apresentando média histórica de chuvas na quadra chuvosa de 636,8 mm, também no período de 1950-2009 (Hiera, Lima Junior; Zanella, 2019).

Conforme a figura 5, a maior média pluviométrica de chuva anual é de 949,58 mm, registrada no município de Pereiro, seguido pelos municípios de Iracema, com 812,9 mm; Ereré, 788,24 mm; Icó, com 755,37 mm; Umari, com 726,58 mm; Alto Santo, com 706,76 mm e Jaguaribe, com 704,37 mm; Potiretama e Jaguaribara apresentam as menores médias pluviométricas anuais, com registros de 575,56 e 686,5 mm, respectivamente.

A estação pluviométrica do município de Pereiro está situada sobre o MP, entorno de 550 metros de altitude. As estações pluviométricas de Ereré e Iracema estão localizadas na Superfície Rebaixada, na posição barlavento do MP, distante aproximadamente da sua

vertente leste 5 km e 8 km, respectivamente. A localização destas estações pode explicar o fato de suas médias de precipitações serem maiores.

Apesar de não ser tão chuvoso como outros Planaltos cearenses, a exemplo do Maciço de Baturité e Planalto da Ibiapaba, a altitude do Maciço do Pereiro, em média entre 500 e 700 m, e cotas máximas de 861 m, condiciona totais pluviométricos superiores às áreas circunvizinhas, como apontam os dados da FUNCME. A exemplo, no Maciço do Baturité, as médias históricas de precipitação ultrapassam 1.000mm em todos os municípios (Santos Junior; Caracristi, 2022); e o Planalto da Ibiapaba apresenta média pluviométrica com totais de 1301,1 mm (Santos; Nascimento, 2017). No caso em estudo, a altitude tem influência reconhecível nos acúmulos de volume de chuvas de Pereiro, sendo ela, junto a outros fatores, relevante para as variáveis meteorológicas e ocorrência climática de uma dada área (Maciel; Barcelos; Oliveira, 2012).

As estações de Ereré e Pereiro são as que ficam mais próximas do MP na sua vertente leste. Nessas estações, são identificados totais pluviométricos mais elevados, comparados às demais estações que rodeiam o MP consideradas nessa análise. Excetuando-se a estação de Pereiro, as demais (total de oito) estão situadas na Superfície Rebaixada, em altitudes que não ultrapassam os 200 metros. As estações de Ereré e Iracema estão situadas na área de barlavento do MP e as estações de Jaguaribe e Icó em área de sotavento, enquanto as estações de Potiretama, Alto Santo, Jaguaribara e Umari estão mais distantes e não são enquadradas na posição de barlavento e sotavento.

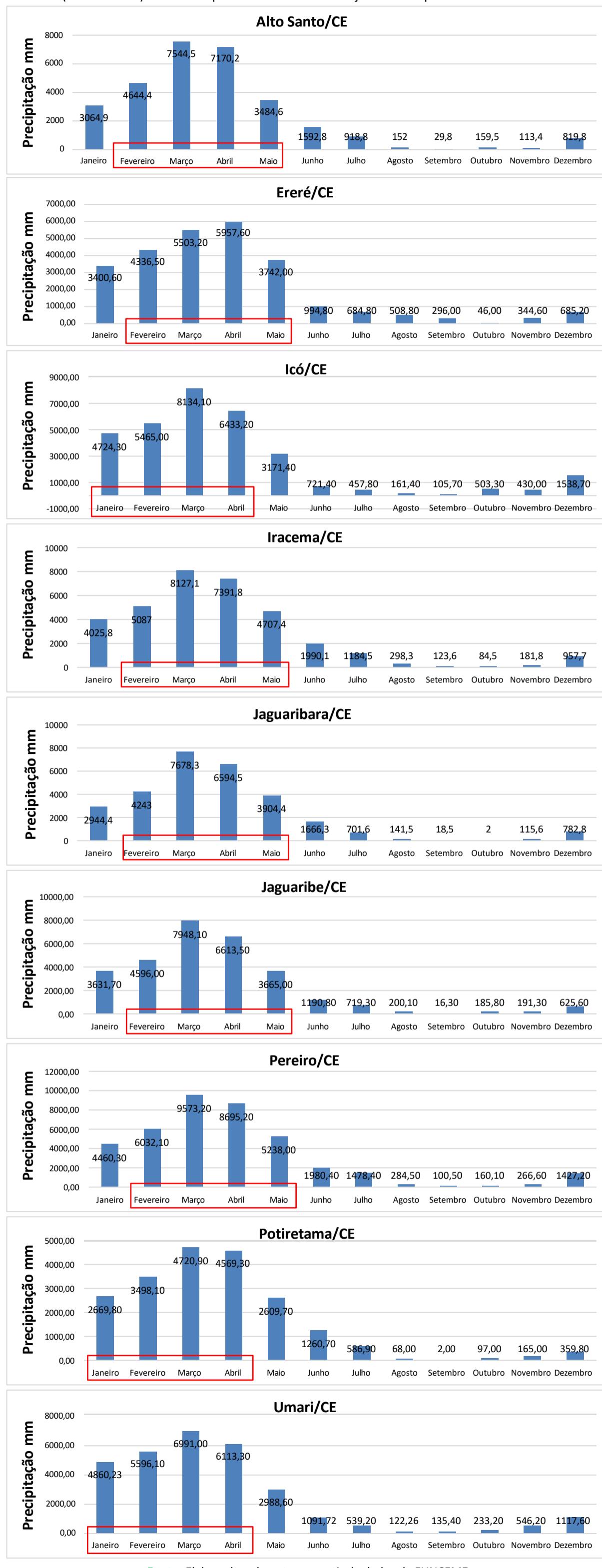
Nos maciços, planaltos e montanhas, a vertente de barlavento funciona como barreira física para a passagem do ar, de modo que obriga as massas de ar ascenderem e, nesse processo, tendem a resfriarem-se; por consequência, condensam-se e precipitam, permitindo a ocorrência de chuvas com totais pluviométricos mais elevados nessas áreas.

Esse contexto físico que origina as chuvas orográficas ou de relevo contribui, principalmente, para volumes acumulados pluviométricos mais elevados na porção de barlavento, bem como para a amenização das temperaturas, quando comparado às áreas do entorno. Considerando a localização das estações pluviométricas de Iracema e Ereré, mais próximas à vertente sotavento do MP, interpreta-se que, com efeito, o fator orográfico implica em seus acumulados de chuva, fornecendo precipitações maiores ao ser comparado aos

municípios em análise que também estão localizados na Superfície Rebaixada; contudo, mais distantes do MP e/ou em outras posições geográficas.

De posse dos dados, avaliou-se, também, o quadrimestre chuvoso - meses com os maiores acúmulos pluviométricos dentro do semestre chuvoso –, que vai de janeiro a junho. Nos municípios cearenses, o quadrimestre se estabelece, geralmente, entre fevereiro e maio, quando se observa cerca de 70% da precipitação anual (Cortez; Lima; Sakamoto, 2017), período no qual tem-se maior atuação da ZCIT. Nas estações consideradas, o quadrimestre chuvoso variou entre os meses de janeiro a maio. Na figura 6, estão expostos os acumulados totais mensais de precipitação pluviométrica das estações no período de 1980 a 2021, sendo possível inferir os quadrimestres mais chuvosos e os meses com maior déficit hídrico.

Figura 6 - Gráficos representando os acumulados totais mensais de precipitações pluviométricas (1980 – 2021) dos municípios em análise e indicação de seu quadrimestre chuvoso.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da FUNCEME.

Seguindo o contexto regional semiárido e interiorano cearense, as precipitações nas estações se acumulam no primeiro semestre do ano, como pode ser visto na figura 6. O quadrimestre chuvoso de Icó, Potiretama, e Umari é de janeiro a abril; em Alto Santo, Ereré, Iracema, Jaguaribara, Jaguaribe e Pereiro, o quadrimestre chuvoso refere-se aos meses de fevereiro, março, abril e maio. O mês mais chuvoso é março, seguido pelo mês de abril. O maior acúmulo pluviométrico de março é no município de Pereiro, tendo acumulado 9573,20 mm, resultado numa média pluviométrica histórica de 233,49 mm para esse mês.

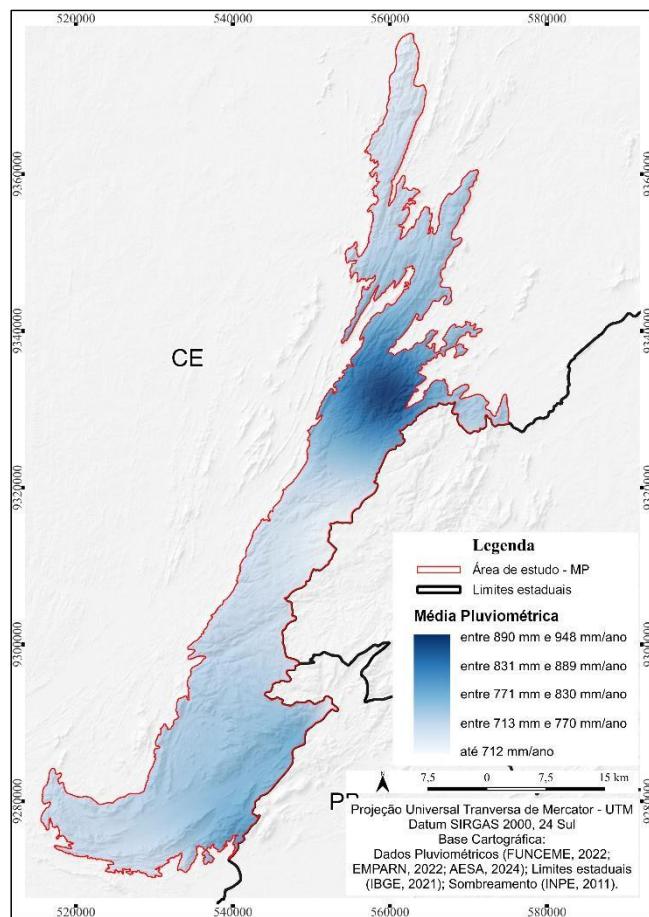
Sobretudo a partir do mês de julho, as chuvas se despedem da área em análise, dando início ao período mais seco do ano, o semestre compreendido entre julho a dezembro. Nesse semestre, as chuvas são quase inexistentes, e o trimestre agosto-setembro-outubro apresenta dados pluviométricos bem irrigários, sendo possível identificar que, nesses meses, em vários anos, não ocorreu nenhuma precipitação diária.

No final do segundo semestre, as chuvas voltam a cair no estado do Ceará, iniciando à pré-estação chuvosa (dezembro e janeiro). Nesse período, o sistema meteorológico Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), frequentemente, está atuando na região Nordeste, influenciando nas precipitações que ocorrem no Ceará e nos municípios pesquisados. O VCAN é um sistema que atua entre novembro e março, com maior frequência nos meses de janeiro e fevereiro, e geram nuvens causadoras de chuvas na periferia de sua formação (Ferreira; Mello, 2005). Comumente, é o causador das chuvas na pré-estação chuvosa, permitindo o aumento do acúmulo de precipitação a partir do mês de dezembro nos municípios em análise.

4.2. Espacialização da variação da pluviometria do Maciço do Pereiro/CE

Com a integração do banco de dados das médias dos totais pluviométricos de 1980 a 2021, obteve-se a regionalização dos totais anuais pluviométricos para o MP (figura 7).

Figura 7 - Espacialização pluviométrica do Maciço do Pereiro/CE (1980 a 2021).

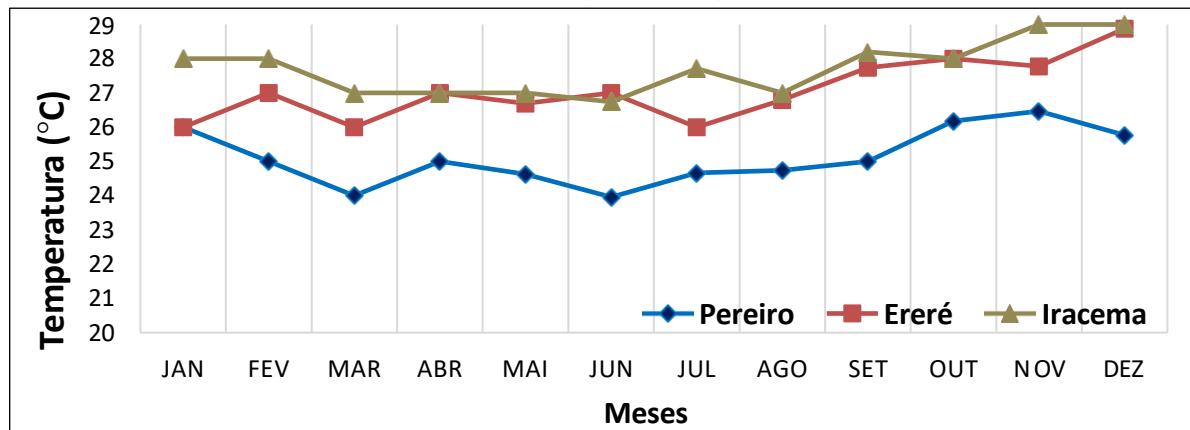


Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de dados da FUNCEME, EMPARN e AESA.

Aplicando-se a interpolação, obteve-se a espacialização das precipitações chuvosas, que demonstraram mínima de 712 mm e máximas de 948 mm. Considerando tal variação das precipitações espacialmente, é possível que haja diferenças nas respectivas temperaturas. Nos municípios considerados por essa pesquisa, não há estações meteorológicas convencionais ou automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) nem da FUNCEME que registre dados de temperatura, umidade relativa do ar e direção dos ventos, fato que limita a análise climática por não existirem mais variáveis meteorológicas.

Nesse contexto, vale a indicação do estudo realizado por Albuquerque (2020), que apresenta dados de temperatura para os municípios de Pereiro, Ereré e Iracema, tendo como recorte temporal os anos de 1974 a 2003. Os dados trabalhados pelo autor foram adquiridos no programa de estimativa de temperatura para os estados da região Nordeste, o Estima_T, criado pelo Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). A Figura 8 apresenta os resultados de Albuquerque (2020).

Figura 8: Distribuição das temperaturas do ar médias mensais dos municípios de Pereiro, Ereré e Iracema (1973-2003).



Fonte: Reprodução de Albuquerque (2020).

Com base na Figura 8, fica nítida a diferenciação de temperatura mensal entre os municípios, de modo que Pereiro exibe menor temperatura. Os meses de junho e março apresentam os menores valores térmicos, tendo junho apresentado 23,96°C no município de Pereiro. Esses meses estão incluídos no semestre chuvoso da região, sendo março aquele com maior pluviometria, conforme evidenciado na análise pluviométrica realizada e, no caso de junho, a diminuição da temperatura pode estar vinculada ao início do inverno que passa a dominar o Hemisfério Sul, alterando a incidência solar sobre a região nesse período.

Albuquerque (2020) explica que as médias térmicas dos municípios em evidência corroboram os dados regionais, sempre próximos aos 24°C; as temperaturas de Pereiro oscilaram entre 23°C e 26°C, uma diferença de 3°C, as temperaturas de Ereré oscilaram entre 26°C e 28,88°C, e Iracema, mais quente, apresentou mínima de 26,74°C e máxima de 29°C. A série temporal das temperaturas utilizada por Albuquerque (2020) foi de 1974 a 2022, diferente da série escolhida para a análise pluviométrica dessa pesquisa. Entretanto, o trabalho citado permite que sejam feitas inferências relevantes ao entendimento da questão hidroclimática do Maciço do Pereiro, ao relevar menores médias de temperatura no município de Pereiro e maiores em municípios localizados ao seu redor.

Os dados pluviométricos de 1980 a 2021, manipulados por esta pesquisa, e os resultados de temperatura trabalhados por Albuquerque (2020), endossam a hipótese da orografia como fator de determinante controle para a variação da pluviosidade e da temperatura nos municípios considerados nessa investigação, tanto para Pereiro, localizados

sobre o MP, quanto para os municípios situados nas posições barlavento e sotavento. Desse modo, é possível afirmar que o Maciço do Pereiro possui atributos hidroclimáticos diferentes do seu entorno, onde se apresenta a Superfície Rebaixada Sertaneja.

5. AGRADECIMENTOS

À FUNCEME e AESA, pelo envio dos dados pluviométricos; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de Doutorado; ao PPGG/UFPB, e aos revisores anônimos pelo tempo disponibilizado para leitura e valiosas contribuições.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos que analisam a pluviometria possuem relevância notória, pois permitem o conhecimento minucioso da dinâmica das chuvas, sendo essencial para a gestão hídrica e ordenamento territorial. A partir das técnicas para obtenção e dos métodos para o tratamento dos totais pluviométricos da área pesquisada, foi possível a espacialização das médias dos totais pluviométricos para os 41 anos de estudo, fazendo-se associações de causas de ordens geográficas das precipitações e sua espacialização.

No contexto analisado, infere-se que o fator orográfico tem papel de destaque na distribuição da pluviosidade média anual, caracterizado como mecanismo interferente no comportamento das chuvas e, por conseguinte, no clima local. O relevo da área, que se articula com ventos e massas de ar, tem papel decisivo no aumento ou diminuição nos totais pluviométricos registrados pelas estações, conforme a estação pluviométrica esteja localizada à barlavento ou à sotavento da formação geomorfológica Maciço do Pereiro.

Certamente, a altitude do MP também influencia nas variáveis de temperatura, pressão atmosférica, direção e intensidade dos ventos e umidade do ar. Contudo, para afirmações sobre isso, fazem-se necessários estudos específicos que não foram foco dessa investigação. Desse modo, esse estudo indica novos horizontes para pesquisas futuras referente ao comportamento climático do Maciço do Pereiro.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, D. S. **Uso e ocupação das áreas de nascentes do alto curso da sub-bacia hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará, Brasil: elementos ao ordenamento territorial de áreas semiáridas.** 2020. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido) – Departamento de Economia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Pau dos Ferros, RN, 2020.
- ANJOS. R. S.; WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S. Análise espacial da precipitação e possíveis fatores que contribuem para sua espacialização em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 1, p. 18-34, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p018-034>.
- BRITO, É. G.; SILVA, M. V. C.; CRISPIM, A. B. **Climatologia**. Fortaleza: EdUECE, 2015.
- CORTEZ, H. S.; LIMA, G. P.; SAKAMOTO, M. S. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Parc. Estrat.**, Brasília, DF, v. 22, n. 44, p. 83-118, Jan./Jun. 2017.
- DINIZ, T. M., M.; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, GO, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v35i3.38839>.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, PR, v. 1, n. 1, 2005.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Sistemas meteorológicos causadores de chuva na região Nordeste do Brasil**. Fortaleza: FUNCEME, 2014.
- HIERA, M. D.; LIMA JÚNIOR, A. F.; ZANELLA, M. E. Tendência da precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, PR, n. 15, v. 24, Jan./Jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5380/abclima.v24i0.54207>.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ – IPECE. **Mapa de tipos climáticos do estado do Ceará**. Fortaleza: IPECE, 2007.
- LOPES, D.; BASTOS, F. H.; CORDEIRO, A. M.; MAIA, R. P. Geomorfologia granítica do Maciço de Uruburetama, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i2.1401>.
- MACIEL, A. S.; BARCELOS, B. F.; OLIVEIRA, L. A. A análise da influência da altitude na temperatura e na precipitação da mesorregião Norte de Minas – Minas Gerais. **Revista Geonorte**, edição especial, v. 1, n. 5, p. 250–261, 2012.

MAGINI, C.; HACKSPACHER, P. C. Geoquímica e ambiência tectônica do arco magmático de Pereiro, região NE da Província Borborema. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 2, p. 336-355, 2008.

MARCUZZO, F., ANDRADE, L., MELO, D. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, PE, v. 4, n. 4, p. 793-804, 2012.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E.; PINHEIRO, D. R. C. A contribuição da técnica dos quantis na identificação de extremos de chuva e de uma metodologia para detectar situações de desastre natural no semiárido cearense. **Revista Geografias**, v. 17, n. 2, Jul./Dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-549X.2021.36790>.

NERIS, A. M. **Avaliação de métodos para interpolação espacial de dados de precipitação**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistema de Informação) – Departamento de Estatística, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2019.

NOBRE, P. As origens das águas no Nordeste. In: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Brasil), Agência Nacional das Águas - ANA. **A Questão da Água no Nordeste**. Brasília, DF: CGEE, 2012, p. 31-43. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/pdf/agua-nordeste.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2024

PINHEIRO, J. M.; ARAÚJO, R. R. Impactos do fenômeno El Niño e La Niña no município de São Luís – Maranhão. **Revista GeoUECE**, v. 8, n. 15, p. 124-136, Jul./Dez. 2019.

SANTOS JUNIOR, R. R.; CARACRIST, I. Análise climática do maciço de Baturité (CE): subsídio ao planejamento e gestão ambiental. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 26, n. 4, p. 2227-2258, Jan./Dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.57243/26755122.XXVI4024>.

SANTOS, F. L. A.; NASCIMENTO, F. R. Dinâmica hidroclimática do Planalto da Ibiapaba e sua depressão periférica circunjacente: estudo de caso nos municípios de Tianguá e Ubajara, noroeste do Ceará. **Revista Ra'eGa**, Curitiba, PR v. 39, p. 57-75, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v39i0.41915>.

SILVA, D. F.; COSTA, I. M.; MATEUS, A. E.; SOUSA, A. B. Previsão Climática e de Ciclos Climáticos para o Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, PE, v. 6, n. 4, p. 959-977, 2013.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, 2016.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, SP, n. 36, volume especial, p. 126-142, 2014.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, J. B. DANTAS, E. W.; CAVALCANTE, T. (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005, p. 169-187.