

## REGIONALIZAÇÃO DAS VAZÕES MÍNIMAS $Q_{90}$ e $Q_{95}$ PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IBICUI, RS.

MYLENA FEITOSA TORMAM<sup>1</sup>; CARINA KRÜGER BORK<sup>2</sup>; HUGO ALEXANDRE  
SOARES GUEDES<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Discente UFPEL/Engenharia Civil – [tormam.mylena@gmail.com](mailto:tormam.mylena@gmail.com)

<sup>2</sup>Discente UFPEL/PPG Recursos Hídricos – [borkcarina@gmail.com](mailto:borkcarina@gmail.com)

<sup>3</sup>Docente UFPEL/Engenharia Civil – [hugo.guedes@ufpel.edu.br](mailto:hugo.guedes@ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Longas séries de medidas hidrológicas são a base para abordar questões altamente relevantes na gestão de recursos hídricos e sobre os riscos naturais relacionados à água (VIVIROLI; SEIBERT, 2015). Infelizmente, os dados fluviométricos não estão disponíveis para muitas das bacias hidrográficas do mundo, destacadamente no Brasil.

Com o intuito de sanar este problema a regionalização de vazões tem sido constantemente empregada (PRUSKI et al. 2012; ULIANA et al. 2017). Nesse viés, a regionalização de vazões é uma técnica que, segundo MOREIRA; SILVA (2014), permite transferir espacialmente informações a partir dos dados disponíveis em determinadas localidades; de tal modo, a metodologia se caracteriza por ser uma ferramenta útil na obtenção de vazões de referência utilizadas em processos de outorga de direitos de uso do recurso hídrico, instrumento previsto na Lei Federal nº 9.433 de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Em termos quantitativos, a outorga visa atender as demandas, mas também garantir a manutenção dos fluxos ecológicos nos corpos d'água que mantenham as suas funções vitais e ambientais (LEMOS; MAGALHÃES, 2015).

Neste contexto, a determinação das vazões de referência para um curso d'água faz-se importante, já que essas têm como objetivo oferecer uma base técnica para garantir os usos múltiplos e proteger os corpos hídricos, impedindo que os volumes outorgados venham a comprometer as condições necessárias à manutenção dos ecossistemas terrestres e aquáticos (GRANZIERA, 2013).

No Rio Grande do Sul, o Decreto nº 37.033/1996 institui que os valores de vazões de referência necessários para orientar os processos de outorgas devem ser estabelecidos pelos respectivos Planos de Bacias Hidrográficas (PBHs). No caso de localidades onde não estão definidos PBHs, o Departamento de Recursos Hídricos (DRH), vinculado à Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMA, definirá a vazão de referência para concessão de outorga, sendo mais utilizadas no estado as vazões mínimas associadas a permanência de 90% e 95% do tempo ( $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ , respectivamente).

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a aplicabilidade e o potencial do Método Tradicional de regionalização para a bacia hidrográfica do rio Ibicuí (sub-bacia 76), localizada na porção oeste do Estado do Rio Grande do Sul, com relação às vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  esperando-se, dessa forma, contribuir e fornecer subsídios para o processo de outorga e gestão dos recursos hídricos na região.

### 2. METODOLOGIA

A triagem e o pré-processamento dos dados foram realizadas no software SisCAH 1.0, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da

Universidade Federal de Viçosa, no qual a importação das informações fluviométricas é feita diretamente da rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb). Foram mantidas apenas as estações que apresentavam séries históricas de no mínimo 10 anos de dados, sendo que as falhas foram limitadas a 10% para cada ano hidrológico, resultando em um total de 12 estações. A partir disso, foi possível obter a curva de permanência de cada estação fluviométrica e as séries de vazões  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  observadas.

Para obtenção das equações de regionalização foi utilizado o software SisCORV 1.0 (SOUSA, 2009) e o método escolhido foi o Tradicional, proposto por ELETROBRÁS (1985), um dos mais difundidos para a regionalização das vazões (BAZZO et al. 2017; ULIANA et al. 2017), o método consiste na identificação de regiões hidrologicamente homogêneas e no ajuste de equações de regressão regionais entre as diferentes variáveis a serem regionalizadas e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem para cada região homogênea.

No presente estudo, as vazões  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  foram consideradas as variáveis dependentes. As variáveis independentes foram: área de drenagem ( $A$ ,  $\text{km}^2$ ); perímetro ( $P$ ,  $\text{km}$ ); precipitação total anual ( $p$ ,  $\text{mm}$ ) e declividade ( $D$ , %). As variáveis independentes utilizadas no estudo representam as características físicas e climáticas da bacia, sendo que para delimitação das bacias hidrográficas e levantamento das variáveis  $A$ ,  $P$  e  $D$  foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) do Projeto TOPODATA com resolução espacial de 30 metros (POLIDORI; HAGE; VALERIANO, 2014). A variável precipitação total anual foi calculada pelo método dos polígonos de Thiessen.

A determinação das regiões hidrologicamente homogêneas foi realizada com base na verificação do desempenho das equações, a partir dos resultados dos seguintes indicativos estatísticos: logaritmo do índice de eficiência de Nash-Sutcliffe ( $C_{NS \log}$ ), erro médio absoluto (EMA), índice de confiança  $c$  (CAMARGO; SENTELHAS, 1997) e coeficiente de correlação ajustado ( $R^2a$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas duas regiões homogêneas pelo método Tradicional na bacia do rio Ibicuí (Figura 1), sendo as equações de regionalização e os respectivos modelos de regressão para estimativa das vazões, em  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , apresentadas na Tabela 1. Observa-se que o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial, assim como encontrado no trabalho de ULIANA et al. (2017) em estudo de regionalização no médio e alto rio Teles Pires, no Estado de Mato Grosso, utilizando também o método Tradicional. Na análise do desempenho das equações (Tabela 2) o  $R^2a$  foi considerado satisfatório variando de 0,77 a 0,99. Todos os modelos classificaram-se como ótimos segundo índice de confiança  $c$ , uma vez que apresentaram valores maiores que 0,85 (CAMARGO; SENTELHAS, 1997). Os modelos apresentaram valores de  $C_{NS \log}$  maiores que 0,75 e, portanto, foram considerados adequados e bons conforme classificação de MOTOVILOV et al. (1999). Pode-se observar, também, valores baixos do MAE indicando que os valores calculados são próximos aos observados. Os resultados evidenciaram que os melhores ajustes estatísticos foram utilizando no mínimo duas variáveis, esse fato é corroborado por PRUSKI et al. (2012), que segundo os autores a utilização de mais variáveis explicativas tende a melhorar a regionalização e diminuir o risco associado à utilização dos modelos de regressão para além dos limites dos dados amostrais.

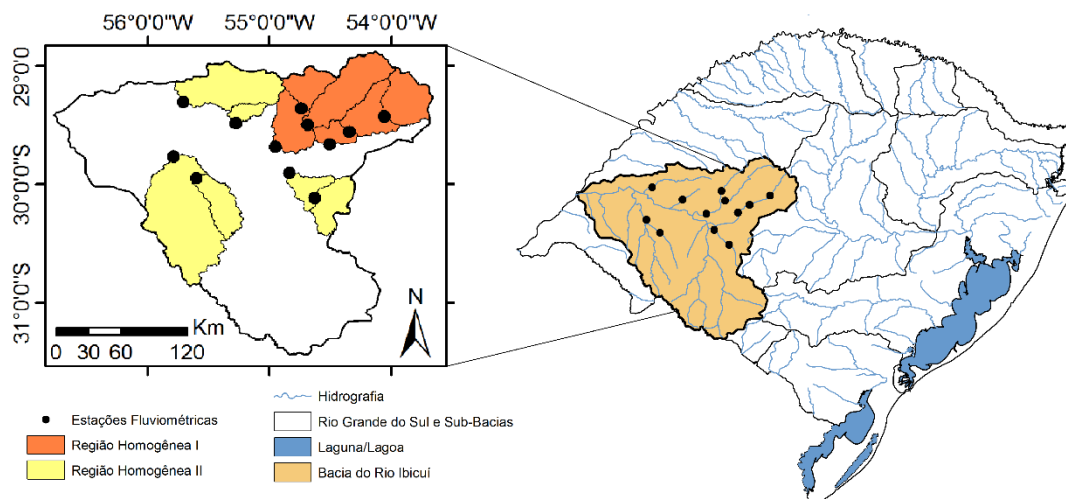


Figura 1. Regiões hidrologicamente homogêneas na bacia do rio Ibicuí e localização das estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Tabela 1. Modelos de regressão que apresentaram os melhores ajustes estatísticos para regionalização das vazões  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  na bacia do rio Ibicuí

Vazão ( $m^3s^{-1}$ )	Região	Modelo	Equação de Regionalização
$Q_{90}$	I	Exponencial	$e^{2,0689A^{0,0002}P^{0,0013}D^{-0,0932}p^{-0,0164}}$
		Linear	$-7,1961+0,003A-0,0166P-0,4284D+00065p$
	II	Exponencial	$e^{1,3962 \cdot 10^{-9}A^{0,0004}P^{0,0005}D^{0,3682}p^{0,0115}}$
		Exponencial	$e^{6,8742 \cdot 10^{-10}P^{0,008}D^{0,529}p^{0,011}}$
$Q_{95}$	I	Exponencial	$e^{1,4129A^{-8,5096 \cdot 10^{-7}P^{0,006}D^{-0,0932}p^{-0,0003}}$
		Potencial	$0,00012+A^{-1,4576}+P^{0,0053}$
	II	Exponencial	$e^{6,106 \cdot 10^{-12}A^{0,0005}p^{0,016}}$

Tabela 2. Desempenho das equações de regressão para regionalização das vazões  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  na bacia do rio Ibicuí

Vazão ( $m^3s^{-1}$ )	Região	Modelo	$R^2_a$	c	CNS log	MAE ( $m^3s^{-1}$ )
$Q_{90}$	I	Exponencial	0,97	0,98	0,93	0,94
		Linear	0,85	0,98	0,88	0,37
	II	Exponencial	0,99	1,00	1,00	0,16
		Exponencial	0,90	0,95	0,96	0,84
$Q_{95}$	I	Exponencial	0,77	0,97	0,95	0,25
		Potencial	0,81	0,89	0,89	0,48
	II	Exponencial	0,85	0,94	0,91	1,26

#### 4. CONCLUSÕES

As vazões mínimas de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  foram devidamente regionalizadas pelo método Tradicional e, a partir dos resultados pode-se concluir que: i) a bacia do rio Ibicuí apresenta duas regiões hidrologicamente homogêneas; ii) o modelo de regressão que apresentou melhores ajustes estatísticos foi o exponencial; iii) as equações apresentaram bons resultados e fornecem subsídios para a gestão de recursos hídricos, sobretudo em aspectos relacionados à outorga

de uso de água; iv) ressalta-se, ainda, que os modelos de regressão deverão ser utilizados com senso crítico, uma vez que nenhuma metodologia é capaz de substituir os dados provenientes de estações de monitoramento.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAZZO K. R.; GUEDES H. A. S.; CASTRO A. S.; SIQUEIRA T. M.; TEIXEIRA-GANDRA C. F. A. Regionalização da vazão Q95: comparação de métodos para a bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 5, 2017.
- CAMARGO, A. P; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89 – 97, 1997.
- ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro, 1985a. 202 p.
- GRANZIERA, M. L. M. A fixação de vazões de referência. **Revista de Direito Ambiental**, v. 18, n. 70, p. 127–148, 2013.
- LEMOES, R. S.; MAGALHÃES, A. P. JR. Reflexões sobre os critérios de cálculo de vazões outorgáveis em áreas de conflito do estado de Minas Gerais: o caso da Bacia do Ribeirão Ribeiro Bonito. **Revista Espinhaço**, v.2, n. 2, p. 4-12, 2015.
- MOREIRA M. C.; SILVA D. D. Análise de Métodos para Estimativa das Vazões da Bacia do Rio Paraopeba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.19. n.2, p. 313-324, 2014.
- MOTOVILOV, Y. G.; GOTTSCHALK, L. ENGELAND, K. RODHE, A. Validation of a distributed hydrological model against spatial observations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 98-99, n. 1-4, p. 257-277, 1999.
- POLIDORI, L.; HAGE, M. EL; VALERIANO, M. DE M. Validação de modelos digitais de elevação sem dados de referência: Aplicação ao MDT Topodata no Brasil. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v.20, n.2, p. 467-479, 2014.
- PRUSKI, F.F.; NUNES, A.A.; REGO, F. S.; SOUZA, M. F. Extrapolação de equações de regionalização de vazões mínimas: Alternativas para atenuar os riscos. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 1, p. 51-59, 2012.
- RIO GRANDE DO SUL. Decreto no 37.033, de 21 de novembro de 1996, regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul, prevista nos arts. 29, 30 e 31 da Lei n o 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, em 22 de novembro de 1996. Disponível em: < <http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/> > Acesso em: set. 2017.
- SOUZA, H. T. 2009. **Sistema computacional para regionalização de vazões**. 2009. 86f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2009.
- ULIANA E. M.; SOUZA L. G. S.; SILVA D. D.; ALMEIDA F. T.; ARAUJO H. B. Regionalização de vazões para o médio e alto Rio Teles Pires – MT. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 4, p. 333-338, 2017.
- VIVIROLI D.; SEIBERT J. Can a regionalized model parameterisation be improved with a limited number of runoff measurements? **Journal of Hydrology**, n. 529, p. 49-61, 2015.