

## **HOMOGENEIDADE HIDROLÓGICA REGIONAL PARA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE CHEIAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ATLÂNTICO TRECHO NORTE-NORDESTE**

**MARLON HEITOR KUNST VALENTINI<sup>1</sup>; VICTÓRIA DE SOUZA WOJAHN<sup>2</sup>;  
MARIA EDUARDA SILVA DA SILVA<sup>3</sup>; BRUNA MOREIRA SELL<sup>4</sup>; TAMARA  
LEITZKE CALDEIRA BESKOW<sup>5</sup> ; SAMUEL BESKOW<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – marlon.valentini@hotmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – victoriawojahn@hotmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – eduardasilvams6@gmail.com*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – brunamoreirasell@hotmail.com*

<sup>5</sup>*Universidade Federal de Pelotas – tamaraleitzkecaldeira@gmail.com*

<sup>6</sup>*Universidade Federal de Pelotas – samuel.beskow@ufpel.edu.br*

### **1. INTRODUÇÃO**

As cheias estão entre os desastres naturais que mais causam prejuízos em todo o mundo (UNISDR, 2015). Na engenharia hidrológica e no manejo de recursos hídricos, entender o comportamento hidrológico de uma dada bacia hidrográfica é de grande importância, sendo que o conhecimento de vazões máximas é um requisito indispensável para projetos de estruturas hidráulicas, tais como pontes, represas e sistemas de drenagem (BESKOW et al., 2015).

No Brasil, a rede hidrometeorológica nacional, administrada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), é a principal fornecedora de dados hidrológicos, porém, apesar de ser uma rede extensa e que vem sendo ampliada nos últimos anos, ela não abrange a totalidade dos corpos hídricos do país (BRESSIANI et al., 2015). Sendo assim, torna-se necessário o uso de métodos indiretos para a estimativa de variáveis hidrológicas. Nesse contexto, destaca-se a regionalização hidrológica como uma alternativa amplamente utilizada em diversos países do mundo, sendo que essa abordagem pode ser aplicada em locais que não possuem estações fluviométricas, para suprir a demanda de dados, bem como em locais onde há dados de vazão, porém com séries curtas, a fim de complementar as séries existentes (BESKOW et al., 2016).

A técnica de regionalização hidrológica pode ser definida como um processo de transferência de informações, em regiões hidrologicamente homogêneas, visando suprir a inexistência e/ou escassez de dados em determinado local (OUDIN et al., 2010). Ainda, segundo Mosaffaie (2015), a análise regional de cheias normalmente envolve dois passos: a identificação de uma região homogênea e a seleção de um modelo probabilístico apropriado para a região.

Segundo Cassalho et al. (2019a), muitos autores julgam que a identificação de regiões homogêneas é a etapa de maior dificuldade dentro do processo de regionalização, requerendo maior atenção. Existem diversos métodos para a escolha de regiões possivelmente homogêneas, sendo que alguns desses métodos usam critérios de conveniência geográfica, baseando-se no agrupamento subjetivo de postos de observação contíguos em regiões com limites arbitrários (LATT et al., 2015).

Sendo assim, esse estudo tem como objetivo avaliar a homogeneidade da Bacia Hidrográfica do Atlântico trecho Norte-Nordeste, no que concerne as vazões máximas diárias anuais, bem como avaliar se a subdivisão dessa bacia com base nos biomas brasileiros resulta em regiões hidrologicamente homogêneas passíveis de se aplicar uma análise regional da frequência de cheias.

## **2. METODOLOGIA**

A estrutura metodológica deste trabalho seguiu as seguintes etapas: aquisição de dados de vazão de rios da Bacia Hidrográfica do Atlântico trecho Norte-Nordeste (BHANN); constituição das séries de vazões máximas diárias anuais (VMA); triagem das séries de acordo com critérios temporais e estatísticos; análise da homogeneidade regional da BHANN considerando todas as séries após a triagem; subdivisão da BHANN com base nos biomas brasileiros e análise da homogeneidade dos dados das séries dentro dessas subdivisões.

Os dados de vazão foram obtidos para todas as estações fluviométricas da BHANN (região 1) existentes no HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas da ANA (etapa 1) e, com base nesses dados, foi feita a constituição das séries históricas de VMA (etapa 2), considerando 31 dias como limiar de falhas. Para a etapa 3 foi realizada uma triagem das séries de VMA considerando apenas séries com pelo menos 30 anos de dados a partir do ano de 1980 e, na sequência, foi feita a triagem das séries em relação às premissas estatísticas de estacionariedade, homogeneidade, aleatoriedade e independência (etapa 4), tomando como base os testes não paramétricos de Mann-Kendall, Mann-Whitney, NERC e Wald-Wolfowitz, respectivamente (NAGHETTINI, 2017; MELLO; SILVA, BESKOW, 2020).

Por fim, nas etapas seguintes foi aplicado o teste de heterogeneidade H (HOSKING; WALLIS, 1997) para avaliar a homogeneidade hidrológica em relação às séries de VMA das regiões analisadas, sendo que, segundo esse teste, regiões com H menor do que 1 são consideradas homogêneas e regiões com H entre 1 e 2 podem ser consideradas possivelmente homogêneas (CASSALHO *et al.*, 2019b). Nesta etapa, foi desenvolvido um script com programação iterativa com vistas a remover as séries com a medida de discordância D (HOSLING; WALLIS, 1997) maior do que o valor de D crítico ou, caso não houvesse séries discordantes, as séries com o maior valor calculado na medida de D. Para fins deste estudo foram utilizados dois critérios de parada do processo iterativo: atingir um valor de H menor ou igual à 2 ou atingir um valor máximo de remoção de séries, estabelecido como 75% do número inicial de séries da região considerada.

Todas as etapas da metodologia desse estudo foram realizadas por meio de linguagem de programação com base em scripts desenvolvidos em linguagem R.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Inicialmente foram obtidos 380 arquivos de estações fluviométricas localizadas na BHANN disponíveis no Hidroweb, dos quais foram constituídas as séries históricas de VMA. Após as etapas de triagem com base nos critérios temporais e estatísticos utilizados, restaram 70 séries. Ou seja, para a BHANN, 70 séries históricas de VMA possuem pelo menos 30 anos de dados a partir do ano de 1980 e são, simultaneamente, estacionárias, homogêneas, aleatórias e independentes.

Posteriormente, então, foi testada a homogeneidade das regiões, iniciando pela totalidade da BHANN, ou seja, considerando todas as 70 séries que passaram da etapa de triagem. Primeiramente, foram removidas as séries discordantes e então calculada a medida heterogeneidade H, resultando em um valor de H igual a 34,89 demonstrando que a região não é homogênea. Na sequência foram feitas diversas iterações sempre removendo as séries discordantes ou a série com maior valor de discordância D, porém mesmo após a remoção de 50 séries a BHANN não

resultou em um valor de H inferior a 2, ou seja, não foi possível chegar na condição de homogeneidade regional para as séries utilizando apenas a divisão territorial dessa bacia hidrográfica.

Sendo assim, o próximo passo foi dividir estas 70 séries da BHANN de acordo com os diferentes biomas que a bacia hidrográfica abrange. O número de séries em cada bioma pode ser visualizado na Tabela 1. Posterior a esta divisão, foi analisada a homogeneidade para cada uma das novas regiões, também removendo as séries discordantes ou a série com maior valor de D a cada iteração. Todas as iterações (I), com seus respectivos resultados da medida H e número de séries removidas (NR) também podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da análise de homogeneidade com base na medida de heterogeneidade H

BHANN Amazônia			BHANN Caatinga			BHANN Cerrado			BHANN Mata Atlântica		
Inicial 18 séries			Inicial 16 séries			Inicial 22 séries			Inicial 14 séries		
I	H	NR	I	H	NR	I	H	NR	I	H	NR
1	11.57	0	1	4.6	0	1	9.34	0	1	10.06	0
2	9.31	1	2	4.29	1	2	8.71	1	2	9.61	1
3	8.59	2	3	2.73	2	3	7.1	2	3	7.77	2
4	5.86	3	4	1.52	3	4	5.69	3	4	4.29	3
5	3.55	4				5	5.41	4	5	4.95	4
6	3.71	5				6	5.38	5	6	5.71	5
7	4.21	6				7	5.42	6	7	3.06	6
8	3.62	7				8	5.22	7	8	1.05	7
9	2.66	8				9	5.59	8			
10	0.8	9				10	5.48	9			
						11	4.53	10			
						12	4.63	11			
						13	3.57	12			
						14	1.53	13			
Nº séries final		9	Nº séries final		13	Nº séries final		9	Nº séries final		7

Conforme pode ser observado na Tabela 1, foi possível atingir um valor de H menor do que 1 somente na subdivisão BHANN-Amazônia, sendo que nas demais ainda foi possível se obter um valor de H entre 1 e 2. A subdivisão BHANN - Caatinga foi a que ficou com o maior número final de séries, após a remoção de todas as séries necessárias para atingir H menor do que 2, e a subdivisão BHANN - Mata Atlântica foi a com o menor número final de séries.

Estudos como o de Cassalho *et al.* (2019a) também avaliaram se o método de agrupamento geográfico de fato resulta em regiões hidrologicamente homogêneas, chegando à conclusão de que esse método pode não ser o mais indicado para esse fim. Entretanto, nos resultados aqui analisados foram encontradas alternativas para se subdividir a região de estudo, *i. e.* a subdivisão com base nos biomas, chegando em 1 região definitivamente homogênea e 3 regiões possivelmente homogêneas segundo a medida de heterogeneidade H (HOSLING; WALLIS, 1997). Não obstante, para se chegar a essas regiões homogêneas/possivelmente homogêneas foi necessário a remoção de um número expressivo de séries, o que também pode impactar negativamente a análise regional de frequências de cheias.

## 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados neste estudo é possível concluir que a BHANN não constitui uma região hidrologicamente homogênea no que concerne às suas vazões máximas diárias anuais. Ainda, é possível concluir que a subdivisão com base nos biomas brasileiros resultou em regiões homogêneas e possivelmente homogêneas, porém com o número de séries muito reduzidos, o que pode impactar negativamente a análise regional de frequências de cheias. Sendo assim, concluísse que se faz necessário a investigação de outros métodos para a definição de regiões homogêneas para a realização da análise regional de frequências de cheias na região estudada.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- BESKOW, S.; MELLO, C. R. de; VARGAS, M. M.; CORRÊA, L. de L.; CALDEIRA, T. L.; DURÃES, M. S. F. et al. Artificial intelligence techniques coupled with seasonality measures for hydrological regionalization of Q90 under Brazilian conditions. **Journal of Hydrology**, v. 541, p. 1406-1419, 2016.
- BRESSIANI, D. A.; SRINIVASAN, R.; JONES, C. A.; MENDIONDO, E. M. Effects of spatial and temporal weather data resolutions on streamflow modeling of a semi-arid basin, Northeast Brazil. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 8, n. 3, p. 125-139, 2015.
- CASSALHO, F.; BESKOW, S.; de MELLO, C. R.; de MOURA, M. M. Regional flood frequency analysis using L-moments for geographically defined regions: An assessment in Brazil. **Journal of Flood Risk Management**, v. 12, n. 2, p. e12453, 2019a.
- CASSALHO, F.; BESKOW, S.; de MELLO, C. R.; de MOURA, M. M.; de OLIVEIRA, L. F. Artificial intelligence for identifying hydrologically homogeneous regions: A state-of-the-art regional flood frequency analysis. **Hydrological Processes**, v. 33, n. 7, p. 1101-1116, 2019b.
- HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **Regional frequency analysis: An approach based on L-moments**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- LATT, Z. Z.; WITTENBERG, H.; URBAN, B. Clustering hydrological homogeneous regions and neural network based index flood estimation for ungauged catchments: An example of the Chindwin River in Myanmar. **Water Resources Management**, v. 29, p. 913–928, 2015.
- MELLO, C. R. ; SILVA, A. M. ; BESKOW, S. **Hidrologia de superfície: princípios e aplicações**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2020. 531p
- MOSAFFAIE, J. Comparison of Two Methods of Regional Flood Frequency Analysis by using L-moments. **Water Resources**. v.42, n.3, p.313-321, 2015.
- NAGHETTINI, M. **Fundamentals of statistical hydrology**. Switzerland: Springer International Publishing, 2017.
- OUDIN, L.; KAY A.; ANDRÉASSIAN V.; PERRIN C. Are seemingly physically similar catchments truly hydrologically similar?. **Water Resources Research**, v. 46, n. 11, p. 15, 2010.
- UNISDR. Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction**. 2015.