

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SERIDÓ

Geraldo da Silva Wanderley¹ ; Carlos César de Araújo² ; Andreza Viana Fonseca³ & José Yure Gomes dos Santos⁴

ABSTRACT – This study analyzed the spatial variability of precipitation in the Seridó River Basin, located between the states of Paraíba and Rio Grande do Norte, integrating statistical methods and GIS techniques. For this purpose, data from 27 rainfall stations distributed in the basin and its surroundings were used, covering the period from 1994 to 2019, totaling 26 years. Gaps in the data were filled using the ratio of normal values method. Spatial interpolation of precipitation was performed using the IDW method, enabling the analysis of spatial variability of rainfall and the estimation of its distribution in the basin. The rainfall regime presents a rainy period in the first half of the year, between January and May, and may extend until June in anomalous years. The temporal analysis revealed significant interannual variation, with a historical annual average of 596 mm, a maximum of 957 mm recorded in 2009 and a minimum of 208 mm in 2012. The spatial variability of precipitation indicated an increasing east-west gradient in the basin, with a slight rainfall concentration in the southwest portion. This distribution is explained by the action of the predominant atmospheric systems in the region, such as the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) and the Atlantic Equatorial Mass (mEa), in addition to the influence of the Upper Level Cyclonic Vortices (VCAN's) and the easterly waves, as well as the influence of the orographic effect of the Borborema Plateau.

RESUMO – O presente trabalho realizou uma análise da variabilidade espacial da precipitação na Bacia do Rio Seridó, situada entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, integrando métodos estatísticos e técnicas de SIG. Para tal, foram utilizados dados de 27 estações pluviométricas distribuídas na bacia e em seu entorno, abrangendo o período de 1994 a 2019, totalizando 26 anos. O preenchimento de falhas nos dados foi realizado pelo método das razões dos valores normais. A interpolação espacial da precipitação foi realizada pelo método IDW, possibilitando a análise da variabilidade espacial da chuva e a estimativa da sua distribuição na bacia. O regime pluviométrico apresenta um período chuvoso no primeiro semestre do ano, entre janeiro e maio, podendo se estender até junho em anos anômalos. A análise temporal revelou uma variação interanual significativa, com uma média histórica anual de 596 mm, um máximo de 957 mm registrado em 2009 e um mínimo de 208 mm em 2012. A variabilidade espacial da precipitação indicou um gradiente crescente de Leste-Oeste da bacia, com uma leve concentração pluviométrica na porção Sudoeste. Essa distribuição é explicada pela atuação dos sistemas atmosféricos predominantes na região, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Massa Equatorial Atlântica (mEa), além da influência dos

1) Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Caicó, (84) 99931-0581, geraldo.wanderley.121@ufrn.edu.br;

2) Mestrando em Geografia pelo GEOCERES, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Caicó, (84) 98842-2248, carlos.araujo.706@ufrn.edu.br;

3) Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental pelo PPGCTA, Universidade de Pernambuco (UPE), Nazaré da Mata, (84) 99189-5873, andreza.vfonseca@upe.br;

4) Professor do Departamento de Geografia do CERES-UFRN, Caicó, (84) 99827-7440, jose.yure.santos@ufrn.br.

Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's), e as Ondas de Leste, como também a influência do efeito orográfico do Planalto da Borborema.

Palavras-chave: Variabilidade espaço-temporal; Análise pluviométrica; SIG; Interpolação espacial.

INTRODUÇÃO

O território brasileiro constitui-se de uma ampla variedade paisagística. A região Nordeste, que abrange quase que toda a porção territorial do país delimitada como Semiárido, apresenta o domínio das depressões interplanálticas semiáridas, popularmente conhecida como domínio das Caatingas (Ab'Sáber, 2003). Esse bioma de natureza excepcional no que se refere ao contexto climático e hidrológico, está inserido em vastas extensões de terras semiáridas, podendo ser explicado pelas massas de ar equatorial continental (EC), nas quais regam essas depressões, além da pouca penetração da massa tropical atlântica de leste a oeste, explicitando a ausência de precipitações em torno de seis a sete meses no ano.

Segundo Ab'Sáber (2003), esse domínio é marcado pelo clima semiárido, com temperaturas elevadas em torno de 25 °C a 29 °C, e pelos volumes pluviométricos na ordem de 268 mm a 800 mm, o que simboliza a complexidade da dinâmica hídrica e sua escassez em grande parte do ano. Ainda, apresenta uma vegetação predominantemente xerófila, com plantas adaptadas ao bioma caatinga, assim como às altas incidências de luz solar e ao alto nível de evapotranspiração. Quanto à sua rede hidrográfica, apresenta comportamento de rios intermitentes, que secam em grande parte do ano, seguindo o ritmo climático sazonal da quadra chuvosa e seca ao longo do ano, complexando a disponibilidade de recursos hídricos às suas populações e afins.

Essas características de ordem climática, hidrológica e ecológica, diferenciam-na das demais regiões do país. As suas particularidades estruturais influenciam diretamente o comportamento dos componentes do ciclo hidrológico, que a depender da área investigada vai-se comportar de formas distintas. Esse processo é considerado um fenômeno global caracterizado pela circulação contínua da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado pela energia solar, em interação com a gravidade e a rotação do planeta Terra (Tucci, 2009). O mesmo detém de um elemento essencial para a análise espacial, a precipitação, considerada como ponto de partida para compreender-se a dinâmica comportamental do ciclo.

Nessa perspectiva, destaca-se aqui a Bacia Hidrográfica do Rio Seridó sob esse contexto, considerada uma das principais sub-bacias da Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, contida entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Esta bacia divide-se em quatro partes: I) Seridó occidental potiguar; II) Seridó oriental potiguar; III) Seridó occidental paraibano; e IV) Seridó oriental paraibano (Rabelo; Araújo, 2019). Mediante a abordagem climática, a bacia apresenta relação intrínseca com o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Massa Equatorial Atlântica (mEa), atrelados aos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's) e às Ondas de Leste (Ferreira; Mello, 2005).

Os estudos sobre a variabilidade da precipitação em bacias hidrográficas semiáridas tornam-se um aspecto provocante na área de recursos hídricos, mensurando a relevância sobre as implicações que a disponibilidade hídrica dessas regiões oferece. Assim, estudos voltados às análises espaciais da precipitação são fundamentais devido a sua contribuição nos aspectos econômico, social e ambiental, elementos essenciais para o planejamento do uso e cobertura do solo em áreas estratégicas para o desenvolvimento de atividades econômicas, assim como para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos.

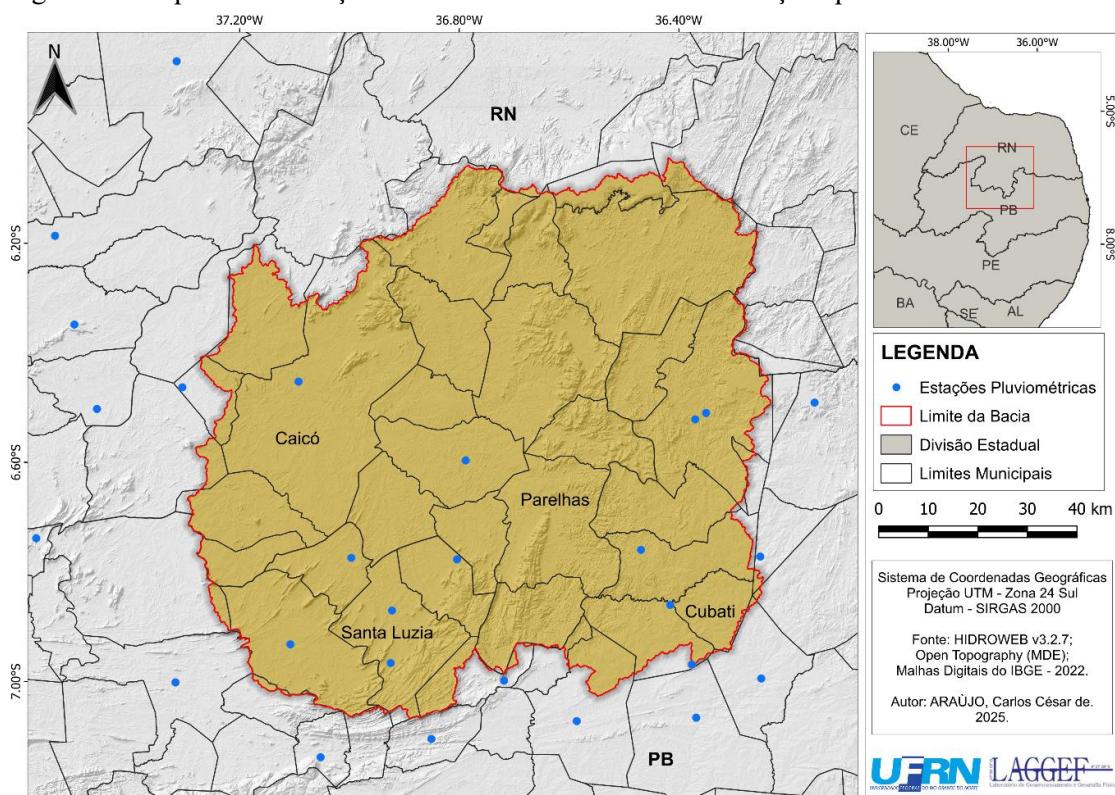
Objetiva-se assim, com o presente trabalho, realizar uma análise da variabilidade espacial da precipitação na bacia do Rio Seridó, através da aplicação de métodos estatísticos integrados à aplicabilidade de técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Seridó localiza-se na região Semiárida do Nordeste, entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. A sua área de drenagem é de aproximadamente 10 mil km², situada entre as coordenadas 6°02' a 6°58' de latitude sul e 36°15' a 37°17' de longitude oeste, (Figura 1). O seu território compreende a formação de 33 municípios, sendo 20 localizados no estado Potiguar e 13 no estado Paraibano. A mesma é a principal sub-bacia do trecho do Rio Piancó-Piranhas-Açu.

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia do Rio Seridó e das estações pluviométricas utilizadas.



2.2. Dados utilizados no estudo

Esta pesquisa parte da análise de dados de 27 estações pluviométricas identificadas no interior da bacia e em seu entorno, conforme visto na Figura 1. A espacialização das estações revelou um padrão heterogêneo, caracterizado pela carência de dados em estações situadas nas porções Norte e Nordeste da bacia, enquanto identificou-se uma maior concentração no Sul e Oeste. No entanto, a quantidade de estações, assim como o recorte temporal adotado foram eficazes para obter-se resultados satisfatórios durante a análise comparativa dos dados.

Logo, para o desenvolvimento deste estudo foram extraídos dados para uma análise temporal de 26 anos (1994-2019), obtidos por meio do portal HidroWeb (Sistema de Informações Hidrológicas) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), disponível no endereço: <https://www.snh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. A Tabela 1 subsequente exibe as informações sobre as estações usadas, contendo o código, o nome da estação, a localização e o período de observação. Já a Tabela 2 evidencia os períodos de falhas detectados ao longo da série temporal observada.

Tabela 1 – Estações pluviométricas utilizadas.

Código	Nome da estação	Município	Período de observação
537034	Augusto Severo	Campo Grande	1994-2019
636082	Santa Luzia/Riacho Do Saco	São Vicente do Seridó	1994-2019
637023	Brejo Do Cruz	Brejo Cruz	1994-2019
637045	São Bento	São Bento	1994-2019
737070	Nova Olinda	Passagem	1994-2019
736072	Pocinhos	Salgadinho	1994-2019
737055	Patos/Embrapa	Patos	1994-2019
636076	Cuité	Cuité	1994-2019
637039	Caicó	Caicó	1994-2019
636068	Várzea	Várzea	1994-2019
636069	São José Do Sabugi	São José Do Sabugi	1994-2019
636080	Pombal	Santa Luzia	1994-2019
636083	São Vicente Do Seridó/Seridó	São Vicente Do Seridó	1994-2019
637022	Belém Do Brejo Do Cruz	Belém Do Brejo Do Cruz	1994-2019
637081	Vista Serrana/Desterro De Malta	Vista Serrana	1994-2019
736070	Juazeirinho	Juazeirinho	1994-2019
736075	Soledade	Soledade	1994-2019
636077	Nazarezinho	Olivedos	1994-2019
636084	Sossêgo	Sossêgo	1994-2019
637010	Açude Lagoinha	Timbaúba dos Batistas	1994-2019
636046	Junco do Seridó	Junco do Seridó	1994-2019
636045	Sítio Volta	Jardim do Seridó	1994-2019
636081	Princesa Isabel	Santa Luzia	1994-2019
637037	São Mamede	São Mamede	1994-2019

636038	Picuí	Picuí	1994-2019
636078	Olho D'água	Pedra Lavrada	1994-2019
636079	Pedra Lavrada	Picuí	1994-2019

Tabela 2 – Estações pluviométricas que apresentaram períodos de falhas.

Código	Nome da estação	Períodos de falhas
637022	Belém Do Brejo Do Cruz	Dez. 2019
637081	Vista Serrana/Desterro De Malta	Nov. e Dez. 2019
736070	Juazeirinho	Nov. e Dez. 2019
736075	Soledade	Abr.; Mai.; Ago.; a Dez. 2019
636077	Nazarezinho	Dez. 2019
636084	Sossêgo	Dez. 2003
637010	Açude Lagoinha	Mai. 2019
636046	Junco do Seridó	Dez. 2019
636045	Sítio Volta	Abr. 2010
636081	Princesa Isabel	Out. 2019
637037	São Mamede	Nov. e Dez. 2019
636038	Picuí	Dez. 2019
636078	Olho D'água	Nov. e Dez. 2019
636083	São Vicente Do Seridó/Seridó	Mai. 2009; Dez. 2019

Ao analisar a Tabela 2, observa-se que a série de dados utilizada na pesquisa apresenta períodos de falhas consideráveis, ocorrendo em 14 das 27 estações.

Conforme a Tabela 2, observou-se que a partir da identificação de alguns períodos de falhas, para dar continuidade ao estudo, se fez necessário a realização de preenchimento de falhas por meio do método das razões dos valores normais (Equação 1). Esse método representa um cálculo ponderado, que considera a influência de pelo menos três estações pluviométricas vizinhas. Além disso, alguns critérios são necessários para a sua aplicação, como: as estações devem estar localizadas em áreas climatológicas semelhantes à estação em análise; e deve-se apresentar nas estações de referência uma série contendo dados de pelo menos 10 anos para possibilitar o preenchimento das falhas adequadamente (Silva *et al.*, 2010).

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{M_x}{M_a} P_a + \frac{M_x}{M_b} P_b + \frac{M_x}{M_c} P_c \right) \quad (1)$$

Esse cálculo segue determinados parâmetros, sendo: P_x , a variável que armazenará os dados corrigidos; M_x , a média da estação com falha; M_a , M_b e M_c , as médias aritméticas das estações

vizinhas; e os itens P_a , P_b e P_c , responsáveis por designar os dados das estações vizinhas no mesmo período aplicado o preenchimento das falhas (Silva *et al.*, 2010).

2.3. Análise da variabilidade espacial da precipitação

A interpolação dos dados de precipitação foi realizada por meio do *software de SIG QGIS Desktop* (versão 3.16.15). A aplicação de um determinado método é fundamental nas análises de dados climáticos, corroborando para que o pesquisador tenha diferentes interpretações. Para esta pesquisa, utilizou-se do método IDW (Ponderação pelo Inverso da Distância), que parte da utilização de valores resultantes de uma combinação linear ponderada presentes na amostra. O peso atribuído ao dado que inicialmente não existia é uma função da distância inversa. Assim, esse método parte da hipótese de que os elementos mais contíguos são mais similares do que aqueles mais longínquos. Nessa perspectiva, esse método utilizará os valores mais próximos, que terão um peso maior do que os valores mais distantes. Assim, à medida que um novo ponto é originado, os anteriores exerçerão influência sobre ele (Murara, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

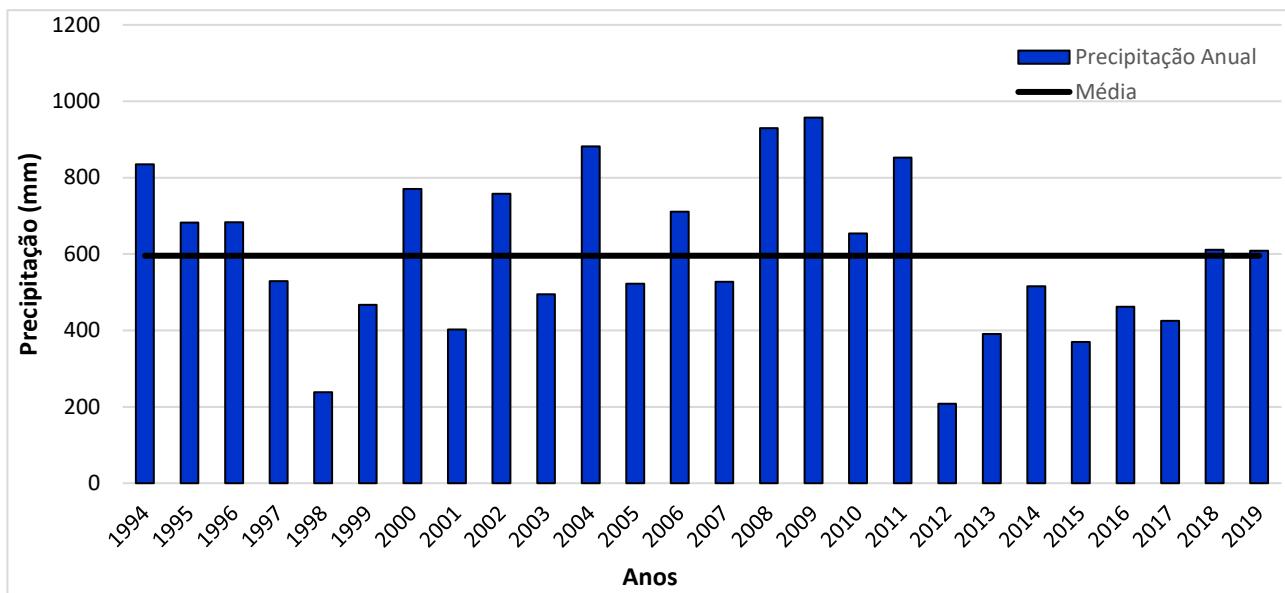
A aplicação de um método ponderado e as análises realizadas possibilitaram a caracterização do padrão da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do Rio Seridó. Os resultados adquiridos foram constituídos e debatidos sob diferentes perspectivas, como os aspectos estatísticos e a representação espacial das precipitações ao longo da série histórica. Logo, os métodos empregados corroboraram para uma avaliação minuciosa das tendências pluviométricas e das possíveis influências climáticas e geomorfológicos na disposição da precipitação sobre a área investigada.

A Figura 2 exibe o comportamento evolutivo da precipitação média anual na Bacia do Rio Seridó, assim como a sua média histórica de 596 mm apontada durante o período observado. Identificou-se significativa variabilidade interanual da precipitação, com anos apresentando índices pluviométricos elevados seguidos por períodos abaixo da média. Logo, destacam-se os anos de 1994, 2004, 2008, 2009 e 2011, que registraram precipitações superiores a 800 mm.

Além dos anos considerados chuvosos, identificou-se períodos em que a precipitação ficou muito abaixo da média histórica, com destaque aos intervalos de 1997 a 1999 e 2012 a 2017. Além disso, verificou-se anos com padrões alternados de precipitação, como 2001, 2003, 2005 e 2007, caracterizados por variações intercaladas a cada dois anos. O período mais crítico da série estudada corresponde a seis anos consecutivos (2012-2017) de baixa precipitação, resultante de diferentes eventos climáticos. Esse intervalo representa a seca mais severa que assolou o Nordeste, conforme destacado por Marengo *et al.*, (2016).

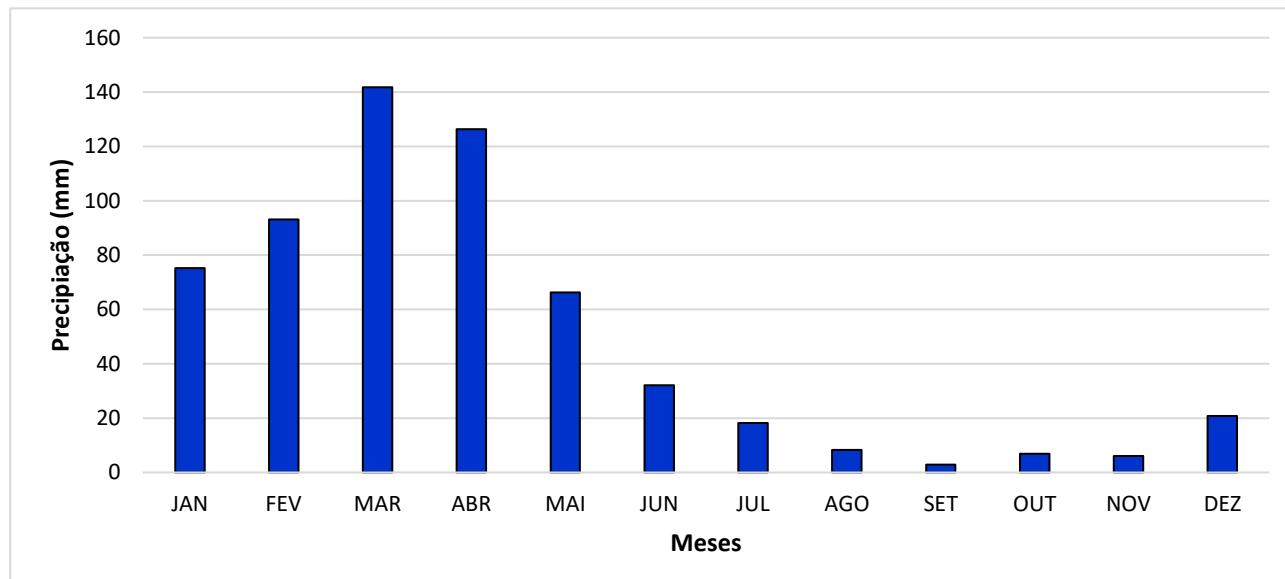
O padrão dessa seca periódica é amplamente evidenciado em estudos desenvolvidos em diversas áreas do Nordeste brasileiro. Para reforçar a autenticidade desse evento extremo, autores como Carmo; Lima (2020), Diniz; Santos (2011), e Silva *et al.*, (2010) analisam os fatores causadores desse período anômalo, destacando a influência de eventos como *El Niño* e a *La Niña*. Esses fenômenos são responsáveis pelo aquecimento e resfriamento das águas oceânicas do Pacífico, alterando a célula de Walker. A atuação de *La Niña* provoca o deslocamento de sistemas atmosféricos sobre a Amazônia e grande parte do Nordeste, caracterizando períodos de chuvas concentradas, ou ainda a escassez hídrica nessas regiões através da atuação do *El Niño*, (Marengo *et al.*, 2016).

Figura 2 – Evolução anual da precipitação na Bacia do Rio Seridó.



A Bacia do Rio Seridó, assim como a região Semiárida, apresenta períodos climáticos bem definidos. O primeiro semestre do ano concentra os maiores índices de precipitação, caracterizando a chamada quadra chuvosa, que ocorre entre os meses de janeiro e maio, podendo estender-se até junho, em anos anômalos. Já a quadra seca, compreendida entre julho e dezembro, apresenta índices pluviométricos significativamente menores, com médias inferiores a 20 mm, conforme representado na Figura 3.

Figura 3 – Precipitação média mensal da Bacia do Rio Seridó.

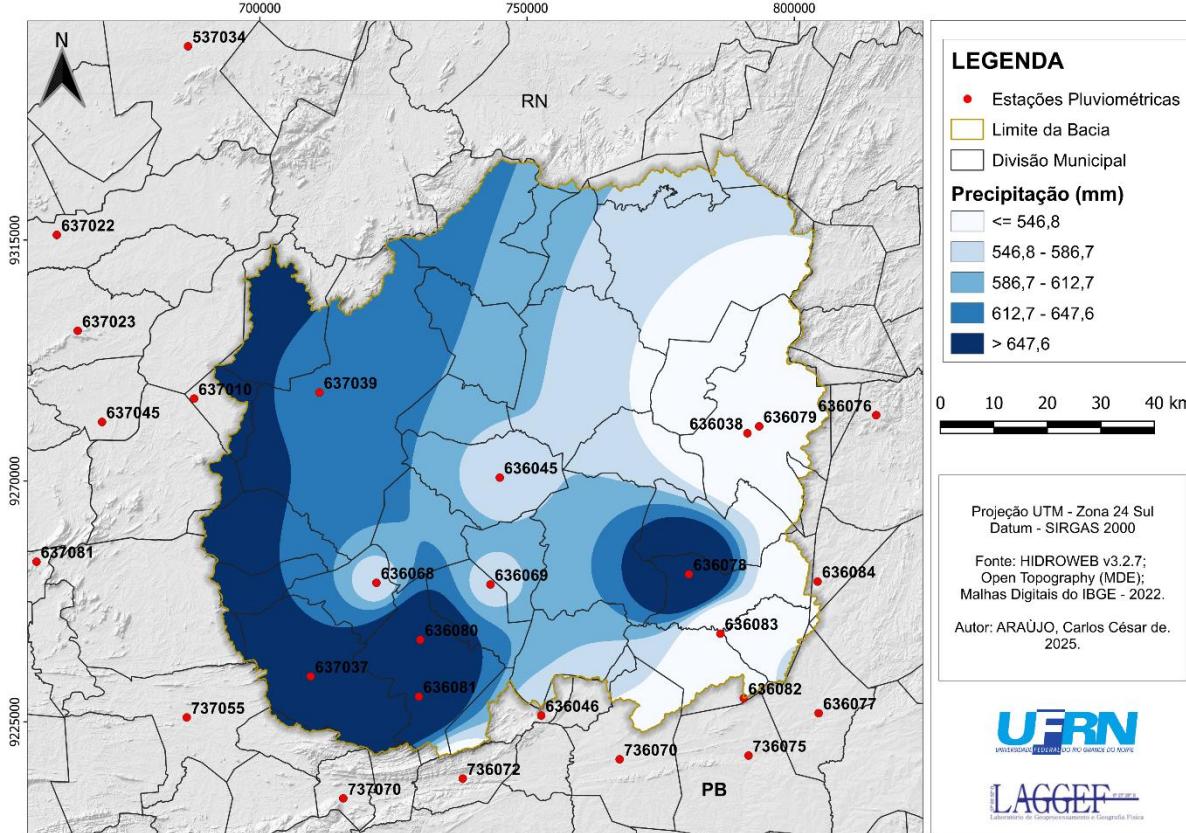


De acordo com Bangnouls; Gaußen (1953), um mês é classificado como seco quando o acumulado de precipitação é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em graus Celsius ($P \leq 2T$). Essa delimitação dos períodos está correlacionada com os sistemas atmosféricos atuantes na região, como o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e da Massa Equatorial

Atlântica (mEa), além da influência dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's) e das Ondas de Leste sobre as precipitações (Ferreira; Mello, 2005).

A Figura 4 apresenta a variabilidade espacial anual da precipitação ao longo de 26 anos (1994-2019), sendo um produto final obtido a partir da análise dos dados e da aplicação do método IDW. Por meio da representação cartográfica, observou-se uma distribuição crescente das precipitações no sentido Leste-Oeste da bacia, com a porção Sudeste apresentando índices mais elevados em comparação ao seu entorno. Destaca-se, ainda, que no município de São Fernando-RN, onde se localiza o exultório da bacia, ocorre uma acentuada concentração pluviométrica.

Figura 4 – Variabilidade espacial da precipitação média anual da Bacia do Rio Seridó.



De modo geral, a Bacia do Rio Seridó apresenta variações pluviométricas no sentido Leste-Oeste. Os menores índices de precipitação concentram-se nos municípios de Frei Martinho, Picuí, Cubati, São Vicente e Juazeirinho, além de parte de Currais Novos e da porção Leste de Nova Palmeira e Pedra Lavrada. Por outro lado, os maiores índices pluviométricos são registrados nos municípios de São Fernando, São José do Sabugi, Ipueira, São Mamede, Santa Luzia e em parte dos municípios de Timbaúba dos Batistas e Serra Negra do Norte. Destaca-se, ainda, a porção Sudoeste da bacia, com áreas, ainda, dos municípios de Nova Palmeira e Pedra Lavrada, que também apresentam índices elevados.

Ainda de acordo com a Figura 4, as precipitações médias variam entre 546,8 mm e 647,6 mm, uma característica possivelmente resultante da combinação de fenômenos climáticos com a influência do relevo. Estudos como os de Diniz; Pereira (2015) e Araújo *et al.*, (2024) evidenciam menores concentrações de pluviosidade na região em razão da localização da bacia na porção ocidental, a barlavento do Planalto da Borborema. Essa configuração de relevo mais elevado explica os baixos

índices pluviométricos, uma vez que as precipitações mais abundantes se concentram a certa distância dessa elevação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Bacia do Rio Seridó, durante o período analisado (1994-2019), apresentou índices pluviométricos com variação interanual significativa. A média anual alcançou aproximadamente 596 mm, com um mínimo de 208 mm registrado em 2012 e um máximo de 957 mm em 2009. Destacam-se dois períodos de seca, ocorridos entre 1997 e 1999 e entre 2012 e 2017, sendo este último considerado o mais severo. Além disso, os anos de 2001, 2003, 2005 e 2007 apresentaram baixa pluviosidade, seguindo um padrão de alternância a cada dois anos.

Portanto, a pesquisa identificou dois períodos climáticos bem definidos: a quadra chuvosa e a quadra seca. A quadra chuvosa concentra-se no primeiro semestre do ano, abrangendo os meses de janeiro a maio, podendo, em anos anômalos, estender-se até junho. Já a quadra seca ocorre entre julho e dezembro, com um acumulado pluviométrico inferior a 20 mm. Essa configuração dos períodos climáticos resulta da atuação dos sistemas atmosféricos que influenciam a região. Por fim, evidenciou-se uma variabilidade espacial na direção Leste-Oeste da bacia, com uma leve concentração na porção sudeste. Nota-se um acentuado grau de precipitações em seu exultório, localizado no município de São Fernando. Além disso, a variabilidade pluviométrica oscila entre 546,8 mm e 647,6 mm, sendo essa distribuição influenciada pela combinação de fenômenos climáticos regionais e pelo efeito do relevo.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A.N. (2003). *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. Ateliê editorial São Paulo- SP, 144 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Sistema de Informações Hidrológicas** (HidroWeb v3.3.7529.2). Brasília, DF: ANA, 2024. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: janeiro de 2025.
- ARAÚJO, C.C.; WANDERLEY, G.S.; SANTOS, J.Y.G.; MENEZES, E.H.S.; AZEVEDO, D.M. (2024). “*Análise da Pluviometria no Território do Geoparque Seridó-RN: de 2005 a 2020*”. OKARA: Geografia em Debate 18(3), pp. 878 – 891.
- BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. Saison sècheet indice xéothermique. **Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse**, Toulouse, n. 88, v. 1, p. 193 – 240, 1953.
- CARMO, M.V.N.S.; LIMA, C.H.R. (2020). “*Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do índice SPI*”. Revista Brasileira De Meteorologia 35(2), pp. 233 – 242.
- DINIZ, M.T.M.; PEREIRA, V.H.C. Climatologia do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n.3, 2015.

- DINIZ, A.F.; SANTOS, R.L. (2011). “*Repercussões da seca de 1997 e 1998 no semi-árido baiano: o caso do município de Feira de Santana (Bahia-Brasil)*”. *Revista Geográfica de América Central* 2(47), pp. 1 – 17.
- FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. (2005). “*Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região*”. *Revista Brasileira de Climatologia* 1(1), pp. 15 – 28.
- MARENGO, J.A.; CUNHA, A.P.; ALVES, L.M. (2016). “*A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico*”. *Revista Climanálise* 3(1), pp. 49 – 54.
- MURARA, P.G. (2019). “*Técnicas de interpolação para a pesquisa em climatologia regional e agroclimatologia*”. *Revista Brasileira de Climatologia* 1(25), pp. 106 – 126.
- RABELO, D.R.; ARAÚJO, J.C. (2019). “*Estimativa e mapeamento da erosão bruta na bacia hidrográfica do rio Seridó, Brasil*”. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 20(2), pp. 361 – 372.
- SILVA, R.M.; SILVA, L.P.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, C.A.G. (2010). “*Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco*”. *Sociedade & natureza* 22(2), pp. 357 – 372.
- TUCCI, C.E.M. (2009). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Editora UFRGS/ABRH Porto Alegre- RS, 944 p.