

ANÁLISE LOCAL DE FREQUÊNCIA DE CHEIAS PARA SUB-BACIA DA LAGOA DOS PATOS

MARIA EDUARDA SILVA DA SILVA¹; MARLON HEITOR KUNST VALENTINI²;
JOÃO PEDRO DE MORAIS DA SILVEIRA³; TAMARA LEITZKE CALDEIRA
BESKOW⁴; DANIELLE BRESSIANI⁵; SAMUEL BESKOW⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – eduardasilvams6@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – marlon.valentini@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – jpdrslvr@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – tamaraleitzkecaldeira@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – daniebressiani@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – samuelbeskow@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Perdas de vidas humanas, bens e prejuízos econômicos são algumas das principais consequências de desastres ambientais, destacando-se as cheias como as que mais causam prejuízos à sociedade (GURU; JHA, 2014). Neste sentido, os estudos sobre as cheias são fundamentais para a gestão dos recursos hídricos, pois permitem conhecer o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas, requisito fundamental para desenvolver técnicas de controle desses eventos (BESKOW *et al.*, 2015).

Existem diferentes métodos para a análise de frequência de cheias, sendo que, segundo Hassan, Hayat e Noreen (2019), a análise local é considerado o método mais direto para estimativa da magnitude e frequência de eventos extremos. Este método emprega funções densidade de probabilidade (FDPs), relacionando a magnitude de eventos extremos com as respectivas frequências, sendo que esta análise, de forma local, somente pode ser feita quando há dados históricos suficientes (RAO; HAMED, 2019). A escolha e ajuste de uma FDP são essenciais para a análise de frequência de cheias, permitindo gerar estimativas mais acuradas das vazões máximas anuais associadas a diferentes tempos de retorno (VALENTINI, 2022).

Beskow *et al.* (2015) abordam que no Brasil podem ser encontrados diversos estudos que utilizam as FDPs *Log-Normal* de 2 e 3 parâmetros e a *Gumbel* de 2 parâmetros para a modelagem probabilística de séries de extremos máximos (chuva e vazão). No entanto, Valentini (2022) salienta que alguns estudos têm abordado FDPs com maior número de parâmetros, mostrando melhor desempenho, como a *Generalized Extreme Value* (GEV) e a *Generalized Normal* (GNO), ambas de 3 parâmetros. Ainda, o que chama atenção é que a maioria dos estudos realizados no Brasil acerca da análise local de cheias são em escala regional ou em escala de uma única bacia, não encontrando-se estudos que abranjam todo o território nacional (VALENTINI, 2022).

FDPs com mais de 3 parâmetros, chamadas de multiparâmetros, foram estudadas por Valentini (2022), onde foi analisado que estas resultaram em melhor desempenho em comparação com as FDPs de 2 e 3 parâmetros tradicionalmente utilizadas no Brasil. No estudo realizado por esse autor, a função *Wakeby* (WAK) de 5 parâmetros foi a mais indicada para a modelagem probabilística de vazões máximas no Brasil, seguido da função *Kappa* (KAP) de 4 parâmetros (VALENTINI, 2022).

Levando em consideração a frequência de ocorrência de eventos extremos máximos na sub-bacia hidrográfica Lagoa dos Patos e seus impactos, o presente

estudo tem como objetivo identificar as FDPs mais indicadas para esta região, tomando como base as funções GEV, GNO, Gumbel, LN3, KAP e WAK, para análise local de frequência de vazões máximas anuais na sub-bacia.

2. METODOLOGIA

A região de estudo compreende a sub-bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos, localizada na bacia hidrográfica do Atlântico Sul. Com uma área de 58.488,6 km², essa bacia abrange total ou parcialmente 126 municípios, sendo a sub-bacia com maior área para esta região.

Definida a região de estudo, foi feita a aquisição dos dados de vazão das estações fluviométricas ativas no Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), considerando a sub-bacia 87 (ANA, 2022). Com base nestes dados de vazão foram constituídas as séries de vazão máxima anual (VMA). Em seguida, foi realizada a triagem das séries, onde primeiramente foram selecionadas as séries com pelo menos 30 anos de dados, a partir do ano de 1980. Na sequência, foi feita a triagem das séries com base nos seguintes pré-requisitos estatísticos: estacionariedade, homogeneidade, aleatoriedade e independência. A análise destes pré-requisitos estatísticos foi feita baseando-se nos testes não paramétricos de *Mann-Kendall*, *Mann-Whitney*, *NERC* e *Wald-Wolfowitz*, respectivamente. Todos os testes não paramétricos utilizados nesse estudo seguiram a metodologia descrita em NAGHETTINI (2017) e MELLO; SILVA; BESKOW (2020).

Por fim, as séries que cumpriram com o estabelecido pelas etapas de triagem seguiram para a etapa de ajuste das FDPs. Nesta etapa foram avaliadas as funções *Gumbel* de 2 parâmetros; *GNO*, *GEV* e *Log-Normal* (LN3) de 3 parâmetros; *KAP* de 4 parâmetros e *WAK* de 5 parâmetros. Por fim, o ajuste dessas FDPs foi avaliado com base no teste de *Filliben*, ao nível de 5% de significância, o qual, segundo Beskow et. al. (2015), leva em conta o coeficiente de correlação (r) entre os dados observados e os quantis teóricos. Neste teste, então, o r -calculado deve ser maior que o r -crítico para que o ajuste seja considerado satisfatório (VALENTINI, 2022).

Ainda, cabe salientar que a aquisição dos dados de vazão, a constituição das séries de VMA, a triagem das séries e os ajustes das FDPs foram feitos com o suporte de scripts elaborados na linguagem de programação R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, para a etapa de aquisição dos dados, foram adquiridos 45 arquivos de vazões de estações fluviométricas para a sub-bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos. Posteriormente, com base nos arquivos, foram constituídas as séries históricas de VMA. De posse das séries de VMA constituídas, foram selecionadas as que se encaixaram dentro do critério temporal estabelecido, resultando em 10 séries. Ou seja, das 45 séries iniciais de VMA, 10 tiveram pelo menos 30 anos de dados a partir de 1980. Posterior, então, à triagem temporal, deu-se a etapa de triagem de acordo com os pré-requisitos estatísticos, na qual resultou em 8 séries que atenderam aos 4 pré-requisitos simultaneamente (Tabela 1).

Em seguida, as FDPs supracitadas foram ajustadas às séries de VMA que passaram em ambas as etapas de triagem. Os valores de r do teste de *Filliben* são apresentados na Tabela 1 e a localização das 8 estações fluviométricas pode ser visualizada na Figura 1.

Tabela 1 – Valores de r do Teste de Filliben resultantes do ajuste da FDPs para cada série de VMA

Séries de VMA	GUMBEL	GEV	GNO	LN3	KAP	WAK
87160000	0,9824	0,9913	0,9914	0,9914	0,9912	0,9916
87170000	NS	0,9911	0,9885	NA	0,9978	0,9973
87270000	NS	NS	0,9914	NA	0,9964	0,9962
87317030	0,9899	0,9928	0,9943	0,9943	0,9948	0,9941
87380000	0,9827	0,9924	0,9925	0,9925	0,9923	0,9918
87382000	0,9965	0,9967	0,9968	0,9968	0,9968	0,9963
87399000	NS	0,977	0,9668	0,9688	NA	0,9838
87400000	0,9916	0,9927	0,9927	0,9927	0,9915	0,9828

NA=Série não ajustada (não foi possível determinar os parâmetros da FDP);
NS=Série com ajuste não satisfatório ($r < r$ -crítico). Melhores valores obtidos por série estão em negrito.

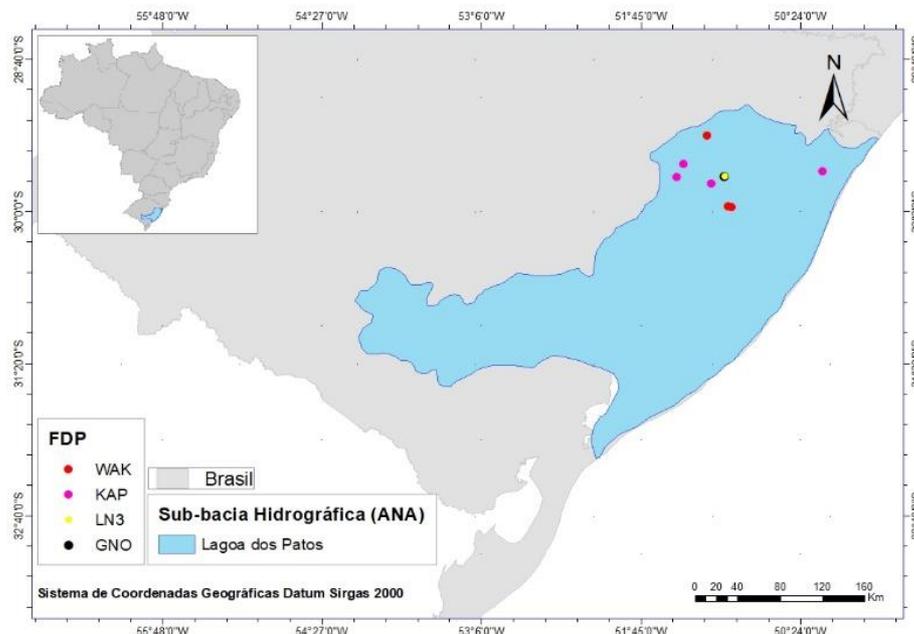


Figura 1 – Localização das estações fluviométricas que deram origem às séries com melhores ajustes pelas FDPs WAK, KAP, LN3 e GNO.

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que a função *Gumbel* de 2 parâmetros obteve ajuste não satisfatório para três séries e não obteve o melhor valor de ajuste para nenhuma série de VMA. Dentre as funções de 3 parâmetros, a GEV não apresentou o melhor ajuste para nenhuma série, obtendo um ajuste não satisfatório. No que concerne às funções GNO e LN3, ambas obtiveram o melhor ajuste para a mesma série (87380000), bem como não obtiveram nenhum valor de ajuste não satisfatório (NS). No entanto, a função LN3 resultou em duas séries não ajustadas (NA), o que, segundo Valentini (2022), no caso desta função, ocorre pois o logaritmo natural é utilizado na equação, resultando em uma restrição no cálculo quando apresenta número negativo ou igual a zero dentro da parte logarítmica.

A função KAP de 4 parâmetros resultou em quatro séries com melhor ajuste e uma série não ajustada, seguida da função WAK de 5 parâmetros que teve o melhor

valor de ajuste para três séries e nenhuma série não ajustada. Sendo assim, como no estudo realizado no Brasil por Valentini (2022), as FDPs multiparâmetros (KAP e WAK) demonstraram melhor desempenho em comparação com as de 2 e 3 parâmetros (*Gumbel*, GEV, GNO e LN3).

No estudo conduzido por Beskow *et al.* (2015), o qual aborda a análise de frequência local de chuva máxima diária anual no Rio Grande do Sul, também foram comparadas FDPs simples de 2 e 3 parâmetros com FDPs multiparâmetros, demonstrando que as multiparâmetros, como a KAP, resultaram em melhor desempenho. Além disso, o presente estudo mostrou que as funções multiparâmetros são mais apropriadas para a análise de vazões máximas, possibilitando maior confiabilidade para a estimativa da magnitude e da frequência com que os eventos hidrológicos ocorrem e, conseqüentemente, nos projetos de estruturas hidráulicas e na gestão de recursos hídricos e desastres ambientais.

4. CONCLUSÕES

Foi possível realizar uma análise local de frequência de cheias para a sub-bacia da Lagoa dos Patos, onde as FDPs multiparâmetros apresentaram melhores ajustes quando comparadas com as de 2 e 3 parâmetros, sendo então mais indicadas. A função KAP, seguida da WAK, foram as FDPs com melhor desempenho para as oito séries de vazões máximas anuais analisadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb. Acessado em 06 jul. 2022. Online. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>

BESKOW, S.; CALDEIRA, T. L.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; GUEDES, A. S. Multiparameter probability for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**. v.4, p.123-133, 2015.

GURU, N.; JHA, R. A study on selection of probability distributions for at-site flood frequency analysis in Mahanadi River Basin, India. In: **Schleiss et al. (eds) River flow**. Taylor & Francis Group, London, p. 1813-1819, 2014.

HASSAN, M. U.; HAYAT, O.; NOREEN, Z. **Selecting the best probability distribution for at-site flood frequency analysis; a study of Torne River**. Sn Applied Sciences, v. 1, n. 12, p. 1-10, 2019.

KUNST VALENTINI, M. H. **Frequência de cheias no Brasil: análise local**. 2022. 226f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos. Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; BESKOW, S. **Hidrologia de superfície: princípios e aplicações**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2020. 531p.

NAGHETTINI, M. **Fundamentals of statistical hydrology**. Switzerland: Springer International Publishing, 2017.

RAO, A. R.; HAMED, K. H. **Flood frequency analysis**. CRC press, 2019.