

REGIME PLUVIAL MÁXIMO PROVÁVEL PARA SÃO BENTO DO UNA - PERNAMBUCO, BRASIL

Raimundo Mainar de Medeiros (UFRPE) E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

Resumo: Estudos sobre a classificação pluvial auxiliam no planejamento da quantidade d'água disponível para a ampliação das atividades humanas, animais, vegetais, industrial, agropecuária e hidrologia. Analisar qual, entre as três distribuições de probabilidade, melhor se ajusta a série histórica de dados mensais de precipitação máximas prováveis em cidade de São Bento do Una Pernambuco, Brasil entre 1921-2020. A precipitação máxima anual para São Bento do Una - PE foi analisada no período de 1921 a 2020, com dados provenientes da Agência de tempo e clima do Estado de Pernambuco. A estimativa dos índices pluviais mensais prováveis foi determinada para os níveis de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95% de probabilidade utilizando do modelo probabilístico Gama, como descrito por Thom (1958). Os dados de precipitação máxima se ajustam às funções de distribuições de probabilidade log-normal, gama e Weibull e apresentam melhor ajuste à função de distribuição de probabilidade gama. São Bento do Una - Pernambuco necessita adotar estratégias para convivência com seca, visando o crescimento econômico do município.

Palavras chaves: Eventos climáticos e extremos; Densidade de probabilidade; Mudanças climáticas.

MAXIMUM LIKELY RAIN REGIME FOR SÃO BENTO DO UMA - PERNAMBUCO, BRAZIL

Abstract: Studies on rainfall classification help in planning the amount of water available for the expansion of human, animal, plant, industrial, agricultural and hydrological activities. To analyze which, among the three probability distributions, best fits the historical series of probable maximum monthly precipitation data in the city of São Bento do Una Pernambuco, Brazil between 1921-2020. The maximum annual precipitation for São Bento do Una - PE was analyzed from 1921 to 2020, with data from the Weather and Climate Agency of the State of Pernambuco. Estimates of probable monthly rainfall were determined for levels of 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 and 95% probability using the probabilistic Gamma model, as described by Thom (1958). The maximum precipitation data fit the log-normal, gamma, and Weibull probability distribution functions and best fit the gamma probability distribution function. São Bento do Uma - Pernambuco needs to adopt strategies to coexist with drought, aiming at the economic growth of the municipality.

Keywords: Climatic and extreme events; Probability density; Climate changes.

1.Introdução

Nas décadas recentes, os extremos de precipitações em ambientes urbanos vêm sendo frequentes e ocasionam prejuízos socioeconômicos e mortes (IPCC, 2018; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021). A relação entre a chuva e a sua variabilidade espaço-temporal têm sido amplamente estudadas em grandes centros urbanos (SOBRAL et al., 2020; LIMA et al., 2021) e nas megacidades (BAKLANOV et al., 2016). É sabido que a dinâmica da chuva interfere no cotidiano da população e nas diversas atividades socioeconômicas (IPCC, 2018). O desenvolvimento econômico e sustentável de qualquer região depende de diversos fatores, principalmente da água, como fonte de vida, no abastecimento e na hidroeletricidade (BORETTI et al., 2019; IBGE, 2020).

Segundo o IPCC (2014), “as variabilidades e os eventos climáticos extremos são, desde tempo remotos, importantes para os contextos de tomada de decisões”. Em conformidade ainda com o (IPCC 2014) onde se afirma que os riscos associados ao clima estão evoluindo cada mais rápidos e com altas intensidades ocasionado mudanças no comportamento humano e animal e ao desenvolvimento socioeconômico.

Os eventos climáticos extremos, no caso brasileiro sejam de desvio positivo ou negativo vem ocorrendo, principalmente, como enchentes e secas prolongadas (MARENGO et al., 2010; MEDEIROS et al., 2014). Conforme Marengo et al. (2009), os elevados índices pluviométricos mostram aumento na frequência e na intensidade das chuvas no Sul e no Sudeste do Brasil e, em menor grau, no oeste da Amazônia e na área litorânea do leste da Amazônia e no norte da região Nordeste. As chuvas reduzem ao longo da costa leste do Nordeste do Brasil, na faixa do Rio Grande do Norte até o Espírito Santo (MARENGO et al., 2009).

A pluviometria é a componente básica do ciclo hidrológico, pois representa a maior entrada de água nas bacias hidrográficas. Quando se registram elevação destes índices ocorrem situações crítica, designada de eventos extremos. Sendo que, um evento pluviométrico intenso é considerado para valores superiores ao percentil de 95,0% de uma série de dados, enquanto, o evento pluviométrico extremo, é considerado para valores superiores ao percentil de 99,0% da mesma série de dados. A análise dos impactos gerados pelas chuvas extremas é de suma estima para sociedade, pois determina áreas de riscos para as habitações e o setor agropecuário (MELLO et al., 2013). (MELLO et al., 2007) mostra que é de suma importância a analisar das chuvas intensas para o planejamento de obras hidráulicas de controle de cheias e inundações, para a drenagem urbana e do solo, represamento e abastecimento de água urbano e/ou rural. O excesso e a escassez pluvial podem ocasionar eventos adversos impactando diferentes os setores econômicos, a nível local, estadual e federal (ALVARENGA, 2012).

Estudiosos de diversas áreas científicas vêm utilizando-se da ferramenta estatística, para caracterização de determinados fenômenos, no caso dos índices pluviométricos de uma região, busca-se modelos de distribuição probabilísticas que melhor se adaptam aos conjuntos de dados analisados (VIEIRA et al., 2010, DOURADO NETO et al., 2014, MAZUCHELI et al., 2019). Entre os diferentes modelos de distribuições probabilísticas frequentemente aplicados a modelagem de dados pluviométricos temos a distribuição Binomial; a distribuição Weibull, a distribuição de Gauss e a distribuição Gama. Os eventos pluviométricos na região Nordeste do Brasil resultam da performance dos sistemas meteorológicos e/ou sinóticos atuantes nas escalas espacial e temporal distintas, e são responsáveis por acentuadas oscilações interanual, com anos extremamente secos e outros chuvosos (MEDEIROS et al., 2018).

As flutuações sazonais das precipitações atuantes em São Bento do Una – PE são dependentes dos fatores climáticos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), linha de Instabilidade (LI), Troca de calor latente por sensível e os auxílios sinóticos locais e regionais (MEDEIROS 2020; GOMES et al., 2019; FEDOROVA et al., 2016; REBOITA et al., 2015; KAYANO).

Os movimentos nos organismos físicos que controlam os sistemas dinâmicos e sinóticos produzem flutuações na distribuição espacial e temporal dos índices pluviométricos. O conhecimento dessas flutuações em determinada área proporciona vantagens estratégicas para se realizar o gerenciamento dos recursos hídricos, planejamento das atividades produtivas, agropecuárias, represamento d’água bem como na implantação de sistemas resposta aos eventos extremos como secas (MEDEIROS et al., 2020; Medeiros 2020), além de inundações e deslizamentos de terra (RIBEIRO et al., 2021).

Na resolução da probabilidade de ocorrência dos índices pluviiais de magnitude elevados aos contidos em uma série de chuvas, ou de eventos com período de retorno superior do que os anos de dados da série estudada, é necessário a obtenção do padrão completo das oscilações pluviiais pelo uso de tratamentos estatísticos complexos que a análise de frequências, como é o caso das funções teóricas de distribuição de probabilidade (NAGHETTINI et al., 2007).

Objetiva-se estudar e analisar qual, entre as três distribuições de probabilidade, melhor se ajusta a série histórica de dados mensais de precipitação máximas prováveis em cidade de São Bento do Una - Pernambuco, Brasil entre 1921-2020.

2. Material e métodos

São Bento do Una localiza-se na mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Belo Jardim, a sul com Jucati, Jupi e Lajedo, a leste com Cachoeirinha, e a oeste com Capoeiras, Sanharó e Pesqueira. A sede municipal tem uma altitude média de 614 metros e coordenadas geográficas de $08^{\circ} 31' 22''$ de latitude sul e $36^{\circ} 06' 40''$ de longitude oeste.



Figura 1. Posicionamento do município de São Bento do Una.
Fonte: Medeiros (2022).

Segundo a classificação climática por (KÖPPEN 1928; KÖPPEN et al., 1931) São Bento do Una tem o clima do tipo “As” (Tropical Chuvoso, com verão seco), esta classificação (ALVARES et al., 2014; MEDEIROS et al. 2018).

Com auxílio das tecnologias computacionais, múltiplos modelos de funções de distribuição de probabilidade (FDP) e métodos para estimar seus parâmetros foram propostos, sendo as mais comuns no estudo pluviiais intensos as de Gama, Generalizada de Valores Extremos, Generalizada de Pareto, Gumbel, Log Normal, Pearson 5 e Weibull (SANTOS; et al., 2016; ALVES et al., 2013; QUADROS et al., 2011; SANSIGOLO, 2008; RODRIGUES et al., 2008; BACK, 2006; SILVA et al., 2002;). Contudo, antes de se adotar um modelo de FDP para explicar um evento, é necessário verificar a aderência da distribuição ao conjunto de dados em análise por meio de testes estatísticos, como o teste de Cramer-Von Mises e Anderson-Darling, que avaliam os desvios entre a distribuição amostral e a teórica (BACK, 2001).

A precipitação máxima anual para São Bento do Una - PE foi analisada no período de 1921 a 2020, com dados provenientes da Agencia de tempo e clima do Estado de Pernambuco, (APAC, 2021).

Distribuição Gama ($X \sim \text{Gama}(a, b)$) - se X for uma variável aleatória contínua, tal que ($0 < x < \infty$), com parâmetros $a > 0$ e $b > 0$, então a sua função densidade de probabilidade pode ser definida pela equação 1.

$$f(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} X^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (1)$$

Em que,

β - parâmetro de escala (mm);

α - parâmetro de forma (adimensional);

e - base do logaritmo neperiano;

X - Precipitação (mm);

$\Gamma(\alpha)$ - função Gama.

Será utilizado o método da máxima verossimilhança na determinação do parâmetro de forma (α) e escala (β).

Os elementos de ajuste da distribuição Gama, α e β , foram estimados pelo método da máxima verossimilhança, com a aproximação polinomial para o parâmetro de forma proposto por Greenwood et al. (1960) apud Wilks (2006), equação 4 e/ou 5.

$$\hat{\alpha} = \frac{0,5000876 + 0,1648852A - 0,0544274A^2}{A}, \quad 0 \leq A \leq 0,5772; \text{ ou} \quad (4)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{8,898919 + 9,05995A + 0,9775373A^2}{17,79728A + 11,968477A^2 + A^3}, \quad 0,5772 \leq A \leq 17,0. \quad (5)$$

Calculando-se A pela equação 6.

$$A = \ln(\bar{X}) - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \ln(X_j) \quad (6)$$

X = Valores observados

\bar{X} = Média dos valores observados

E beta (β) dada pela equação 7.

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{X}}{\hat{\alpha}} \quad (7)$$

A estimativa dos índices pluviométricos mensais prováveis foi determinada para os níveis de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 e 95% de probabilidade utilizando do modelo probabilístico Gama, como descrito por Thom (1958), onde a função de densidade probabilística Gama $f(x)$ é dada.

A função densidade da distribuição Log-normal a dois parâmetros e a três parâmetros são representadas pela seguinte equação (RIBEIRO et al. 2007):

$$F(x) = \frac{1}{(x-a)\delta\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{-[\ln(x-a) - \mu]^2}{2\delta^2}\right)}$$

Onde,

$F(x)$ - função densidade de probabilidade da variável,
 e - base do logaritmo neperiano,
 x - valor da variável aleatória,
 μ - média dos logaritmos da variável x ,
 σ - desvio-padrão dos logaritmos da variável x ,
 a - limite inferior da amostra.

Distribuição Weibull - tem sua função de densidade de probabilidade mais comumente apresentada da seguinte forma (CATALUNHA et al., 2002):

$$F(x) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x - \alpha}{\beta} \right)^{\gamma-1} \exp \left[- \left(\frac{x - \alpha}{\beta} \right)^\gamma \right]$$

Para $x \geq \alpha$

Onde,

$F(x) = 0$ para outros intervalos,

x - variável aleatória,

$\alpha \geq 0, \beta > 0, \gamma > 0$ os parâmetros da distribuição.

Os dados foram analisados individualmente para cada mês de cada ano que apresentaram precipitação superior a 0,1 mm, sendo ajustados às diferentes distribuições de probabilidade, através do método de máxima verossimilhança, para determinação dos parâmetros referentes a cada distribuição, em razão de sua eficiência e consistência (JUNQUEIRA JÚNIOR et al., 2007).

Foram aplicadas às distribuições de probabilidade Weibull, Gama e Log-normal. e sua aderência testadas com a estatística de Cramer-von Mises e Anderson-Darling, ao nível de significância de 5%. A escolha do melhor modelo de ajuste foi baseada no critério de informação de Akaike (AIC) e no critério de informação bayesiana ou Schwarz (BIC), utilizando o programa R (RCORE TEAM, 2021), o ambiente integrado de desenvolvimento Rstudio (RSTUDIO TEAM, 2021), os pacotes fitdistrplus (DELIGNETTE-MULLER et al., 2015), distributionfitR (GEIER, 2020), GOFTEST (FARAWAY et al., 2019).

3. Resultados e discussão

Na Tabela 1 disponibilizam o nível de probabilidades (%) e a precipitação máxima provável (mm/ano) para São Bento do Una - PE. Os níveis de probabilidade foram computados de 5% em 5% possibilitando uma melhor amplitude dos valores máximos pluviais. Entre os níveis de probabilidade de 5% a 50% os valores máximos pluviais não ultrapassam os 17 mm/ano. Entre os níveis de 55% a 95% estes valores tem significância principalmente se ocorrerem num curto intervalo de tempo, em razão da possibilidade de enchentes, alagamentos, cheias e inundações causando prejuízos socioeconômicos e agrícolas. Os estudos de (MARENGO et al., 2010; MEDEIROS et al., 2014; IPCC 2018) corroboram com os resultados discutidos.

Nestas situações, conhecer os períodos em que as oscilações pluviais máximas ocorrem com mais frequência constitui uma importante ferramenta para adoção de práticas que minimizem danos nos diferentes setores econômicos, além de fornecerem informações concisas ao setor hidroelétricos e hidrológicos.

Quadro 1 – Nível de probabilidades (%) e precipitação máxima provável (mm/ano) para São Bento do Una – PE entre 1921-2020.

Probabilidade	Precipitação máxima provável (mm/ano)	Probabilidade	Precipitação máxima provável (mm/ano)
5%	1,87	55%	18,97
10%	3,39	60%	21,40
15%	4,86	65%	24,13
20%	6,35	70%	27,25
25%	7,87	75%	30,90
30%	9,45	80%	35,33
35%	11,11	85%	40,97
40%	12,86	90%	48,84
45%	14,74	95%	62,14
50%	16,76	-	-

Fonte: Medeiros (2022).

Para Medeiros et al. (2018) oscilações pluviiais podem impactar os indicadores socioeconômicos, visto que a sobrevivência, a permanência da população e o desenvolvimento agropecuário dependem fundamentalmente da demanda d'água das chuvas. Além disso, obras como reservatórios hídricos têm sua capacidade intensamente influenciada por estas variabilidades. Esta afirmação corrobora com os resultados discutidos.

Na Figura 1 tem-se o histograma da distribuição dos dados pluviiais de São Bento do Una-PE entre 1921-2020. As classes pluviiais foram assim distribuídas para o período de estudo, de 0 a 20 mm observou-se 648 eventos; de 20 a 40 mm tivemos 240 eventos; de 40 a 60 mm tivemos 101 ocorrências; de 60 a 80 mm observou-se com 43 ocorrências; de 80 a 100 mm tivemos 17 eventos; de 100 a 120 mm observou-se 5 eventos; de 120 a 160 mm ocorreu 6 eventos. Quando a ocorrência dos eventos era inferior a 5, ela era acrescida a classe imediatamente anterior. Observa-se os baixos índices de precipitação na localidade, característico da região semiárida brasileira. O estudo de Medeiros et al., (2021) corroboram com a discussão apresentada.

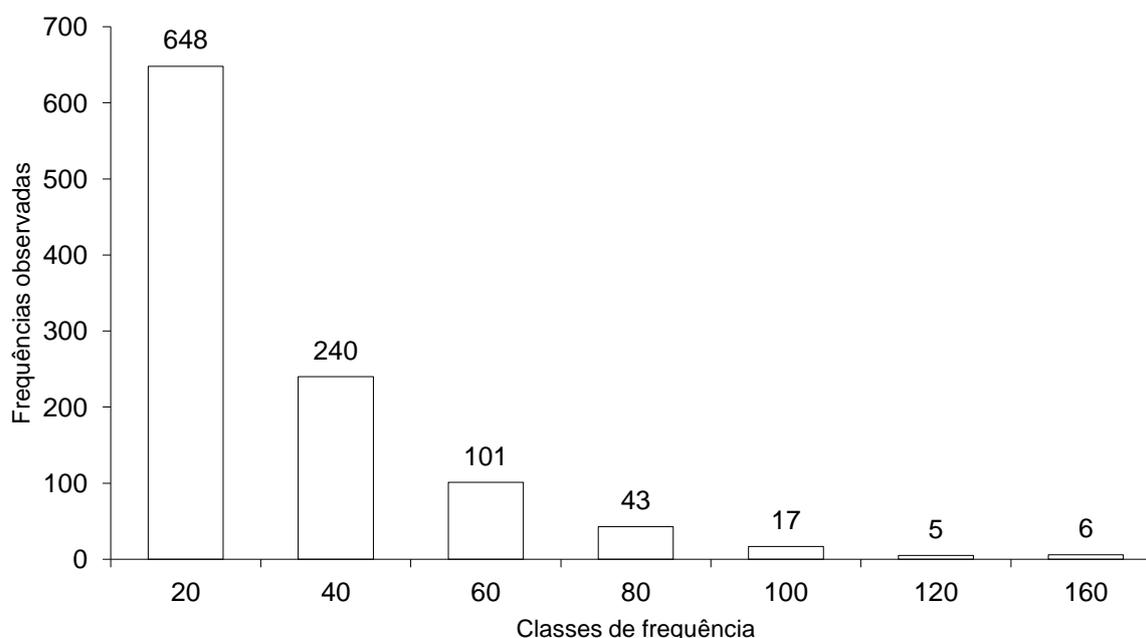


Figura 1- Histograma da distribuição dos dados de precipitação de São Bento do Una-PE entre 1921-2020.

Fonte: Medeiros (2022).

Os dados de precipitação seguem uma distribuição contínua, e tem na distribuição gama o ajuste mais adequado a representatividade dos dados em relação a distribuição Weibull e LogNormal, sendo a escolhida pelos critérios AIC e BIC (Tabela 2)

Quadro 2- Fator de forma, fator de escala, média log, desvio padrão log, critério de Akaike (AIC) e critério de informação bayesiana ou Schwarz (BIC) para diferentes tipos de distribuição de probabilidade, relativos a precipitação mensal (mm) de São Bento do Una - PE, de 1921 a 2020.

Distribuição	Fator de		Média	Desvio padrão	Critério	
	Forma	Escala	log	log	AIC	BIC
Weibull	1,105125	23,298095	-	-	8696,6	8706,5
Lnorm	-	-	2,655862	1,035650	8716,8	8726,7
Gama	1,244656	17,989180	-	-	8684,6	8694,5

Legenda: (-) sem informações dos modelos

Fonte: Medeiros (2022).

Na Figura 2 tem-se as distribuições acumuladas em função da precipitação (mm/ano), levando em consideração as chuvas observadas e as prováveis utilizando-se as distribuições Gama e Weibull. Observa-se que os comportamentos das distribuições Gama e Weibull e das chuvas observadas são próximas, mas que em razão da análise do índice AIC, a distribuição gama é a mais recomendada.

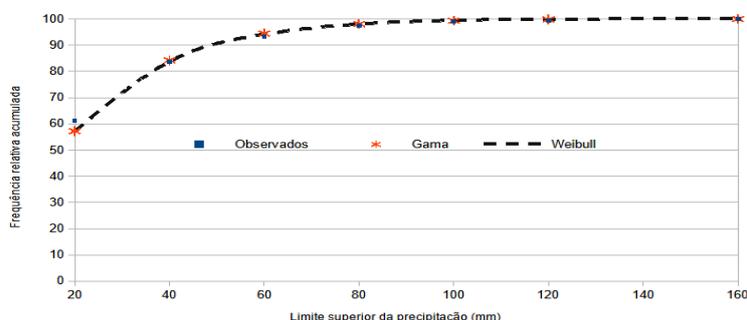


Figura 2: Distribuição acumulada em função da precipitação (mm/ano).

Fonte: Medeiros (2022).

A distribuição gama apresentou coeficientes de Cramer-Von Mises e Anderson-Darling, conforme Tabela 3, superiores aos valores de referência ao nível de 5% de significância, possibilitando concluir que os dados se ajustam a distribuição de probabilidade selecionada.

Quadro 3- Coeficientes dos testes de aderência para diferentes tipos de distribuição de probabilidade, relativos a precipitação mensal (mm) de São Bento do Una-PE, entre 1921 a 2020.

Distribuição	Teste estatístico			
	Cramer-Von Mises		Anderson-Darling	
	Calculado	p-valor	Calculado	p-valor
Weibull	0,60343	0,509	2,5507	0,7956

Lnorm	0,88991	0,1277	3,6083	0,3671
Gama	0,61213	0,4912	2,4714	0,8263

Fonte: Medeiros (2022).

No ajuste de eventos extremos de precipitação, podem ser citados, para o Mato Grosso, os estudos (MOSSINI JUNIOR et al., 2016; RAMOS et al., 2015; BATISTÃO et al., 2014; PIZZATO et al., 2012; MARTINS et al., 2010); Estes estudos vêm a corroborar com os resultados discutidos.

A densidade de frequência da distribuição empírica e teórica de probabilidade gama, para São Bento do Una – PE de 1921 a 2020 está representada na Figura 3. A distribuição tem redução pluviométrica bem distribuída pela sua densidade e gradativamente homogênea de assimetria direita com longo prolongamento. Destaca-se na figura que índices superiores a 100 mm sua tendência é praticamente zero, ou seja, de baixíssima ocorrência de eventos extremos.

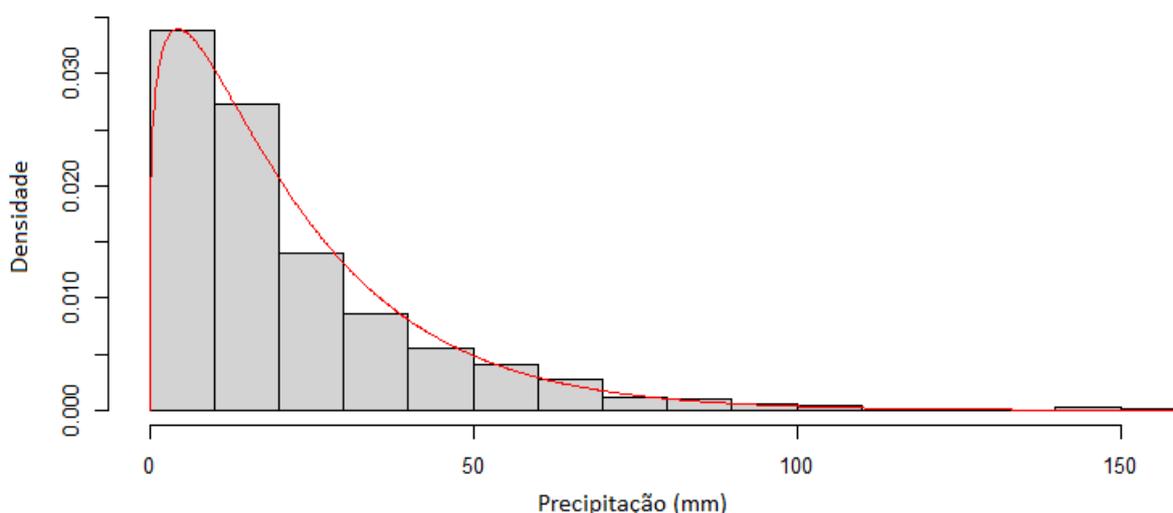


Figura 3 – Densidade de frequência da distribuição empírica e teórica de probabilidade gama, para São Bento do Una – PE de 1921 a 2020.

Fonte: Medeiros (2022).

As informações dessas variações em uma determinada área proporcionam adotar estratégias para a realização do gerenciamento dos recursos hídricos, planejamento das atividades produtivas, bem como na implantação de sistemas de respostas a crises decorrentes de eventos extremos como secas (MEDEIROS et al., 2020), além de inundações e deslizamentos de terra (RIBEIRO et al., 2021). Estas afirmações corroboram com os resultados discutidos e com os casos de eventos com possíveis probabilidades de máximas para a área de estudo.

4. Conclusão

Os dados de precipitação máxima se ajustam às funções de distribuições de probabilidade log-normal, gama e Weibull, apresentando melhor ajuste à função de distribuição de probabilidade gama.

São Bento do Una - Pernambuco necessita adotar estratégias para convivência com seca, visando o crescimento econômico do seu município.

5. Referencias

ALVARENGA, L.A. Precipitação no sudeste brasileiro e sua relação com a Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Revista Agrogeoambiental*, Minas Gerais, v.4, n.2, p.01-07, 2012.

ALVES, A.V.P.; DA SILVA SANTOS, G.B.; DE MENEZES FILHO, F.C.M.; SANCHES, L. Análise dos métodos de estimação para os parâmetros das distribuições de Gumbel e GEV em eventos de precipitações máximas na cidade de Cuiabá-MT. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 32-43, 2013.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22(1): 711–28. 2014.

BACK, A.J. Relações intensidade-duração-frequência de chuvas intensas de Chapecó, Estado de Santa Catarina. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 28, n. 4, p. 575-581, 2006.

BACK, A.J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 16, n. 2, p. 211-222, 2001.

BATISTÃO, A.C.; LAVEZO, A.; PESSOA, M.J.G.; DALLACORT, R.; DE CARVALHO, M. A. C. Distribuição temporal e probabilidade de ocorrência de chuva no município de Juína (MT). *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v. 13, p. 258-270, 2014.

BAKLANOV, A.; MOLINA, L.T.; GAUSS, M. Megacities, air quality and climate. *Atmospheric Environment*, 126, 235-249. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.11.05-9>.

BORETTI, A.; ROSA, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. *NPJ Clean Water* 2, 1-15. 2019. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>.

CATALUNHA, M. J. et al. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 10, n. 01, p. 153-162, 2002

DELIGNETTE-MULLER M.L.; DUTANG C. “fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions”. *Journal of Statistical Software*, 64(4), 1–34. 2015. <https://www.jstatsoft.org/v64/i04/>.

DOURADO NETO D.; ASSIS, J.P.; TIMM, L.C.; MANFRON, P.A.; SPAROVEK, G.; FARAWAY, J.; MARSAGLIA, G.; MARSAGLIA, J.; BADDELEY, A. Goffest: Classical Goodness-of-Fit Tests for Univariate Distributions, R package version 1,0-2. 2014.

FEDOROVA, N.; LEVIT, V.; CRUZ, C.D. On Frontal Zone Analysis in the Tropical Region of the Northeast Brazil. *Pure and Applied Geophysics, [S. l.]*, v. 173, n. 4, p. 1403–1421, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00024-015-1166-y>.

GEIER, B.; KERN M.; ZHU B. N., DIK K., FERDINAND A., FREIHAUT T., GLOCKNER T., HENTSCHEL M. J.; HEPPELER A.; LAUFF M.; LIETZOW N.; PETER H.; TAMPE N.; TROTHA V.V.; VELA, L.; SCHLATHER M.; LI Y.; BENGTSSON H. (2020). *DistributionFitR: Fitting Multiple Distributions*. R package version 0.1, <https://github.com/YCartes/DistributionFitR/tree/master>.

GOMES, H.B. ET AL. Climatology of easterly wave disturbances over the tropical South Atlantic. *Climate Dynamics*, [S.l.], v. 53, n. 3–4, p. 1393–1411, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04667-7>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área da unidade territorial: Área territorial brasileira. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panorama.

IPCC - Intergovernmental Panel On Climate Change - Global Warming of 1.5°C, An Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Reponse to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. IPCC Special Report, 2018.

JULIAN, F.; GEORGE MARSAGLIA, J.M.; ADRIAN, B. goftest: Classical Goodness-of-Fit Tests for Univariate Distributions. R package version 1.2-2. 2019. <https://CRAN.R-project.org/package=goftest>

JUNQUEIRA JÚNIOR, J.A. ET AL. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto Rio Grande: modelos de probabilidades e valores característicos. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 03, p. 842-850, 2007.

KÖPPEN, W. (1931). *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science*. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm.

LIMA, A.O.; LYRA, G.B.; ABREU, M.C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.F.; ZERI, M.; CUNHA-ZERI, G. Extreme rainfall events over Rio de Janeiro State, Brazil: Characterization using probability distribution functions and clustering analysis. *Atmospheric Research* 247, 2021.105221. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.10522-1>.

MARENGO, J.A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. In: United Nations Climate Change Conference, 15, 2009, Copenhagen. *Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil*, Rio de Janeiro: FBDS, p. 419, 2009.

MARENGO, J.A.; JONES, T.; ALVES, L.; VALVERDE, M. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the precis regional climate modeling system. *Int. J. Climatol.* Published online in Wiley InterScience, 2009. <https://doi.org/10.1002/joc.1863>

MARENGO, J.A.; CHOU, S.C.; BETTS, R.; KAY, G.; ALVES, L.M.; TORRES, R.; SANTOS, D. Development of regional climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: Part 1. Climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and Interspine the Parana River Basins. *Climate Dynamics*, 2010. <https://doi.org/10.1007/s0038201111555>.

MARTINS, J.A.; DALLACORT, R.; INOUE, M.H.; SANTI, A.; KOLLING, E.M.; COLLETTI, A. J. Probabilidade de precipitação para a microregião de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 291-296, 2010.

MOREIRA, P. S. P.; DALLACORT, R.; MAGALHÃES, R. A.; INOUE, M. H.; STIELER, M. C.; SILVA, D. D.; MARTINS, J. A. Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de Nova Maringá-MT. *Revista de Ciências AgroAmbientais, Alta Floresta*, v. 8, n. 1, p. 9-20, 2010.

MOSSINI JUNIOR, D.; RAMOS, H.C.; DALLACORT, R.; SILVA, F.S. Distribuição e probabilidade de precipitação para Nova Mutum, Mato Grosso, Brasil. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, v. 13, p. 435-447, 2016.

MAZUCHELI, J.; EMANUELL, I.P. Aplicação da Distribuição Nakagami na Análise de Dados de Precipitação, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34(1), 17, 2019.

MEDEIROS, R.M.; HOLANDA, R.M.; SILVA, V.P. Tendências pluviiais e análise da média móvel para São Bento do Una - PE, Brasil. *Revista de Geografia (Recife)* v.35, No. 5, 2018.

MEDEIROS, R.M. Estudo Agrometeorológicos para o Estado do Pernambuco. P.137. 2020.

MEDEIROS, R.M.; SABOYA, L.M.F.; ARAÚJO, W.R.; ROLIM NETO, F.C.; HOLANDA, R.M.; FRANÇA, M.V. Pluvial Floatings in the State of Pernambuco – Brazil. *ijrmr.humanjournals.com*. v.17, p.243 - 261, 2021.

MEDEIROS, F.J. et al. Impact of the internnual variability of precipitation on the reservoirs of the Semiarid Northeast Brazil Region. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, [S. l.], v. 41, n. 3, p. 731–741, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.11137/2018_3_731_741.

MEDEIROS, F.J.; OLIVEIRA, C.P.; TORRES, R.R. Climatic aspects and vertical structure circulation associated with the severe drought in Northeast Brazil (2012–2016). *Climate Dynamics*, [S. l.], v. 55, n. 9–10, p. 2327–2341, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05385-1>.

MEDEIROS, F.J.; OLIVEIRA, C.P.; TORRES, R.R. Climatic aspects and vertical structure circulation associated with the severe drought in Northeast Brazil (2012–2016). *Climate Dynamics*, [S. l.], v. 55, n. 9–10, p. 2327–2341, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05385-1>.

MELLO, C.R.; VIOLA, M.R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v.37, n.1, p.37-44,2013.

MELLO, C.R.; VIOLA, M.R.; MELLO, J.M. Continuidade espacial de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v.32, n.2, p.532-539, 2007.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; CORREIA FILHO, W.L.F.; SANTIAGO, D.B.; GOIS, G.; COSTA, M.; SILVA JUNIOR, C.A.; TEODORO, P.E.; FREIRE, F.M. Rainfall in Brazilian Northeast via in situ data and CHELSA product: mapping, trends, and socio-environmental implications. *Environmental Monitoring and Assessment* 193, 263-281. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09043-9>

PIZZATO, J.A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R.C.; MODOLO, A.J.; CREMON, C.; MOREIRA, P. S. P. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 137-142, 2012.

QUADROS, L.E.; DE QUEIROZ, M.M.F.; ANTONIO, M. Vilas Boas. Distribuição de frequência e temporal de chuvas intensas. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá, v. 33, n. 3, p. 401-410, 2011.

RAMOS, H.C.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; JUNIOR, S.S.; QUEIROZ, T. DE M. Precipitação Pluvial De Diamantino-MT Em Anos de Ocorrência De El Niño, La Niña E Neutros. Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v. 30, n. 1, p. 71-80, 2015.

R CORE TEAM R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/> 2021.

REBOITA, M.S. ET AL. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. Terrae Didatica, v. 8, n. 1, p. 34, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/td.v8i1.8637425>

RIBEIRO, B.T. ET AL. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para região de Barbacena, MG. Ciência e Agrotecnologia, v. 31, n. 05, p. 1297-1302, 2007.

RIBEIRO, M.S.M. ET AL. Environmental disasters in northeast Brazil: hydrometeorological, social and sanitary factors. Weather, Climate, and Society, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/WCAS-D-20-0132.1>.

RODRIGUES, J; ANDRADE, E.; OLIVEIRA, T; LOBATO, F. Equações de intensidade – duração – frequência de chuvas para as localidades de Fortaleza e Pentecoste, Ceará. Scientia Agrária, Curitiba, v. 9, p. 511-519, 2008.

RSTUDIO TEAM RSTUDIO: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.2021.

SANSIGOLO, C.A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). Revista Brasileira de Meteorologia, São José dos Campos, v. 23, n. 3, p. 341-346, 2008.

SANTOS, D.C.; ALBUQUERQUE, E.M. Métodos de estimativa de precipitação máxima diária na cidade de João Pessoa-PB. Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 9, n. 1, p. 88-102, 2016.

SILVA, D.D.; GOMES FILHO, R.R.; PRUSKI, F.F.; PEREIRA, S.B.; NOVAES, L.F. Chuvas intensas no Estado da Bahia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 362-367, 2002.

SINGLA, N.; JAIN, K.; SHARMA, S. K. Goodness of fit tests and power comparisons for weighted gamma distribution. REVSTAT- Statistical Journal. v.14, n.1, february, 2016, p. 29-48.

SOBRAL, B.S.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; ALECRIM, F.B.; GOIS, G.; MUNIZ JUNIOR, J.G.R.; TERASSI, P.M.B.; PEREIRA JUNIOR, E.R.; LYRA, G.B.; ZERI, M., 2020. PERSIANN-CDR based characterization and trend analysis of annual rainfall in Rio de Janeiro State, Brazil. Atmospheric Research 238, 104873.<https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.104873>

THOM, H.C.S. A note on the Gamma Distribution. Monthly Weather Review, Washington, v.86, n.4, p.117-22, 1958.

VIEIRA, J. P. G.; SOUZA, M.J.H.; TEIXEIRA, J.M.; CARVALHO, F.P. Estudo da precipitação mensal durante a estação chuvosa em Diamantina, Minas Gerais, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, 14(7), 762-767, 201.

WILKS, D.S. Statistical methods in the atmospheric sciences, 2^a ed. Department of Earth and Atmospheric Sciences, Cornell University, 2006, Elsevier Inc., 649p.