

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

# ANÁLISE DE DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE PRECIPITAÇÕES PARA AS ESTAÇÕES PLUVIOGRÁFICAS DO INMET NO BRASIL

*Kátolhy Almeida Costa<sup>1</sup>, Wilson dos Santos Fernandes<sup>2</sup>*

**Abstract:** The temporal representation of precipitation is a determining factor in hydrological modeling, as it can generate different responses and directly influence surface runoff. In this context, the development of rainfall hyetographs, which employ methods capable of simulating critical conditions, is widely used, although it often results in runoff estimates that diverge from those observed in specific basins. Therefore, the present study developed dimensionless curves of the temporal distribution of intense precipitation based on sub-daily data from automatic rain gauge stations of the National Institute of Meteorology (INMET). The adopted methodology consisted of applying the Beta distribution, followed by a comparison with the classical model proposed by Huff (1967). Analyses were performed for different events and distribution quartiles, allowing representation of the temporal variability of rainfall across distinct regions of Brazil. The results demonstrated that the proposed methodology is effective in generating synthetic hyetographs, showing good agreement with observed data and potential application in the design of hydraulic structures and the simulation of critical hydrological scenarios.

**Resumo:** A representação temporal da precipitação é um fator determinante na modelagem hidrológica, pois pode gerar diferentes respostas e influenciar diretamente o escoamento superficial. Nesse contexto, a elaboração de hietogramas de chuva, que utiliza métodos capazes de simular condições críticas, é amplamente empregada, embora frequentemente resulte em estimativas de escoamento divergentes daquelas observadas em determinadas bacias. Diante disso, o presente estudo desenvolveu curvas adimensionais de distribuição temporal de precipitações intensas, com base em dados subsidiários provenientes de estações pluviográficas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A metodologia adotada consistiu na aplicação da distribuição Beta, seguida da comparação com o modelo clássico proposto por Huff (1967). As análises foram realizadas para diferentes eventos e quartis de distribuição, permitindo representar a variabilidade temporal das chuvas em distintas regiões do Brasil. Os resultados demonstraram que a metodologia proposta é eficaz na geração de hietogramas sintéticos, com boa aderência aos dados observados e potencial aplicação no dimensionamento de estruturas hidráulicas e na simulação de cenários hidrológicos críticos.

**Palavras-Chave** – Distribuição temporal, Distribuição Beta, Huff.

## INTRODUÇÃO

A representação temporal da precipitação é um fator crítico na modelagem hidrológica, influenciando diretamente a geração do escoamento superficial em bacias hidrográficas. Mesmo quando os volumes totais são semelhantes, os eventos de precipitação podem gerar respostas hidrológicas distintas, dependendo do padrão de distribuição da chuva ao longo do tempo (Pinheiro,

1) Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Engenharia - Engenharia Ambiental, Belo Horizonte, Brasil, katoalha11@ufmg.br.

2) Universidade Federal de Minas Gerais - Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Brasil, wilson@ehr.ufmg.br.

2011). Modelos de bacias hidrográficas são empregados para o dimensionamento de sistemas de drenagem, no controle da erosão, na avaliação da qualidade da água e em estudos relacionados às mudanças climáticas (Bonta, 2004). As entradas de precipitação nesses modelos são frequentemente fornecidas como séries observadas ou como chuvas de projeto, que desagregam o volume total diário para estimar a distribuição de intensidades ao longo do evento. Segundo Bonta (2004), embora essas distribuições representem a tendência média da variação temporal, não capturam integralmente a aleatoriedade inerente das chuvas, que combinam componentes previsíveis e aleatórios.

Segundo o estudo realizado por Pinheiro (2011), as chuvas de projeto, utilizadas como entradas nos modelos hidrológicos, podem ser representadas por gráficos que descrevem a distribuição da intensidade da precipitação ao longo do tempo durante um evento chuvoso. A estimativa dessas cheias pode ser realizada por dois métodos principais: o método direto, que se baseia em registros de vazão medidos em estações fluviométricas, e o método indireto, que estima os hidrogramas a partir de dados de precipitação sobre a bacia hidrográfica. Embora o método direto ofereça maior precisão, sua aplicação é limitada pela quantidade reduzida de dados disponíveis, principalmente considerando dados subdiários (Bonta, 2004). Em função dessa limitação, tem-se adotado padrões sintéticos ou empíricos de distribuição temporal da precipitação, como os hietogramas de projeto (Pinheiro, 2011), amplamente utilizados em estudos hidrológicos.

Para representar essa distribuição temporal, uma das formulações mais utilizadas é a proposta por Huff (1967), conforme descrito por Chow *et al.* (1988). Esse método de discretização foi realizado por meio da análise de chuva para o estado de Illinois, nos Estados Unidos. O autor classificou os eventos em quatro grupos a partir de 11 anos de dados de postos pluviográficos, datados do período de 1955 a 1966, em uma área rural de 1km<sup>2</sup>. Huff (1967) observou que, independentemente da duração, a maior parte do volume de chuva se concentrava em uma fração do tempo. Então, o referido autor, classificou em quatro quartis, de acordo com o momento em que o pico de chuva ocorreu: no primeiro, segundo, terceiro ou quarto quartil do período total de precipitação. Segundo o estudo, um quartil é uma divisão temporal que representa 25% da duração total de um evento de precipitação. As precipitações foram agrupadas de acordo com o quartil de maior intensidade, e após uma análise estatística, foram obtidas curvas adimensionais de precipitação e duração, relacionado com a probabilidade de excedência de chuva (Abreu *et al.*, 2017).

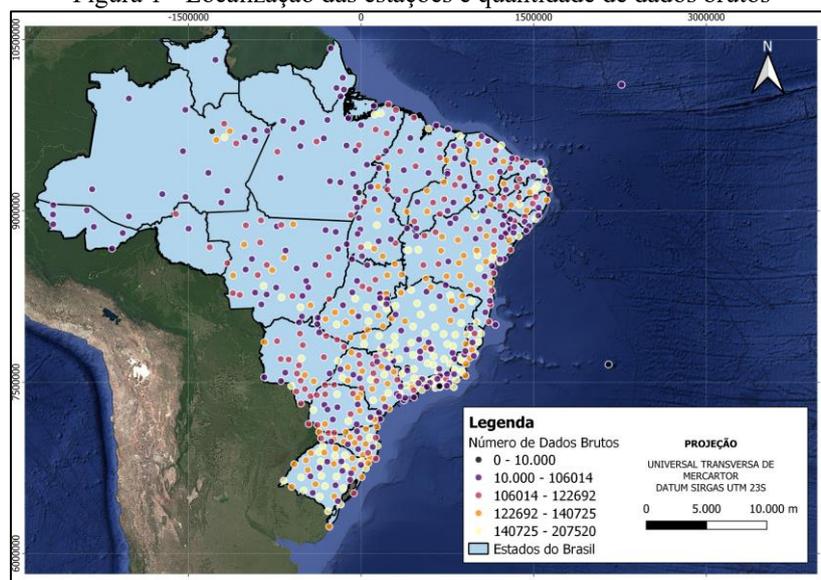
No Brasil, o método de Huff (1967) tem sido amplamente empregado em diversos projetos de engenharia de recursos hídricos. Contudo, como destacado por Fontoura (2019), a adoção de metodologias desenvolvidas para contextos geoclimáticos distintos pode causar distorções significativas nos resultados. O Brasil apresenta grande variabilidade no padrão de precipitação, resultando em características regionais distintas no que se refere índices climatológicos e pluviográficos (Quadro *et al.*, 2012). Segundo Chagas e Chaffe (2019), as alterações no regime de chuvas no Brasil observadas nas últimas décadas indicam um aumento do gradiente da precipitação média em várias regiões do país. O estudo identificou, entre 1980 e 2015, uma queda na precipitação média e aumento dos períodos secos no Sudeste e no Cerrado, enquanto o Sul e a Amazônia registraram maior volume de chuva e mais eventos extremos.

Diante desse cenário de variabilidade das chuvas em distintas regiões do Brasil, o presente estudo tem como objetivo desenvolver curvas de distribuição temporal de precipitações intensas a partir de dados subdiários do INMET. Além disso, busca avaliar a aplicabilidade da distribuição de Huff (1967) por meio da comparação com as curvas de distribuição locais.

## METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, foram avaliados os dados das estações automáticas operadas pelo INMET distribuídas espacialmente pelo território brasileiro, entre os anos 2000 e 2024. A Figura 1 apresenta a localização das 602 estações meteorológicas automáticas distribuídas pelo território nacional, que registram dados horários, com períodos variando entre 1 e 24 anos. Embora 38 estações estejam atualmente fora de operação, elas foram consideradas na análise preliminar devido à disponibilidade de dados.

Figura 1 - Localização das estações e quantidade de dados brutos



## Critérios para separação dos eventos

A partir dos dados obtidos nas estações, iniciou-se o processo de separação dos eventos de precipitação. Essa etapa é fundamental na geração de hietogramas, e um dos principais desafios está em definir os critérios que caracterizam cada evento e em determinar quando dois registros podem ser considerados independentes (Ferreira, 2015). Chuvas separadas por longos intervalos podem, em algumas abordagens, ser agrupadas como uma única, enquanto outras as tratam como ocorrências distintas. A literatura apresenta diversas metodologias para essa análise, com variações nos critérios adotados para delimitação e independência. O Tempo Mínimo Entre Eventos (MIT) corresponde ao intervalo mínimo sem chuva para episódios independentes, variando entre 3 minutos e 24 horas conforme diferentes estudos (Vilar & Burgueno, 1995; Lévia, 2004; Huff, 1967). Quanto à duração mínima, valores entre 30 minutos e 6 horas são recomendados, dependendo da resolução dos dados e do objetivo do estudo (Fornis et al., 2005; Powell et al., 2007; Ferreira, 2015). Para garantir a independência, ainda podem ser incluídos critérios adicionais, como altura, duração e intensidade mínima da precipitação, entre outros (Dunkerley, 2008).

Diante desse cenário, este estudo adotou uma combinação de metodologias existentes, visando uma abordagem mais adequada e consistente para a realidade brasileira. Foram realizadas algumas operações com os dados de precipitação, definindo-se cinco critérios para a seleção dos eventos: O Critério 1 seguiu a abordagem de Huff (1967), que considera um evento como um período de chuva separado dos anteriores e posteriores por, no mínimo, 6 horas. O Critério 2 baseou-se no estudo de Powell *et al.* (2007), que recomenda descartar blocos com duração inferior a 4 horas. O Critério 3 adotou a proposta de Wischmeier e Smith (1978), que sugere excluir chuvas com volume

total inferior a 12,5 mm. Por fim, o Critério 4 incorporou a recomendação de Loukas e Quick (1996), que estabelece uma intensidade mínima de 1 mm/h para que seja considerado. Além dos critérios apresentados, foi estipulado que cada estação deve ter, no mínimo, 5 eventos registrados e sem falhas para ser incluída na análise; caso contrário, a estação seria descartada. Adicionalmente, um valor de precipitação mínimo de 0,01mm foi estabelecido, a fim de remover possíveis inconsistências nas séries temporais.

Após a identificação dos eventos, foram construídas curvas adimensionais que relacionam a duração total da precipitação à intensidade acumulada ao longo do tempo. Essas curvas indicam, para cada fração da duração do evento, o percentual acumulado de chuva e a intensidade correspondente em intervalos discretos. Para todas as estações avaliadas, as taxas de precipitação foram discretizadas em relação ao tempo, com intervalo 0 a 1, permitindo a comparação e análise da distribuição temporal da chuva. Por fim, foram classificados conforme a proposta de Huff (1967), que consiste no agrupamento dos eventos de precipitação em 1º, 2º, 3º ou 4º quartil da distribuição temporal da precipitação acumulada.

### Modelo de Ajuste Temporal

Para modelar a distribuição temporal dos eventos de precipitação, utilizou-se a distribuição Beta, um modelo probabilístico estatístico adequado para variáveis contínuas definidas em intervalos limitados, como o intervalo adimensional [0,1] (Naghetini, 2007). A escolha pela distribuição Beta se deve à sua flexibilidade em ajustar diferentes formas de curvas e à compatibilidade com o domínio das curvas adimensionais de distribuição temporal, o que favorece sua aplicação na modelagem de precipitações. Destaca-se que o modelo de distribuição Beta não foi adotado com o objetivo de realizar uma análise probabilística, mas sim pelas características matemáticas do modelo.

A Equação 1 apresenta a função densidade da distribuição Beta, enquanto a Equação 2 corresponde à função de probabilidade acumulada. Já a Equação 3 descreve sua forma adimensional, cujo ajuste foi realizado pelo método dos mínimos quadrados.

$$f_X(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} \quad (1)$$

para  $0 \leq x \leq 1$ ,  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$ .

$$F_X(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \int_0^x x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx = \frac{B_i(x, \alpha, \beta)}{B(\alpha, \beta)} \quad (2)$$

$$F_0 = \sum_T^1 (\hat{y}_t - y_t)^2 \quad (3)$$

Sendo que  $B(\alpha, \beta) = \int_0^1 t^{\alpha-1} (1-t)^{\beta-1} dt = \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha+\beta)}$  é a função Beta inversa e  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros de forma;  $t$  a porcentagem de tempo do evento  $t = \{0.0, 0.1, 0.2 \dots, 1.0\}$ ;  $\hat{y}_t$  a porcentagem do total precipitação estimada pela distribuição de probabilidade Beta em  $t$ ; e  $y_t$  a precipitação estimada pelo modelo Beta em  $t$  (Equação 4).

$$\hat{y}_t = y \sim Beta \quad (4)$$

## Metodologia para comparação das curvas

Após a elaboração das curvas finais de distribuição temporal, procedeu-se à identificação da curva de probabilidade de ocorrência dos eventos. De acordo com Fontoura (2019), a escolha da curva depende das premissas e dos critérios estabelecidos para a análise, sendo, portanto, uma decisão arbitrária. Eventos extremos (10% e 90%) podem ser adotados para identificar comportamentos específicos, mas a distribuição 50% (mediana) é normalmente utilizada, pois oferece uma representação mais estável da distribuição de precipitação (Huff, 1967). Dessa forma, para cada estação, foi identificada a curva de probabilidade de 50% tanto na estação quanto no seu respectivo quartil.

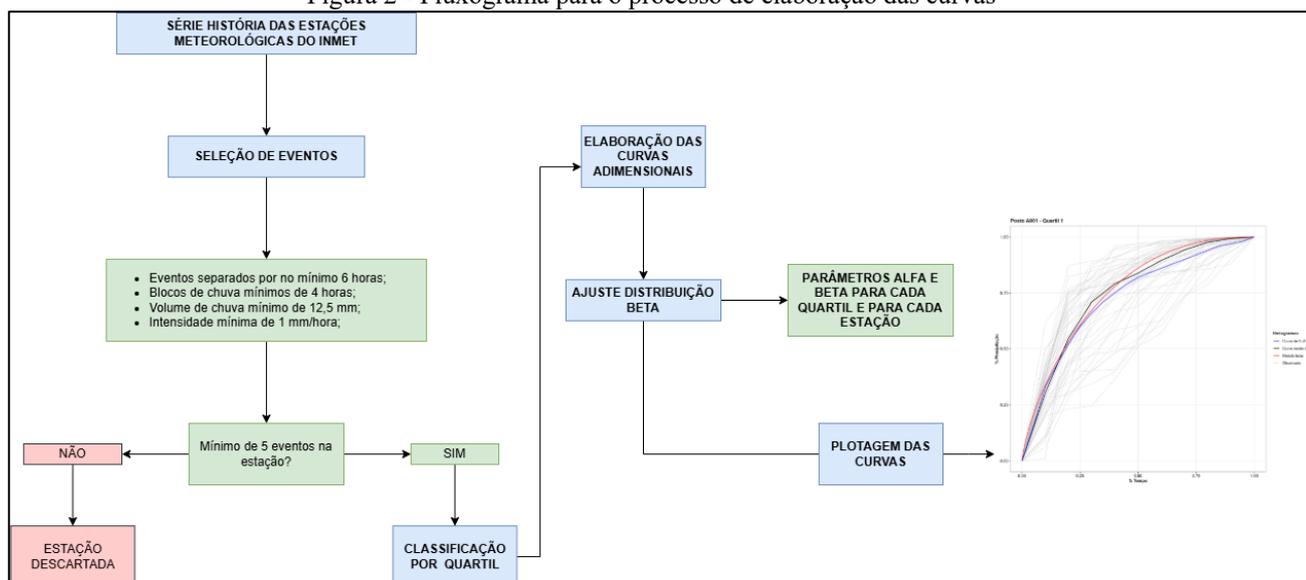
A comparação entre a curva de 50% de probabilidade e as curvas geradas pela distribuição Beta e pela metodologia de Huff (1967) foi realizada por meio do erro médio relativo. Esse erro médio considera a diferença entre os dados observados e os estimados, dividida pelo valor observado, conforme apresentado na Equação 5.

$$E_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Xm_i - Xe_i}{Xm_i} \right| \quad (5)$$

Sendo  $Xm$  o valor medido na curva de 50% de probabilidade e  $Xe$  o valor estimado para a Distribuição Beta e as metodologias de Huff (1967).

A elaboração das curvas por meio das metodologias foi realizada utilizando a linguagem de programação R (R Core Team, 2015). Uma síntese dos procedimentos adotados encontra-se no diagrama de fluxo da Figura 2.

Figura 2 - Fluxograma para o processo de elaboração das curvas



## RESULTADOS

Após a aplicação dos critérios e premissas estabelecidos, foram identificados 48.999 eventos de precipitação distribuídos entre 602 estações meteorológicas no Brasil. Para a construção das curvas acumuladas por quartil, foram consideradas apenas as estações que apresentaram quantidade

suficiente de curvas em cada faixa de classificação. A Tabela 1 apresenta o número total de estações em cada quartil e quantidade total de eventos identificada. Já a Figura 3 e Figura 4 apresentam os resultados, em termos de duração e chuva total acumulada, respectivamente.

Tabela 1 – Resultados

Quartil	Número de Estações com Dados	Número De Eventos Totais
1	552	11074
2	554	19214
3	550	13750
4	436	4961

Figura 3 - Resultados dos eventos em relação a duração

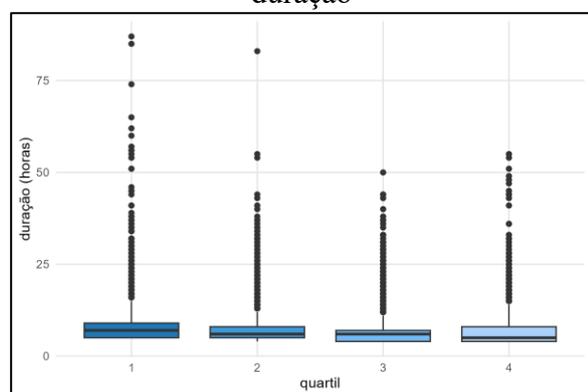
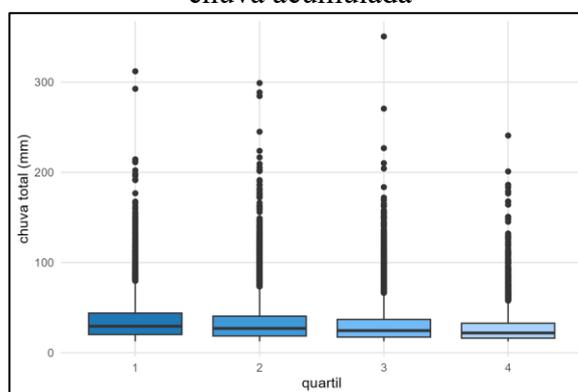


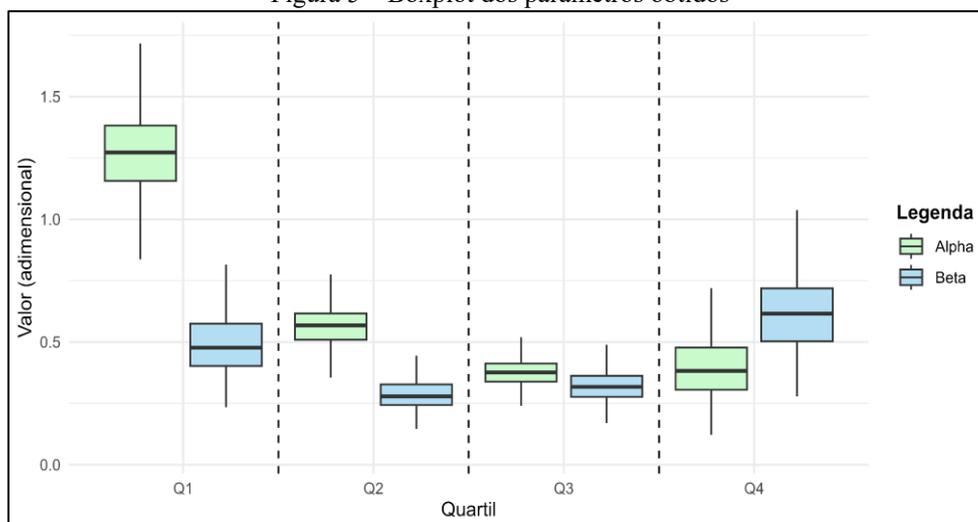
Figura 4 - Resultados dos eventos em relação a chuva acumulada



A análise revelou variações significativas em todos os quartis, destacando-se o segundo quartil, que apresentou quase quatro vezes mais ocorrências que o quarto quartil. Em relação a duração, observa-se que a maioria das ocorrências apresenta menos de 10 horas, embora existam diversos *outlier*. De forma semelhante, a precipitação acumulada total apresentou comportamento comparável: a média manteve-se abaixo de 50 mm, mas foram registrados volumes superiores a 100 mm e, em vários casos, acima de 200 mm. É importante destacar que este estudo não considerou a classificação das chuvas segundo a intensidade, aspecto fundamental para uma avaliação mais detalhada das características hidrológicas.

Após a obtenção dos dados pluviográficos, adotou-se a curva de 50% de probabilidade (mediana), a qual representa o comportamento característico da precipitação temporal, para estimar os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição Beta para cada estação e respectivo quartil. Os valores dos parâmetros ajustados foram determinados individualmente, e os resultados obtidos encontram-se apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Boxplot dos parâmetros obtidos

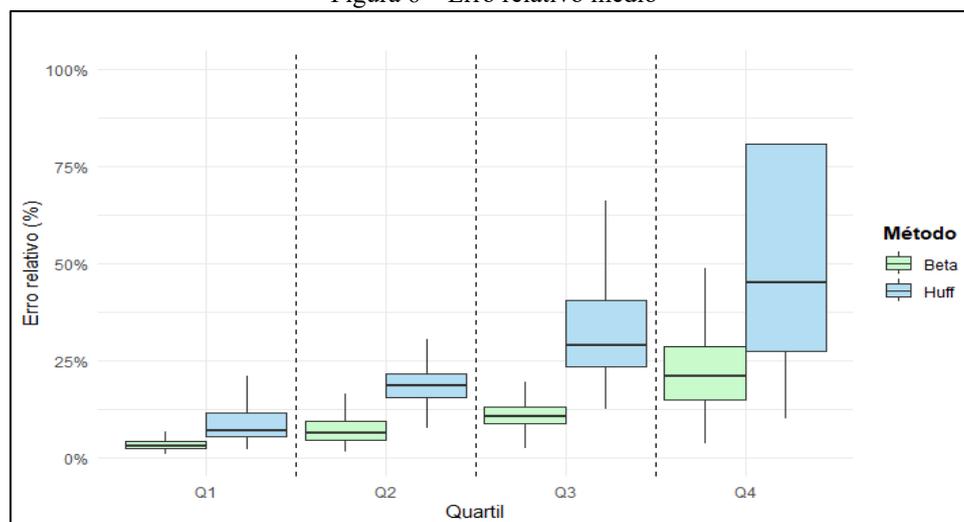


A partir dos resultados observa-se que, na maioria dos eventos do primeiro quartil, os valores do parâmetro  $\alpha$  variaram entre 1,0 e 1,5, enquanto os valores de  $\beta$  apresentaram, em média, valores próximos de 0,50. No segundo quartil, os valores de  $\alpha$  situaram-se, em sua maioria, entre 0,50 e 0,80, e os de  $\beta$  foram, predominantemente, inferiores a 0,50. Para o terceiro quartil, a maior parte dos eventos apresentou valores de  $\alpha$  e  $\beta$  inferiores a 0,50. Já no quarto quartil, os valores de  $\alpha$  mostraram-se, em sua maioria, inferiores a 0,50, enquanto os de  $\beta$  concentraram-se entre 0,50 e 1,0. Destaca-se que, para melhor visualização dos resultados os *outliers* foram removidos.

A distribuição dos parâmetros reflete a variabilidade na forma de ocorrência da precipitação ao longo dos eventos, indicando diferenças nos padrões temporais de chuva entre os quartis. Por exemplo, no primeiro quartil, a predominância de valores mais elevados de  $\alpha$  e menores de  $\beta$  indica que a precipitação tende a ocorrer de forma mais concentrada no início do evento. Tal comportamento está de acordo com a interpretação proposta por Naghettini (2007), segundo a qual o parâmetro  $\alpha$  controla a densidade da distribuição no início do evento, enquanto  $\beta$  influencia os valores no final.

Após a estimativa dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ , foi possível calcular as curvas ajustadas para todos os eventos, o que permitiu a análise dos erros relativos em comparação com a distribuição proposta por Huff (1967). Essa comparação teve como objetivo avaliar a adequação das curvas aos dados medidos e verificar o grau de conformidade entre as curvas ajustadas por meio da distribuição Beta e a distribuição temporal de chuvas representada por Huff (1967). Os erros relativos médios obtidos foram resumidos no boxplot apresentado na Figura 6, e para facilitar a visualização, os valores considerados *outliers* foram removidos.

Figura 6 – Erro relativo médio



Ao avaliar os resultados obtidos, observa-se que, em comparação com a proposta de Huff (1967), a distribuição Beta proposta no presente trabalho apresenta um erro menor em todos os quartis analisados. Em termos percentuais, o erro da distribuição Beta é inferior em 95,8% das estações com dados no primeiro quartil, 98,6% no segundo quartil, 98,2% no terceiro quartil e 87,8% no quarto quartil. Além disso, a distribuição Beta apresenta valores de médias e máximas mais baixos em todos os quartis analisados. Esses resultados indicam que, para os dados estudados, a distribuição Beta se ajusta de maneira mais precisa aos eventos de precipitação em comparação com a metodologia de Huff (1967).

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O principal objetivo deste trabalho foi analisar o padrão de distribuição temporal das chuvas no Brasil. Para isso, foram utilizadas curvas adimensionais, construídas com base nos dados das estações, a fim de caracterizar os diferentes regimes de chuva. A comparação dessas curvas com o modelo proposto por Huff (1967) permite avaliar a aplicabilidade do método no contexto brasileiro, destacando possíveis limitações diante das particularidades regionais, que possuem índices climatológicos e pluviográficos distintos (Quadro et al. (2012).

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a metodologia proposta se mostrou eficaz na determinação dos parâmetros, com base nos dados observados. Enquanto o método de Huff (1967) apresentou erro médio relativo variando entre 9% e 66%, a abordagem desenvolvida neste estudo alcançou um erro médio relativo significativamente menor, entre 3% e 23%, considerando todos os quartis analisados.

Como recomendações e sugestões para trabalhos futuros, propõe-se a exploração de outros modelos de discretização temporal de chuva para o ajuste das curvas adimensionais de precipitação. Recomenda-se ainda explorar diferentes critérios para a separação dos eventos, visando a inclusão de precipitações com durações variadas em relação às analisadas neste estudo. Além disso, a metodologia de classificação por quartil não necessariamente é a mais adequada, portanto, é indicada a análise por meio de outras classificações e critérios adicionais, como a categorização dos resultados em faixas de intensidade, duração e avaliação dos diferentes comportamentos e cenários.

## REFERENCIAS

ABREU, Fernando Girardi de; SOBRINHA, Lôide Angelini; BRANDÃO, João Luiz Boccia. Análise da distribuição temporal das chuvas em eventos hidrológicos extremos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 02, p. 239-250, 2017

BONTA, J.V. (2004). Desenvolvimento e utilidade das curvas de Huff para desagregando valores de precipitação. *Engenharia Aplicada à Agricultura, Divisão de Solo e Água da ASAE*, abril de 2004.

CHAGAS, Vinícius BP; CHAFFE, Pedro LB. Análise das tendências de chuva no Brasil, de 1980 a 2015. *Proceedings of the XXIII SBRH 2019*, 2019.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York, 572 p.

DINIZ, L. S. (1999). “Calibragem de modelos hidrológicos”, in *Sistemas Inteligentes: aplicações a recursos hídricos e ciências ambientais*. Org. por Galvão, C.O. e Valença, M.J.S., ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre – RS, pp. 151–164.

DUNKERLEY, D. (2008). “Rain event properties in nature and in rainfall simulation experiments: a comparative review with recommendations for increasingly systematic study and reporting”. *Hydrological Processes: An International Journal*, 22(22), pp. 4415–4435.

FERREIRA, M. B. G. (2015). Análise regional da distribuição temporal de precipitações subdiárias para o estado de Minas Gerais. *Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG*.

FORNIS, R.L.; VERMEULEN, H.R.; NIEWENHUIS, J.D. (2005). Kinetic energy-rainfall intensity relationship for central Cebu, Philippines for soil erosion studies. *Journal of Hydrology*, 300, pp. 20–32.

FONTOURA, J. R. (2019). Padrões de distribuição temporal das precipitações intensas no Rio Grande do Sul. *Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS*.

HUFF, F. A. (1967). “Time distribution of rainfall in heavy storms”. *Water Resources Research*, 3(4), pp. 1007–1019.

LEBEL, T.; TAUPIN, J.D.; D’AMATO, N. (1997). “Rainfall monitoring during HAPEZ-Sahel. 1. General rainfall conditions and climatology”. *Journal of Hydrology*, 188-189(1-4), pp. 74–95.

LEVIA, D.F. (2004). Differential winter stemflow generation under contrasting storm conditions in a southern New England broad-leaved deciduous forest. *Hydrological Processes*, 18, pp. 1105–1112.

LOUKAS, A.; QUICK, M. C. (1996). “Spatial and temporal distribution of storm precipitation in southwestern British Columbia”. *Journal of Hydrology*, 174, pp. 37–56.

NAGHETTINI, M.; PINHEIRO, M. M. G. (1998). “Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 3(4), pp. 73–88.

POWELL, D. N.; KHAN, A. A.; AZIZ, N. M.; RAIFORD, J. P. (2007). “Dimensionless rainfall patterns for South Carolina”. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12, pp. 130–133.

PORTO, R.M. (1998). *Hidráulica Básica*. EESC/USP São Carlos-SP, 540 p.

QUADRO, M. F. L.; MACHADO, L. H. R.; CALBETE, S.; BATISTA, N. N. M.; OLIVEIRA, G. S. (2023). *Climatologia de precipitação e temperatura*. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE. Disponível em: <https://climanalise.cptec.inpe.br>. Acesso em: 13 out. 2024.

QUININO, U.C.; CAMPOS, L.F.; GADELHA, C.L. (2000). “Avaliação da qualidade das águas subterrâneas na bacia do rio Gramame no Estado da Paraíba” in *Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, Natal, Nov. 2000, 1, pp. 162–176.

R CORE TEAM. (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org>.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning*. Agriculture Handbook 537. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 58 p.

YEN, B.C.; CHOW, V.T. (1980). Design hyetographs for small drainage structures. *Journal of the Hydraulics Division*, 106(6), pp. 1055–1076.

VILAR, E.; BURGUENO, A. (1995). Statistical properties of 49 years of rainfall rate events. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 50, n. 3, p. 213–225.