



# **Potencial de Captação e Armazenamento de Água de Chuva para Residências do Estado da Paraíba**



**PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO  
JOSÉ HUGO SIMPLICIO DE SOUSA  
GEORGE DO NASCIMENTO RIBEIRO  
JOSÉ NILTON SILVA  
RAIMUNDO CALIXTO MARTINS RODRIGUES**

***Potencial de  
Captação e  
Armazenamento de  
Água de Chuva para  
Residências do  
Estado da Paraíba***



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P8476 Potencial de Captação e Armazenamento de Água de Chuva para Residências do Estado da Paraíba/Francisco et al.  
— Campina Grande: EPTEC, 2024.  
71 f.: il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-97304-4

1. Águas pluviais. 2. Coleta. 3. Armazenagem. 4. Geoprocessamento. 5. Geoestatística. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Sousa, José Hugo Simplicio de. III. Ribeiro, George do Nascimento. IV. Silva, José Nilton. V. Rodrigues, Raimundo Calixto Martins. VI. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores.  
As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável.  
Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2024 by Eptec

Copyright © Eptec

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Eptec

Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.

Open access publication by Eptec

**Créditos das Imagens da capa e dos capítulos**

Pixabay/Freepick

**Editoração, Revisão e Arte da Capa**

Paulo Roberto Megna Francisco

**Conselho Editorial**

Claudiomir Silva Santos (IFSULMINAS)

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

Flávio Pereira de Oliveira (CCA-UFPB)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Gypson Dutra Junqueira Ayres (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Nilton Silva (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Newton Carlos Santos (UFRN)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)

Raimundo Calixto Martins Rodrigues (DEAG-UEMA)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco  
José Hugo Simplicio de Sousa  
George do Nascimento Ribeiro  
José Nilton Silva  
Raimundo Calixto Martins Rodrigues

# ***Potencial de Captação e Armazenamento de Água de Chuva para Residências do Estado da Paraíba***



1.a Edição  
Campina Grande-PB  
2024

REALIZAÇÃO



APOIO



Universidade Federal  
de Campina Grande



**Uema**

UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DO MARANHÃO



## SUMÁRIO

<b>Introdução</b> .....	<b>6</b>
<b>Estudos Desenvolvidos</b> .....	<b>9</b>
<b>Krigagem Ordinária</b> .....	<b>11</b>
<b>Algoritmo B-Spline Multinível</b> .....	<b>13</b>
<b>Estatística Descritiva</b> .....	<b>15</b>
<b>Objetivos da Pesquisa</b> .....	<b>16</b>
<b>Caracterização da área de estudo</b> .....	<b>17</b>
<b>Material e Métodos</b> .....	<b>21</b>
<b>Resultados e Discussão</b> .....	<b>25</b>
<b>Conclusão</b> .....	<b>51</b>
<b>Anexo</b> .....	<b>53</b>
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>61</b>
<b>Curriculum dos Autores</b> .....	<b>70</b>



## INTRODUÇÃO

O clima de toda e qualquer região, situada nas mais diversas latitudes do globo, não se apresentam com as mesmas características em cada ano. O clima é considerado como o elemento condicionador da dinâmica do meio ambiente, pois exerce influência direta tanto nos processos de ordem física, quanto biológica, assim como na sociedade de modo geral (SORIANO,1997). As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável, a implementação das práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente (COSTA NETO et al., 2015).

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabelece que, para estudos comparativos de clima, sejam calculadas médias climatológicas para períodos mais longos possíveis e que existam nos dados consistência e homogeneidade na comparação dos valores

observados, e, além disso, é necessário utilizar-se de um período determinado entre as mesmas séries. No entanto, períodos mais curtos de observações, desde que feitas para anos sucessivos, prestam-se para avaliar o comportamento do clima, de acordo com Costa (1994) e Conti (2000).

No entanto, a caracterização climática da região Nordeste é um pouco complexa conforme afirma Silva et al. (2008), pois constitui domínio dos climas quentes de baixas latitudes, apresentando temperaturas médias anuais sempre superiores a 18°C, verificando-se desde territórios mais secos no interior até mais úmidos, na costa leste da região.

Estima-se que a população mundial se eleve para 8,3 bilhões em 2030, e para 9,1 bilhões, em 2050 (UN DESA, 2009). Embora abundante, a disponibilidade hídrica superficial no Brasil não é homogênea. Há regiões onde a disponibilidade é menor, porém com grande demanda, levando, em alguns casos, ao conflito pelo uso da água (FAO, 2017). Atualmente 48% da população mundial vive em meios urbanos e em 2030 este número estará acima de 60%, segundo dados de UNESCO-WWAP (2003).

A precipitação total anual sobre a superfície terrestre tem-se mantido em cerca de 110.000 km<sup>3</sup>. Parte dela é denominada água azul, correspondendo à porção de precipitação (40%), que alimenta os cursos de água e que serve de recarga aos aquíferos profundos (MOLDEN, 2007). A água, além de ser um recurso vital e de extrema importância como fator de produção para diversas atividades, é fonte essencial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico em todo mundo. No Brasil, as águas pluviais vêm sendo utilizadas nos estados do Nordeste, devido à falta de recursos hídricos, e essa água captada, é usada como fonte de suprimento (CARVALHO, 2010).

A região do semiárido no Brasil é a mais povoada do mundo e possui características próprias muito expressivas, das quais a principal delas é a baixa disponibilidade de água natural, bem como pela distribuição irregular ao longo do ano (BASTOS, 2007). Na região nordestina brasileira se encontram 14 milhões de pessoas sem acesso às redes de abastecimento de água potável. Esse contingente representa cerca de 48% dos sem acesso à água garantida, em quantidade e qualidade no país (CHRISTOFIDIS, 2006).

Para Hunka (2006), a disponibilidade dos recursos hídricos, bem como, seus usos múltiplos e os conflitos gerados por esses usos, representam atualmente um dos grandes desafios para a sociedade. Diversas têm sido as políticas públicas voltadas para os recursos hídricos da região semiárida brasileira. Nos últimos dois séculos ações de fortalecimento institucional, bem como medidas estruturais e não estruturais, vêm sendo implementadas, algumas comprovadamente de eficácia limitada (INSA, 2012).



De acordo com Jalfim (2001), durante os últimos 20 anos, milhares de famílias de agricultores do nordeste brasileiro, têm adotado sistemas de captação de água de chuva, de forma que, tal alternativa têm se apresentado como uma solução de baixo custo e grande eficácia.

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva têm tido uma crescente aplicação nas áreas urbanas em que estes sistemas atuam como fonte alternativa de abastecimento de água e minimizam os problemas relacionados à indisponibilidade hídrica para o atendimento das crescentes demandas. O uso das águas pluviais no meio urbano viabiliza a economia da água tratada proveniente do sistema convencional de abastecimento de água, visto que uma parcela da demanda de água doméstica, comercial, pública, ou mesmo de uso industrial, pode ser suprida pelo sistema alternativo de captação e aproveitamento das águas pluviais (MAIA et al., 2011).

Fewkes e Butler (1999) afirmam que, a coleta, armazenagem e utilização de água da chuva proveniente dos telhados é uma forma simples de redução das demandas municipais, para suprimento de água e tratamento de esgotos. O potencial do aproveitamento de água da chuva, dependendo da localização da edificação, é fundamental. Thomas (2001), por exemplo, afirma que é uma tecnologia-chave para o problema de abastecimento do sertão brasileiro.



## ESTUDOS DESENVOLVIDOS

Várias pesquisas em diversas áreas e com variadas ferramentas já utilizaram a krigagem ordinária, como Medeiros et al. (2015) na análise da variabilidade da temperatura média do ar; Francisco et al. (2016) na classificação climática de Köppen e Thornthwaite; Francisco et al. (2016a) na discriminação de cenários pluviométricos; Francisco et al. (2016b) no mapeamento da insolação; Francisco e Santos (2017) para elaboração da Climatologia do Estado da Paraíba; Sabino e Macedo (2019) em dados pluviométricos primários e modelos geoestatísticos interpolados em escala global; e Francisco et al. (2021) no estudo da dinâmica temporal da cobertura e uso da terra.

Quanto à captação de águas subterrâneas em diversos locais da Paraíba, já foram elaboradas pesquisas por Gonzaga et al. (2012) em Parará utilizando imagens de satélite, por Siqueira et al. (2015) em diagnóstico de poços artesianos, poços amazonas e cacimbas em Sumé, mas sempre se esbarra na dificuldade econômica da perfuração de poços e sua capacidade produtiva.

No Estado do Piauí, Melo et al. (2005), Maciel et al. (2010) e Santos et al. (2012) avaliando a pluviosidade e sua variabilidade demonstraram as condições necessárias para uma eficiente captura e armazenamento de água de chuva.

Francisco et al. (2017), demonstraram a viabilidade que o aproveitamento de água de chuva garante, mediante potencialidades pluviais, armazenamento e de consumo para o município de Sousa, no Sertão da Paraíba e observaram que, a maior demanda hídrica é da população humana e que existe o potencial de captação de água na área de estudo.



## KRIGAGEM ORDINÁRIA

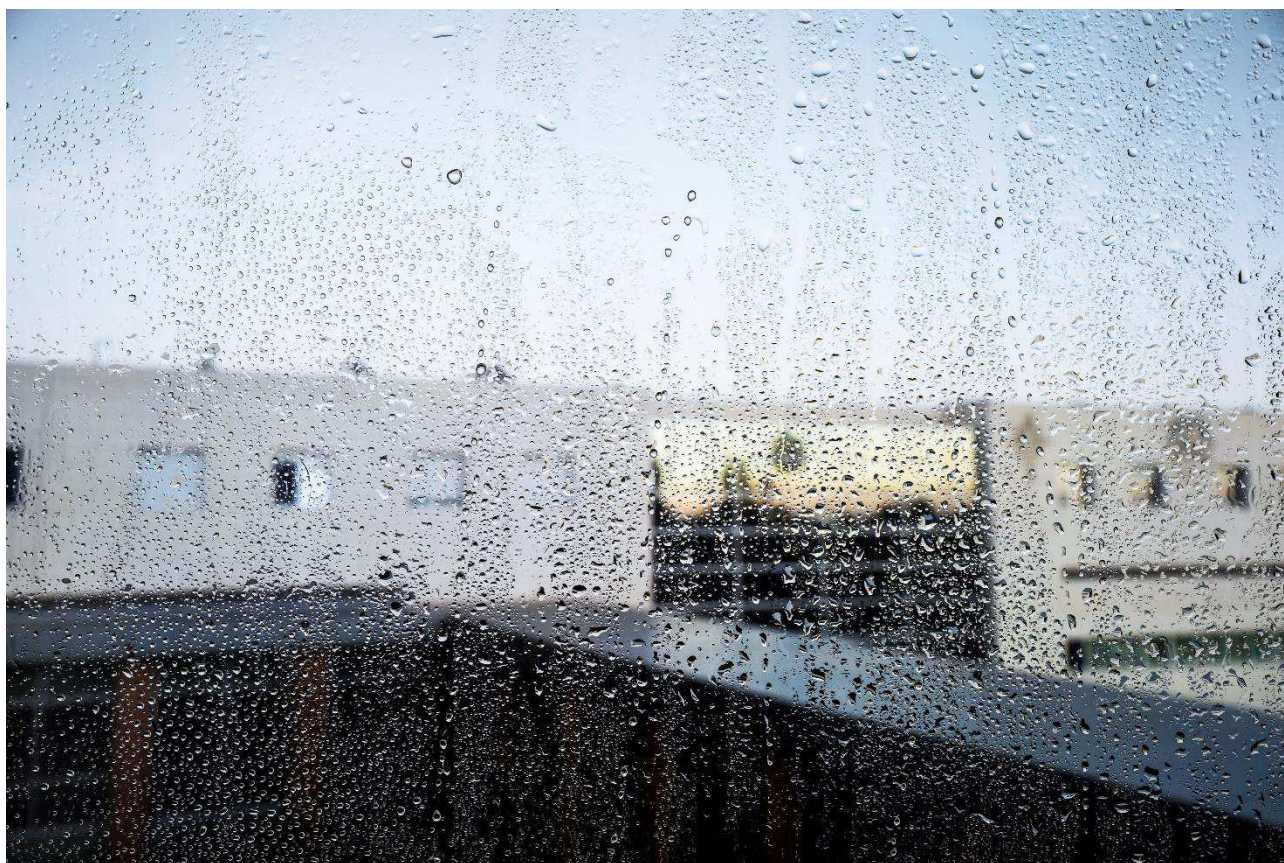
Modelos matemáticos, aritméticos e lógicos, buscando representar propriedades e processos do meio físico natural, têm sido implementados nos SIGs, com o objetivo de facilitar o seu estudo e compreensão, para que se possa atuar sobre o meio ambiente de forma mais responsável e cooperativa. Contudo, as propriedades naturais da superfície terrestre são espacialmente contínuas, sendo restritivo descrevê-las através de simples funções matemáticas. Modelos inferenciais para este objetivo vêm sendo propostos. A Geoestatística é um desses modelos e sua base conceitual está fundamentada na teoria das variáveis regionalizadas, formalizada por Matheron (1971). Dentre os procedimentos geoestatísticos, a krigagem se destaca como a técnica que possibilita a inferência de valores, a partir de amostras pontuais de um atributo espacial (BRANDÃO, 2001).

A krigagem compreende um conjunto de técnicas geoestatísticas de ajustes usadas para aproximar dados pelo princípio que fixado um ponto no espaço, os pontos no seu entorno são mais relevantes do que os mais afastados. Isto pressupõe a existência de

dependência entre os dados, exigindo saber até onde espacialmente esta correlação importa (ISAACS & SRIVASTAVA, 1989).

Conforme Jakob (2002), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados. De acordo com Landim (2006) e conforme constatado por Jung et al. (2006) e Zhou et al. (2007), a krigagem ordinária, é uma das técnicas mais utilizadas dentre os métodos geoestatísticos conhecidos, principalmente quando se tratam de estudos envolvendo as variáveis ambientais.

Com o avanço da informática e a disponibilização de programas computacionais para estudos de análise ambiental, facilitou a realização de trabalhos visando à gestão dos recursos naturais (DUARTE & BARBOSA, 2009).



## ALGORITMO B-SPLINE MULTINÍVEL

**M**odelos matemáticos, aritméticos e lógicos, buscando representar propriedades e processos do meio físico natural, têm sido implementados e modelos inferenciais vêm sendo propostos, e a geostatística é um desses modelos, e sua base conceitual está fundamentada na teoria das variáveis regionalizadas formalizada por Matheron (1971). Dentre os procedimentos geostatísticos se destaca como a técnica do algoritmo B-spline multinível para interpolação espacial de dados dispersos, conforme proposto por Lee et al. (1997). O algoritmo faz uso de uma hierarquia grosseira à fina de redes de controle para gerar uma sequência de funções B-spline bicúbicas, cuja soma se aproxima da função de interpolação desejada em que, grandes ganhos de desempenho são obtidos usando o refinamento do B-spline para reduzir a soma dessas funções em uma função B-spline equivalente.

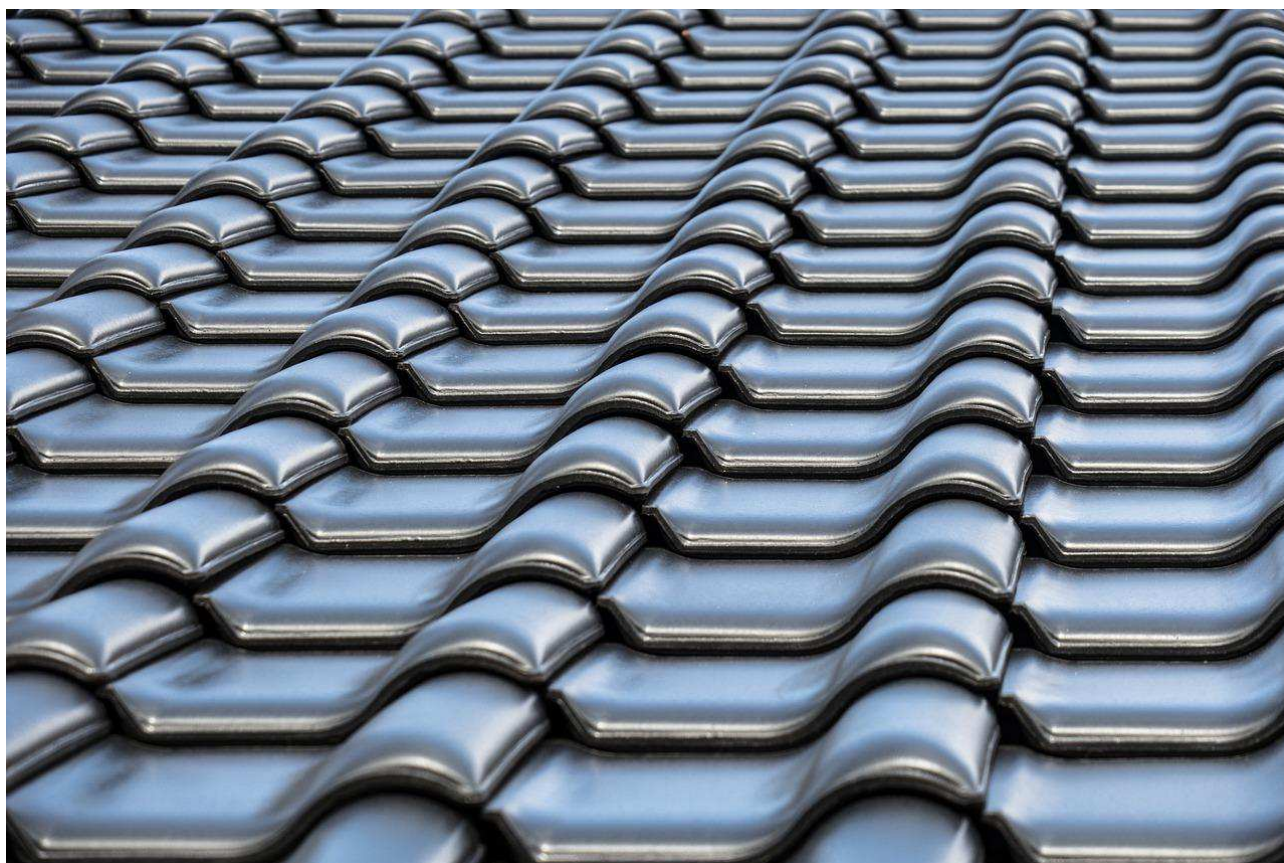
A metodologia foi utilizada por diversos autores e áreas como por Lee et al. (2005) em dados dispersos e Lee et al. (2005) em dados quase-interpolantes, por Polizelli Júnior (2008) em reconstrução de superfícies, na geração de modelo digital de batimetria por Osorio et al. (2011), por Jiang e Zhang (2013) na anomalia magnética, por Fanti (2016) em superfícies tridimensionais, por Moon e Ko (2018) na acurácia de multinível, em refinamento hierárquico por Lyche et al. (2018), por Sabino e Macedo (2019) interpolando dados pluviométricos, por Noël et al. (2020) na otimização de topologias, por Cano (2022) em interpolação de batimetria, e por Kaya et al. (2021) na eletroestática.



## ESTATÍSTICA DESCRITIVA

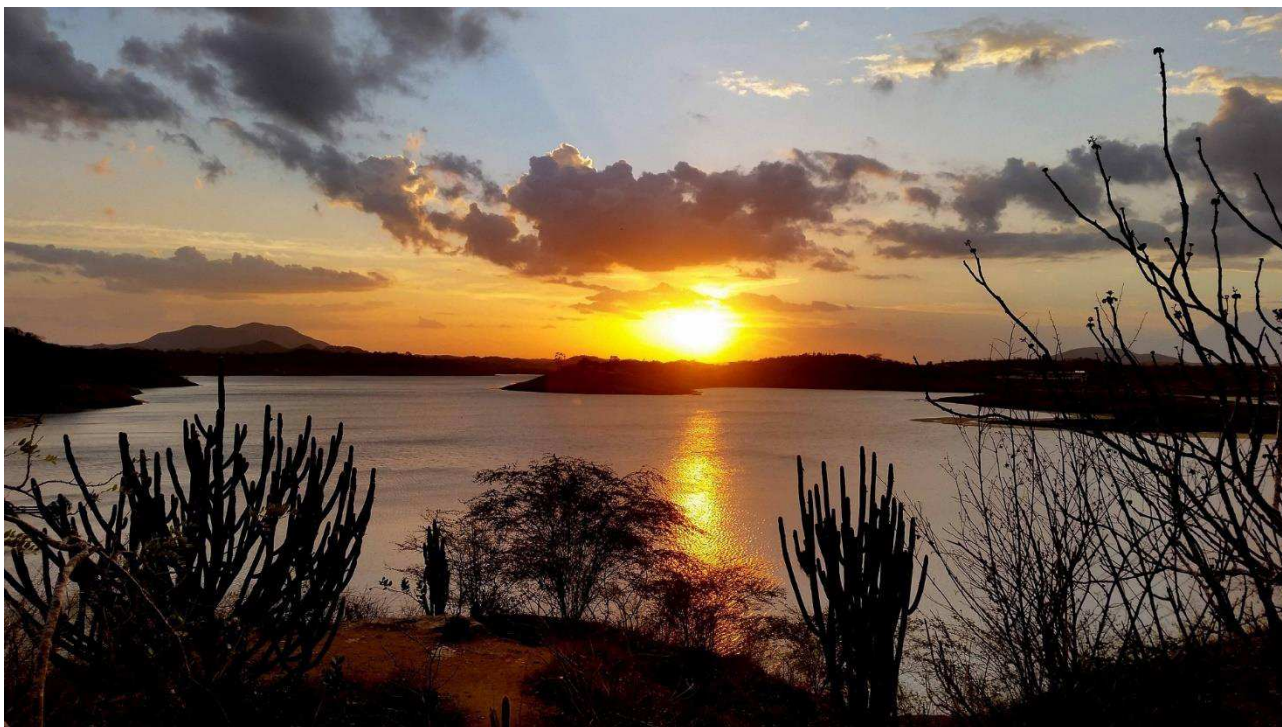
**A** estatística descritiva compreende técnicas que se usam para resumir e descrever dados. A estatística descritiva, conforme Silvestre (2007), é constituída pelo conjunto de métodos destinados à organização e descrição dos dados através de indicadores sintéticos ou sumários. Várias pesquisas em diversas áreas e com variadas ferramentas a utilizaram, como Francisco et al. (2016a) na discriminação de cenários pluviométricos; Francisco et al. (2016b) no mapeamento da insolação; e Francisco et al. (2021) no estudo da dinâmica temporal da cobertura e uso da terra.





## **OBJETIVOS DA PESQUISA**

**P**ortanto, este trabalho objetiva através do uso de programas de geoprocessamento e de procedimento geoestatístico e de krigagem, inferir a variabilidade espacial dos dados entre 2000 e 2022 de pluviosidade e realizar seu mapeamento além de estimar e mapear o potencial de captação e armazenamento de água de chuva e a demanda de consumo de residências do Estado da Paraíba utilizando modelagem por interpolação b-spline multinível.



## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado da Paraíba localizado na região Nordeste do Brasil, apresenta uma área de 56.372 km<sup>2</sup>, que corresponde a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (FRANCISCO, 2010).

De acordo com o Censo Demográfico, a população do Estado da Paraíba é de 3.974.687 habitantes com densidade demográfica de 70,39 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2023) apresentando área urbanizada de 680,32 km<sup>2</sup> representando 1,52% do Brasil (IBGE, 2019). Com tendência similar à observada na maioria dos Estados brasileiros, a população da Paraíba está fortemente concentrada em áreas urbanas, em que, 46,1% residem nos 10 municípios com mais de 50.000 habitantes (PARAÍBA, 2014).

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30°C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (<700m) (Figura 1). A precipitação varia de 400 a 800mm anuais, nas regiões interiores semiáridas, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar aos 1.600mm (VAREJÃO-SILVA et al., 1984).

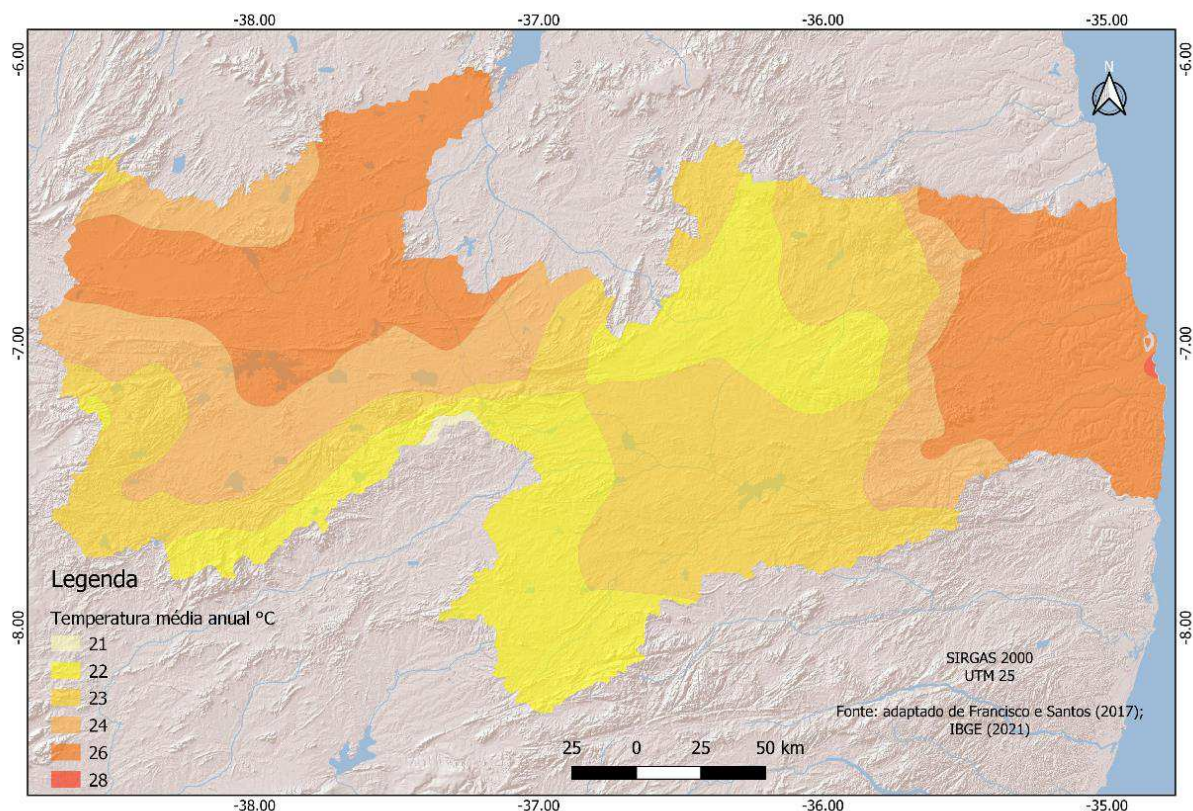


Figura 1. Temperatura média anual. Fonte: adaptado de Francisco e Santos (2017).

Conforme Francisco et al. (2015), apresenta classificação climática de Köppen, em quatro tipos diferentes de clima. O clima Aw, que caracteriza a região do Litoral norte como Tropical com estação seca no inverno, o clima Am no Litoral norte e Sul do Estado, o tipo climático As que dominam em sua maioria nas regiões de parte do Litoral, Brejo, Agreste e em pequena faixa da região do Sertão e em toda área do Alto Sertão. O tipo climático Bsh é predominante na área do Cariri/Curimataú, e boa parte da área do Sertão (Figura 2).

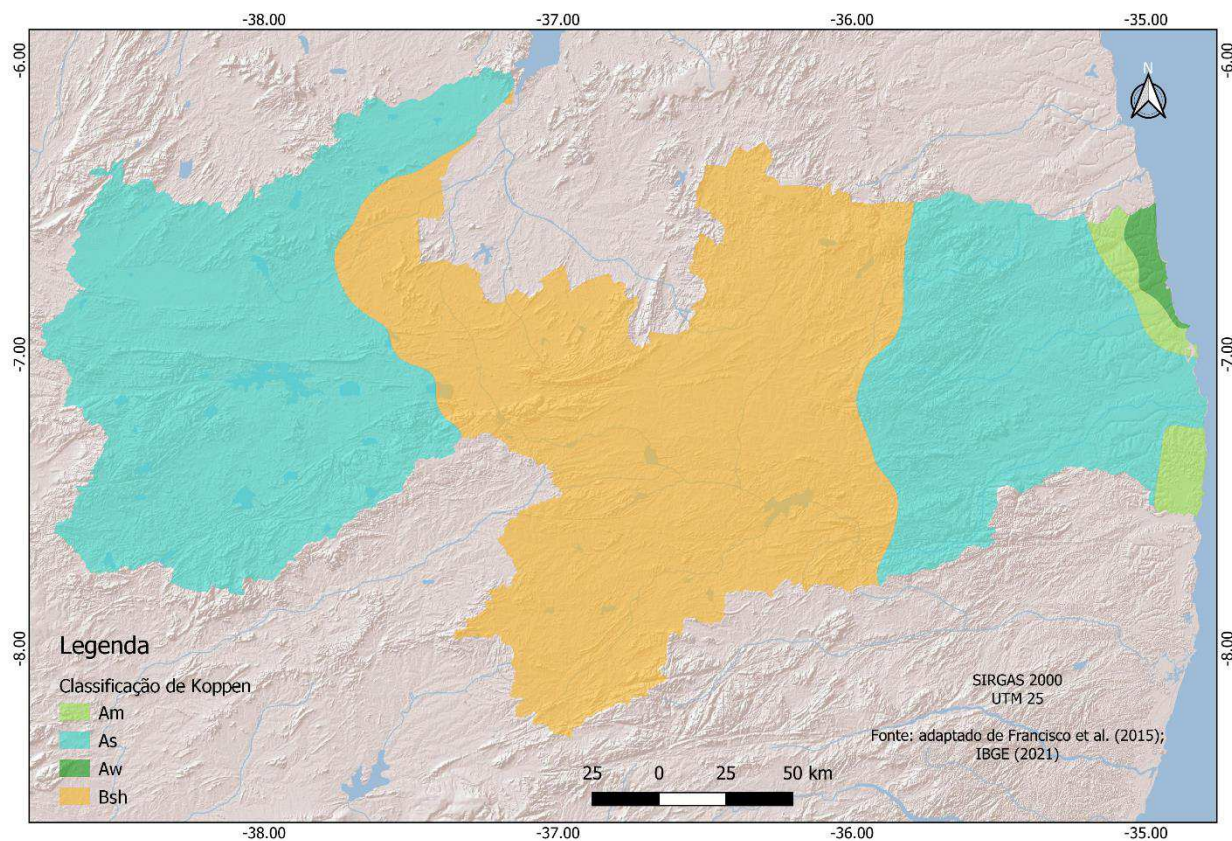


Figura 2. Classificação climática de Köppen. Fonte: adaptado de Francisco et al. (2015).

Pela Figura 3, observa-se a espacialização dos postos pluviométricos e as regiões e sub-regiões geográficas dos atributos naturais desses espaços geográficos que guardam uma estreita relação com a ocorrência da pluviosidade e clima, servindo desta forma para fundamentar a apresentação e a discussão deste trabalho. Setzer (1966) afirma que, uma distribuição de postos pluviométricos com espacialização adequada, proporciona ótima distribuição na determinação do clima.

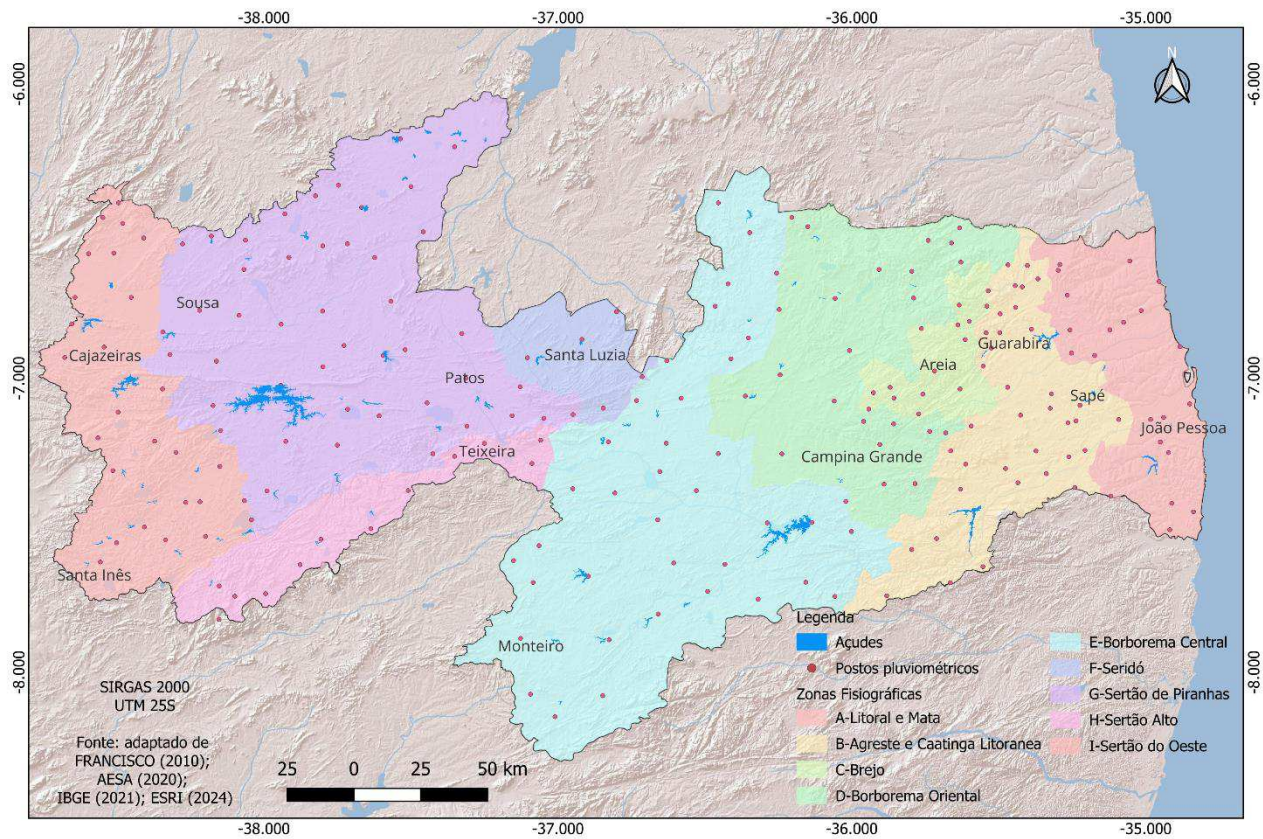


Figura 3. Postos pluviométricos distribuído por Zona Fisiográfica.

Fonte: adaptado de Francisco (2010); AESA (2020); IBGE (2021); ESRI (2024).



## MATERIAL E MÉTODOS

**N**a metodologia deste trabalho foram utilizados dados pluviométricos dos 223 municípios entre os anos de 2000 a 2022 obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA, 2023).

A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série. Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum a todas as localidades, haja vista a diferença do número de anos e/ou mesmo do número de postos, devido a diferença de início da operação desses postos. Assim, para cada localidade foi considerado para o período disponível, independente do início (FRANCISCO et al., 2015).

Para a elaboração dos mapas anuais e da média anual de pluviosidade, foi realizado a modelagem por interpolação utilizando a krigagem ordinária com uso do software SAGA®

7.8.2 em que, no variograma foi utilizado o método do Logaritmo ( $a+b.\ln(1+x)$ ) por apresentar o maior coeficiente de determinação entre os demais, gerando imagens no formato *raster* com células de 0,25 km<sup>2</sup>. Em seguida foram elaborados os histogramas das imagens e obtida a estatística.

A krigagem ordinária é um estimador de krigagem linear, ou seja, estima um valor em posição espacial não observada segundo uma combinação linear dos valores de um subconjunto amostral local. A krigagem ordinária possibilita a inferência do atributo, numa posição  $u$ , sem a necessidade de se conhecer a média estacionária  $\mu$ . Sob a condição de que a somatória dos ponderadores da krigagem ordinária  $\lambda_{0\alpha}(u)$  é igual a 1 (Equação 1).

$$\sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{0\alpha}(u) = 1 \text{ (Eq.1)}$$

Assim, têm-se a fórmula para o estimador de krigagem ordinária (JOURNEL, 1988) (Equação 2).

$$Z_0^*(u) = \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{0\alpha}(u) \cdot z(u_\alpha) \text{ (Eq.2)}$$

Journel (1988) demonstra que, a aplicação dos critérios de mínima variância do erro de estimação e de não tendenciosidade do estimador possibilita o cálculo dos pesos,  $\lambda_{0\alpha}(u)$ , pela solução do sistema de equações de krigagem ordinária (Equação 3).

$$\begin{cases} \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{0\alpha}(u) C(u_\alpha, u_\beta) + \phi(u) = C(u, u_\beta) \text{ para } \beta = 1, \dots, n(u) \\ \sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{0\alpha}(u) = 1 \end{cases} \text{ (Eq.3)}$$

Em que:  $C(u_\alpha, u_\beta)$  é a covariância entre as amostras observadas em  $u_\alpha, u_\beta$ ;  $C(u, u_\beta)$  é a covariância entre a amostra observada em  $u_\beta$  e a posição  $u$ ; e  $\phi(u)$  é o multiplicador de Lagrange, necessário para a minimização da variância do erro e associado com a restrição  $\sum_{\alpha=1}^{n(u)} \lambda_{0\alpha}(u) = 1$ .

Após, utilizando o QGIS® 3.34 as imagens foram importadas, classificadas e recortadas em seus limites utilizado um arquivo digital no formato shape do limite estadual fornecido pelo IBGE (2021).

Através do uso da metodologia adaptada de Francisco et al. (2017), utilizando planilha eletrônica Excel® e os dados pluviométricos, foram elaboradas as médias anuais, desvio padrão, curtose e coeficiente de variação obtidas para cada município utilizando as Equações 4 a 7.

$$P_{ma} = \frac{1}{A} \sum P_{(t)} \text{ (Eq.4)}$$

$$S = \sqrt{\sum \frac{(P_{(t)} - P_{ma})^2}{T}} \text{ (Eq.5)}$$

$$K = \frac{Q_3 - Q_1}{2 (P_{90} - P_{100})} \text{ (Eq.6)}$$

$$CV = \frac{S}{P_{ma}} \cdot 100 \text{ (Eq.7)}$$

Em que: P<sub>ma</sub> = precipitação média anual (mm); t = mês; A = quantidade de anos; S = Desvio Padrão; T = quantidade de meses; K = Curtose; Q<sub>1</sub> = primeiro quartil; Q<sub>3</sub> = terceiro quartil.

Após foram elaboras os cálculos da demanda hídrica e da necessidade de água projetada para residências de 75; 150; 300 e 450 m<sup>2</sup> de telhado ou cobertura. Foi adotado uma residência de 4 pessoas em que de acordo com a ONU (2015), apresenta um consumo diário mínimo de 110 litros de água por pessoa (160,6 m<sup>3</sup>.ano).

Para a determinação do volume de água de chuva para aproveitamento pelas áreas de telhados, foi utilizada a metodologia adaptada de Ghisi et al. (2007) e aplicada por Lima et al. (2011) e Nascimento et al. (2016) (Equação 8).

$$V_{ma} = P \cdot A \cdot C / 1000 \text{ (Eq.8)}$$

Em que: V<sub>ma</sub> - volume médio anual de chuva captado (m<sup>3</sup>); P - precipitação anual média (mm); A - área total de captação (m<sup>2</sup>); C - coeficiente de *runoff* (adimensional) (0,81) (VILLELA & MATTOS, 1980); 1000 - fator de conversão da precipitação de mm para m.

O potencial anual de armazenamento de água potável foi determinado considerando os dados das médias anuais do consumo de água estimado e do volume anual de água de chuva captada, conforme a metodologia adaptada de Ghisi et al. (2007) (Equação 9).



$$Paa = V \cdot DAP \cdot 100 \text{ (Eq.9)}$$

Em que: Paa - potencial de armazenamento de água (%); V - Volume anual médio de água de chuva captada (m<sup>3</sup>); DAP - demanda anual de água potável (m<sup>3</sup>).

Na elaboração do mapa da média anual de pluviosidade foi realizado a interpolação B-Spline Multinível (MBS) através do plugin SAGA® do QGIS® 3.34, gerando imagens no formato *raster* com células de 1 km<sup>2</sup>, com limiar de erro de 0,0001 e 11 como nível máximo. Método de interpolação em que, à medida que a hierarquia avança de nível, o controle de látex aplicado por cada multinível suaviza e interpola o conjunto de pontos que compõem a superfície, gerando uma representação aproximada da realidade (LEE et al., 2005).

Em seguida as imagens *raster* foram transformados em formato vetorial e elaboradas as isoietas de 100 mm utilizando a ferramenta contorno. Na sequência foram elaborados os mapas de potencial de captação e de armazenamento para telhados de 75; 150; 300 e 450 m<sup>2</sup> sendo utilizado um arquivo digital no formato shape do limite estadual fornecido pelo IBGE (2021) para o recorte. Após, utilizando a ferramenta Estatística realizou-se análise dos dados.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**P**elos resultados pode-se observar na Figura 4 que a distribuição temporal da pluviosidade média anual demonstra alta variabilidade espacial de precipitação entre 2000 a 2022, em que, na região Litorânea apresenta os maiores valores de 1.903,10 mm ano<sup>-1</sup>, e diminuindo a pluviosidade até a região do Brejo. Adentrando à Oeste nos contrafortes do Planalto da Borborema, a pluviosidade diminui seus valores até 335,80 mm ano<sup>-1</sup>, voltando a aumentar na região do Sertão entre 1.000 mm ano<sup>-1</sup> (Tabela 1). Resultados similares observados por Francisco et al. (2016c) e por Francisco et al. (2023) em que a variabilidade espacial de precipitação das chuvas se concentram no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano, devido à orografia da área.

De acordo com Francisco et al. (2016c), o Litoral é o setor onde ocorrem os maiores índices pluviométricos do Estado com totais pluviométricos mais elevados no Litoral Sul, em que os principais sistemas responsáveis são a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT

(HASTENRATH & HELLER, 1977), as Frentes Frias (ARAGÃO, 1976; KOUSKY, 1979), os Distúrbios de Leste ou Ondas de Leste (YAMAZAKI & RAO, 1977) e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (ARAGÃO, 1976; KOUSKY & GAN, 1981).

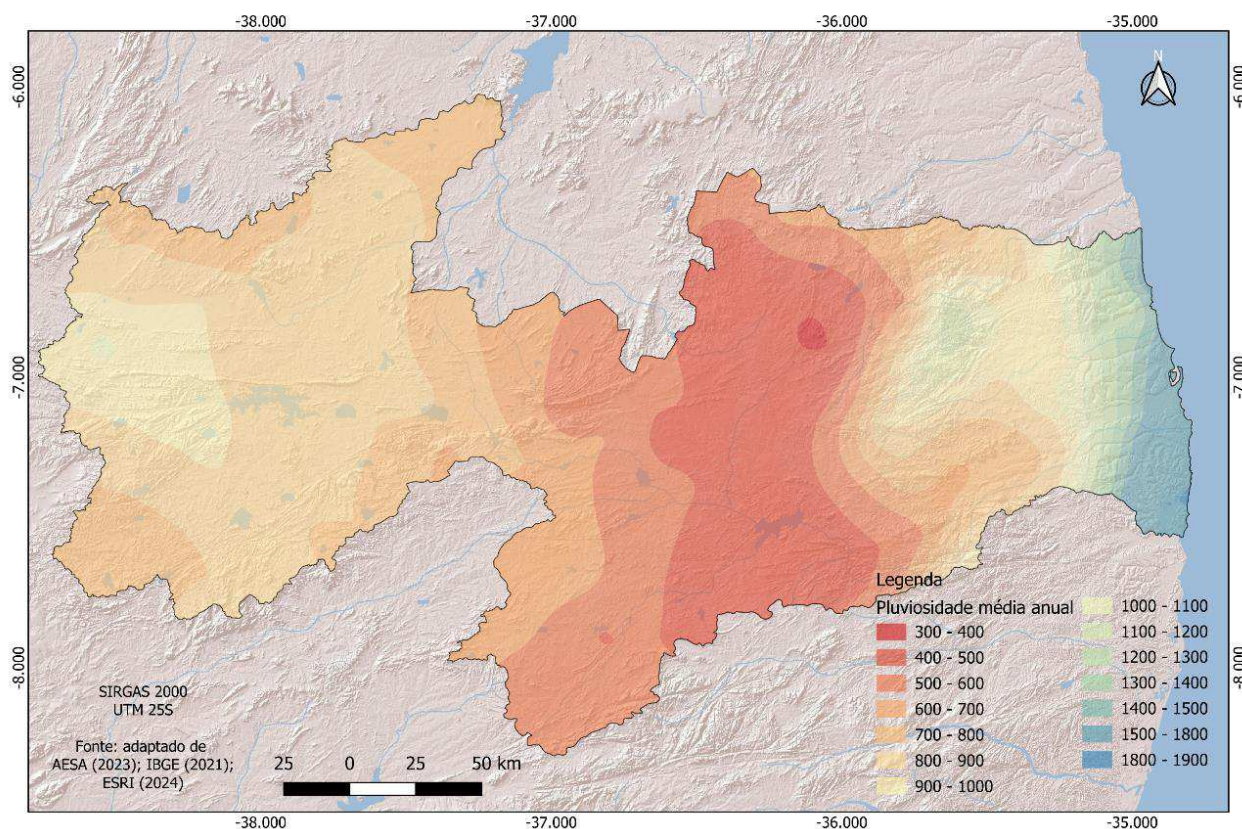


Figura 4. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) do Estado da Paraíba entre 2020 a 2022.

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

Nas Figura 5 a 27 observa-se a distribuição temporal da pluviosidade média anual de 2000 a 2020 em que, com relação à distribuição anual, observa-se a alta variabilidade espacial de precipitação, onde o setor central nas regiões do Cariri/Curimataú, os menores valores estão em torno de 300 a 500mm, no Sertão e Alto Sertão em torno de 700 a 900mm, no Brejo e Agreste de 700 a 1.200mm, e o Litoral em média de 1.200 a 1.600mm (FRANCISCO et al., 2016c).

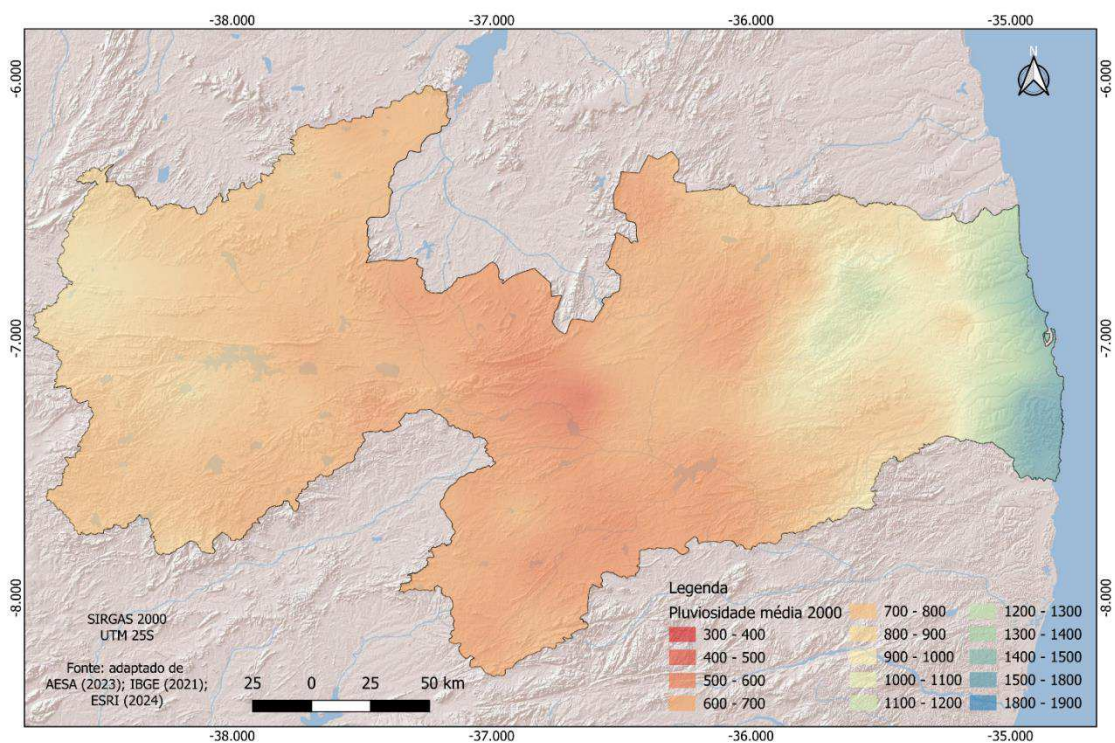


Figura 5. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2000.

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

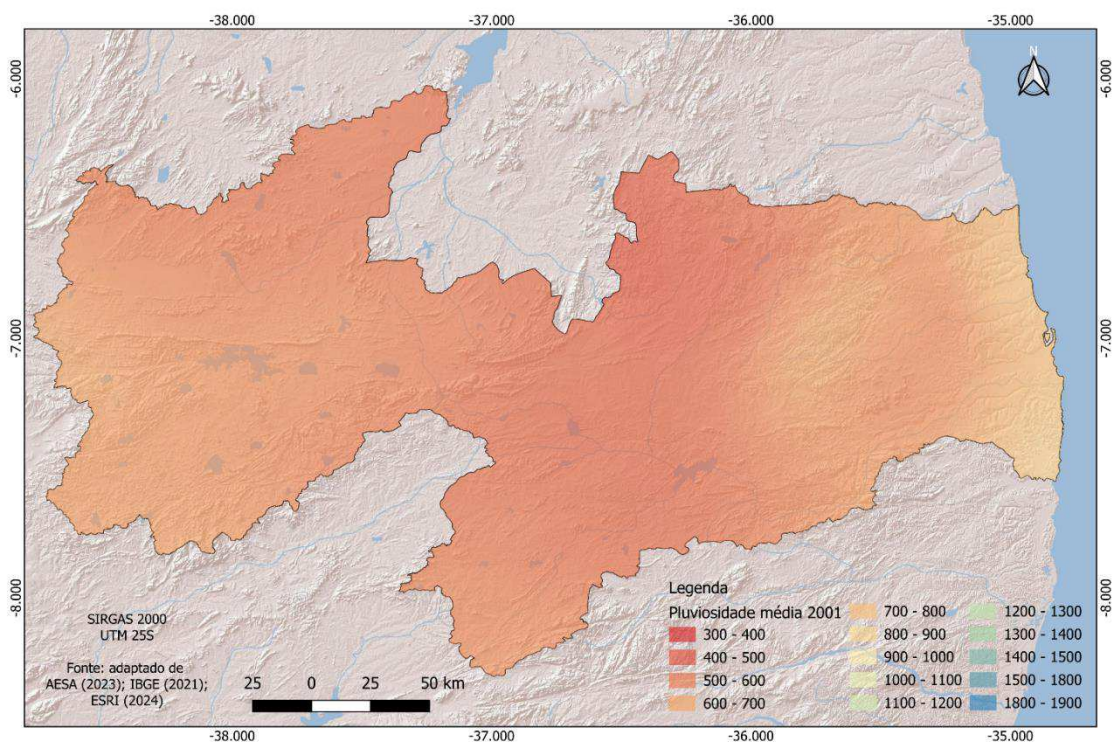


Figura 6. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2001.

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

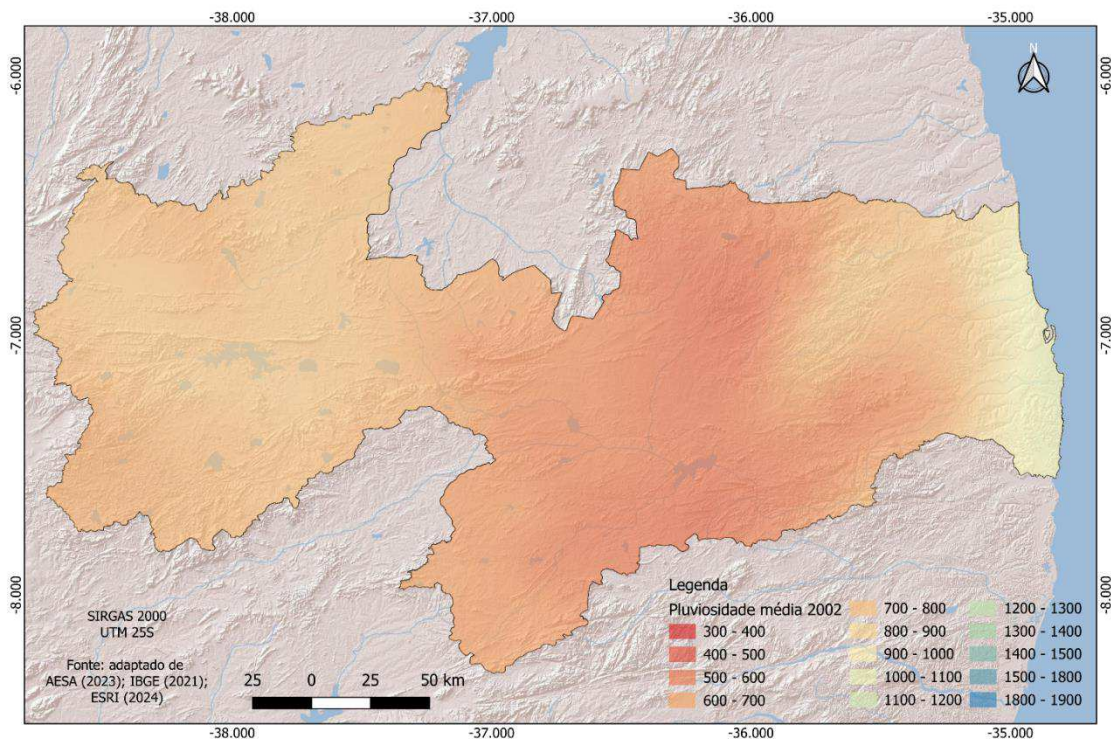


Figura 7. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2002.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

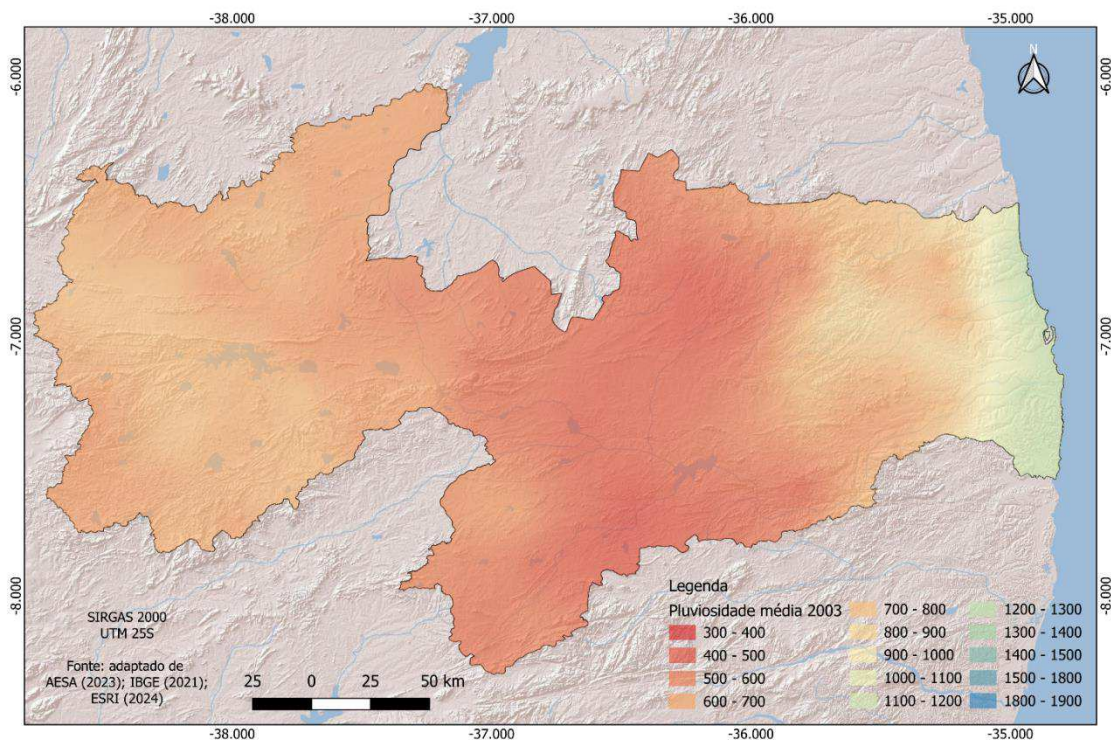


Figura 8. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2003.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

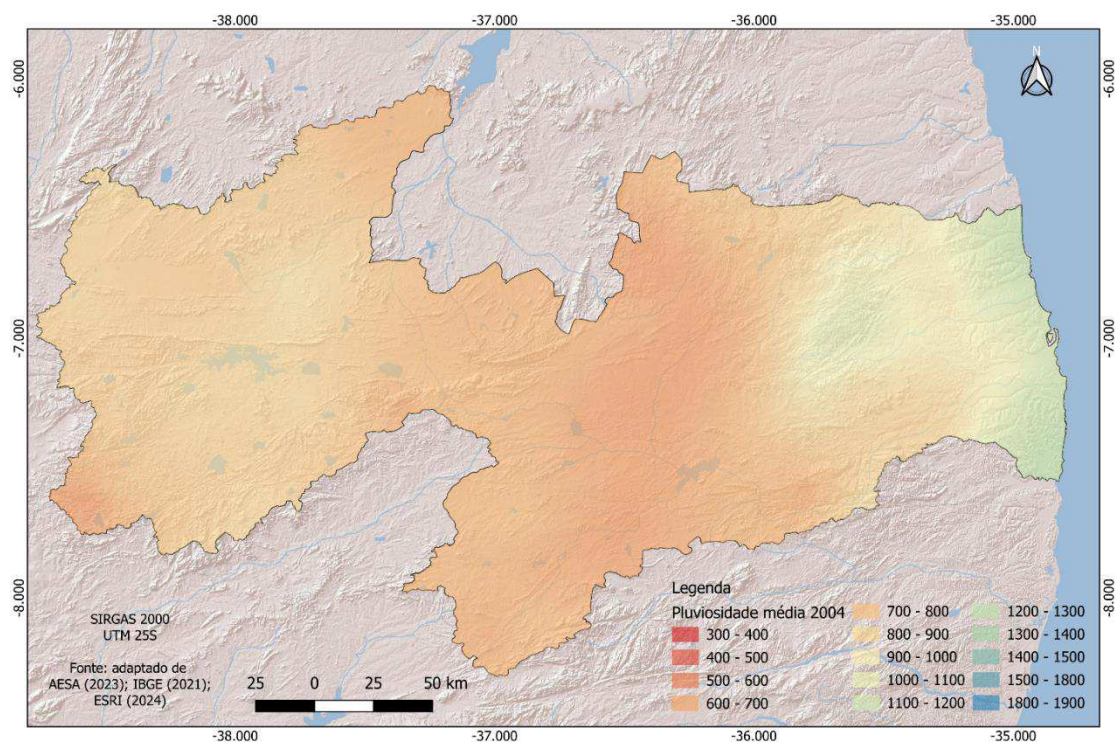


Figura 9. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2004.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

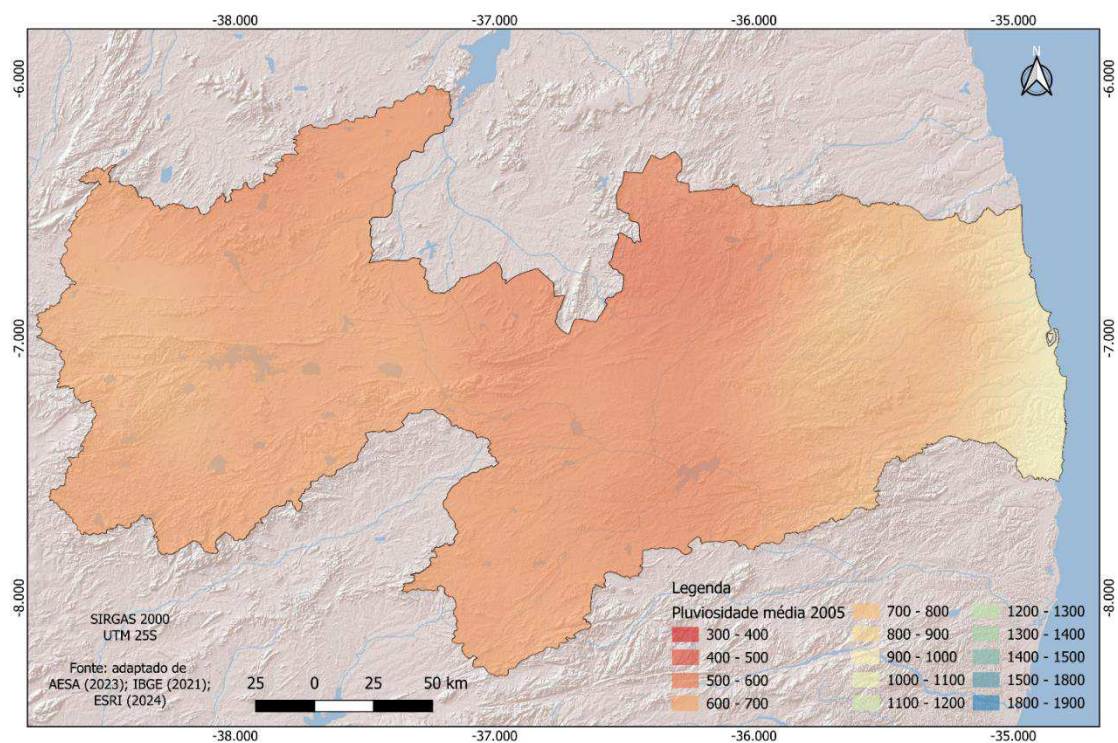


Figura 10. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2005.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

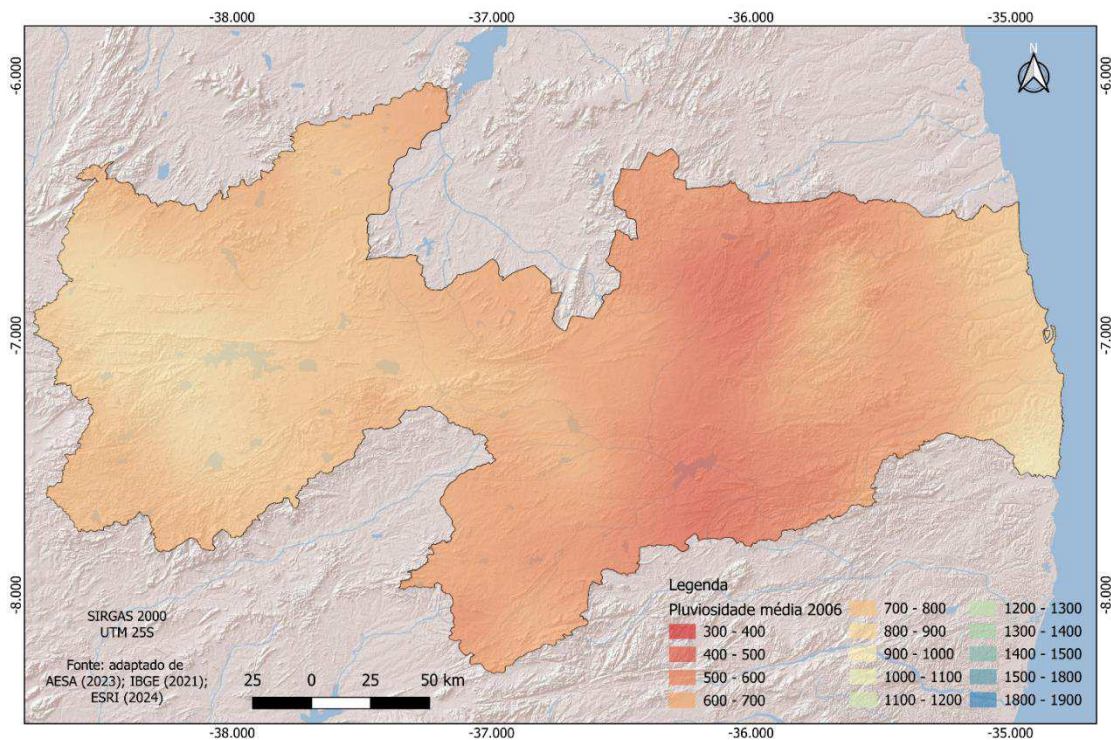


Figura 11. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2006.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

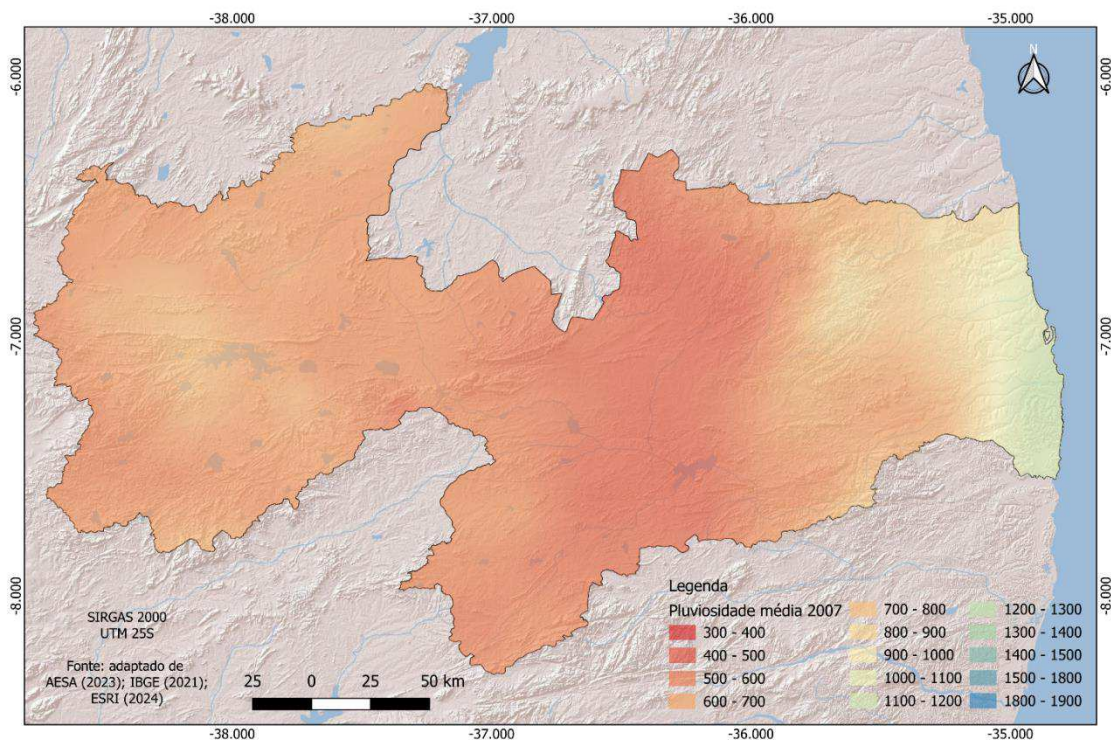


Figura 12. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2007.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

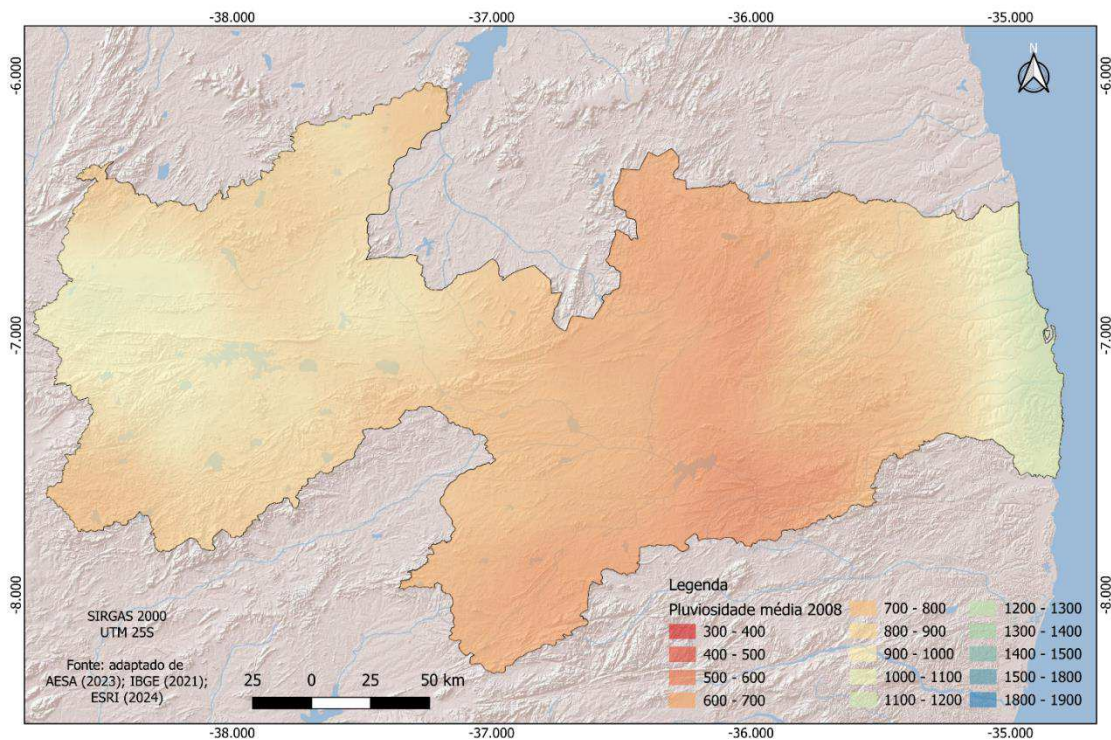


Figura 13. Pluviosidade média anual ( $\text{mm ano}^{-1}$ ) de 2008.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

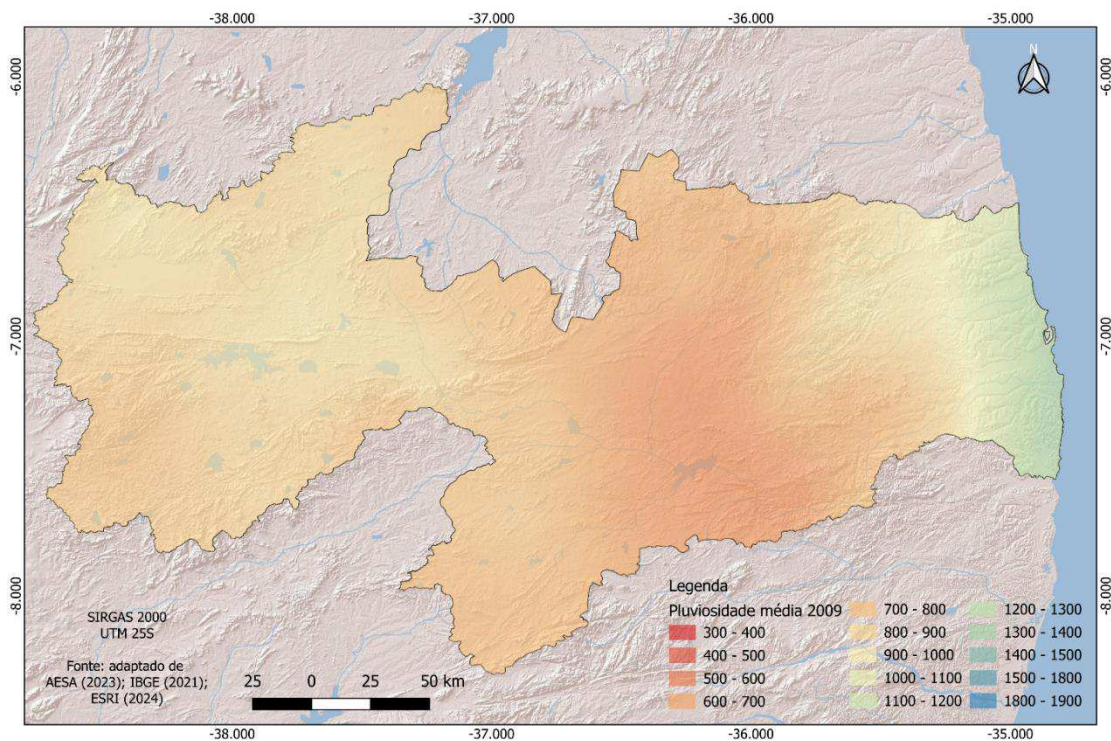


Figura 14. Pluviosidade média anual ( $\text{mm ano}^{-1}$ ) de 2009.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).



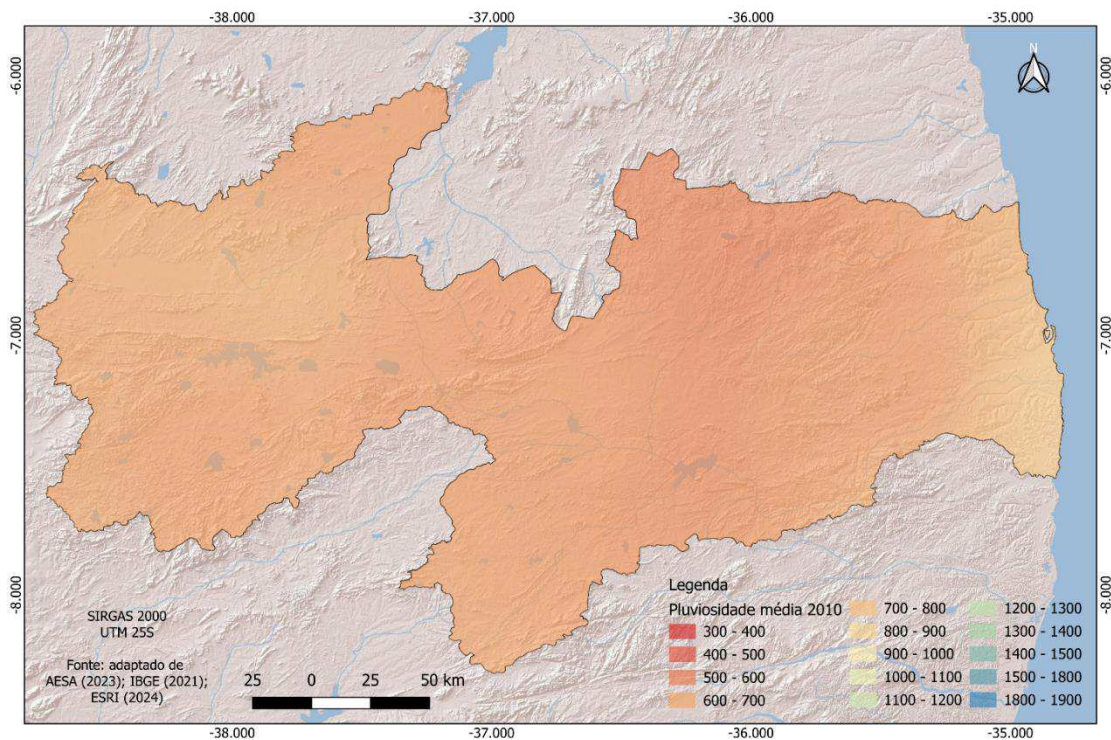


Figura 15. Pluviosidade média anual ( $\text{mm ano}^{-1}$ ) de 2010.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

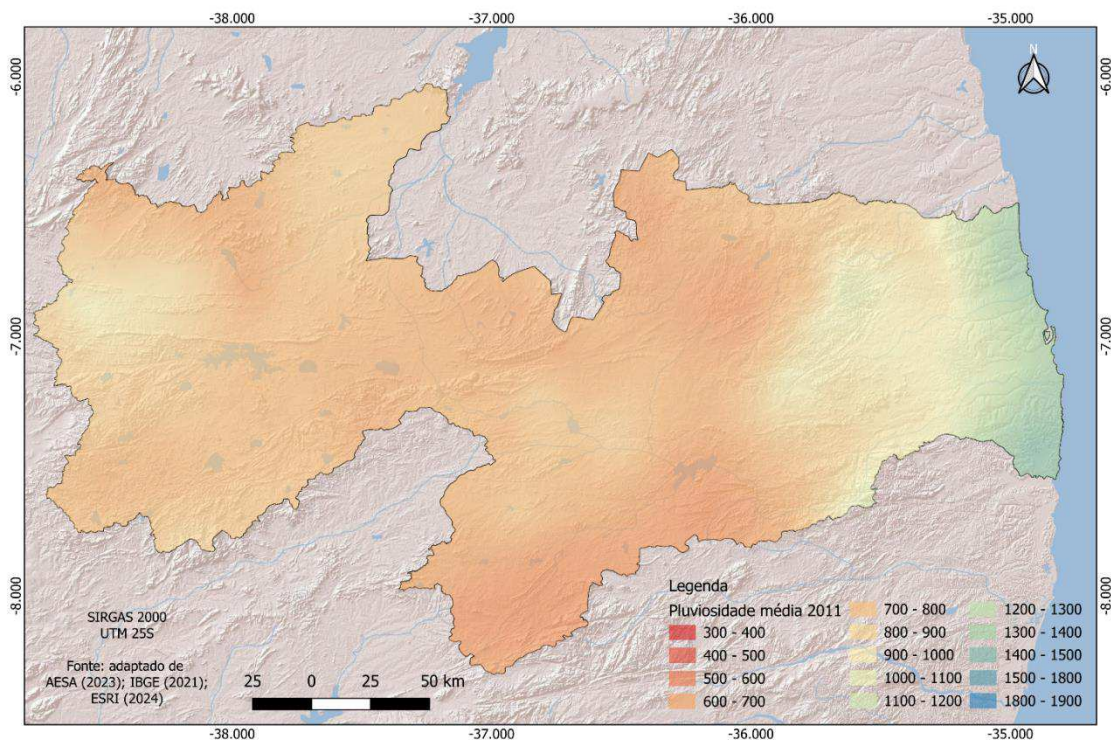


Figura 16. Pluviosidade média anual ( $\text{mm ano}^{-1}$ ) de 2011.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

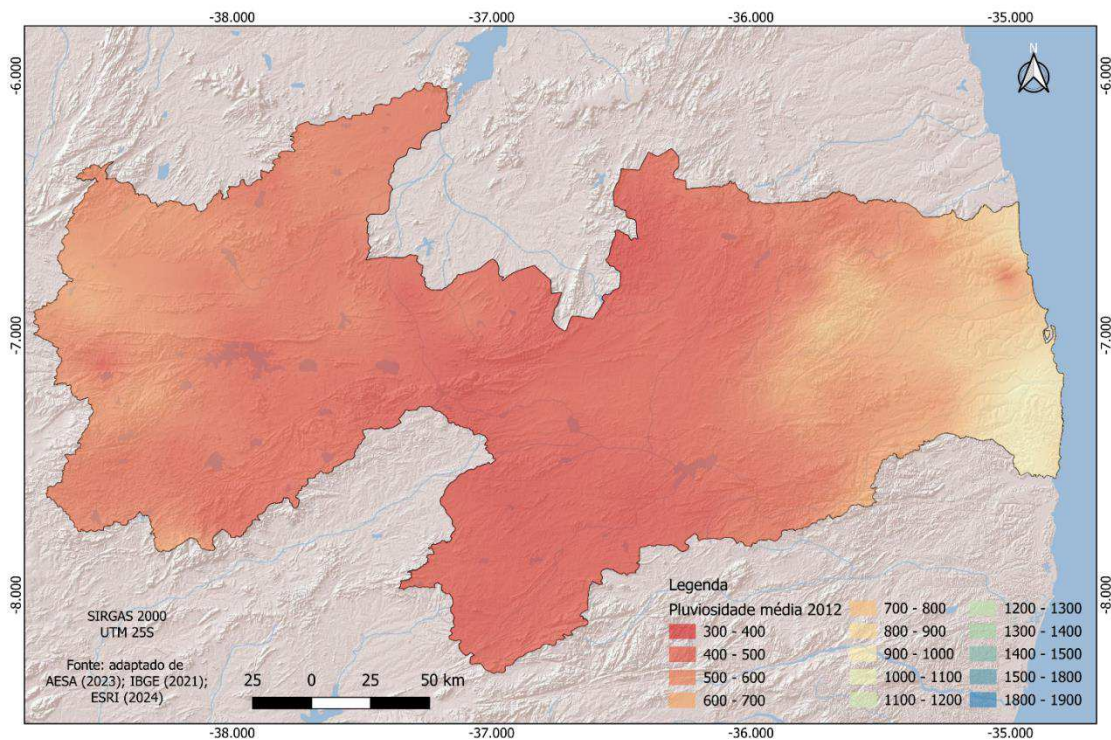


Figura 17. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2012.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

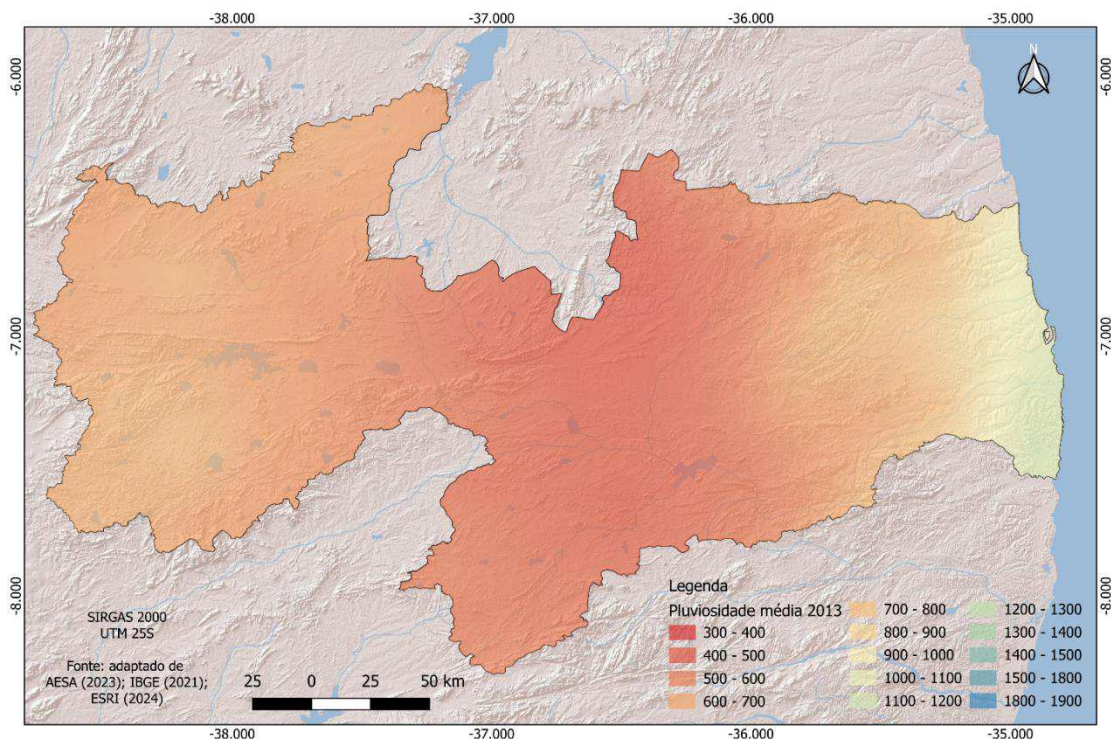


Figura 18. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2013.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

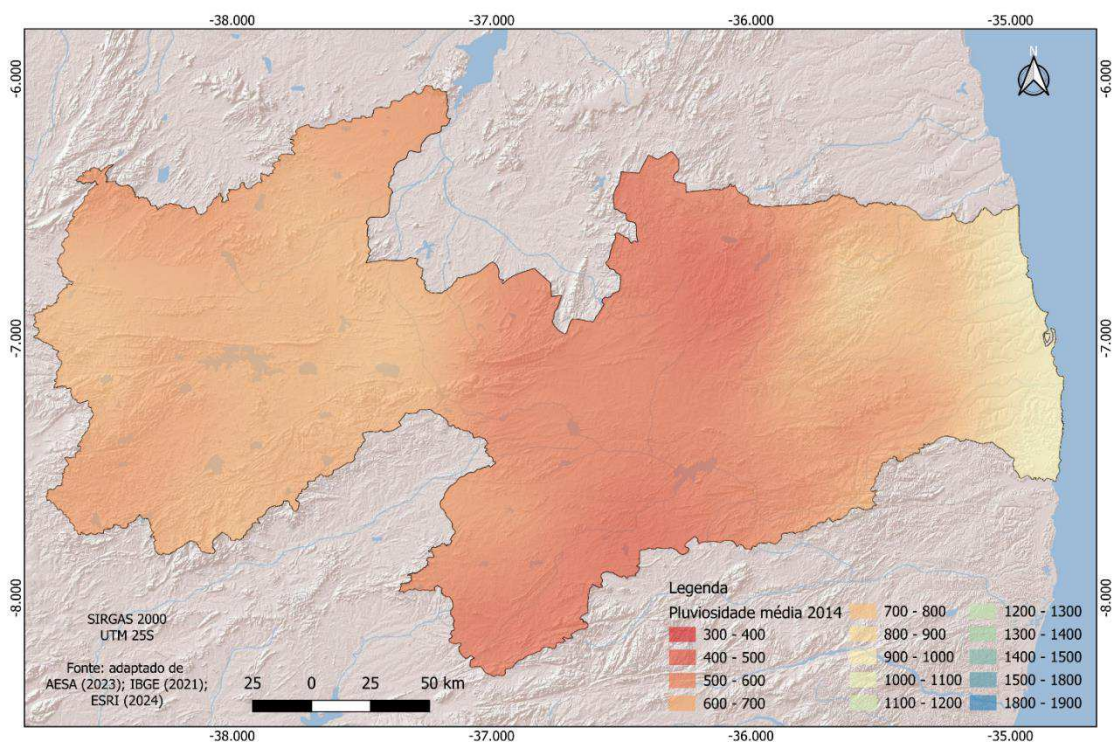


Figura 19. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2014.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

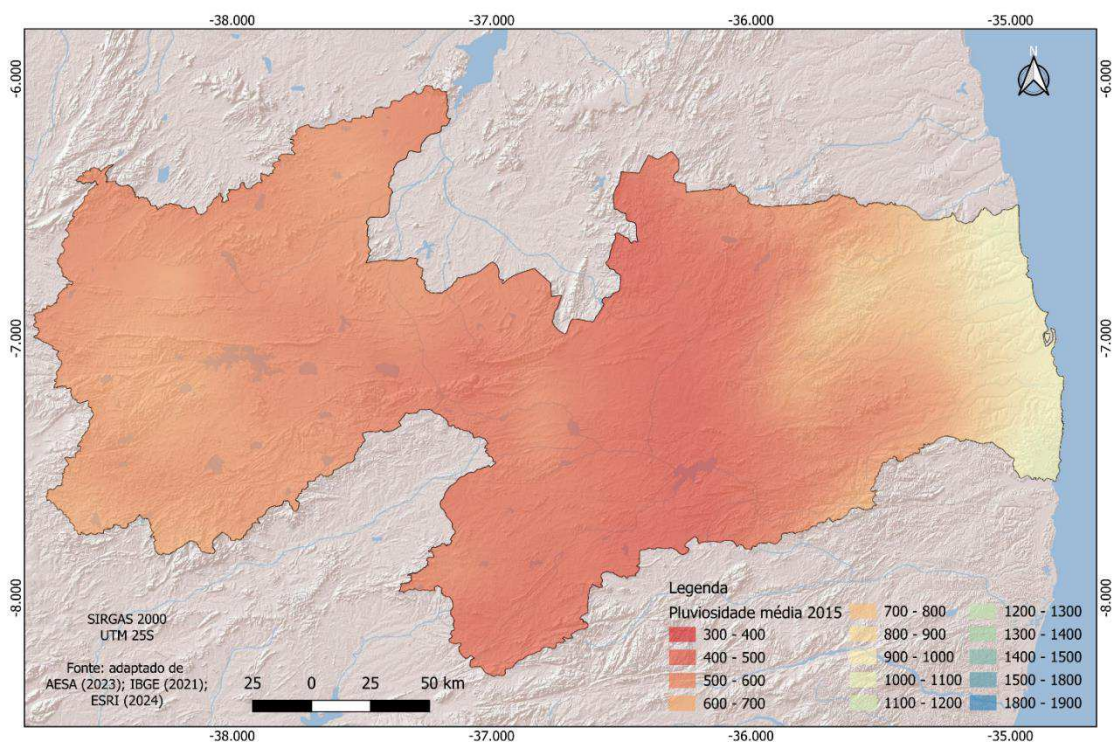


Figura 20. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2015.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

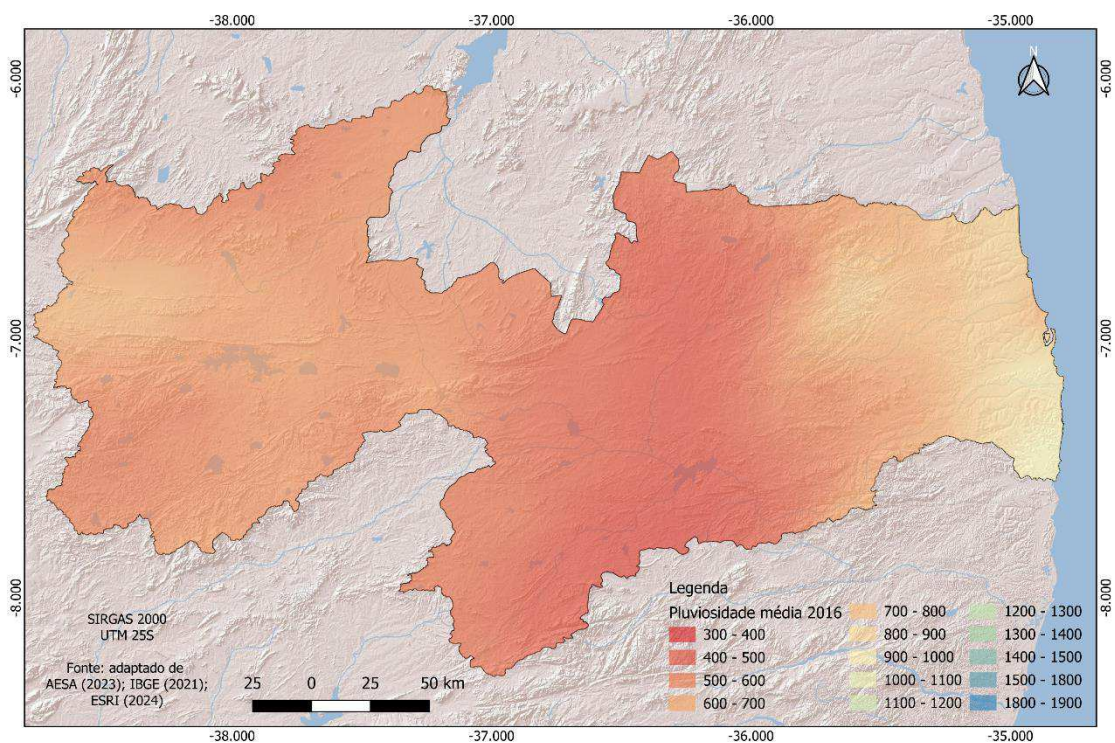


Figura 21. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2016.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

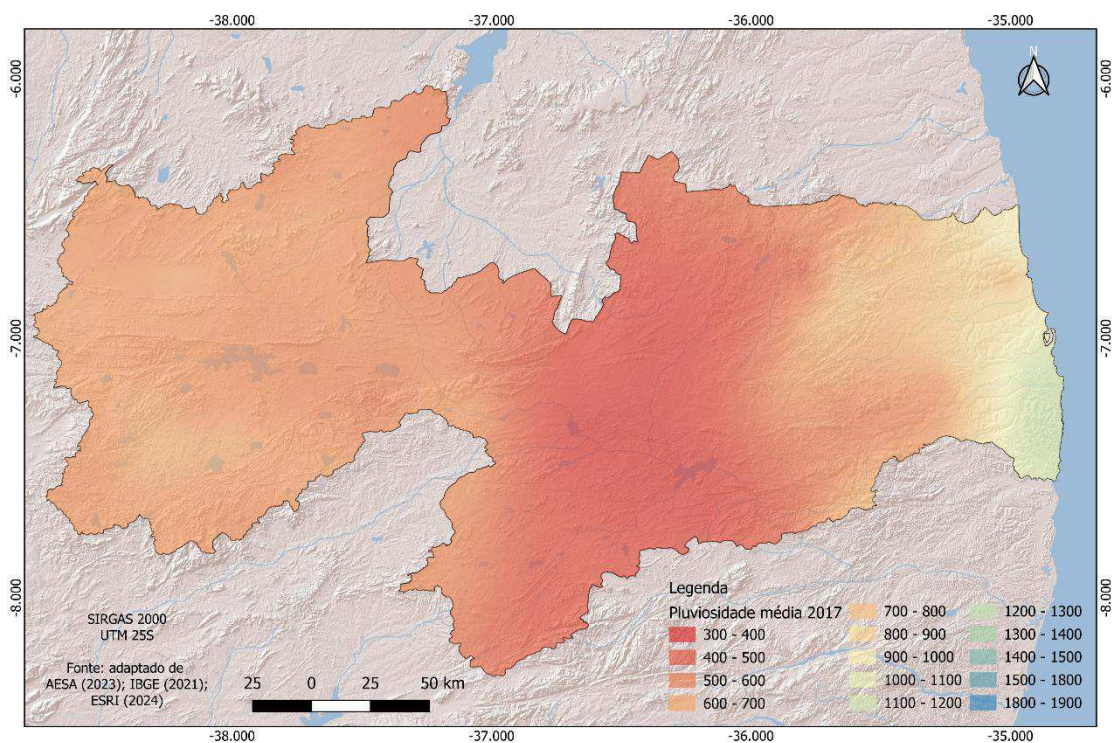


Figura 22. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2017.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

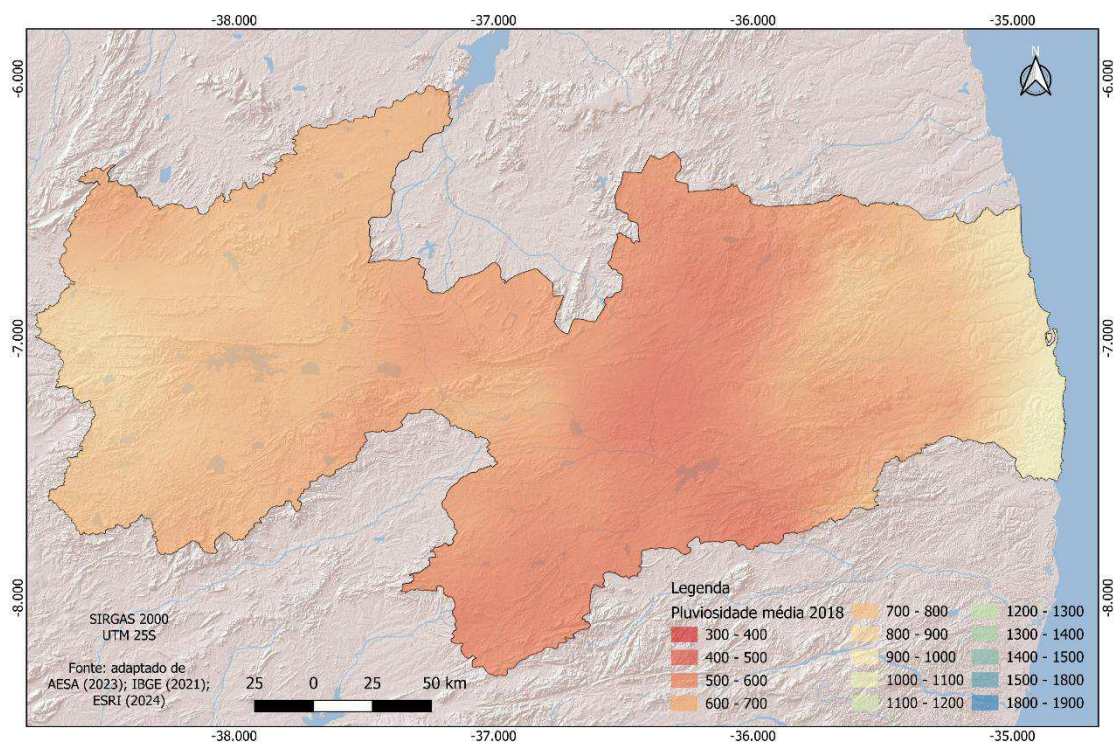


Figura 23. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2018.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

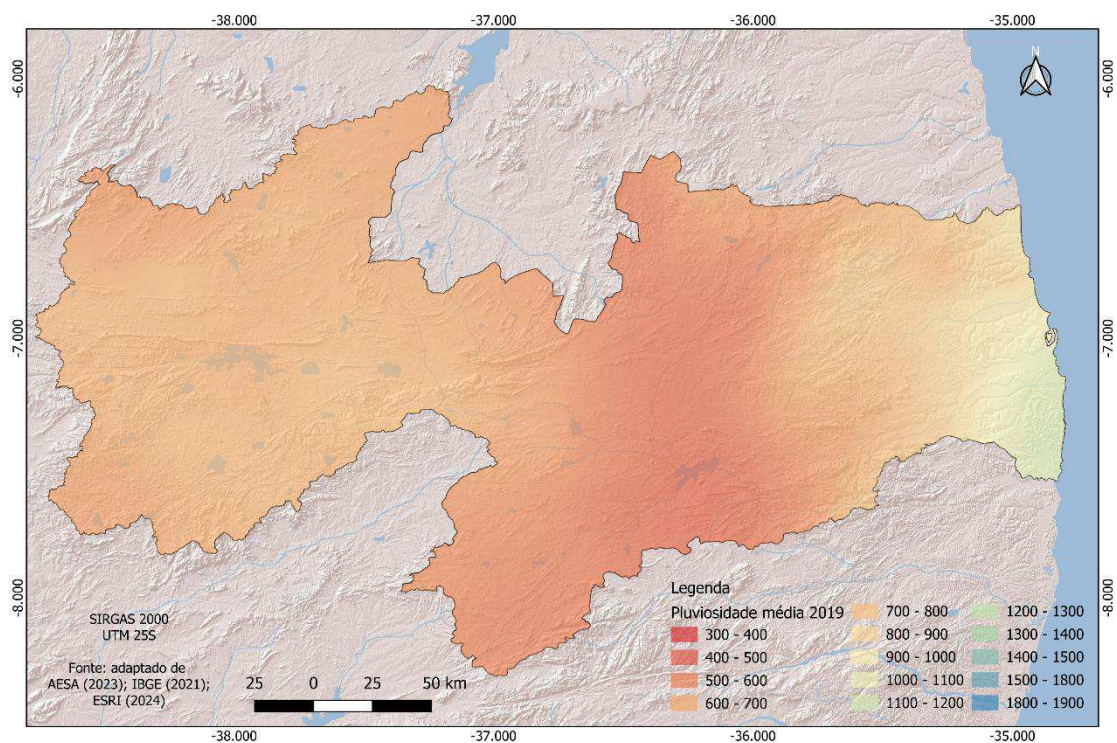


Figura 24. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2019.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

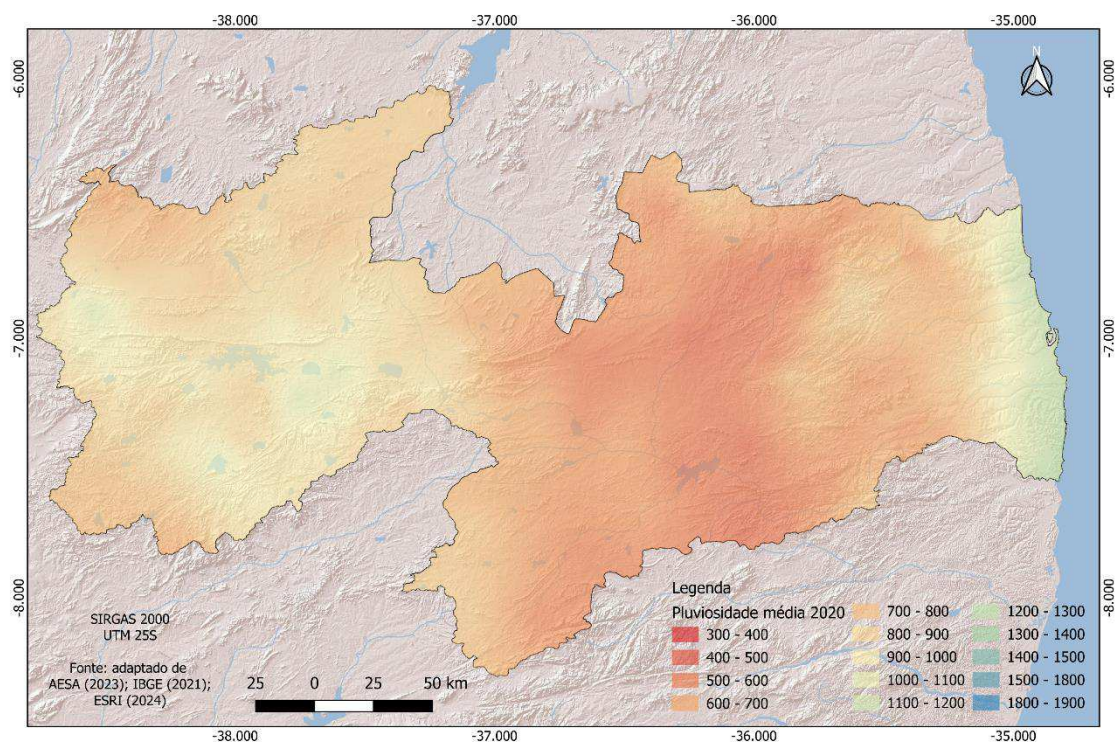


Figura 25. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2020.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

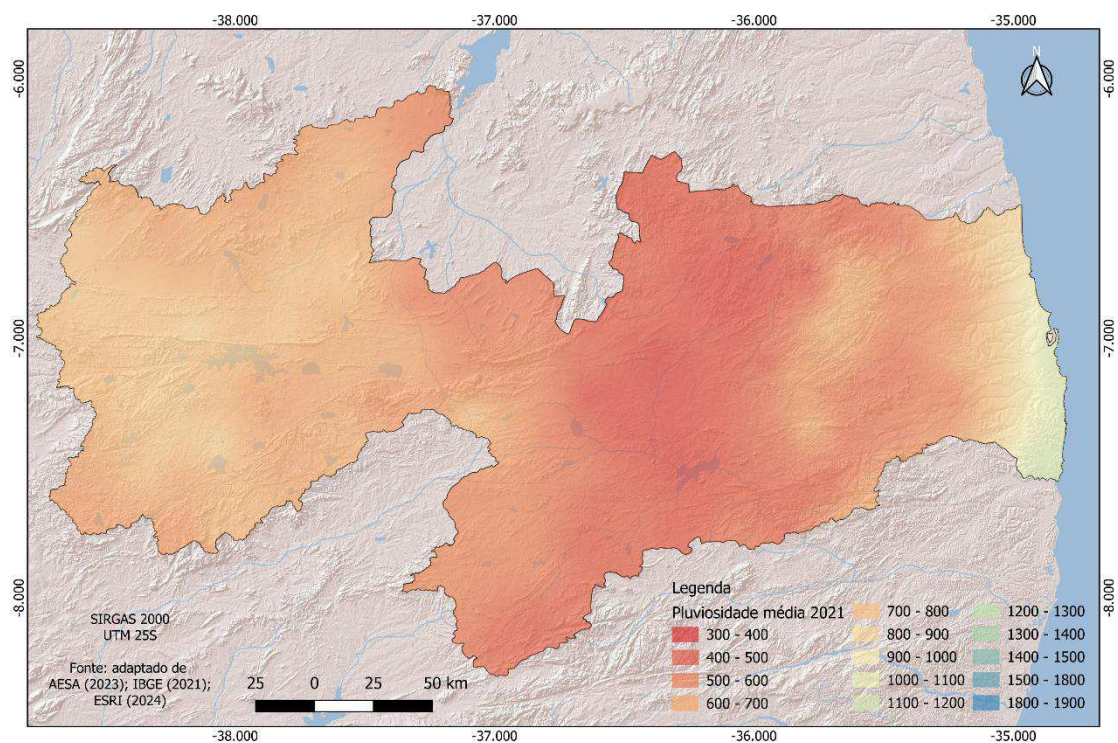


Figura 26. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2021.  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

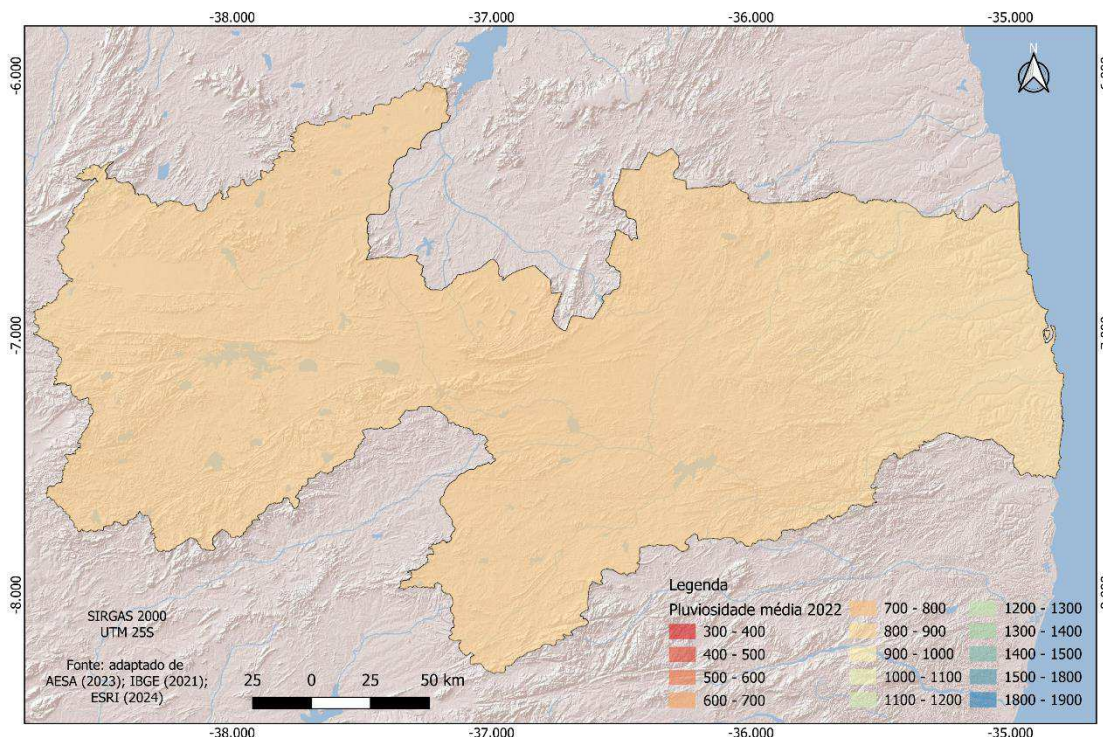


Figura 27. Pluviosidade média anual (mm ano<sup>-1</sup>) de 2022.

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2024).

Becker et al. (2011), realizando a caracterização climática das regiões pluviometricamente homogêneas do Estado da Paraíba, utilizando dados entre 1996 e 2010 provenientes de 89 postos pluviométricos, observaram resultados similares a este trabalho quanto a média anual. Souza et al. (2022) elaborando modelagem espacial de chuvas intensas no Estado da Paraíba observaram que o Estado da Paraíba se destaca ao apresentar uma grande heterogeneidade da precipitação máxima e períodos chuvosos distintos em cada mesorregião.

Francisco et al. (2016) concluíram que, a distribuição da precipitação pluviométrica em todo o Estado ocorre de forma irregular e com grande variação durante todo o ano, e sua distribuição anual demonstra a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado, região do Cariri/Curimataú, com menores valores em torno de 300 a 500mm. Chaves et al. (2021) afirmam que, o terço médio do Estado, região do Cariri/Curimataú, é considerada a região com mais baixa precipitação e sua média anual varia entre 350 a 750mm, e as chuvas são irregulares, resultado similar obtido neste trabalho. Para a região do Brejo, de acordo com Francisco et al. (2015), estes valores mais elevados em áreas isoladas, onde tais elevações devem-se aos fatores atuantes na atmosfera como a baixa intensidade dos raios solares, alta

cobertura de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e a oscilação da pressão atmosférica.

Nos variogramas da modelagem por interpolação por krigagem ordinária, observa-se na Figura 28a, para a pluviosidade média anual, o valor de coeficiente de determinação de 88,09%, seguida do variograma do ano de 2000 (Figura 28b) com 93,57%, e de 2020 (Figura 28c) com valor de 97,32% (Tabela 1). Conforme Gomes et al. (2015), que utilizou para o Estado da Paraíba afirma que, uma estatística bastante utilizada em análise de superfície de tendência é o coeficiente de determinação, pois o mesmo é capaz de medir a porcentagem de ajuste da superfície. De acordo com Gripp (1992), o variograma é a ferramenta fundamental da geoestatística, pois caracteriza as estruturas e as correlações espaciais da variável regionalizada em estudo. Portanto, os resultados obtidos por este trabalho demonstram que, o ajuste logaritmo realizado no processamento das imagens apresentam maior simetria e correlação espacial entre os dados utilizados.

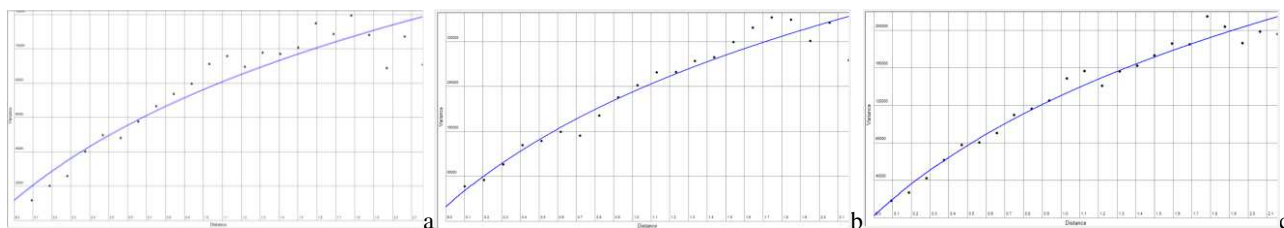


Figura 28. Variograma, a) pluviosidade média anual, b) 2000, c) 2020, respectivamente.

Nos histogramas da Figura 29, pode-se verificar a variabilidade temporal interanual da pluviosidade relacionados a Tabela 1, com destaque para o ano de 2006 (Figura 29g) em que ocorre uma melhor distribuição entre os valores acima de 760mm até o valor máximo de 1.543,4mm. Já na Figura 29u, referente ao ano de 2020, observa-se maiores valores médios distribuídos por toda a imagem. Esta diversidade entre os histogramas representa a variação interanual da pluviosidade causada pelos principais sistemas.



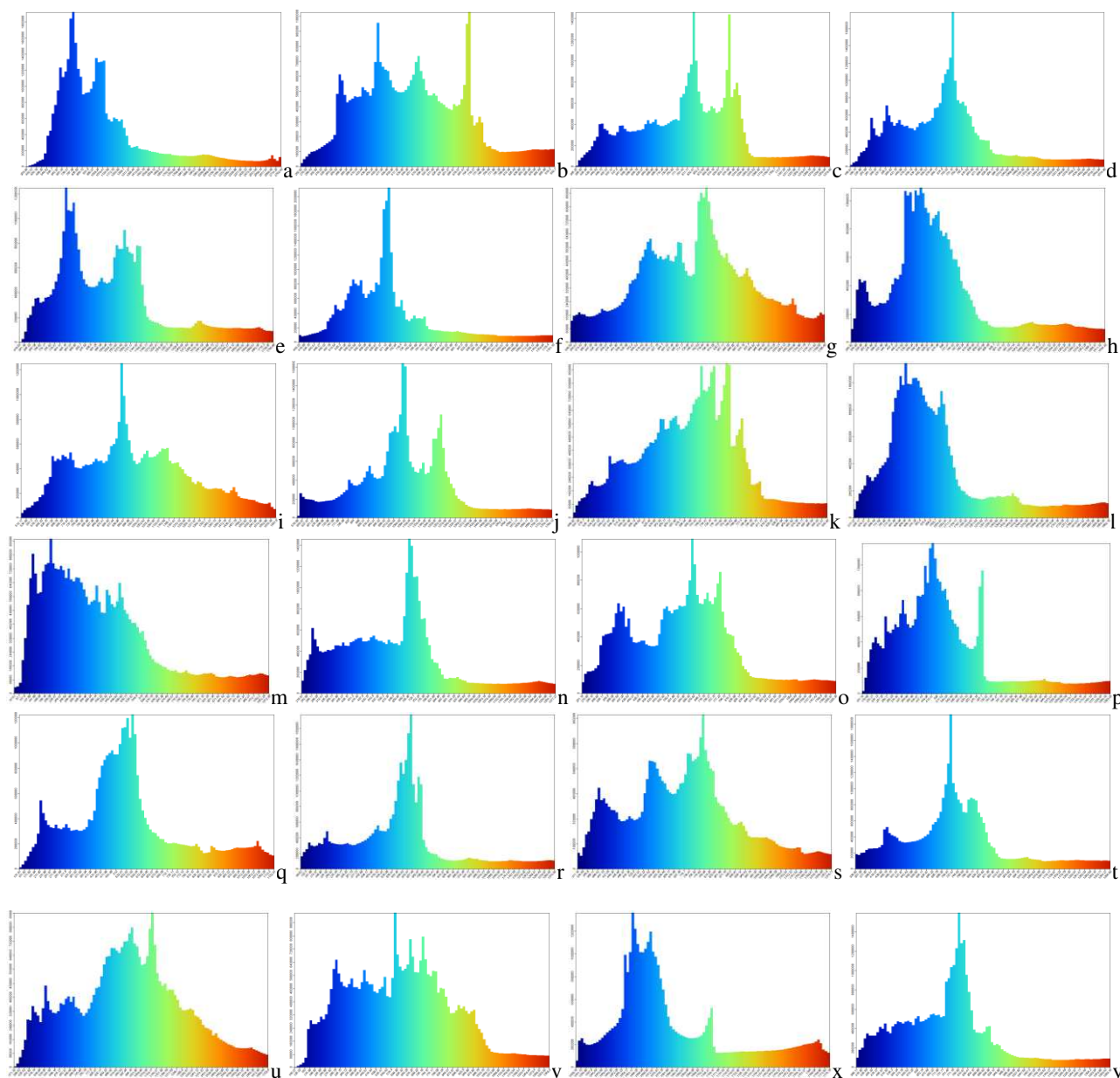


Figura 29. Histogramas das imagens da krigagem ordinária da pluviosidade anual de 2000 a 2022 (A a X) e da média anual (Y), respectivamente.

No Nordeste Brasileiro (NEB), os principais mecanismos causadores de chuvas são os Sistemas Frontais, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios (MOLION & BERNARDO, 2002). A dinâmica da atmosfera se processa em diferentes escalas de espaço e de tempo, em função da ocorrência de fenômenos que operam em escala global, tais como as grandes células de circulação meridional, El Niño/La Niña e Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico; e em fenômenos que se processam regionalmente, como no caso das massas de ar e dos sistemas atmosféricos

secundários que são capazes de alterar o funcionamento habitual da circulação geral da atmosfera (VAREJÃO-SILVA, 2006; ARAGÃO, 1998; FRANÇA et al., 2000).

Pela Tabela 1 pode-se observar a variabilidades estatísticas dos parâmetros das imagens interpoladas pelo método da krigagem ordinária em que, o valor mínimo apresenta valores de 10,3mm em 2016, e máximo de 2847,9mm em 2000. A maior média ocorre em 2009 com valores de 1.138,45mm, e a menor média de 457,03mm em 2012. Em 2000 ocorre o maior desvio padrão (518,32mm) e em 2010 o menor desvio (214,16mm). Quanto ao coeficiente de variação, o menor valor ocorre em 2010 (0,31) e maior em 2012 (0,68). A curtose apresenta o menor valor de 0,20 em 2020 e maior de 3,59 em 2005. Já o coeficiente de determinação apresenta o maior valor em 2008 (97,91) e menor em 2022 (4,30).

Tabela 1. Variabilidade estatística dos parâmetros de pluviosidade (mm ano<sup>-1</sup>)

Ano	Mínimo	Máximo	Média	Desv. Pad.	Coef. Var.	Curtose	Coef. Determ.
2000	160,50	2.847,90	1.104,11	518,32	0,47	1,98	93,57
2001	124,60	1.307,00	573,90	223,87	0,39	0,97	84,40
2002	150,50	2.033,50	834,97	325,35	0,39	1,07	90,43
2003	140,40	2.333,50	761,60	410,45	0,54	2,30	86,83
2004	102,20	2.428,70	1.126,22	391,92	0,35	1,06	87,52
2005	138,00	1.931,80	729,93	277,11	0,38	3,59	86,46
2006	57,60	1.543,40	761,62	273,32	0,36	0,35	93,85
2007	153,00	2.010,30	740,47	376,02	0,51	2,05	87,69
2008	117,90	2.229,40	1.066,80	360,87	0,34	0,28	97,91
2009	252,20	2.567,90	1.138,45	399,26	0,35	1,58	77,01
2010	21,10	1.426,70	686,82	214,16	0,31	1,84	65,11
2011	496,70	2.664,40	1.136,80	427,30	0,38	1,48	94,19
2012	64,40	1.651,00	457,03	309,79	0,68	1,93	92,45
2013	141,80	2.183,60	692,57	381,81	0,55	3,00	90,99
2014	134,10	1.789,50	696,84	303,05	0,44	1,08	85,35
2015	128,50	1.733,00	579,23	329,89	0,57	2,00	94,06
2016	10,30	1.767,00	608,87	315,35	0,52	1,24	87,32
2017	17,80	1.988,30	645,61	377,19	0,59	2,35	86,05
2018	209,70	1.643,50	739,63	274,36	0,37	0,63	95,50
2019	19,00	2.042,60	812,66	343,37	0,42	1,69	77,64
2020	354,60	2.148,50	994,24	369,26	0,37	0,20	97,32
2021	79,30	1.884,40	655,91	325,48	0,50	1,82	94,73
2022	285,50	2.341,80	1.095,42	419,56	0,38	0,71	4,30
Média Anual	335,80	1.903,10	808,69	288,55	0,36	2,90	88,09

Quanto a média, apresenta valores de 808,69mm, no entanto menores ao observado por Becker et al. (2013) de 1.092,56mm no desempenho temporal de séries pluviométricas.

Resultado este, devido a série dos autores serem de 1996 a 2010. O Desvio Padrão apresenta média anual de 288,55 mm, resultado similar ao observado por Becker et al. (2011) de 281,5 mm obtidos em 89 postos pluviométricos entre 1996 e 2010, demonstrando baixa variação interanual da pluviosidade.

Francisco e Santos (2017), avaliando série temporal de 103 anos com dados até 2013, observaram a pluviosidade com valores mínimo de 332mm, máximo de 1.979,3mm, média de 864,6mm, desvio padrão de 315,66mm e coeficiente de variação de 0,37. Valores similares a este trabalho. Barros (2022), utilizando técnicas geoestatísticas, observou resultados satisfatórios no mapeamento da pluviosidade total anual de 1991 a 2020 no Estado de Pernambuco, que apresentaram variações significativas espacialmente, e que a interpolação pelo método de krigagem conseguiu representar bem a variabilidade da precipitação pluviométrica.

Conforme a Figura 30 e a Tabela 1, constando os principais municípios distribuídos por região, observa-se que a pluviosidade média anual, os maiores valores se apresentam na região do Litoral nos municípios de João Pessoa até Sapé (1900 – 1300 mm ano<sup>-1</sup>) diminuindo sua ocorrência conforme adentra o território até os contrafortes do Planalto da Borborema, de Guarabira até Campina Grande (600 mm ano<sup>-1</sup>), com exceção da região do Brejo, onde se localiza o município de Areia. Na região do Cariri/Curimataú, de Monteiro a Picuí, em um transepto de sul ao norte, os valores apresentam-se entre 600 a 300 mm ano<sup>-1</sup>. Na região do Sertão entre Patos e Sousa, os valores apresentam-se entre 600 a 900 mm ano<sup>-1</sup>. Observa-se um valor médio de 763,7 e desvio padrão de 272,7. Quanto ao coeficiente de variação e curtose, ambas se apresentam valores de 0,4.

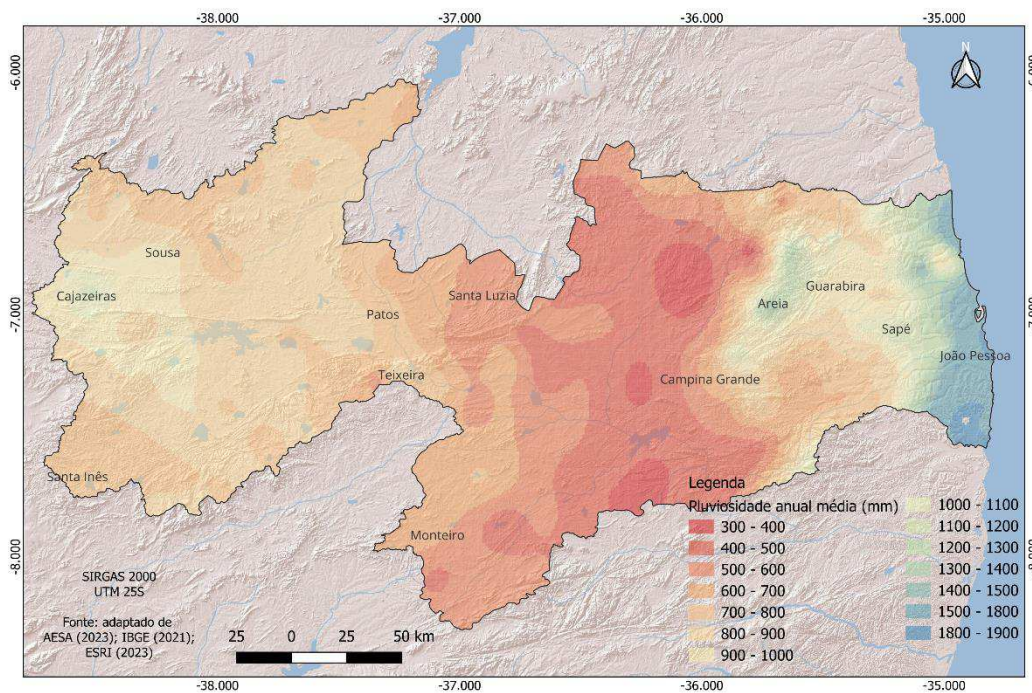


Figura 30. Pluviosidade anual média (mm) (2020-2022).

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2023).

Nas Figuras 31 a 38 observa-se os mapas de potencial de captação e de armazenamento de água de chuva (m<sup>3</sup>) para telhados de residências de 75 a 450 m<sup>2</sup>.

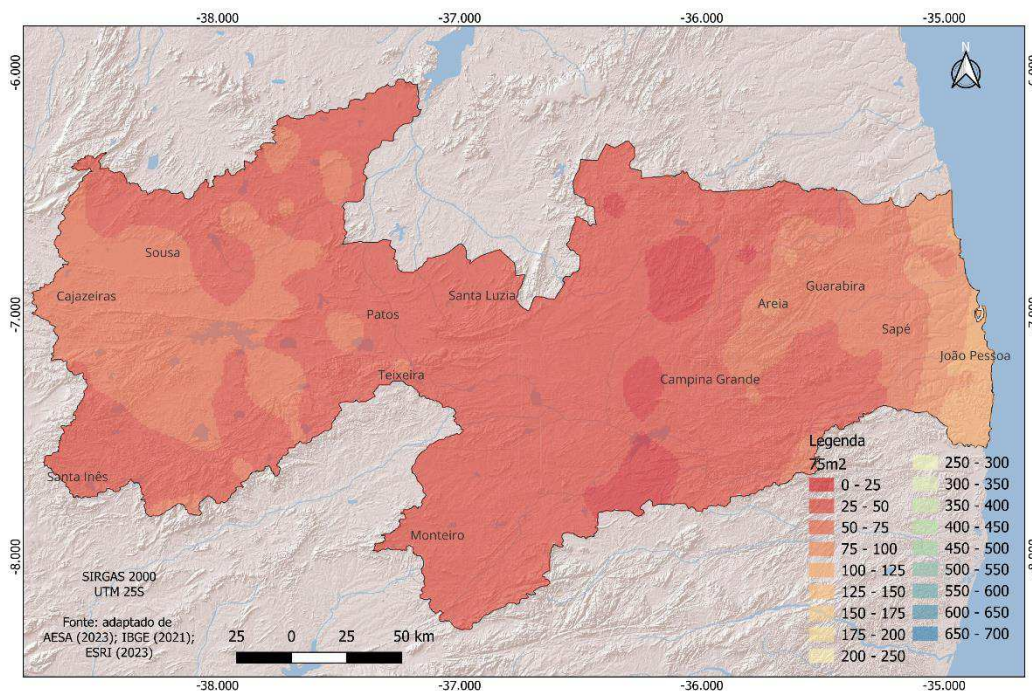


Figura 31. Potencial de captação de água de chuva (m<sup>3</sup>/ano) para telhado de 75 m<sup>2</sup>.

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2023).

## Potencial de Captação e Armazenamento de Água de Chuva para Residências do Estado da Paraíba

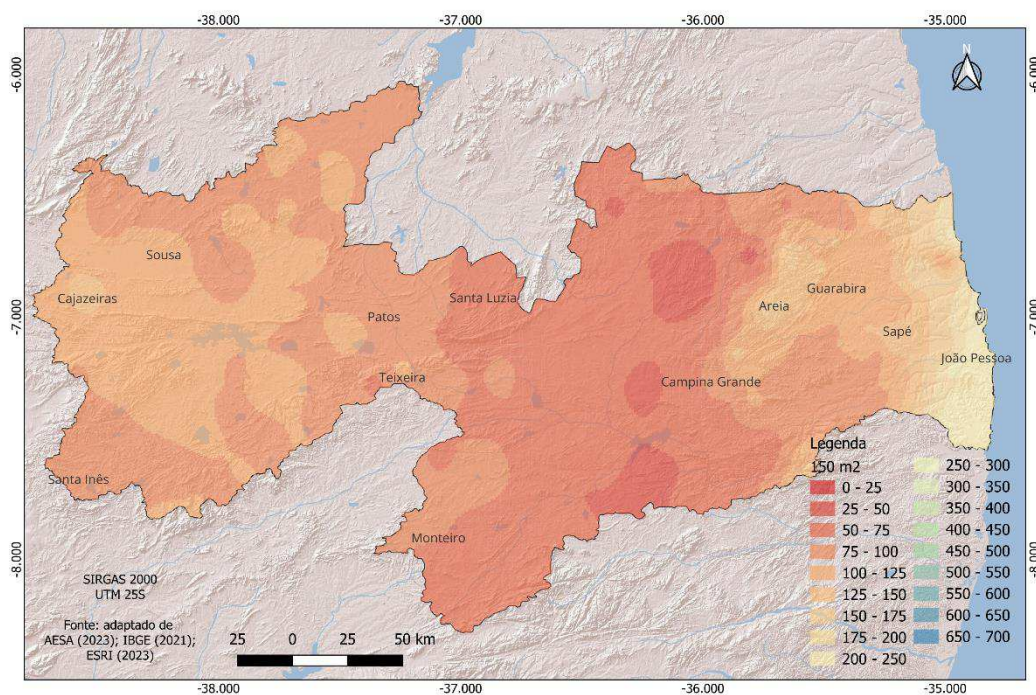


Figura 32. Potencial de captação de água de chuva (m³/ano) para telhado de 150 m².

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2023).

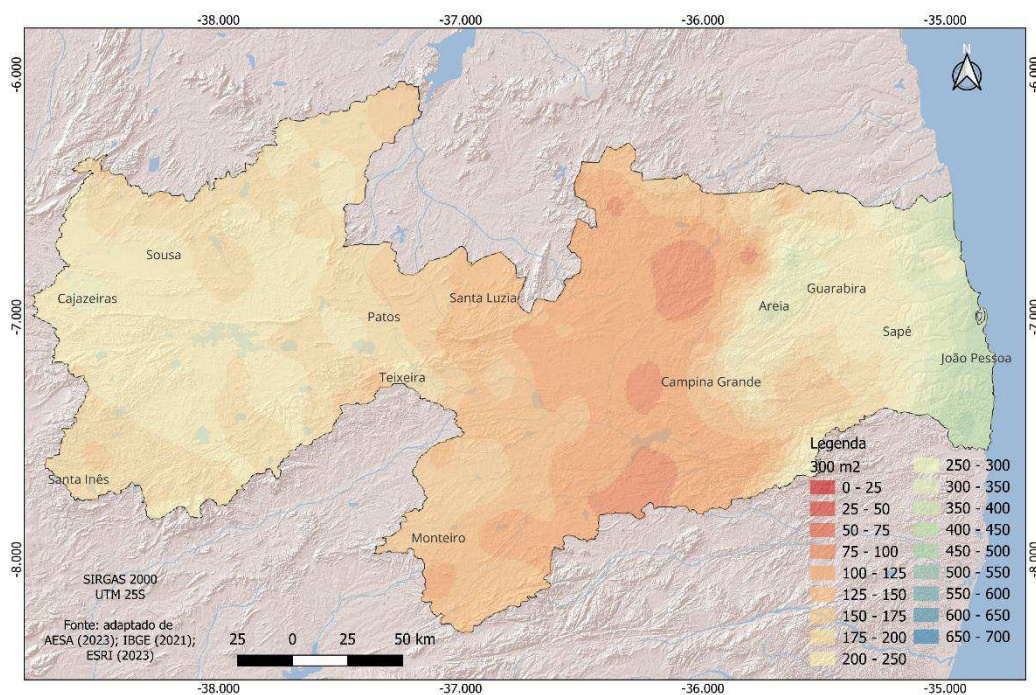


Figura 33. Potencial de captação de água de chuva (m³/ano) para telhado de 300 m².

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2023).

## Potencial de Captação e Armazenamento de Água de Chuva para Residências do Estado da Paraíba

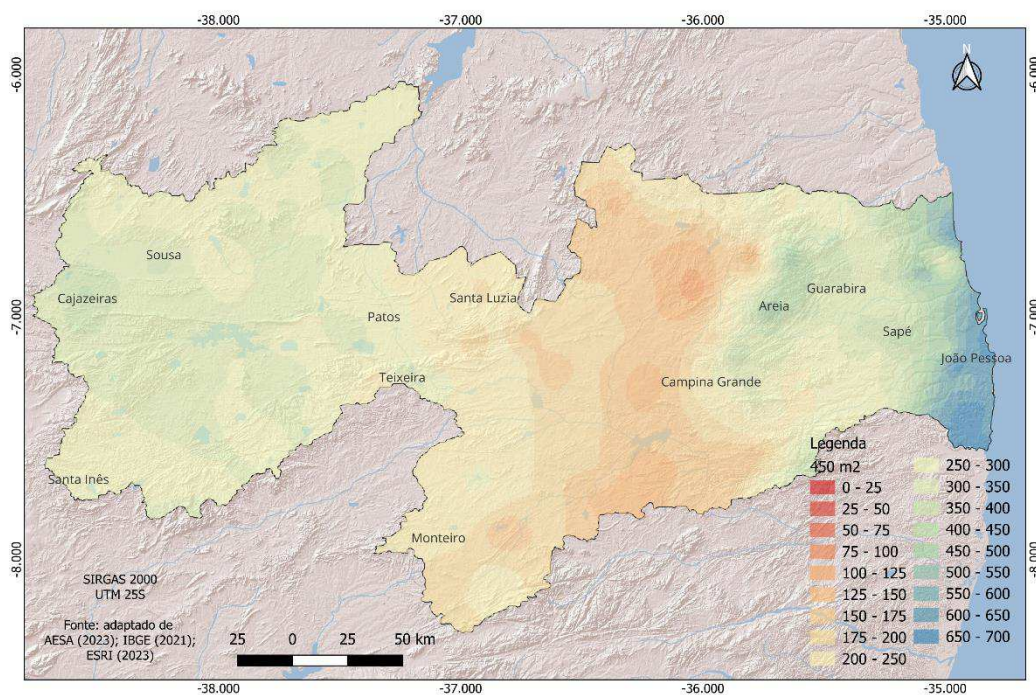


Figura 34. Potencial de captação de água de chuva (m³/ano) para telhado de 450 m².

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2023).

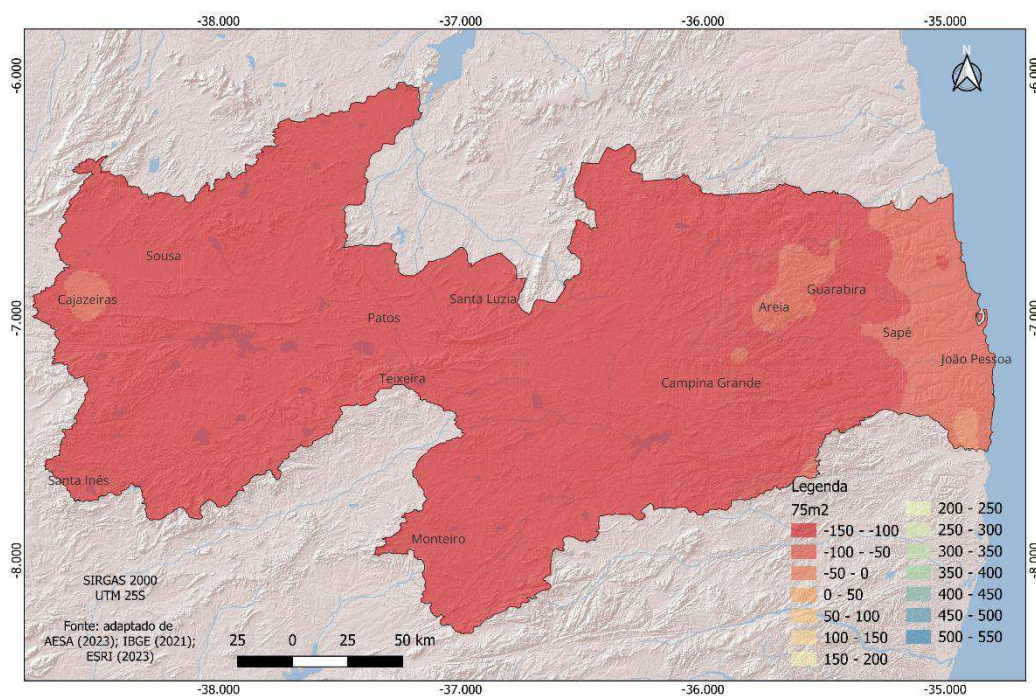


Figura 35. Potencial de armazenamento de água de chuva (m³/ano) para telhado de 75 m².

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2023).

Potencial de Captação e Armazenamento de Água de Chuva para Residências do Estado da Paraíba

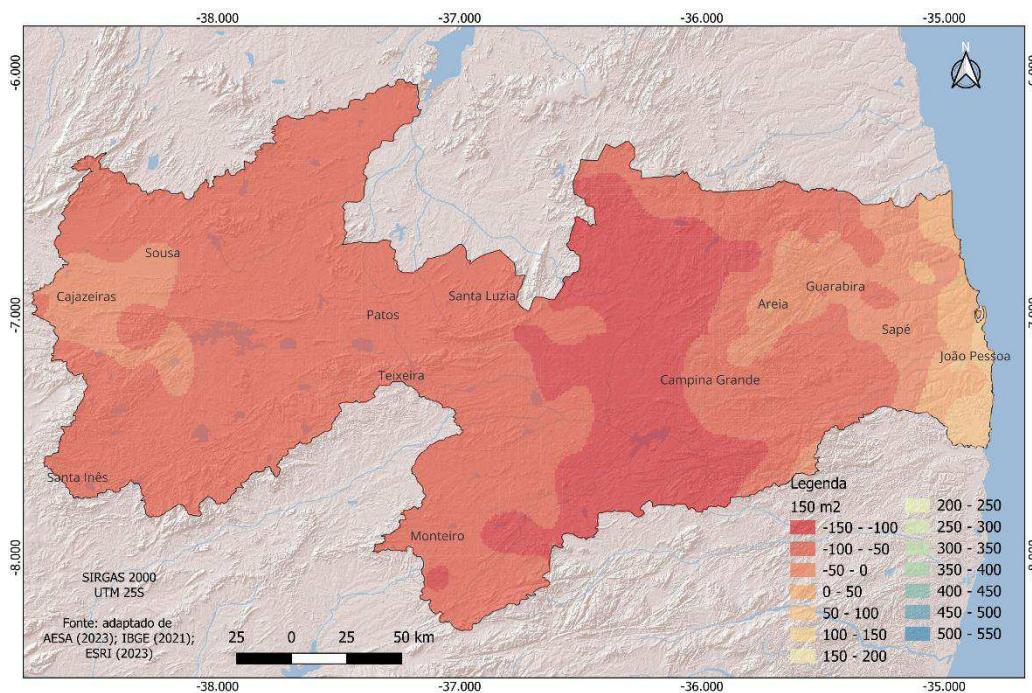


Figura 36. Potencial de armazenamento de água de chuva (m³/ano) para telhado de 150 m².  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2023).

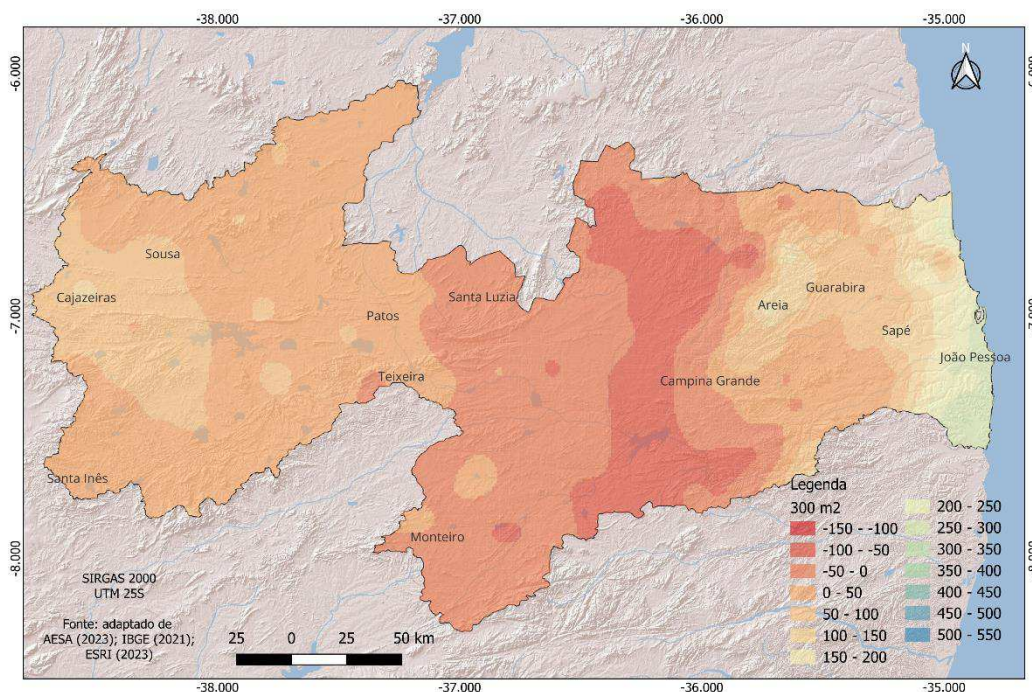


Figura 37. Potencial de armazenamento de água de chuva (m³/ano) para telhado de 300 m².  
Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2023).

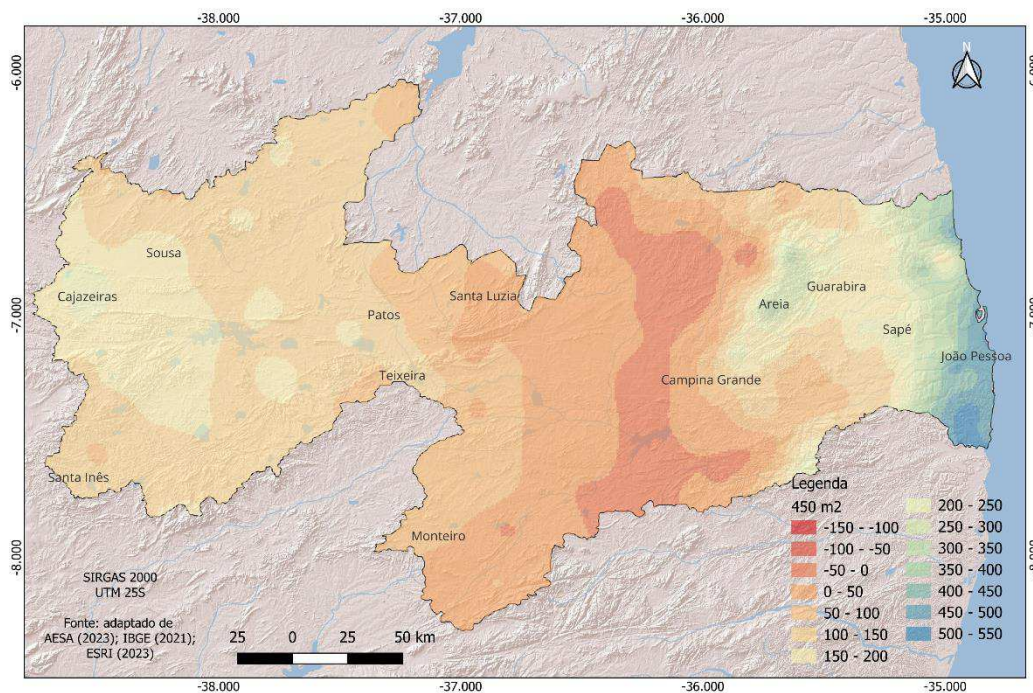


Figura 38. Potencial de armazenamento de água de chuva ( $m^3$ /ano) para telhado de  $450 m^2$ .

Fonte: adaptado de AESA (2023); IBGE (2021); ESRI (2023).

Nas Figuras 39 e 40 dos histogramas dos mapas de potencial de captação de água de chuva e de armazenamento, pode-se observar que, segue um padrão em que, quanto maior a pluviosidade, maior a captação e armazenamento, consequentemente. Os maiores potenciais estão nos telhados com capacidade de  $300$  e  $450 m^2$ , respectivamente.

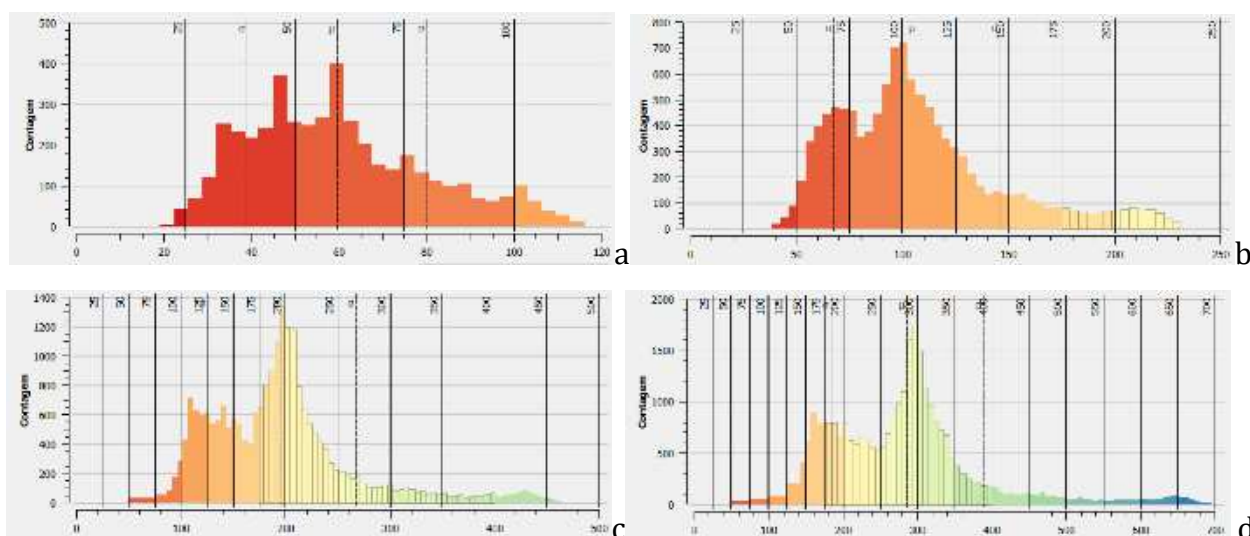


Figura 39. Histogramas dos mapas de potencial de captação de água de chuva ( $m^3$ .ano) para telhados ( $m^2$ ). a)  $75$ , b)  $150$ , c)  $300$ , d)  $450$ .



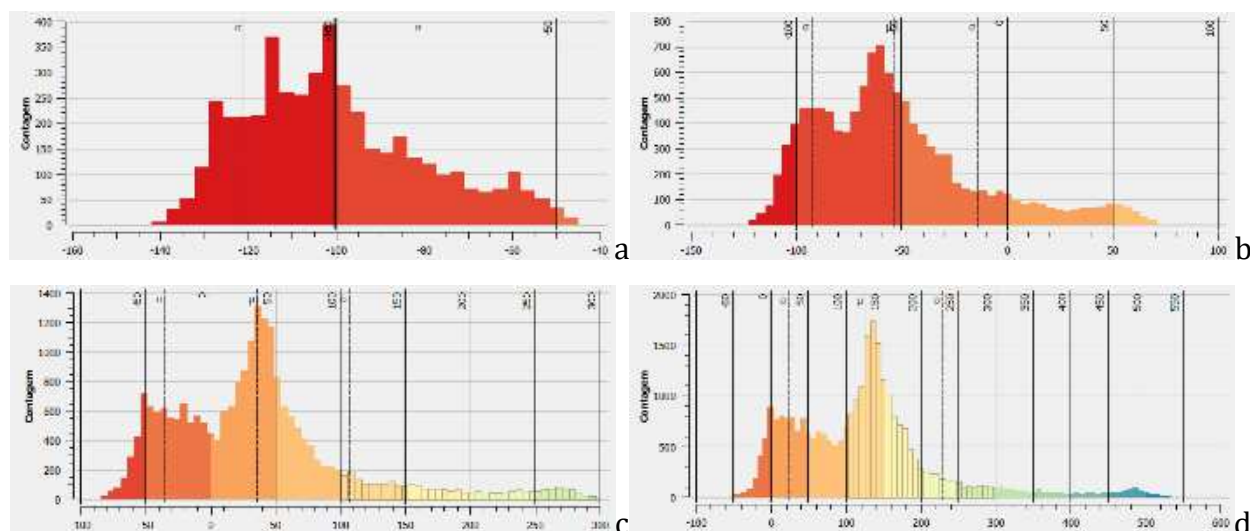


Figura 40. Histogramas dos mapas de potencial de armazenamento de água de chuva ( $m^3 \cdot \text{ano}$ ) para telhados ( $m^2$ ). a) 75, b) 150, c) 300, d) 450.

Na Tabela 2, da análise estatística descritiva das variáveis/atributos, para o potencial de captação de água, observa-se o maior desvio padrão e maior variabilidade para telhados de  $450 m^2$ , e menor variabilidade e desvio na variável de  $75 m^2$ . Para o potencial de armazenamento ocorre a mesma variação, no entanto, os valores mínimos são negativos devido a não capacidade de armazenamento. A maior média e mediana de alcance apresentam valores de 126 e 124, respectivamente.

Tabela 2. Análise descritiva das variáveis/atributos

Atributo/Variável	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desv. Pad.	Variabilidade	Q1	Q3	IQR
Potencial de captação de água									
75 $m^2$	19	59,54	57	116	20,46	98	44	72	28
150 $m^2$	38	106,88	100	231	39,15	194	78	124	46
300 $m^2$	76	196,69	192	463	70,93	388	146	220	74
450 $m^2$	114	286,52	284	694	102,73	581	211	322	111
Potencial de armazenamento de água									
75 $m^2$	-142	-100,68	-103	-45	20,47	98	-116	-88	28
150 $m^2$	-123	-53,59	-60	71	39,40	195	-83	-37	46
300 $m^2$	-85	35,93	31	302	70,88	388	-15	59	74
450 $m^2$	-47	126,00	124	536	102,66	580	50	161	111

Pela Tabela 3, pode-se observar que um telhado de  $75 m^2$ , onde a estimativa de captação de água pluvial é de  $110,6 m^3$ , em que na maioria das regiões do Estado, não atinge o valor mínimo de  $160,6 m^3 \cdot \text{ano}$  por residência com 4 pessoas, e somente apresenta valores entre 100 a  $125 m^3 \cdot \text{ano}$  para a região do Litoral sul. Nas demais regiões os valores são

Francisco et al. (2024)

menores. Quanto ao armazenamento para o telhado de 75 m<sup>2</sup> não atinge o potencial mínimo, sendo menor no Litoral e crescendo os valores adentrando aos municípios do interior do Estado.

Tabela 3. Dados da pluviosidade, captação e armazenamento dos principais municípios

Região	Município	Pluviosidade média anual (mm)	Potencial de captação (m <sup>3</sup> ano) em telhado (m <sup>2</sup> )				Potencial de armazenamento (m <sup>3</sup> ano) em telhado (m <sup>2</sup> )			
			75	150	300	450	75	150	300	450
			Litoral	João Pessoa	1.820,6	110,6	221,2	442,4	663,6	-50,0
Brejo	Sapé	1.116,6	67,8	135,7	271,3	407,0	-92,8	-24,9	110,7	246,4
Brejo	Guarabira	1.010,9	61,4	122,8	245,7	368,5	-99,2	-37,8	85,1	207,9
Brejo	Areia	1.347,1	81,8	163,7	327,3	491,0	-78,8	3,1	166,7	330,4
Agreste	Campina Grande	810,8	49,3	98,5	197,0	295,5	-111,3	-62,1	36,4	134,9
Cariri	Monteiro	659,6	40,1	80,1	160,3	240,4	-120,5	-80,5	-0,3	79,8
Curimataú	Picuí	415,1	25,2	50,4	100,9	151,3	-135,4	-110,2	-59,7	-9,3
Sertão	Patos	747,5	45,4	90,8	181,6	272,5	-115,2	-69,8	21,0	111,9
Sertão	Sta. Luzia	544,3	33,1	66,1	132,3	198,4	-127,5	-94,5	-28,3	37,8
Sertão	Teixeira	850,4	51,7	103,3	206,6	310,0	-108,9	-57,3	46,0	149,4
Alto Sertão	Cajazeiras	1.115,2	67,7	135,5	271,0	406,5	-92,9	-25,1	110,4	245,9
Alto Sertão	Sta. Inês	730,0	44,3	88,7	177,4	266,1	-116,3	-71,9	16,8	105,5
Alto Sertão	Sousa	978,0	59,4	118,8	237,6	356,5	-101,2	-41,8	77,0	195,9

Para o município de João Pessoa, localizado no Litoral, Dias (2007) realizando estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências do município observou uma média de precipitação anual 1.745,83mm, resultado similar a este trabalho, e que o aproveitamento de águas pluviais é possível obtendo um volume de água que atende 84,62% de demanda por água não potável para residências de padrão popular.

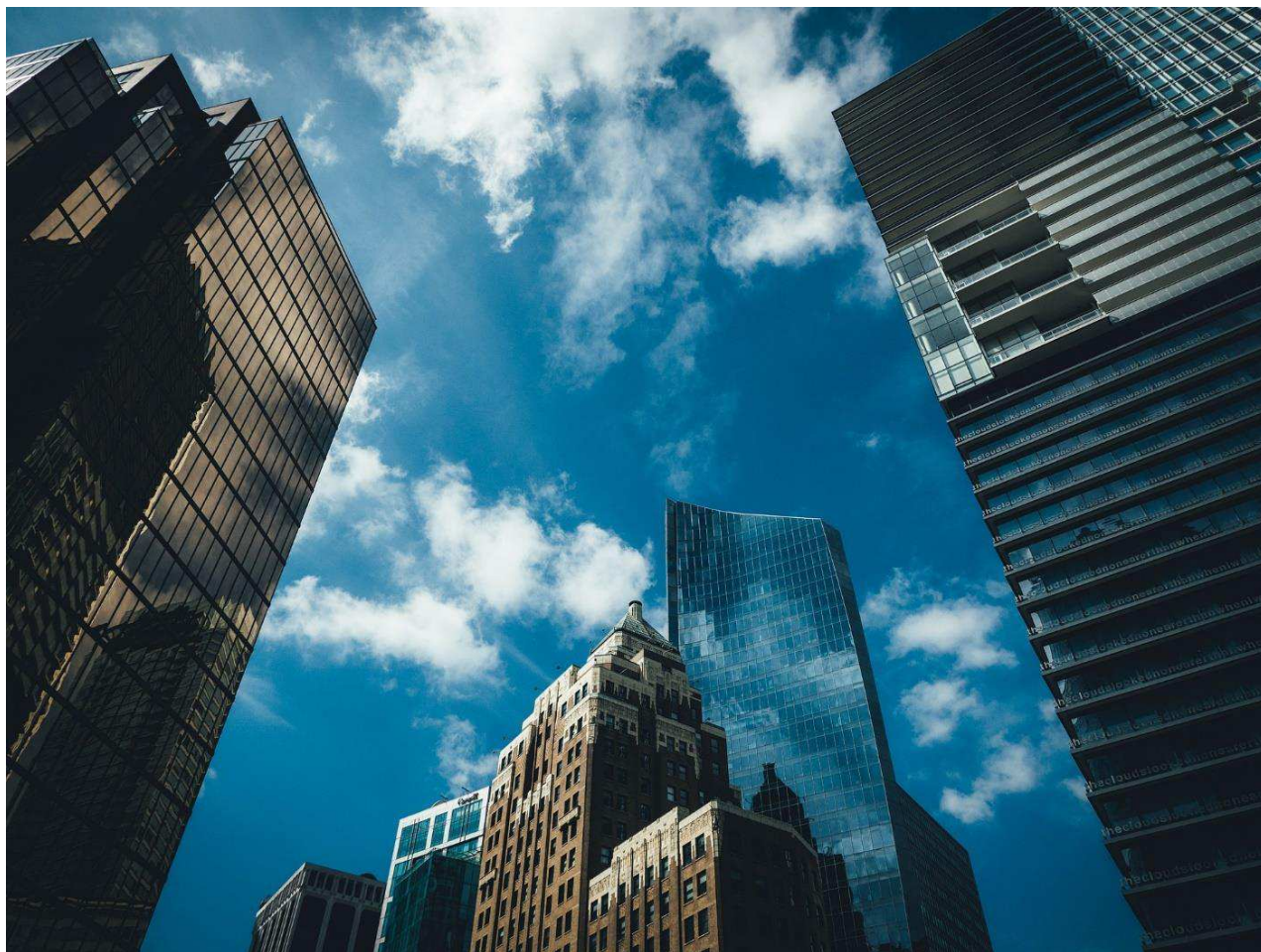
Observa-se que para um telhado de 75 m<sup>2</sup>, o volume aproveitável de águas pluviais não consegue suprir totalmente a demanda mensal, no entanto o aproveitamento é válido, pois durante um ano deixaria de ser consumido aproximadamente 50 m<sup>3</sup> de água tratada. Resultado similar ao estudo realizado por Fernandes e Alves (2013) em Quissamã, RJ.

Para uma moradia com 150 m<sup>2</sup> de telhado o potencial de captação segue o mesmo padrão do potencial de 75 m<sup>2</sup>, em que somente a região do Litoral apresenta valores superiores ao necessário de consumo, decrescendo conforme adentra as regiões do interior do Estado. Mesmo com potencial menor, esta capacidade já apresenta grande contribuição na diminuição do consumo de água do sistema de abastecimento, representando economia financeira e também suprimindo a falta de água no abastecimento público. O armazenamento só será viável na região do Litoral com menor potencial adentrando as regiões do interior.

Para residências com telhados de 300 e 450 m<sup>2</sup> de captação de água, dos municípios extraídos como exemplos, Picuí localizado na região do Curimataú, apresenta o menor valor de potencial para telhados de 300 m<sup>2</sup>. No entanto para o telhado de 450 m<sup>2</sup>, o município de Picuí apresenta-se próximo ao mínimo estipulado por este trabalho, e os demais municípios ultrapassam o valor mínimo. Para o potencial de armazenamento, a região do Litoral, Brejo e Agreste apresentam os maiores valores, já a região do Sertão somente para telhados de 450 m<sup>2</sup> é que apresenta valores satisfatórios de captação e armazenamento.

Os resultados demonstram que, maiores áreas de captação e maiores volumes de reservatórios seriam necessários para o abastecimento pleno da demanda anual de água, resultado similar ao observado por Batista (2021).

O aproveitamento de água de chuva se torna mais viável quando o consumo de água não potável é elevado, caso de indústrias, edifícios públicos, escolas, universidades e entre outros, acarretando uma economia significativa de água tratada. Outro fator que contribui são as áreas de captação geralmente grandes, que proporcionam um maior volume de água potencialmente coletável (HAGEMANN, 2009).



## CONCLUSÃO

**A** aplicação da krigagem proporcionou resultados eficazes no mapeamento dos dados coletados, alcançando rapidamente resultados precisos.

A análise geoestatística forneceu informações significativas sobre as estimativas relacionadas ao método de interpolação de krigagem, alinhando-se com as características climatológicas da região, tanto em termos de distribuição espacial quanto sazonal.

Na avaliação pluviométrica, observou-se uma variabilidade espacial concentrada no sentido leste/oeste devido à orografia da área.

A distribuição irregular e altamente variável da precipitação pluviométrica ao longo dos anos foi evidenciada.

A média anual demonstrou uma considerável variabilidade espacial na precipitação, variando de 335,80 a 1.903,10mm, com uma média de 808,69mm.

Observou-se por este trabalho que, o geoprocessamento se mostrou uma ferramenta eficiente e rápida juntamente com o uso da interpolação que apresentou resultados satisfatórios no uso da modelagem por b-spline multinível.

A maior ocorrência de chuvas, em sua média, está localizada nos municípios da faixa Litorânea adentrando ao Agreste até a região do Brejo, em que segue o melhor potencial de captação e armazenamento de água de chuva.

Existe o potencial de captação de água em todo o Estado da Paraíba, no entanto, nas regiões do Cariri/Curimataú e Sertão a captação pode estar disponível somente para uso mínimo recomendável de água, e, portanto, não estando disponível para armazenamento para uso posterior.

Telhados acima de 300 m<sup>2</sup> de superfície pode garantir a captação necessária para o consumo de água em todo o Estado.

Recomenda-se o uso de cisternas para reserva do excedente da água pluvial captada.



## ANEXO

**A** seguir apresenta-se as Figuras 41 e 42 das áreas urbanizadas e de zonas fisiográficas do Estado da Paraíba como apoio na interpretação da distribuição das áreas com potencial de captação e armazenamento de água nas tabelas onde estão organizadas por região.

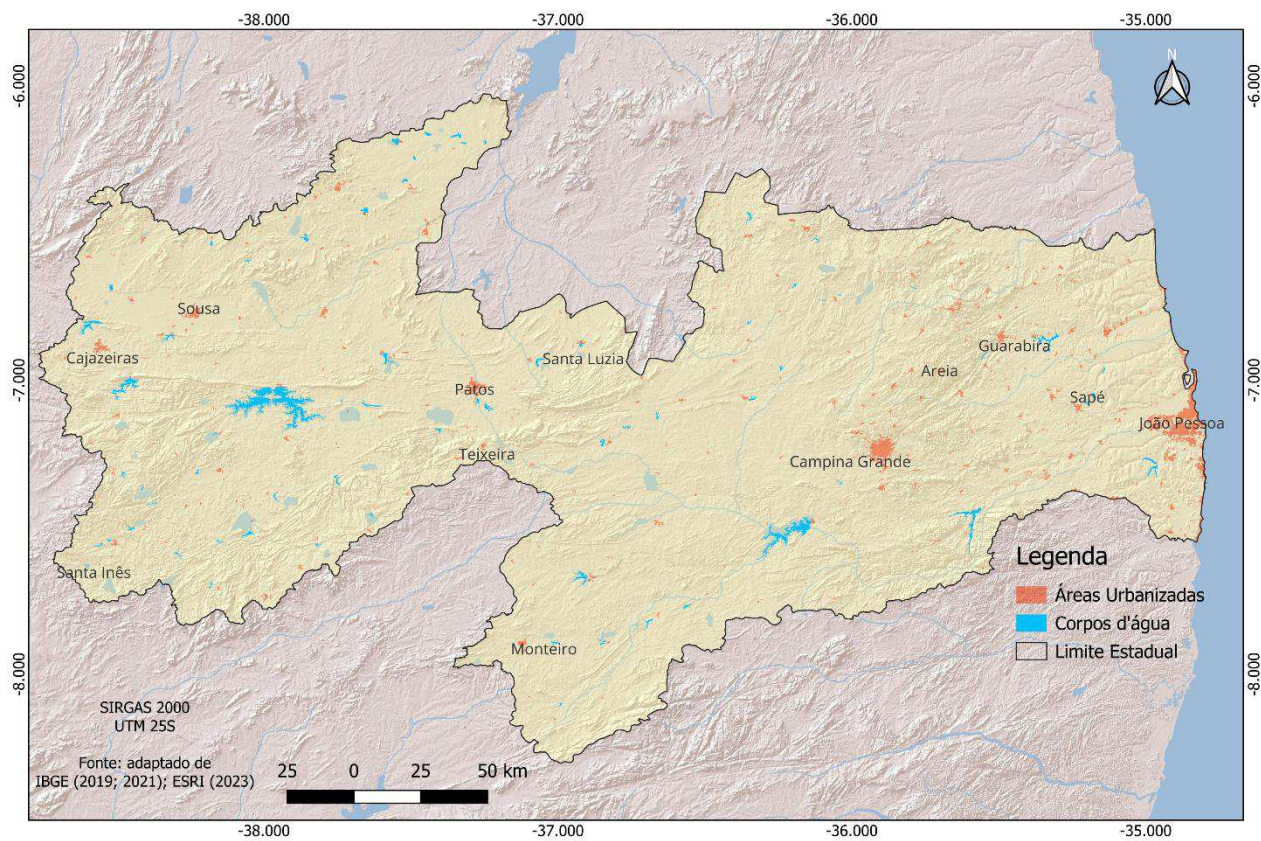


Figura 41. Mapa de áreas urbanizadas do Estado da Paraíba.

Fonte: adaptado de IBGE (2019; 2021); ESRI (2023).

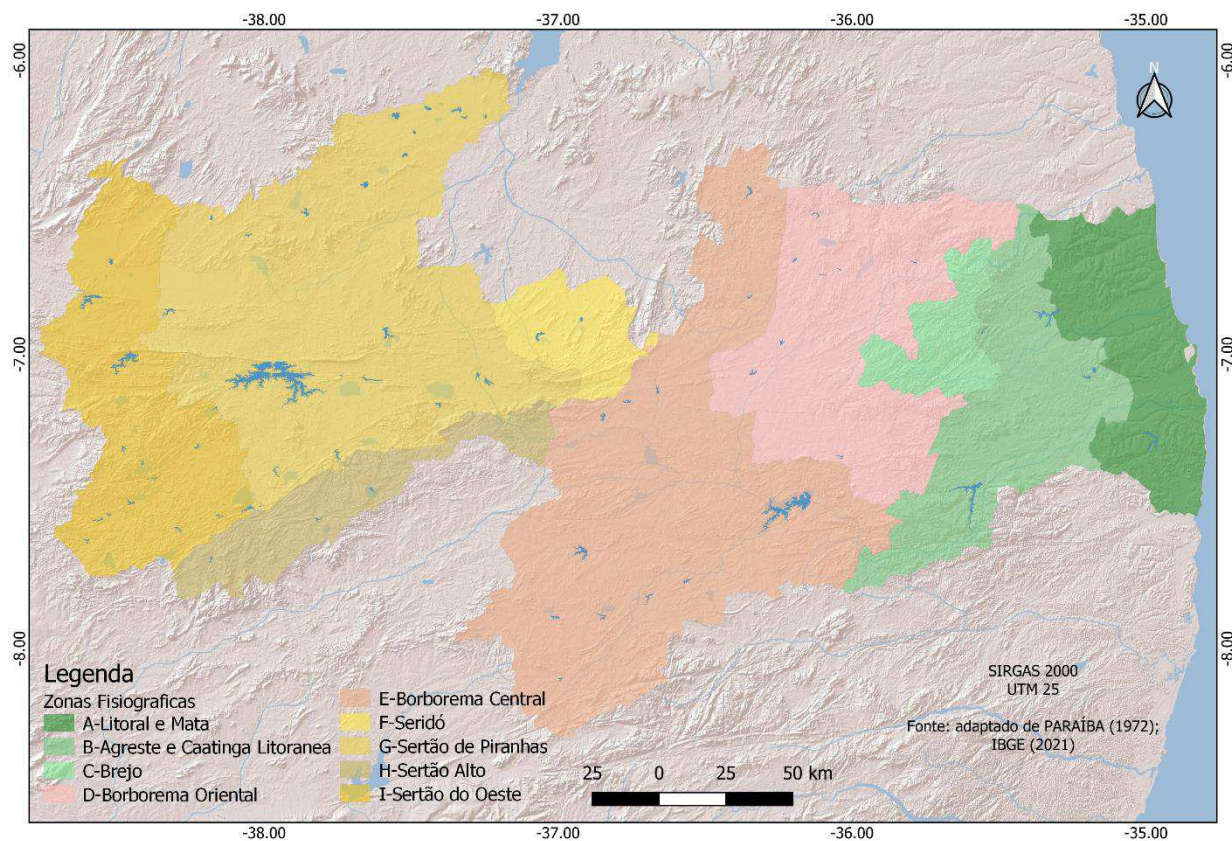


Figura 42. Mapa de Zonas Fisiográficas do Estado da Paraíba.

Fonte: adaptado de PARAÍBA (1972); IBGE (2021); ESRI (2023).

Tabela 4. Dados da pluviosidade, captação e armazenamento da região do Litoral

Município	Pluviosidade anual (mm)	Potencial de captação (m³ano) em telhado (m²)				Potencial de armazenamento (m³) em telhado (m²)			
		75	150	300	450	75	150	300	450
Alhandra	1.903,1	115,6	231,2	462,4	693,7	-45,0	70,6	301,8	533,1
Baía da Traição	1.741,2	105,8	211,6	423,1	634,7	-54,8	51,0	262,5	474,1
Bayeux	1.587,6	96,4	192,9	385,8	578,7	-64,2	32,3	225,2	418,1
Caaporã	1.839,7	111,8	223,5	447,0	670,6	-48,8	62,9	286,4	510,0
Cabedelo	1.803,5	109,6	219,1	438,2	657,4	-51,0	58,5	277,6	496,8
Conde	1.565,0	95,1	190,1	380,3	570,4	-65,5	29,5	219,7	409,8
Cruz do Espírito Santo	1.188,6	72,2	144,4	288,8	433,3	-88,4	-16,2	128,2	272,7
João Pessoa	1.820,6	110,6	221,2	442,4	663,6	-50,0	60,6	281,8	503,0
Lucena	1.656,1	100,6	201,2	402,4	603,7	-60,0	40,6	241,8	443,1
Mamanguape	1.375,0	83,5	167,1	334,1	501,2	-77,1	6,5	173,5	340,6
Marcação	902,5	54,8	109,7	219,3	329,0	-105,8	-50,9	58,7	168,4
Mataraca	1.424,5	86,5	173,1	346,2	519,2	-74,1	12,5	185,6	358,6
Pedras de Fogo	1.336,0	81,2	162,3	324,7	487,0	-79,4	1,7	164,1	326,4
Pitimbu	1.767,1	107,4	214,7	429,4	644,1	-53,2	54,1	268,8	483,5
Rio Tinto	1.421,4	86,4	172,7	345,4	518,1	-74,2	12,1	184,8	357,5
Santa Rita	1.335,7	81,1	162,3	324,6	486,9	-79,5	1,7	164,0	326,3



Tabela 5. Dados da pluviosidade, captação e armazenamento da região do Agreste

Município	Pluviosidade anual (mm)	Potencial de captação (m <sup>3</sup> ano) em telhado (m <sup>2</sup> )				Potencial de armazenamento (m <sup>3</sup> ) em telhado (m <sup>2</sup> )			
		75	150	300	450	75	150	300	450
Arara	631,3	38,4	76,7	153,4	230,1	-122,2	-83,9	-7,2	69,5
Araruna	820,2	49,8	99,7	199,3	299,0	-110,8	-60,9	38,7	138,4
Areial	606,7	36,9	73,7	147,4	221,2	-123,7	-86,9	-13,2	60,6
Aroeiras	535,8	32,6	65,1	130,2	195,3	-128,0	-95,5	-30,4	34,7
Cacimba de Dentro	699,7	42,5	85,0	170,0	255,1	-118,1	-75,6	9,4	94,5
Caldas Brandão	918,1	55,8	111,6	223,1	334,7	-104,8	-49,0	62,5	174,1
Campina Grande	810,8	49,3	98,5	197,0	295,5	-111,3	-62,1	36,4	134,9
Dona Inês	856,3	52,0	104,0	208,1	312,1	-108,6	-56,6	47,5	151,5
Esperança	718,3	43,6	87,3	174,6	261,8	-117,0	-73,3	14,0	101,2
Fagundes	846,0	51,4	102,8	205,6	308,4	-109,2	-57,8	45,0	147,8
Gado Bravo	445,5	27,1	54,1	108,3	162,4	-133,5	-106,5	-52,3	1,8
Gurinhém	838,2	50,9	101,8	203,7	305,5	-109,7	-58,8	43,1	144,9
Ingá	695,0	42,2	84,4	168,9	253,3	-118,4	-76,2	8,3	92,7
Itabaiana	754,1	45,8	91,6	183,2	274,9	-114,8	-69,0	22,6	114,3
Itatuba	659,3	40,1	80,1	160,2	240,3	-120,5	-80,5	-0,4	79,7
Juarez Távora	730,2	44,4	88,7	177,4	266,1	-116,2	-71,9	16,8	105,5
Juripiranga	836,9	50,8	101,7	203,4	305,1	-109,8	-58,9	42,8	144,5
Lagoa Seca	1.076,1	65,4	130,8	261,5	392,3	-95,2	-29,8	100,9	231,7
Massaranduba	889,2	54,0	108,0	216,1	324,1	-106,6	-52,6	55,5	163,5
Mogeiro	709,4	43,1	86,2	172,4	258,6	-117,5	-74,4	11,8	98,0
Montadas	561,9	34,1	68,3	136,5	204,8	-126,5	-92,3	-24,1	44,2
Natuba	1.091,6	66,3	132,6	265,3	397,9	-94,3	-28,0	104,7	237,3
Pilar	840,0	51,0	102,1	204,1	306,2	-109,6	-58,5	43,5	145,6
Puxinanã	663,7	40,3	80,6	161,3	241,9	-120,3	-80,0	0,7	81,3
Queimadas	617,4	37,5	75,0	150,0	225,1	-123,1	-85,6	-10,6	64,5
Remígio	902,5	54,8	109,7	219,3	329,0	-105,8	-50,9	58,7	168,4
Riachão	571,6	34,7	69,5	138,9	208,4	-125,9	-91,1	-21,7	47,8
Riachão do Bacamarte	662,4	40,2	80,5	161,0	241,5	-120,4	-80,1	0,4	80,9
Riachão do Poço	821,3	49,9	99,8	199,6	299,4	-110,7	-60,8	39,0	138,8
Salgado de São Félix	690,1	41,9	83,8	167,7	251,5	-118,7	-76,8	7,1	90,9
São José dos Ramos	763,6	46,4	92,8	185,6	278,3	-114,2	-67,8	25,0	117,7
São Miguel de Taipu	852,9	51,8	103,6	207,2	310,9	-108,8	-57,0	46,6	150,3
São Sebastião de Lagoa de Roça	827,0	50,2	100,5	201,0	301,5	-110,4	-60,1	40,4	140,9
Serra Redonda	840,4	51,1	102,1	204,2	306,3	-109,5	-58,5	43,6	145,7
Sobrado	1.006,6	61,2	122,3	244,6	366,9	-99,4	-38,3	84,0	206,3
Solânea	1.049,7	63,8	127,5	255,1	382,6	-96,8	-33,1	94,5	222,0
Tacima	704,2	42,8	85,6	171,1	256,7	-117,8	-75,0	10,5	96,1
Umbuzeiro	863,7	52,5	104,9	209,9	314,8	-108,1	-55,7	49,3	154,2

Tabela 6. Dados da pluviosidade, captação e armazenamento da região do Brejo

Município	Pluviosidade anual (mm)	Potencial de captação (m <sup>3</sup> ano) em telhado (m <sup>2</sup> )				Potencial de armazenamento (m <sup>3</sup> ) em telhado (m <sup>2</sup> )			
		75	150	300	450	75	150	300	450
Alagoa Grande	920,5	55,9	111,8	223,7	335,5	-104,7	-48,8	63,1	174,9
Alagoa Nova	976,9	59,3	118,7	237,4	356,1	-101,3	-41,9	76,8	195,5
Alagoinha	1051,1	63,9	127,7	255,4	383,1	-96,7	-32,9	94,8	222,5
Araçagi	965,9	58,7	117,4	234,7	352,1	-101,9	-43,2	74,1	191,5
Areia	1347,1	81,8	163,7	327,3	491,0	-78,8	3,1	166,7	330,4
Bananeiras	1303,5	79,2	158,4	316,8	475,1	-81,4	-2,2	156,2	314,5
Belém	905,7	55,0	110,0	220,1	330,1	-105,6	-50,6	59,5	169,5
Borborema	1196,0	72,7	145,3	290,6	436,0	-87,9	-15,3	130,0	275,4
Caiçara	799,5	48,6	97,1	194,3	291,4	-112,0	-63,5	33,7	130,8
Capim	943,5	57,3	114,6	229,3	343,9	-103,3	-46,0	68,7	183,3
Cuité de Mamanguape	871,9	53,0	105,9	211,9	317,8	-107,6	-54,7	51,3	157,2
Cuitegí	935,7	56,8	113,7	227,4	341,1	-103,8	-46,9	66,8	180,5
Curral de Cima	874,2	53,1	106,2	212,4	318,6	-107,5	-54,4	51,8	158,0
Duas Estradas	902,2	54,8	109,6	219,2	328,9	-105,8	-51,0	58,6	168,3
Guarabira	1010,9	61,4	122,8	245,7	368,5	-99,2	-37,8	85,1	207,9
Itapororoca	981,2	59,6	119,2	238,4	357,6	-101,0	-41,4	77,8	197,0
Jacaraú	1108,3	67,3	134,7	269,3	404,0	-93,3	-25,9	108,7	243,4
Lagoa de Dentro	864,1	52,5	105,0	210,0	315,0	-108,1	-55,6	49,4	154,4
Logradouro	747,2	45,4	90,8	181,6	272,3	-115,2	-69,8	21,0	111,7
Mari	1044,5	63,5	126,9	253,8	380,7	-97,1	-33,7	93,2	220,1
Matinhas	935,6	56,8	113,7	227,4	341,0	-103,8	-46,9	66,8	180,4
Mulungu	823,5	50,0	100,1	200,1	300,2	-110,6	-60,5	39,5	139,6
Pedro Régis	947,8	57,6	115,2	230,3	345,5	-103,0	-45,4	69,7	184,9
Pilões	1232,3	74,9	149,7	299,5	449,2	-85,7	-10,9	138,9	288,6
Pilõezinhos	1104,0	67,1	134,1	268,3	402,4	-93,5	-26,5	107,7	241,8
Pirpirituba	1031,3	62,7	125,3	250,6	375,9	-97,9	-35,3	90,0	215,3
Sapé	1116,6	67,8	135,7	271,3	407,0	-92,8	-24,9	110,7	246,4
Serra da Raiz	1074,1	65,3	130,5	261,0	391,5	-95,3	-30,1	100,4	230,9
Serraria	1227,4	74,6	149,1	298,3	447,4	-86,0	-11,5	137,7	286,8
Sertãozinho	998,2	60,6	121,3	242,6	363,9	-100,0	-39,3	82,0	203,3

Tabela 7. Dados da pluviosidade, captação e armazenamento da região do Cariri/Curimataú

Município	Pluviosidade anual (mm)	Potencial de captação (m <sup>3</sup> /ano) em telhado (m <sup>2</sup> )				Potencial de armazenamento (m <sup>3</sup> ) em telhado (m <sup>2</sup> )			
		75	150	300	450	75	150	300	450
Alcantil	468,4	28,5	56,9	113,8	170,7	-132,1	-103,7	-46,8	10,1
Algodão de Jandaíra	335,8	20,4	40,8	81,6	122,4	-140,2	-119,8	-79,0	-38,2
Amparo	606,7	36,9	73,7	147,4	221,1	-123,7	-86,9	-13,2	60,5
Assunção	463,0	28,1	56,3	112,5	168,8	-132,5	-104,3	-48,1	8,2
Baraúnas	445,9	27,1	54,2	108,4	162,5	-133,5	-106,4	-52,2	1,9
Barra de Santa Rosa	381,7	23,2	46,4	92,8	139,1	-137,4	-114,2	-67,8	-21,5
Barra de Santana	473,5	28,8	57,5	115,1	172,6	-131,8	-103,1	-45,5	12,0
Barra de São Miguel	376,7	22,9	45,8	91,5	137,3	-137,7	-114,8	-69,1	-23,3
Boa Vista	386,5	23,5	47,0	93,9	140,9	-137,1	-113,6	-66,7	-19,7
Boqueirão	437,2	26,6	53,1	106,2	159,4	-134,0	-107,5	-54,4	-1,2
Cabaceiras	422,3	25,7	51,3	102,6	153,9	-134,9	-109,3	-58,0	-6,7
Camalaú	437,1	26,6	53,1	106,2	159,3	-134,0	-107,5	-54,4	-1,3
Caraúbas	422,8	25,7	51,4	102,7	154,1	-134,9	-109,2	-57,9	-6,5
Casserengue	396,2	24,1	48,1	96,3	144,4	-136,5	-112,5	-64,3	-16,2
Caturité	506,0	30,7	61,5	123,0	184,4	-129,9	-99,1	-37,6	23,8
Congo	533,1	32,4	64,8	129,5	194,3	-128,2	-95,8	-31,1	33,7
Coxixola	505,3	30,7	61,4	122,8	184,2	-129,9	-99,2	-37,8	23,6
Cubati	470,0	28,6	57,1	114,2	171,3	-132,0	-103,5	-46,4	10,7
Cuité	615,6	37,4	74,8	149,6	224,4	-123,2	-85,8	-11,0	63,8
Damião	562,0	34,1	68,3	136,6	204,8	-126,5	-92,3	-24,0	44,2
Desterro	740,9	45,0	90,0	180,0	270,1	-115,6	-70,6	19,4	109,5
Frei Martinho	515,8	31,3	62,7	125,3	188,0	-129,3	-97,9	-35,3	27,4
Gurjão	491,3	29,8	59,7	119,4	179,1	-130,8	-100,9	-41,2	18,5
Juazeirinho	519,9	31,6	63,2	126,3	189,5	-129,0	-97,4	-34,3	28,9
Junco do Seridó	578,5	35,1	70,3	140,6	210,9	-125,5	-90,3	-20,0	50,3
Livramento	573,5	34,8	69,7	139,4	209,0	-125,8	-90,9	-21,2	48,4
Monteiro	659,6	40,1	80,1	160,3	240,4	-120,5	-80,5	-0,3	79,8
Nova Floresta	665,1	40,4	80,8	161,6	242,4	-120,2	-79,8	1,0	81,8
Nova Palmeira	451,3	27,4	54,8	109,7	164,5	-133,2	-105,8	-50,9	3,9
Olivedos	425,8	25,9	51,7	103,5	155,2	-134,7	-108,9	-57,1	-5,4
Ouro Velho	633,0	38,5	76,9	153,8	230,7	-122,1	-83,7	-6,8	70,1
Parari	497,6	30,2	60,5	120,9	181,4	-130,4	-100,1	-39,7	20,8
Pedra Lavrada	455,7	27,7	55,4	110,7	166,1	-132,9	-105,2	-49,9	5,5
Picuí	415,1	25,2	50,4	100,9	151,3	-135,4	-110,2	-59,7	-9,3
Pocinhos	465,1	28,3	56,5	113,0	169,5	-132,3	-104,1	-47,6	8,9
Prata	641,9	39,0	78,0	156,0	234,0	-121,6	-82,6	-4,6	73,4
Riacho de Santo Antônio	385,5	23,4	46,8	93,7	140,5	-137,2	-113,8	-66,9	-20,1
Salgadinho	580,1	35,2	70,5	141,0	211,4	-125,4	-90,1	-19,6	50,8
Santa Cecília	479,3	29,1	58,2	116,5	174,7	-131,5	-102,4	-44,1	14,1
Santo André	450,8	27,4	54,8	109,5	164,3	-133,2	-105,8	-51,1	3,7
São Domingos do Cariri	474,2	28,8	57,6	115,2	172,9	-131,8	-103,0	-45,4	12,3
São João do Cariri	535,9	32,6	65,1	130,2	195,3	-128,0	-95,5	-30,4	34,7
São João do Tigre	577,8	35,1	70,2	140,4	210,6	-125,5	-90,4	-20,2	50,0
São José dos Cordeiros	611,0	37,1	74,2	148,5	222,7	-123,5	-86,4	-12,1	62,1
São Sebastião do Umbuzeiro	542,7	33,0	65,9	131,9	197,8	-127,6	-94,7	-28,7	37,2
São Vicente do Seridó	494,6	30,0	60,1	120,2	180,3	-130,6	-100,5	-40,4	19,7
Serra Branca	532,5	32,3	64,7	129,4	194,1	-128,3	-95,9	-31,2	33,5
Soledade	496,6	30,2	60,3	120,7	181,0	-130,4	-100,3	-39,9	20,4
Sossêgo	420,6	25,6	51,1	102,2	153,3	-135,0	-109,5	-58,4	-7,3
Sumé	703,2	42,7	85,4	170,9	256,3	-117,9	-75,2	10,3	95,7
Taperoá	663,3	40,3	80,6	161,2	241,8	-120,3	-80,0	0,6	81,2
Tenório	498,0	30,3	60,5	121,0	181,5	-130,3	-100,1	-39,6	20,9
Zabelê	486,3	29,5	59,1	118,2	177,3	-131,1	-101,5	-42,4	16,7

Tabela 8. Dados da pluviosidade, captação e armazenamento da região do Sertão

Município	Pluviosidade anual (mm)	Potencial de captação (m <sup>3</sup> ano) em telhado (m <sup>2</sup> )				Potencial de armazenamento (m <sup>3</sup> ) em telhado (m <sup>2</sup> )			
		75	150	300	450	75	150	300	450
Água Branca	830,6	50,5	100,9	201,8	302,8	-110,1	-59,7	41,2	142,2
Areia de Baraúnas	510,6	31,0	62,0	124,1	186,1	-129,6	-98,6	-36,5	25,5
Belém do Brejo do Cruz	766,2	46,5	93,1	186,2	279,3	-114,1	-67,5	25,6	118,7
Bernardino Batista	832,3	50,6	101,1	202,3	303,4	-110,0	-59,5	41,7	142,8
Bom Sucesso	743,2	45,2	90,3	180,6	270,9	-115,4	-70,3	20,0	110,3
Brejo do Cruz	839,0	51,0	101,9	203,9	305,8	-109,6	-58,7	43,3	145,2
Brejo dos Santos	785,1	47,7	95,4	190,8	286,2	-112,9	-65,2	30,2	125,6
Cacimba de Areia	691,4	42,0	84,0	168,0	252,0	-118,6	-76,6	7,4	91,4
Cacimbas	663,3	40,3	80,6	161,2	241,8	-120,3	-80,0	0,6	81,2
Cajazeirinhas	883,1	53,6	107,3	214,6	321,9	-107,0	-53,3	54,0	161,3
Catolé do Rocha	890,9	54,1	108,2	216,5	324,7	-106,5	-52,4	55,9	164,1
Condado	824,2	50,1	100,1	200,3	300,4	-110,5	-60,5	39,7	139,8
Imaculada	707,4	43,0	85,9	171,9	257,8	-117,6	-74,7	11,3	97,2
Jericó	808,3	49,1	98,2	196,4	294,6	-111,5	-62,4	35,8	134,0
Lagoa	872,6	53,0	106,0	212,0	318,1	-107,6	-54,6	51,4	157,5
Lastro	715,3	43,5	86,9	173,8	260,7	-117,1	-73,7	13,2	100,1
Mãe d'Água	726,5	44,1	88,3	176,5	264,8	-116,5	-72,3	15,9	104,2
Malta	817,7	49,7	99,3	198,7	298,0	-110,9	-61,3	38,1	137,4
Mato Grosso	838,4	50,9	101,9	203,7	305,6	-109,7	-58,7	43,1	145,0
Maturéia	584,1	35,5	71,0	141,9	212,9	-125,1	-89,6	-18,7	52,3
Passagem	598,4	36,4	72,7	145,4	218,1	-124,2	-87,9	-15,2	57,5
Patos	747,5	45,4	90,8	181,6	272,5	-115,2	-69,8	21,0	111,9
Paulista	809,1	49,2	98,3	196,6	294,9	-111,4	-62,3	36,0	134,3
Poço Dantas	707,2	43,0	85,9	171,8	257,8	-117,6	-74,7	11,2	97,2
Poço de José de Moura	776,3	47,2	94,3	188,6	283,0	-113,4	-66,3	28,0	122,4
Pombal	851,0	51,7	103,4	206,8	310,2	-108,9	-57,2	46,2	149,6
Quixaba	635,8	38,6	77,2	154,5	231,7	-122,0	-83,4	-6,1	71,1
Riacho dos Cavalos	775,9	47,1	94,3	188,5	282,8	-113,5	-66,3	27,9	122,2
Santa Cruz	783,9	47,6	95,2	190,5	285,7	-113,0	-65,4	29,9	125,1
Santa Luzia	544,3	33,1	66,1	132,3	198,4	-127,5	-94,5	-28,3	37,8
Santa Teresinha	881,2	53,5	107,1	214,1	321,2	-107,1	-53,5	53,5	160,6
São Bentinho	830,6	50,5	100,9	201,8	302,8	-110,1	-59,7	41,2	142,2
São Bento	829,5	50,4	100,8	201,6	302,3	-110,2	-59,8	41,0	141,7
São Domingos	770,9	46,8	93,7	187,3	281,0	-113,8	-66,9	26,7	120,4
São Francisco	782,4	47,5	95,1	190,1	285,2	-113,1	-65,5	29,5	124,6
São José de Espinharas	692,5	42,1	84,1	168,3	252,4	-118,5	-76,5	7,7	91,8
São José do Bonfim	751,5	45,7	91,3	182,6	273,9	-114,9	-69,3	22,0	113,3
São José do Brejo do Cruz	717,0	43,6	87,1	174,2	261,4	-117,0	-73,5	13,6	100,8
São José do Sabugi	606,0	36,8	73,6	147,3	220,9	-123,8	-87,0	-13,3	60,3
São Mamede	663,2	40,3	80,6	161,2	241,7	-120,3	-80,0	0,6	81,1
Teixeira	850,4	51,7	103,3	206,6	310,0	-108,9	-57,3	46,0	149,4
Triunfo	900,1	54,7	109,4	218,7	328,1	-105,9	-51,2	58,1	167,5
Uiraúna	821,7	49,9	99,8	199,7	299,5	-110,7	-60,8	39,1	138,9
Várzea	584,8	35,5	71,1	142,1	213,2	-125,1	-89,5	-18,5	52,6
Vieirópolis	745,1	45,3	90,5	181,0	271,6	-115,3	-70,1	20,4	111,0
Vista Serrana	831,1	50,5	101,0	202,0	302,9	-110,1	-59,6	41,4	142,3

Tabela 9. Dados da pluviosidade, captação e armazenamento da região do Alto Sertão

Município	Pluviosidade anual (mm)	Potencial de captação (m <sup>3</sup> ano) em telhado (m <sup>2</sup> )				Potencial de armazenamento (m <sup>3</sup> ) em telhado (m <sup>2</sup> )			
		75	150	300	450	75	150	300	450
Aguiar	921,8	56,0	112,0	224,0	336,0	-104,6	-48,6	63,4	175,4
Aparecida	810,2	49,2	98,4	196,9	295,3	-111,4	-62,2	36,3	134,7
Boa Ventura	872,7	53,0	106,0	212,1	318,1	-107,6	-54,6	51,5	157,5
Bom Jesus	976,0	59,3	118,6	237,2	355,8	-101,3	-42,0	76,6	195,2
Bonito de Santa Fé	825,2	50,1	100,3	200,5	300,8	-110,5	-60,3	39,9	140,2
Cachoeira dos Índios	924,2	56,1	112,3	224,6	336,9	-104,5	-48,3	64,0	176,3
Cajazeiras	1.115,2	67,7	135,5	271,0	406,5	-92,9	-25,1	110,4	245,9
Carrapateira	864,0	52,5	105,0	209,9	314,9	-108,1	-55,6	49,3	154,3
Catingueira	794,7	48,3	96,6	193,1	289,7	-112,3	-64,0	32,5	129,1
Conceição	706,0	42,9	85,8	171,6	257,4	-117,7	-74,8	11,0	96,8
Coremas	843,2	51,2	102,4	204,9	307,3	-109,4	-58,2	44,3	146,7
Curral Velho	810,0	49,2	98,4	196,8	295,2	-111,4	-62,2	36,2	134,6
Diamante	869,9	52,8	105,7	211,4	317,1	-107,8	-54,9	50,8	156,5
Emas	785,9	47,7	95,5	191,0	286,5	-112,9	-65,1	30,4	125,9
Ibiara	757,9	46,0	92,1	184,2	276,3	-114,6	-68,5	23,6	115,7
Igaracy	931,8	56,6	113,2	226,4	339,6	-104,0	-47,4	65,8	179,0
Itaporanga	922,9	56,1	112,1	224,3	336,4	-104,5	-48,5	63,7	175,8
Joca Claudino	755,8	45,9	91,8	183,7	275,5	-114,7	-68,8	23,1	114,9
Juru	765,4	46,5	93,0	186,0	279,0	-114,1	-67,6	25,4	118,4
Manaíra	775,3	47,1	94,2	188,4	282,6	-113,5	-66,4	27,8	122,0
Marizópolis	950,6	57,8	115,5	231,0	346,5	-102,8	-45,1	70,4	185,9
Monte Horebe	824,9	50,1	100,2	200,5	300,7	-110,5	-60,4	39,9	140,1
Nazarezinho	930,9	56,6	113,1	226,2	339,3	-104,0	-47,5	65,6	178,7
Nova Olinda	851,3	51,7	103,4	206,9	310,3	-108,9	-57,2	46,3	149,7
Olho d'Água	894,4	54,3	108,7	217,3	326,0	-106,3	-51,9	56,7	165,4
Pedra Branca	893,5	54,3	108,6	217,1	325,7	-106,3	-52,0	56,5	165,1
Piancó	816,6	49,6	99,2	198,4	297,7	-111,0	-61,4	37,8	137,1
Princesa Isabel	787,9	47,9	95,7	191,5	287,2	-112,7	-64,9	30,9	126,6
Santa Helena	882,9	53,6	107,3	214,5	321,8	-107,0	-53,3	53,9	161,2
Santa Inês	730,0	44,3	88,7	177,4	266,1	-116,3	-71,9	16,8	105,5
Santana de Mangueira	744,9	45,3	90,5	181,0	271,5	-115,3	-70,1	20,4	110,9
Santana dos Garrotes	795,9	48,4	96,7	193,4	290,1	-112,2	-63,9	32,8	129,5
São João do Rio do Peixe	857,4	52,1	104,2	208,4	312,5	-108,5	-56,4	47,8	151,9
São José da Lagoa Tapada	902,5	54,8	109,7	219,3	329,0	-105,8	-50,9	58,7	168,4
São José de Caiana	896,2	54,4	108,9	217,8	326,7	-106,2	-51,7	57,2	166,1
São José de Piranhas	940,7	57,1	114,3	228,6	342,9	-103,5	-46,3	68,0	182,3
São José de Princesa	831,7	50,5	101,1	202,1	303,2	-110,1	-59,5	41,5	142,6
Serra Grande	916,4	55,7	111,3	222,7	334,0	-104,9	-49,3	62,1	173,4
Sousa	978,0	59,4	118,8	237,6	356,5	-101,2	-41,8	77,0	195,9
Tavares	841,0	51,1	102,2	204,4	306,5	-109,5	-58,4	43,8	145,9



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA. Agência de Águas do Estado da Paraíba. Chuvas. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2023-12-21&produto=municipio&periodo=anual>. Acesso em: 11 de dezembro de 2023.

AESA. Agência de Águas do Estado da Paraíba. Geoportal. Arquivos shapefiles. Disponível em: <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>. Acesso em: 05 de janeiro de 2024.

ARAGÃO, J. O. R. O impacto do ENOS e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. *Boll. Inst. Fr. Etudes Andines*, v.27, n.3, p.839-844, 1998.

ARAGÃO, J. O. R. Um Estudo da Estrutura das Perturbações Sinóticas no Nordeste do Brasil. 51f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1976.

BARROS, M. L. DA S. Análise espacial aplicada ao estudo da precipitação pluviométrica em Pernambuco. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2022.

*Francisco et al. (2024)*

- BASTOS, F. P. Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV. 135f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2007.
- BATISTA, L. M. Água de chuva, uma alternativa para comunidades rurais no Estado do Pará. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Energias Renováveis). Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2021.
- BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. DE M. Desempenho temporal de séries pluviométricas no Estado da Paraíba: uma análise comparativa. In: Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro, 1, 2013, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2013.
- BECKER, C. T.; MELO, M. M. M. S.; COSTA, M. N. DE M.; RIBEIRO, R. E. P. Caracterização climática das regiões pluviometricamente homogêneas do Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.4, n.2, p.286-299, 2011.
- BRANDÃO, W. Utilização de métodos geoestatísticos de krigeagem ordinária e krigeagem por indicação na interpolação de dados geoquímicos de solos: uma comparação. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10, 2001, Foz do Iguaçu. Anais...INPE, Foz do Iguaçu, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia 8). Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972.
- CANO, É. V. Métodos de interpolação da batimetria adquirida por veículo de superfície não tripulado. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais, Geoprocessamento Aplicado). Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2022.
- CARVALHO, R. S. DE. Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina. 53f. (Especialização em Construção de Obras Públicas). Universidade Federal do Paraná. Apucarana, 2010.
- CHRISTOFIDIS, D. Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil. (Relatório Técnico). PROÁGUA, 2006. 18p.
- CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT'ANA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org). Variabilidade e mudanças climáticas. Maringá: Eduem. 2000.
- COSTA NETO, F. DE A.; MEDEIROS, R. M. DE; MENEZES, H. E. A.; COSTA, R. O. DA. Balanço hídrico para cidade de Olivedos-PB, Brasil. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.
- COSTA, M. H. Balanço Hídrico. Caderno Didático. n. 19. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 1994.

DIAS, I. C. S. Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa. 136f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

DUARTE, S. M. A.; BARBOSA, M. P. Estudo dos recursos naturais e as potencialidades no semiárido, estado da Paraíba. *Revista Engenharia Ambiental*, v.6, n.3, p.168-189, 2009.

ESRI. Mapa Topográfico Mundial. Disponível em: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>. Acesso em: janeiro de 2024.

FANTI, C. E. Reconstrução de superfícies tridimensionais utilizando B-splines com peso associado à redução do número de pontos de controle. 125f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2016.

FERNANDES, P. A. M.; ALVES, M. DA G. Utilização das águas pluviais no município de Quissamã, RJ. *Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, v.5, n.1/2, p.12-17, 2013.

FEWKES, A; BUTLER, D. The sizing of rainwater stores using Behavioural models. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água da Chuva, 2, Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água da Chuva, 9, 1999, Petrolina. *Anais...Petrolina*, 1999.

FRANÇA, J. R. A.; LI, L. Z.; SILVA, F. N. R.; JUNIOR, A. R. T. Sensibilidade do Modelo de Circulação Geral do LMD às variações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Tropical. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9, 2000, Rio de Janeiro. *Anais...Rio de Janeiro*, 2000.

FRANCISCO, D. P. M.; FARIAS, S. A. R.; FRANCISCO, P. R. M.; CABRAL, J. H. DE A.; SILVA, E. A. DE A. Potencial de captação de água pluvial do município de Sousa-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 4, 2017, Belém. *Anais...Belém*, 2017.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M.; AYRES, G. D. J.; SILVA, V. F.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; PEDROZA, J. P. Dinâmica temporal da cobertura e uso da terra da região do médio curso do rio Paraíba. In: (Org). FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N. *Tecnologias aplicadas às pesquisas: GEO 21. EPTEC*, 2021.130p.



FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. Mapeamento das terras para mecanização agrícola - Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, n.2, p.223-249, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA; SANTOS, D. Oscilação pluviométrica anual e mensal no Estado da Paraíba-Brasil. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 33, n.3, p.141-154, 2016.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; MELLO, V. DA S.; BANDEIRA, M. M.; MACEDO, F. L. DE; SANTOS, D. Discriminação de cenários pluviométricos do estado da Paraíba utilizando distribuição Gama Incompleta e Teste Kolmogorov-Smirnov. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.9, n.1, p.47-61, 2016a.

FRANCISCO, P. R. M.; PEDROZA, J. P.; BANDEIRA, M. M.; SILVA, L. L. DA; SANTOS, D. Mapeamento da insolação do Estado da Paraíba utilizando krigagem. *Revista de Geografia (Recife)*, v.33, n.1, p.248-262, 2016b.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. *Climatologia do Estado da Paraíba*. 1ª ed. Campina Grande: EDUFCG, 2017. 75p.

FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. F.; SANTOS, D.; RIBEIRO, G. DO N.; AYRES, G. D. J. Avaliação pluviométrica da região do médio curso do Rio Paraíba utilizando krigagem. *Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology*, v.9, n.1, p.51-59, 2023.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. *Building and Environment*, v.41, n.11, p.1544-1550, 2006.

GHISI, E.; BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*, v.42, n.4, p.1654-1666, 2007.

GOMES, O. M.; SANTOS, C. A. C. DOS; SOUZA, F. DE A. S. DE; PAIVA, W. DE; OLINDA, R. A. DE. Análise comparativa da precipitação no Estado da Paraíba utilizando modelos de regressão polinomial. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.30, n.1, p.47-58, 2015.

GONZAGA, F. DE A. DA S.; BARBOSA, M. P.; FRANCISCO, P. R. M. Estudo de campo integrado com imagem LANDSAT para indicar áreas favoráveis a captação de águas subterrâneas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, p.1145-1158, 2012.

GRIPP, A. H. Utilização de geoestatística para o tratamento de dados de prospecção geoquímica. *Revista Brasileira de Geociências*, v.22, n.2, p.248-251, 1992.

HAGEMANN, S. E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of Climatic Hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, v.103, p.77-92, 1977.

HUNKA, P. G. Diagnóstico socioambiental e dos usos dos recursos hídricos na bacia do rio Guajú – PB/RN. 130f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2006.

IBGE. Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente, Áreas Urbanizadas do Brasil 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 de dezembro de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malhas territoriais. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de dezembro de 2023.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. 2012. Disponível em: <http://www.insa.gov.br>. Acesso em: 25 de julho de 2015.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.

JAKOB, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 13, Ouro Preto, 2002. Anais...Ouro Preto, 2002.

JALFIM, F. T. Considerações sobre a viabilidade técnica e social da captação e armazenamento da água da chuva em cisternas rurais na região semiárida brasileira. In: Simpósio Brasileiro de Captação de água de Chuva no Semiárido. Campina Grande, 3, 2001, Petrolina. Anais...Petrolina, 2001.

JIANG, Y.; ZHANG, N. Applications of scattered interpolation with multilevel B-splines to magnetic anomaly data. *Near Surface Geophysics*, v.11, n.5, p.579- 585, 2013.

JOURNEL, A. G. *Fundamentals of geostatistics in five lessons*. California, Stanford Center for Reservoir Forecasting Applied Earth Sciences Department, 1988. 85p.

JUNG, K.; STELZENMÜLLER, V.; ZAUKE, G. P. Spatial distribution of heavy metal concentrations and biomass indices in *Cerastoderma edule* Linnaeus (1758) from the German *Francisco et al. (2024)*

Wadden Sea: an integrated biomonitoring approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v.338, p.81-95, 2006.

KAYA, H.; HARDY, D. J.; SKEEL, R. D. Multilevel summation for periodic electrostatics using B-splines. *Journal Chemical Physics*, v.154, n.14, e4105, 2021.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper Tropospheric Cyclone Vortices in the Tropical South Atlantic. *Tellus*, v.33, p.538-550, 1981.

LANDIM, P. M. B. Sobre geostatística e mapas. *Terra e Didática*, v.2, n.1, p.19-33, 2006.

LEE, B. G.; LEE, J. J.; KWON, K. R. Quasi-interpolants Based Multilevel B-Spline Surface Reconstruction from Scattered Data. In: GERVASI, O. et al. *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2005*. ICCSA 2005. *Lecture Notes in Computer Science*, v. 3482. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.

LEE, B. G.; LEE, J. J.; YOO, J. An efficient scattered data approximation using multilevel B-splines based on quasi-interpolants. In: *International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, 5, 2005, Ottawa. *Anais...Ottawa*, 2005.

LEE, S.; WOLBERG, G.; SHIN, S. Scattered data interpolation with multilevel b-splines. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, v.3, n.3, p.228–244, 1997.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M. DE; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.16, n.3, p.291-298, 2011.

LYCHE, T.; MANNI, C.; SPELEERS, H. Foundations of Spline Theory: B-Splines, Spline Approximation, and Hierarchical Refinement. In: LYCHE, T.; MANNI, C.; SPELEERS, H. (eds) *Splines and PDEs: From Approximation Theory to Numerical Linear Algebra*. *Mathematics*, v.2219. Springer, Cham. 2018.

MACIEL, A. C.; MEDEIROS, R. M. Prognóstico para armazenamento de águas pluviais de acordo com a variabilidade anual da precipitação pluvial em União, Piauí. In: *Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica*, 5, 2010, Maceió. *Anais...Maceió*, 2010.

MAIA, A. G.; SANTOS, A. L. DOS; OLIVEIRA FILHO, P. C. DE. Avaliação da economia de água potável com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Irati, Paraná. *Ambiência Guarapuava*, v.7, n.1, p.51-63, 2011.

MATHERON, G. Les principes de la geostatistique. CG, Ecole des Mines de Paris. *Rapport*, n.88. 1963.

- MATHERON, G. The theory of regionalized variables and its applications. Paris, Le Cahiers du Centre de Morphologie Mathematique de Fontainebleu, 1971. 211p.
- MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; SILVA, L. L.; BANDEIRA, M. M. Variabilidade da temperatura média do ar no Estado da Paraíba-Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.1, p.128-135, 2015.
- MELO L. F. S. E.; MEDEIROS, R. M. Prognóstico para armazenamento de águas pluviais de acordo com a variabilidade anual da precipitação pluvial em Pedro II, PI. In: *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*, 5, 2005, Teresina. Anais...Teresina, 2005.
- MOLDEN, D. Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture. London: Earthscan: International Water Management Institute, 2007.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. *Revista Brasileira Meteorologia*, v.17, p.1-10, 2002.
- MOON, S.; KO, K. A point projection approach for improving the accuracy of the multilevel B-spline approximation. *Journal of Computational Design and Engineering*, v.5, p.173–179, 2018.
- NASCIMENTO, T. V. DO; FERNANDES, L. L.; YOSHINO, G. H. Potencial de aproveitamento de água de chuva na Universidade Federal do Pará – Belém/PA. *Revista Monografias Ambientais*, v.15, n.1, p.105-116, 2016.
- NOËL, L.; SCHMIDT, M.; MESSE, C.; EVANS, J. A.; MAUTE, K. Adaptive level set topology optimization using hierarchical B-splines. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, v.62, p.1669–1699, 2020.
- OMM. Organização Meteorológica Mundial. Calculation of monthly and annual 30 - year standard normals. Geneva (WMO). Technical Document, v.341, n.10, 1989.
- ONU. Organização das Nações Unidas. United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). *World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris: UNESCO; 2015b. Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/naturalsciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-waterfor-a-sustainable-world/>. Acesso em: 05 de abril 2021.
- OSORIO, D. S. Á.; LEÓN, J. C. M.; CONTRERAS, A. C. Bathymetric digital models generated by interpolation methods IDW, Kriging, Shepard and B-Spline in the archipelago of Rosario islands. *Revista Geomática*, n.5, p.3-14, 2011.
- PARAÍBA. Secretaria de Infraestrutura, Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Camargo Schubert Engenheiros Associados. Associação Técnico Científica Ernesto

- Luiz de Oliveira Júnior, ATECEL. Atlas eólico: Paraíba. Campina Grande: ATECEL/UFPG. 2014. 104p.
- POLIZELLI JUNIOR, V. Métodos implícitos para reconstrução de superfícies a partir de nuvens de pontos. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional). Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.
- ROCHA, M. M.; LOURENÇO, D. A.; LEITE, C. B. B. Aplicação de krigagem com correção do efeito de suavização em dados de potenciometria da cidade de Pereira Barreto-SP. *Geologia*, v.7, n.2, p.37-48. 2007.
- SABINO, S M. L.; MACEDO, D. R. Relação entre dados pluviométricos primários e modelos geoestatísticos interpolados em escala global. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19, 2019, Santos. Anais...Santos, 2019.
- SANTOS, L. J. V. DOS; MEDEIROS, R. M. DE; KASSAR, C.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, R. DA C. C. Variabilidade anual da precipitação pluvial e condições de captação e armazenamento de água no município de Floriano-PI. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2012.
- SETZER, J. Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai. São Paulo, Brasil, 1966. 61p.
- SILVA, A. M.; COSTA, D. L. C. R.; LINS, C. J. C. Precipitações no Nordeste Brasileiro: tendências de variação e possíveis implicações na agricultura. In: Semana do Meio Ambiente, 5, 2008, Recife. Anais...Recife, 2008.
- SILVESTRE, A. L. Análise de dados e estatística descritiva. Escolar Editora. 2007.
- SIQUEIRA, M. DA S. DE; RIBEIRO, G. DO N.; FRANCISCO, P. R. M.; BARBOSA, R. R.; RAMOS, I. DE O. Ocorrência e caracterização de sistemas de captação hídrica em um trecho do rio Pedra Comprida, Sumé-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.
- SORIANO, B. M. A. Caracterização climática de Corumbá-MS. *Boletim de Pesquisa*, 11. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1997. 25p.
- SOUZA, L. DA S.; MEDEIROS, E. S. DE; GALBETTI, M. V.; BICALHO, C. C.; SANTOS, C. A. C. DOS; SHINMA, T. A.; SILVA, A. Q. DA; OLIVEIRA, L. A. DE. Modelagem Espacial de Chuvas Intensas no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.37, n.3, p.373-383, 2022.
- TOMAZ, P. Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre o uso racional da água. São Paulo: Navegar Editora, 2001.

UN DESA. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. World population prospects: the 2008 revision, highlights. New York, 2009. (Working paper, ESA/P/WP.210).

UNESCO-WWAP. The World Water Development Report: Water for People, Water for Life. Executive Summary. 2003. 35p.

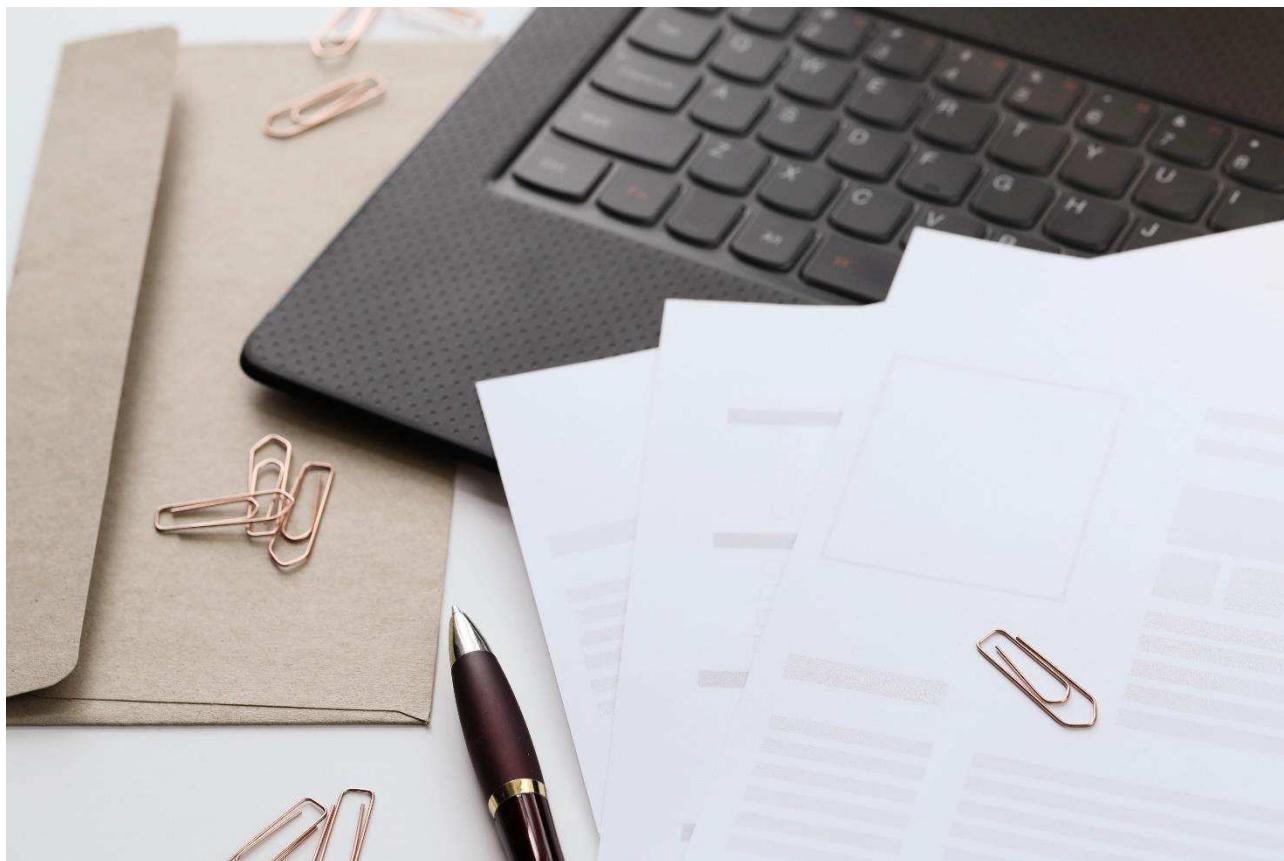
VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: INMET, 2006.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR, M. J. N.; NIETZCHE, M. H.; SILVA, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande, 1984.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. v. 2. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.

YAMAZAKI, Y.; RAO, V. B. Tropical cloudiness over the South Atlantic Ocean. Journal of the Meteorological Society of Japan, v.55, p.205-207, 1977.


ZHOU, F.; GUO, H.; HÃO, Z. Spatial distribution of heavy metals in Hong Kong's marine sediments and their human impacts: a GIS-based chemometric approach. Marine Pollution Bulletin, v.54, p.1371-1384, 2007.



## CURRICULUM DOS AUTORES


**Paulo Roberto Megna Francisco:** Atuou como Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional de Interiorização na Universidade Federal da Paraíba-UFPB-CCA/Areia. Graduado como Engenharia Agrícola pela UFCG. Doutorado em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais). Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2013), Mestrado em Agronomia - Manejo de Solo e Água (Concentração - Agricultura Sustentável e Planejamento Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Areia (2010) e Graduado como Tecnólogo Agrícola (Mecanização) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Bauru (1990). Tem experiência na Docência na área de Agronomia, com ênfase em Mecanização Agrícola, Máquinas e Implementos Agrícolas e Máquinas Agrozootécnicas. Atua como pesquisador, colaborador e orientador em projetos junto à UFPB Campus de Areia, UFCG - Campus de Campina Grande, Campus de Sumé e Campus Patos. Tem experiência em classificação técnica e mapeamento de solos, aptidão agrícola e pedoclimática, capacidade de uso do solo, geoprocessamento, cartografia, sensoriamento remoto, geoestatística, geração de balanço hídrico e índices climáticos. Prestou consultoria para o INCRA/PB na realização de PDAs. Foi Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico-EPTec. Atualmente colabora como organizador e na comissão científica do CNMA-Poços de Caldas.

**paulomegna@gmail.com**

 <https://orcid.org/0000-0002-5062-5434>


**José Hugo Simplicio de Sousa:** Engenheiro de Biosistemas pela Universidade Federal de Campina Grande, CDSA/Campus Sumé com ênfase em Sensoriamento Remoto e geoprocessamento. Atuou como bolsista do Programa Institucional de Iniciação Científica-PIBIC, em projetos na área de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, entre 2021 a 2023 e atuou em projeto na área de secagem de alimentos entre 2020 e 2021. Ex-Membro Associado Consultor Júnior da SustemBIO Jr, Empresa Júnior do curso de Engenharia de Biosistemas da UFCG/CDSA.

**hugosimplicio123@gmail.com**

 <https://orcid.org/0000-0001-5068-0663>


**George do Nascimento Ribeiro:** Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).

**george@ufcg.edu.br**

 <https://orcid.org/0000-0003-4225-0967>


**José Nilton Silva:** Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2009), Mestre e Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2013), Licenciado em Química pela Universidade Estadual da Paraíba (2006). É Professor Adjunto na Universidade Federal de Campina Grande, lotado no Departamento de Engenharia Química, do Centro de Ciências e Tecnologias. Tem experiência na área de Engenharia Química, Sistemas Computacionais, com ênfase em processos e processamento de dados, atuando principalmente nos temas: modelagem, simulação de processos, projeto de processos industriais e energias renováveis. Na área de Gestão em Ciência, Tecnologia e Inovação é ativo em Sistemas de Inovação, Empreendedorismo Inovador, Proteção do Conhecimento, Transferência de Tecnologia, Interação Universidade-Empresa e Incubadoras de Empresas/Parques Tecnológicos. É orientador do quadro dos PPGs em Engenharia Química-UFCG e do PROFNIT- ponto focal Paraíba. Coordenou o Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia NITT/UFCG (2017-2018), e atual assessor de PI do NITT-UFCG, e em 2018, Diretor Geral da Fundação Parque Tecnológico da Paraíba – PaqTcPB.

**nilton@eq.ufcg.edu.br**

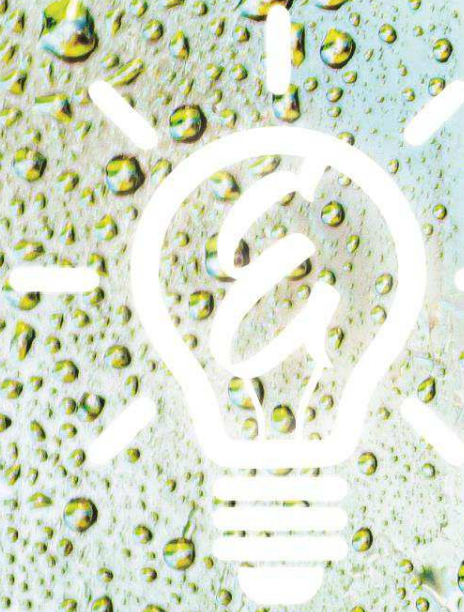
 <https://orcid.org/0000-0001-7128-8396>

**Raimundo Calixto Martins Rodrigues:** Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (2003), Mestrado em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (2008), Doutorado Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções Rurais e Ambiente, na Universidade Federal de Campina Grande UFCG (2022). Professor vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão UEMA, Campus Paulo VI em São Luís - MA.

**calixto\_80@hotmail.com**

 <https://orcid.org/0000-0001-8437-7857>





978-65-00-97304-4