

CLIMATOLOGIA E PERÍODO DE RETORNO DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA EM ARAPIRACA, ALAGOAS

Valdenia Rodrigues dos Santos Silva ¹
Jório Bezerra Cabral Júnior ²

INTRODUÇÃO

As variáveis meteorológicas, especialmente a precipitação, desempenham um papel crucial e o estudo dessas variáveis ajuda no planejamento de diversas atividades humanas, incluindo setores produtivos como comércio, agricultura, extrativismo, agroindústria e indústria em geral. Esse conhecimento proporciona recursos de gestão para empresas e órgãos públicos, contribuindo para a prevenção de situações adversas, como “desastres naturais”.

O município de Arapiraca apresenta uma característica climática marcante: a variabilidade pluvial. Há dias consecutivos com ausência de chuva que duram meses e em outros chovem torrencialmente. Quando essa variabilidade resulta em eventos extremos de precipitação, ela afeta diretamente o meio ambiente. O estudo da irregularidade significativa na distribuição temporal das chuvas oferece soluções para os impactos relacionados aos extremos pluviais, tanto na zona rural quanto na urbana (SOBRINHO et. al, 2015). Na zona rural, os danos afetam principalmente a produção e a qualidade da produção agrícola. Por outro lado, na área urbana, destacam-se grandes transtornos sociais, como congestionamentos no transporte público, problemas associados a alagamentos, impactos econômicos e materiais, e até a proliferação de doenças endêmicas (ZANELLA e OLÍMPIO, 2014).

Em um estudo conduzido por Xavier & Dornellas (2005), os autores destacaram a grande variabilidade da precipitação como a principal característica do regime de chuvas no município de Arapiraca. Conforme Lima et al. (2012), chuvas intensas e/ou

¹ Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, valdenia.silva@igdema.ufal.br;

² Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Professor do Instituto de Geografia Desenvolvimento e meio ambiente – IGDEMA/UFAL, jorio.cabral@igdema.ufal.br;
Trabalho realizado através de Projeto de iniciação científica com a disponibilidade de bolsa pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

prolongadas podem resultar em inundações, deslizamentos e alagamentos temporários, causando incidentes de pequena proporção. Além disso, essas chuvas podem levar ao colapso de serviços de infraestrutura e até mesmo provocar perdas de vidas humanas devido a acidentes ou à propagação de doenças transmitidas pela água.

O conhecimento da precipitação diária máxima provável é importante para trabalhos de conservação do solo, estradas, barragens e drenagens, pois para um bom manejo de gestão destes espaços é necessário o conhecimento sobre os eventos extremos de precipitação. Além disso, o estudo da distribuição dos dados de precipitação máxima é fundamental para o desenvolvimento de projetos agrícolas e de engenharia hidráulica, como o dimensionamento de canais de irrigação e drenagem, vertedouros de barragens e a definição de obras para desvio de cursos d'água, entre outros (BEIJO et al. 2018).

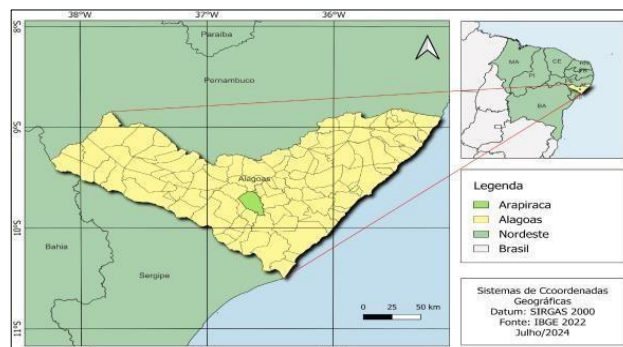
Levando-se em consideração esses aspectos expostos, o objetivo deste estudo foi estabelecer a climatologia mensal e anual da precipitação em Arapiraca, além de quantificar os Eventos Extremos de Precipitação diária (EEP), tanto mensalmente quanto anualmente, no município. Por fim, buscou-se determinar o período de retorno para chuvas máximas.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Arapiraca é um município localizado no Agreste do estado de Alagoas, região Nordeste do Brasil. Situa-se a aproximadamente 100 quilômetros a oeste da capital Maceió, sob as coordenadas $9^{\circ}45'09''$ de latitude sul e $36^{\circ}39'40''$ de longitude oeste.

Segundo Lima (1965), o município situa-se na região do agreste sub-úmido, onde o clima é do tipo As' , segundo a classificação climática de Köppen. Possui uma área territorial de 345,655 km², sendo 52,07 km² com biomas de Caatinga e Mata atlântica (XAVIER & DORNELLAS, 2012).

Figura 1. Mapa de localização do município de Arapiraca, Alagoas.



(Fonte: Os autores, 2023).

O banco de dados utilizado neste estudo foi disponibilizado por Xavier et al., (2015), numa série de dados de 1980 a 2015. Estes dados foram validados e publicados em uma renomada revista científica de circulação internacional (International Journal of Climatology) disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.7731>.

De posse dos dados diários de precipitação, determinou-se inicialmente a climatologia dos acumulados mensais e anuais, através das análises estatísticas média, mediana, variância e desvio padrão, posteriormente, estabeleceu-se as estações chuvosa e seca. Para isso foi feito um gráfico bloxplot através do software R Project, com intuito de representar tais análises.

O estudo da precipitação máxima diária no mês fora realizado através do software Excel, onde gerou-se uma tabela com os dados que representam o resultado dos acumulados diários.

Para o Período de Retorno, os EEP diária foram organizados mensal e anualmente para Arapiraca, associados a cada ano da série, obtendo-se, assim, uma lista de valores de precipitação máxima diária. Os dados de precipitação máxima de 24 horas foram organizados em ordem decrescente, para a verificação da probabilidade de ocorrência de precipitação (P), pela equação de Kimball, descrita:

$$P = \frac{m}{N+1} \quad (1)$$

Em que m corresponde à posição de cada um dos valores na ordenação decrescente de precipitação e N é o número total de anos da série.

Por fim, o período de retorno (TR) dos EEP foi determinado com os dados obtidos da localidade, através da equação 2, assim, estabelecidos TR para 2, 5, 10, 25 e 30 anos.

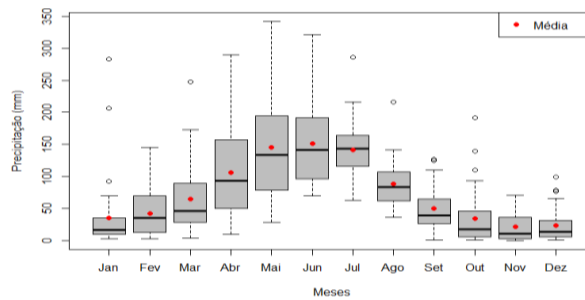
$$TR = \frac{1}{P} \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 2 que a precipitação em Arapiraca é irregular e as chuvas se concentram nos meses de abril a julho (outono e inverno), esse quadrimestre mais chuvoso concentra, em média, 60,2% do que chove anualmente (901,7 mm), sendo o mês de junho o que obtém maior acumulado médio de precipitação, 151 mm. Os máximos dos acumulados mensais chegam a superar 300 mm/mês, em maio e junho, o que representa

mais que o dobro da média esperada (148,2 mm). A média da precipitação no período seco (outubro a janeiro) fica sempre inferior aos 40 mm/mês e novembro é o mês com menor precipitação, 21,4 mm.

Figura 2. Variabilidade da precipitação mensal em Arapiraca-AL, no período de 1980 a 2015.



(Fonte: Os autores, 2023).

Características da precipitação diária em Arapiraca também foram analisadas, identificou-se inicialmente que o valor máximo diário de precipitação ocorreu em 04 de maio de 2005, quando registrou um acumulado de 79,6 mm e o segundo valor máximo ocorreu no dia 22 abril de 1996 (78,8 mm/dia), esses meses coincidem com o início da estação chuvosa para o município do Agreste alagoano (Tabela 1).

Os demais meses da estação chuvosa, registraram máximo diário abaixo dos 60 mm (junho 54,7 mm e julho 33,4 mm). Por outro lado, destaca-se que o terceiro valor máximo de precipitação registrado em um dia, ocorreu na estação seca, precisamente no dia 09 de outubro de 1993 (68,3 mm), essa precipitação acumulada em 24 horas reforça a elevada irregularidade da precipitação no município, quando observa-se que no dia anterior e seguinte a esse evento (do dia 09/10/1993) registrou-se precipitação de 22,8 mm/dia e 45,5 mm/dia, respectivamente. Além de haver registro de extremo pluvial no período seco, houveram dias consecutivos chuvosos. No total foram 14 dias com precipitação ≥ 1 mm/dia e o acumulado para este mês foi de 192 mm.

Tabela 1. Máximos pluviais em milímetros por dia, com as respectivas datas, nos meses da série estudada.

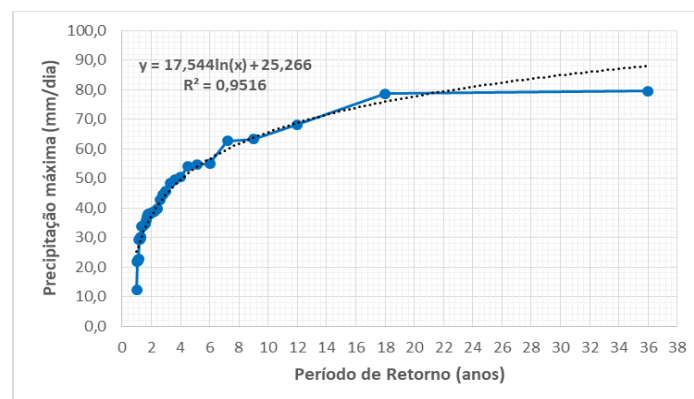
Meses	Precipitação	Data
Janeiro	49,6	19/01/2004
Fevereiro	55,0	19/02/2012
Março	38,0	18/03/1981
Abril	78,8	22/04/1996
Mai	79,6	04/05/2005
Junho	54,7	27/06/2001
Julho	33,4	24/07/1995
Agosto	54,2	25/08/2009
Setembro	45,9	09/09/2006
Outubro	68,3	09/10/1993
Novembro	24,6	24/11/1995
Dezembro	34,5	17/12/2000

(Fonte: Os autores, 2023)

Constatou-se que o valor máximo de precipitação ocorrido em um dia, supera o valor esperado (média e mediana) para todo o mês em questão, sendo, esses meses especialmente do período menos chuvoso: janeiro, fevereiro, setembro, outubro, novembro e dezembro.

A análise de tempo de retorno (TR), possibilita a identificação de ocorrência que esses eventos são esperados em um determinado intervalo temporal. Verifica-se que a cada 2 anos ocorra, pelo menos uma vez, um evento de precipitação de até 37,3 mm em 24 horas. Esses quantitativos são maiores a medida em que o TR aumenta, por exemplo, para o TR de 5, 10, 25 e 30 anos os valores máximos de precipitação, que podem ocorrer nesses intervalos, são sucessivamente de 53,4 mm/dia; 65,5 mm/dia; 81,5 mm/dia e 84,7 mm/dia, a partir do modelo observado na curva de ajuste (Figura 6).

Figura 6. Curva de ajuste aos valores de precipitação máxima diária, para diferentes períodos de retorno em Arapiraca, Alagoas.



(Fonte: Os autores, 2023).

As escalas mensais de TR também foram analisadas. Na Tabela 2 constam os valores de precipitação máxima diária, para cada mês, que podem ocorrer no intervalo de

2, 5, 10, 25 e 30 anos. Inicialmente, pode-se destacar, conforme é esperado, que os maiores valores extremos ocorram na estação chuvosa (abril a julho), com variação de TR de 18,6 mm/dia a cada 2 anos (em abril) a 71,5 mm/dia (abril e maio).

Por outro lado, os menores valores ocorrem no período mais seco. Entretanto, destaca-se que o mês de outubro (um dos menos chuvosos), apresentou ocorrência de extremos diários superiores aos demais meses da estação seca, cujos valores superam 50,0 mm/dia com TR de 25 anos.

Ressalta-se que a cada 1 mm de precipitação corresponde a 1 litro de água por uma unidade de área de 1 metro quadrado. Assim sendo, no mês de maio (estação chuvosa) espera-se que a cada 5 anos ocorra uma precipitação de 39,1 mm/dia, ou seja, 39,1 L/m²/dia. Esse quantitativo aumenta para 71,5 mm/dia (71,5 L/m²/dia) com TR de 30 anos.

As equações do modelo para estimativa do TR também são apresentadas na Tabela 2, para cada mês, que conforme o coeficiente de determinação (R²), quanto mais próximo do valor 1, mais representativo (bem-ajustado) é o modelo. Nesta pesquisa os valores de R² variaram de 0,801 (julho) a 0,988 (abril).

Tabela 2. Precipitação máxima mensal, para determinado tempo de retorno, com suas respectivas equações.

Meses	Período de Retorno (anos)					Equação	R ²
	2	5	10	25	30		
Janeiro	6,6	16,9	24,7	35,0	37,0	11,234 Ln(TR) - 1,193	0,919
Fevereiro	8,7	19,1	27,0	37,5	39,6	11,389 Ln(TR) + 0,815	0,921
Março	12,9	23,1	30,8	40,9	42,9	11,097 Ln(TR) + 5,206	0,959
Abril	18,6	36,5	50,0	67,9	71,5	19,538 Ln(TR) + 5,0548	0,988
Maiο	22,5	39,1	51,6	68,2	71,5	18,101 Ln(TR) + 9,927	0,950
Junho	21,5	34,4	44,2	57,1	59,7	14,101 Ln(TR) + 11,751	0,957
Julho	19,6	26,2	31,2	37,8	39,2	7,244 Ln(TR) + 14,53	0,801
Agosto	12,5	21,3	28,0	36,8	38,6	9,36 Ln(TR) + 5,809	0,879
Setembro	9,4	18,1	24,7	33,4	35,2	9,504 Ln(TR) + 2,852	0,930
Outubro	7,8	23,6	35,5	51,2	54,4	17,195 Ln(TR) - 4,112	0,9508
Novembro	5,6	13,2	19,0	26,5	28,1	8,280 Ln(TR) - 0,108	0,956
Dezembro	6,8	16,6	23,9	33,6	35,6	10,607 Ln(TR) - 0,519	0,970
Ano	37,3	53,4	65,5	81,5	84,7	17,554 Ln(TR) + 25,266	0,952

(Fonte: Os autores, 2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A média de precipitação anual, em Arapiraca, corresponde a 901,7 mm;

- A distribuição pluvial é extremamente irregular e se concentram cerca de 60% das chuvas nos meses de abril a julho (estação das chuvosa);
- O valor máximo diário de precipitação ocorreu em 04 de maio de 2005, com 79,6 mm/dia e o segundo maior 78,8 mm/dia, ocorreu dia 22 abril de 1996, ambos coincidem com os meses da estação chuvosa, enquanto que o terceiro valor máximo diário ocorreu 09 de outubro de 1993 (68,3 mm), destacando-se por ocorrer no período seco;
- Espera-se que, na estação chuvosa, a cada 5 anos ocorra um evento de precipitação diária de até 39,1 mm/dia;
- Os coeficientes de determinação observados tiveram bom reajuste de acordo com a curva de precipitação de 24 horas;

Palavras-chave: Precipitação; extremos, diária.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que me proporcionou viver, à minha família por todo incentivo e torcida pela minha carreira profissional que fizeram total diferença durante este percurso. Sou grata à Universidade Federal de Alagoas - UFAL, ao Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio ambiente - IGDEMA, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ por todo apoio e incentivo à pesquisa, ao Laboratório de Estudos Climáticos – LAEC e em especial ao meu orientador Prof. Dr. Jório Bezerra Cabral Junior por todas as oportunidades que me foram concedidas, pelo incentivo, apoio e pelas experiências que me auxiliaram e muito contribuíram para o meu crescimento profissional, aqui deixo meus sinceros agradecimentos.

O segundo autor agradece pelo apoio e fomento à pesquisa cedidos pela FAPEAL (edital 003/2022) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Chamada CNPq/MCTI N° 10/2023).

REFERÊNCIAS

BEIJO, Luiz Alberto; MUNIZ, Joel Augusto; CASTRO NETO, Pedro. Tempo de retorno das precipitações máximas em Lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo I. **Ciência e agrotecnologia**, v. 29, p. 657-667, 2005.

CAMPOS, Thamiris Luisa de Oliveira Brandão; MOTA, Maria Aurora Santos da; SANTOS, Sergio Rodrigo Quadros dos. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, p. 182-194, 2015.

CARDOSO, Célio Orli; ULLMANN, M. N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 131-140, 1998.

CRUCIANI, D. E.; MACHADO, R. E.; SENTELHAS, P. C. Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 76-82, 2002.

FERREIRA, Nivaldo Silveira. Zona de convergência intertropical. **NOBRE, Carlos Afonso. Climanálise Especial**, v. 10, 1996.

LIMA, João Guilherme A, et al. Período de retorno das precipitações máximas para algumas cidades do Rio Grande do Norte. **Revista Verde** (Mossoró – RN), v. 7, n. 5, p. 144-149, dezembro de 2012. Disponível em: <http://revista.gvaa.com.br>.

MESQUITA, W. O.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 73–81, 2009.

RODRIGUES, Daniele Tôrres. Análise de eventos extremos de precipitação no Nordeste do Brasil. 2019. 122f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

RODRIGUES, D. T. et al. Spatial distribution of the level of return of extreme precipitation events in Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, p. 1-16, 2020.

XAVIER, R. A.; DORNELLAS, P. C. Análise do comportamento das chuvas no município de Arapiraca, região Agreste de Alagoas. **Geografia (Londrina)**, v. 14, n. 2, p.49-64, 2005.

XAVIER, Rafael Albuquerque; DA CONCEIÇÃO DORNELLAS, Patricia. Caracterização ambiental do município de Arapiraca, Região Agreste de Alagoas. **Revista Ambientale**, v. 3, n. 3, p. 108-121, 2012.

XAVIER, Alexandre C. et al. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 16, p. 8390-8404, 2022.

ZANELLA, Maria Elisa; OLÍMPIO, João Luís Sampaio. Impactos pluviais, risco e vulnerabilidade em Fortaleza-CE. **Riscos Climáticos: Vulnerabilidades e resiliência associados**, p. 115-136, 2014.