

## **CARACTERIZAÇÃO DA CHUVA DIÁRIA NOS MUNICÍPIOS DE PATOS E TEIXEIRA NO ESTADO DA PARAÍBA (1994 A 2022)**

Gabriel Fernandes da Silva <sup>1</sup>

Daisy Beserra Lucena <sup>2</sup>

Emanuel Gonçalo de Araújo <sup>3</sup>

Maria Eduarda Macedo Finizola de Paiva <sup>4</sup>

### **INTRODUÇÃO**

A chuva é um dos atributos mais importantes para os estudos climáticos, em função da repercussão nas diversas esferas da sociedade, bem como no meio ambiente. Quando em excesso elas podem desencadear, por exemplo, enchentes, deslizamentos de terra, alagamentos, e quando em deficiência podem deflagrar secas, assoreamento de cursos fluviais, atingindo diversos setores tais como o econômico, o social e o ambiental (Souza; Azevedo; Araújo, 2012).

No Nordeste do Brasil (NEB), especialmente na região semiárida, grande parte dos estudos sobre chuva relatam principalmente o déficit hídrico (Araújo et al., 2023). Contudo, segundo os autores, também são observadas pesquisas sobre chuvas intensas que, juntamente com os déficits hídricos, são os principais tipos de eventos adversos no NEB, desencadeando impactos que podem se tornar desastres socioambientais.

Na Paraíba, as chuvas intensas em escala diária, segundo o trabalho de Sousa e Lucena (2023), são mais recorrentes no litoral, enquanto os maiores volumes são observados na porção semiárida do estado, principalmente nas Microrregiões Pluviometricamente Homogêneas (MPH) do Agreste, do Cariri/Curimataú, do Sertão - onde está situado o recorte espacial deste estudo - e do Alto Sertão. Nesse sentido, o entendimento do comportamento da intensidade da chuva diária auxilia no planejamento municipal, especialmente, durante o período chuvoso, atenuando os danos relacionados às chuvas intensas (Souza; Azevedo; Araújo, 2012).

---

<sup>1</sup>Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, gabriel.fernandes.silva@academico.ufpb.br;

<sup>2</sup>Doutora pelo Curso de Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br;

<sup>3</sup>Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, emanuel.goncalo@academico.ufpb.br;

<sup>4</sup>Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB, maria.finizola@academico.ufpb.br.

Nesse contexto, diferentes técnicas estatísticas podem ser utilizadas para caracterizar a intensidade da chuva diária de um local em um determinado período, uma dessas técnicas é a dos Quantis, proposta por Pinkayan (1966) e utilizada inicialmente por Xavier et al. (2002). No NEB, inúmeros trabalhos utilizaram essa técnica para identificação de eventos extremos diários de chuva (Silva Junior et al., 2022; Souza; Azevedo; Araújo, 2012; Wanderley et al., 2018).

Tendo em vista o sucesso da aplicabilidade da técnica dos quantis em diversos trabalhos e a importância de estudos relacionados à classificação da chuva diária, principalmente no atual contexto de mudanças climáticas, este trabalho tem como objetivo caracterizar os eventos de chuva diária nos municípios de Patos e de Teixeira, ambos localizados no estado da Paraíba, enfatizando os eventos intensos e extremos, para o recorte temporal de 1994-2022.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A escolha dos municípios baseou-se nos seguintes critérios: i) hipsometria dos postos pluviométricos; ii) grau de vulnerabilidade socioambiental a inundações; e iii) disponibilidade dos dados (série mais longa). As informações referentes ao grau de Vulnerabilidade Socioambiental a Inundações (VSA) foram extraídas do Atlas de “Riscos, Vulnerabilidades e Desastres Ambientais no Estado da Paraíba”, elaborado por Cunico, Lucena e Moura (2023).

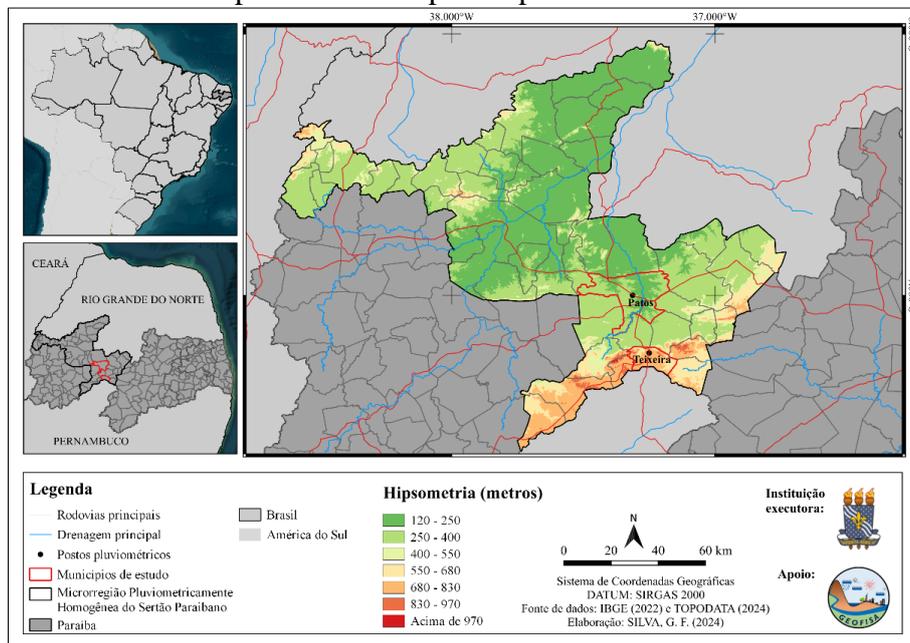
Patos e Teixeira estão localizados na Microrregião Pluviometricamente Homogênea do Sertão Paraibano, regionalização definida por Silva (1996) com base no elemento chuva (Figura 1). De acordo com Silva et al. (2012), a microrregião apresenta a pré-estação chuvosa nos meses de novembro a janeiro, com média pluviométrica variando de 84,4 mm a 126,4 mm, e a estação chuvosa nos meses de fevereiro a maio, com níveis pluviométricos entre 199,0 mm e 461,1 mm.

O município de Patos apresenta uma área de 472,892 km<sup>2</sup> e população de 103.165 habitantes. Já Teixeira possui uma área de 472,892 km<sup>2</sup> e população de 14.631 habitantes. Suas densidades demográficas são 472,892 e 94,12 habitantes/km<sup>2</sup>, respectivamente (IBGE, 2024). Com base nos dados de chuva para a série temporal de 1994 a 2022, a pluviometria média anual de Patos e Teixeira são de 755,5 mm e 814,4 mm, respectivamente, com distribuição mensal e anual irregular. Em torno de 73% a

75% dos acumulados estão concentrados entre os meses de janeiro a abril em ambos os municípios.

Os dados utilizados nesta pesquisa consistem na série de chuva diária referente aos postos pluviométricos de Patos (7°0'2.88''S, 37°18'47.16''W e 254 m) e Teixeira (7°13'18.22''S, 37°14'58.92''W e 765 m) disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). A série consta de 29 anos, compreendido de 1 de janeiro de 1994 a 31 de dezembro de 2022.

Figura 1 – Localização dos municípios de Patos e Teixeira, na Paraíba, com destaque a hipsometria e os postos pluviométricos.



Fonte: Autores (2024).

Em relação aos dados faltosos, apenas Teixeira apresentou dados ausentes no mês de agosto (31 dias) de 2009, no mês de setembro (30 dias) de 2012, no mês de outubro (31 dias), no mês de novembro (30 dias) e no mês de dezembro (31 dias) de 2022, totalizando 153 dias de dados faltosos, correspondendo a 9,73% do total de dados. Os procedimentos foram aplicados apenas com os dados existentes, ou seja, não foram aplicadas técnicas de preenchimento dos dados.

O próximo passo consistiu na aplicação da técnica dos Quantis (Xavier, 2002), sobre a série pluviométrica, com o objetivo de classificar a precipitação diária. Levando em conta probabilidades contínuas associadas à determinada variável aleatória X

(chuva), pode-se definir o quantil ( $Q_p$ ) para cada número real entre zero e um, atendendo à seguinte condição:  $\text{Prob}(X \leq Q_p) = p$ .

Dessa forma, os eventos de precipitação diária foram reunidos em sete classes, considerando as seguintes probabilidades 0,05; 0,25; 0,50; 0,75; 0,95; 0,99, e classificando-as da seguinte forma: dia seco, chuva muito fraca, chuva fraca, chuva moderada, chuva forte, chuva muito forte e chuva extrema, respectivamente. Essa classificação adaptou as ordens quantílicas proposta por Souza et al. (2012) acrescentando a categoria Chuva Extrema, indicado pelo quantil  $Q(0,99)$ .

Para o cálculo dos percentis foi utilizado a planilha eletrônica do Excel, a partir da função PERCENTIL.INC (matriz, k), onde o intervalo de dados de cada posto pluviométrico representa a matriz de dados e o k corresponde ao valor do percentil que deve estar compreendido no intervalo de 0 a 1. Assim, para o P5,  $k = 0,05$ ; para o P25,  $k = 0,25$ ; para o P50,  $k = 0,5$ ; para o P75,  $k = 0,75$ ; para o P95,  $k = 0,95$ ; e para o P99,  $k = 0,99$ . Com base nisso, foram definidos os limiares de chuva para cada categoria quantílica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 apresenta as ordens quantílicas de intensidade (em mm) da chuva diária, calculadas para os municípios de Patos e de Teixeira. Tem-se desde um Dia Seco (DS), classificado pelo quantil  $Q_{0,05}$ , com precipitação diária inferior a 0,4 mm em Patos e 1,2 mm em Teixeira, até um dia com Chuva Extrema (CE), identificado pelo quantil  $Q_{0,99}$ , onde os limiares de chuva diária são maiores ou iguais ao volume de 80,1 mm (Patos) e 95,4 mm (Teixeira).

Tabela 1 - Classificação em ordens quantílicas das categorias, probabilidades e intensidade da precipitação diária acumulada em 24 horas nos municípios de Patos/PB e Teixeira/PB (1994 a 2022)

Categorias	Probabilidades	Intensidade (mm)	
		Patos	Teixeira
Dia Seco (DS)	$P < Q_{0,05}$	$P < 0,4$	$P < 1,2$
Chuva Muito Fraca (Cmf)	$Q_{0,05} \leq P < Q_{0,25}$	$0,4 \leq P < 2$	$\leq 1,2 P < 3$
Chuva Fraca (Cf)	$Q_{0,25} \leq P < Q_{0,50}$	$2 \leq P < 5,8$	$\leq 3 P < 8$
Chuva Moderada (CM)	$Q_{0,50} \leq P < Q_{0,75}$	$5,8 \leq P < 14,8$	$8 \leq P < 19$
Chuva Forte (CF)	$Q_{0,75} \leq P < Q_{0,95}$	$14,8 \leq P < 45,7$	$19 \leq P < 51,2$
Chuva Muito Forte (CMF)	$Q_{0,95} \leq P < Q_{0,99}$	$45,7 \leq P < 80,1$	$51,2 \leq P < 95,4$
Chuva Extrema (CE)	$P \geq Q_{0,99}$	$P \geq 80,1$	$P \geq 95,4$

Fonte: Adaptado de Souza et al. (2012)

No município de Patos, foram analisados 10.623 dias no total, sendo 1.784 dias (16,8%) com chuva e 8.839 dias (83,2%) sem chuva, ou seja, esse último chuvas com volume abaixo de 0,1 mm. Em Teixeira, 10.439 dias foram analisados, sendo 1.573 dias (15,1%) com chuva e 8.866 dias (84,9%) sem chuva. Desses dias considerados chuvosos, aproximadamente 49% da série em ambos os municípios correspondem as categorias de Dias Secos (DS), Chuva Muito Fraca (Cmf) e Chuva Fraca (Cf), ou seja, 885 dias em Patos (<5,8 mm) e 778 dias em Teixeira (<8,0 mm) foram classificados dentro destas categorias (Figura 2).

É interessante refletir sobre as categorias de DS, Cmf e Cf, tendo em vista que os volumes de chuva são muito irrisórios/pequenos quando comparados aos valores da evapotranspiração potencial. Sobretudo nas localidades situadas nas regiões tropicais em que recebem alta radiação solar durante o ano todo e, algumas apresentam um grande déficit hídrico. Por exemplo, no trabalho de Cabral Júnior e Bezerra (2018), verificou-se que a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) média diária é em torno de 5,7 mm para a região em estudo. Ou seja, praticamente todo o volume de chuva de intensidade menor ou igual à chuva fraca retorna para a atmosfera em forma de vapor, não extrapolando o valor de evapotranspiração de referência diária para Patos (<5,8 mm) e resultando em um excedente de apenas 2,2 mm para Teixeira (<8,0 mm).

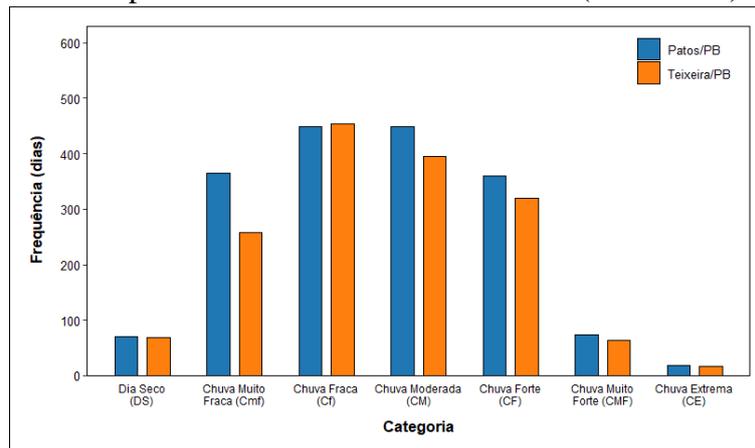
Por conseguinte, a classe de Chuva Moderada (CE) corresponde a 25% da série de dados em ambos os municípios, com 449 dias em Patos e 395 dias em Teixeira. Na categoria de Chuva Forte (CF), foram contabilizados 360 dias em Patos e 320 em Teixeira, representando 20% dos dados nas duas localidades.

Finalmente, em relação às categorias de Chuva Muito Forte (CMF) e Chuva Extrema (CE), foram registrados 91 dias em Patos e 80 dias em Teixeira de ocorrência de chuvas dessa magnitude, os chamados de eventos extremos. Esses eventos são tidos como raros, que se distanciam da média e variam em magnitude, porém geralmente são atrelados ou são responsáveis por causar grandes prejuízos na sociedade (Farias; Alves; Nóbrega, 2012).

Apesar do baixo número de dias classificados dentro destas categorias em relação as demais classes (Figura 2), os eventos de CMF e CE, sobretudo os CE, ultrapassam os 100 mm em 24 horas nas duas localidades, volume esse capaz de infligir sérios danos aos espaços urbanos e rurais.

Após definição dos limiares da intensidade de cada categoria e quantificação da frequência absoluta dos eventos diários em cada categoria, é de suma relevância analisar o comportamento interanual dos quantis, principalmente com foco nas categorias extremas, chuva muito forte ( $Q_{0,95}$ ) e chuva extrema ( $Q_{0,99}$ ).

Figura 2 – Frequência da chuva diária com base na classificação quantílica para os municípios de Patos/PB e de Teixeira/PB (1994-2022)



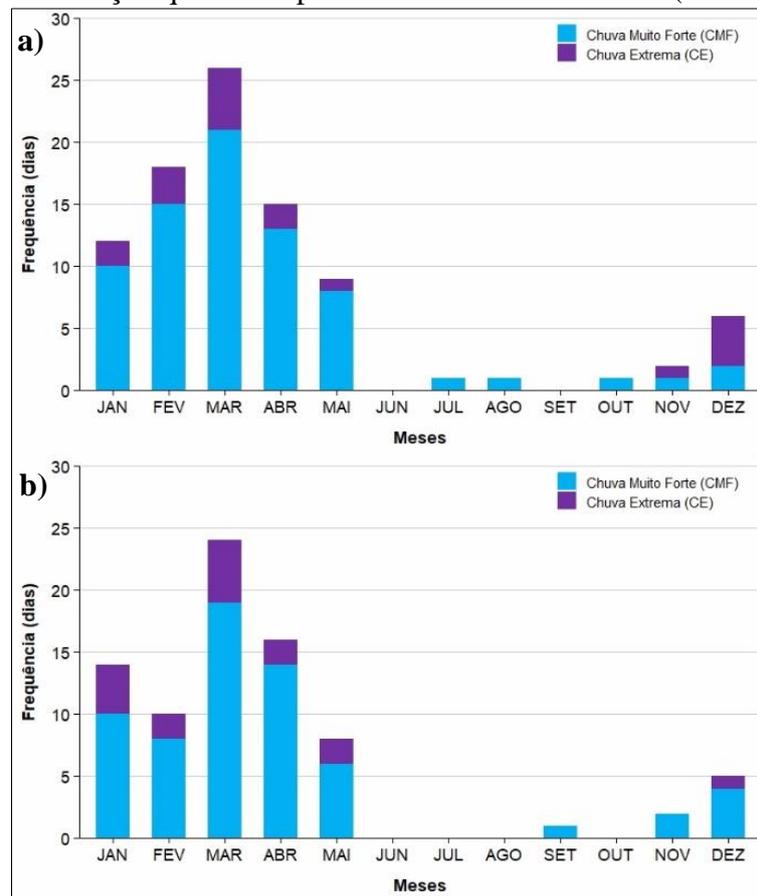
Fonte: autores (2024)

Baseado na Figura 3, verifica-se que, no período chuvoso, entre os meses de janeiro e abril, há uma maior concentração das chuvas muito forte e extrema em ambos os municípios, especialmente no mês de março, que contabilizou 21 eventos de CMF e 5 eventos de CE em Patos (Figura 3a) e 19 eventos de CMF e 5 eventos de CE em Teixeira (Figura 3b), correspondendo a 29% e 30%, respectivamente. Tal resultado converge com os encontrados no trabalho de Araújo et al. (2008), no qual analisaram a distribuição espaço-temporal das chuvas intensas de um a cinco dias na bacia do rio Paraíba, em que 77,1% a 88,6% das chuvas intensas se concentram de janeiro a abril, ocasionadas pelos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Por outro lado, entre os meses de junho e novembro, quando o volume de chuva é menor nas duas localidades, as chuvas diárias muito fortes e extremas apresentaram menor registro, alternando entre pouquíssimos eventos em alguns meses e nenhum em outros. No caso de Patos, com exceção de junho e setembro, os meses de julho, agosto, outubro e novembro tiveram apenas um evento de chuva muito forte ( $P_{95}$ ), com um evento de chuva extrema ( $P_{99}$ ) no mês de novembro. Já no caso de Teixeira, apenas os

meses de setembro e outubro registraram ocorrência de chuva muito forte, sem registro de chuva extrema.

Figura 3 – Frequências mensais das chuva diária muito forte e chuva extrema com base na classificação quantílica para Patos/PB e Teixeira/PB (1994-2022)



Fonte: autores (2024)

É importante ressaltar os três maiores índices acumulados de chuva em 24 horas já registrados de cada município. Em Patos, os eventos extremos positivos ocorreram nos dias 14/04/2009, 10/12/2008 e 19/03/2014, com 284,6 mm, 160,4 mm e 149 mm, respectivamente. Já em Teixeira, os maiores índices pluviométricos diários ocorreram nos dias 30/03/2016 (150,8 mm), 13/02/2009 (134,6 mm) e 31/03/2019 (128,6 mm).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados encontrados, a partir da classificação da chuva diária para os municípios de Patos e Teixeira, ambos no estado da Paraíba, entre o período de 1994 e 2022, evidencia-se:

- As categorias de Dias Secos (DS), Chuva Muito Fraca (Cmf) e Chuva Fraca (Cf) correspondem a 49% da série de dados, sendo que os volumes relacionados a essas categorias são pequenos. para Patos <5,8 mm e para Teixeira <8 mm;
- As categorias de Chuva Muito Forte (CMF) e Chuva Extrema (CE) registraram menor frequência conforme o esperado, já que são eventos extremos;
- Concentração das chuvas diárias Muito Forte e Extrema na estação chuvosa nas duas localidades, em especial no mês de março e os menores registro nos meses secos;
- Foram observados registros de eventos extremos com volumes maiores que 100 mm (284,6 mm, 160,4 mm e 149 mm em Patos; e 150,8 mm, 134,6 mm e 128,6 mm em Teixeira).

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. A. A.; SILVA, C. M. S.; RODRIGUES, D. T.; VALENTIM, A. M. Analysis of Extreme Rainfall Events on a Sub-Daily Scale in Northeast. **Environmental Sciences Proceedings**, v.25, n.1, p.97, 2023.

ARAÚJO, L. E.; SOUZA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; SANTOS A. S.; MEDEIROS, P. C. Análise Estatística de Chuvas Intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos-SP, v.23, n.2, p.162-169, 2008.

FARIAS, R. F. L.; ALVES, K. M. A. S.; NÓBREGA, R. S. Climatologia de ocorrência de eventos intensos de precipitação na mesorregião do Sertão Pernambucano. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p. 930-941, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. 2024. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidades/>. Acesso em: 10/06/2024.

PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. **Hidrologypapers**, Colorado, n.12, p.1-53, 1966.

SILVA, S. T. **A influência do El Niño – Oscilação Sul na distribuição espacial da precipitação no estado da Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 63 p, 1996.

SILVA JUNIOR, Rosiberto S.; GAMA, Michel C. C.; MARIANO, Glauber L.; OLIVEIRA JÚNIOR, José F.; SILVA, Ewerton H. L.; SILVA, Luan S. O.; CARDOSO, Kelvy R. AL. Avaliação de eventos extremos de precipitação, associados a desastres naturais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.15, n.6, p.2755-2767, 2022.

SILVA, L. L.; MENEZES, H. E. A.; DANTAS, R. T.; COSTA, R. F.; MENEZES, H. E. A. Relações das precipitações da pré-estação com o período chuvoso no estado da Paraíba. **Revista de Estudos Ambientais**, v.14, n.4, p.44-55, 2013.

SOUSA, N. D.; LUCENA, D. B. Espacialização dos eventos extremos positivos de chuva no estado da Paraíba (1994 a 2018). **Revista de Geografia**, v.40, n.1, p.86–104, 2023.

SOUZA, W.M.; AZEVEDO, P.V.; ARAÚJO, L.E. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife - PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.2, p.250-268, 2012.

WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, A. B.; ANJOS, R. S.; ALMEIDA, C. A. P. As chuvas na cidade do Recife: Uma climatologia de extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.22, n.14, p.149-164, 2018.

XAVIER, T. M. B. S.; SILVA, J. F.; REBELLO, E. R. G. **A Técnica dos Quantis e suas Aplicações em Meteorologia, Climatologia e Hidrologia em Regiões Brasileiras**. Brasília-DF: Thesaurus Editora de Brasília Ltda., 2002. v. 1. 144 p.