

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ABORDAGENS PARA ESTIMATIVA DE VAZÕES MÍNIMAS DE REFERÊNCIA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (RS)

Fabiane Cazulo Juchen¹; Alessandro Gustavo Franck;² & Fernando Mainardi Fan³

Abstract: Efficient water resources management directly depends on understanding the hydrological regime of river basins and, consequently, on the determination of reference streamflows. A fraction of the minimum reference flows usually represents the maximum limits for water use in a river, which is fundamental for the water rights allocation process. However, the limited coverage of the national hydrometeorological network, combined with time series containing missing data, compromises the representativeness and reliability of hydrological analyses. Therefore, adopting alternative methodologies becomes essential, especially in data-scarce regions. In this context, this study aims to assess water availability estimates in the State of Rio Grande do Sul by comparing two approaches: the official streamflow regionalization method established by Technical Note No. 004/2021/DIPLA/DRHS and hydrological modeling-based estimates. The study was applied to the main river bodies in Rio Grande do Sul with consistent observed data series. The comparative analysis between observed data and estimates from both methodologies revealed that both approaches present a positive bias, indicating a tendency to overestimate streamflows, which is more pronounced in the hydrological modeling approach so far. The Technical Note showed lower errors under low-flow conditions, with less dispersion and more balanced performance. The modeling results indicate that a calibration more focused on minimum flows or the use of data assimilation should be considered as alternatives to be tested in the next steps.

Resumo: A gestão eficiente dos recursos hídricos depende diretamente do conhecimento do regime hidrológico das bacias e, consequentemente, da determinação das vazões de referência. Uma fração das vazões mínimas de referência normalmente correspondem aos limites máximos de utilização da água em um curso d’água, sendo fundamentais para o processo de outorga. No entanto, a cobertura limitada da rede hidrometeorológica nacional, aliada à existência de séries temporais com dados incompletos, compromete a representatividade e a confiabilidade das análises. Assim, a adoção de metodologias alternativas tornou-se essencial, especialmente em regiões onde há mais escassez de dados. Nessa linha, o objetivo desse estudo é avaliar a estimativa da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul, através da comparação entre a regionalização de vazões baseada na referência oficial do governo do estado dada pela Nota Técnica nº 004/2021/DIPLA/DRHS e estimativas via modelagem hidrológica. O estudo foi aplicado para os principais corpos hídricos do Rio Grande do Sul que possuem série de dados observados consistentes. A análise comparativa entre os dados observados e os estimados pelas duas metodologias revelou que ambos os métodos apresentam viés positivo, indicando uma tendência à superestimativa das vazões, sendo mais acentuada na metodologia com modelagem hidrológica até o momento. A Nota Técnica apresentou menores erros em cenários de vazões reduzidas, com menor dispersão e desempenho mais equilibrado. Os resultados da modelagem demonstram que uma calibração mais centrada em vazões mínimas ou o uso de assimilação de dados devem ser alternativas a serem testadas em próximos passos.

Palavras-Chave – Gestão dos Recursos Hídricos, Regionalização de vazões, MGB.

1) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: ebg.fabianecj@gmail.com.

2) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: alessandro.franck@ufrgs.br.

3) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: fernando.fan@ufrgs.br.

INTRODUÇÃO

A gestão eficiente dos recursos hídricos depende diretamente do conhecimento preciso do regime hidrológico das bacias e, consequentemente, da determinação das vazões de referência. As vazões de referência correspondem aos limites máximos de utilização da água em um curso d'água, sendo fundamentais para o processo de outorga, bem como para a avaliação da diluição de efluentes, controle de estiagens e planejamento do uso sustentável dos recursos (Dos Santos et al., 2011). No Brasil, a promulgação da Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), estabeleceu um marco regulatório na gestão das águas, disciplina o planejamento e a gestão dos recursos hídricos no território nacional, introduzindo instrumentos de política para o setor. Deste modo, para a adequada gestão dos recursos hídricos e para subsidiar o planejamento de políticas públicas, é de suma importância conhecer precisamente a disponibilidade hídrica, e consequentemente a vazão de referência de uma região ou de uma bacia hidrográfica (Almeida, 2003). Para isso, se faz necessário avaliação do regime hidrológico das bacias.

Contudo, a obtenção de dados hidrológicos de qualidade enfrenta desafios significativos. A cobertura limitada da rede hidrométrica nacional, aliada à existência de séries temporais com lacunas ou períodos curtos de monitoramento, compromete a representatividade e a confiabilidade das análises (Pereira et al., 2013; Tucci, 2002). Devido às limitações físicas e financeiras associadas à expansão da rede de monitoramento, a adoção de metodologias alternativas tornou-se essencial, especialmente em regiões onde há escassez ou ausência de dados.

Entre essas metodologias, destaca-se a regionalização de vazões, que permite transferir informações hidrológicas de locais monitorados para regiões hidrologicamente semelhantes (Tucci, 2002). No estado do Rio Grande do Sul, o método das vazões específicas, formalizado na Nota Técnica nº 004/2021/DIPLA/DRHS, tem sido amplamente utilizado no Sistema de Outorga (SIOUT-RS) por sua simplicidade e aplicabilidade prática. Paralelamente, ferramentas de modelagem hidrológica, como o modelo MGB-IPH, um modelo chuva-vazão desenvolvido para grandes bacias, oferece uma abordagem dinâmica e espacialmente contínua, capaz de suprir lacunas de dados e simular cenários hidrológicos diversos (Fan e Collischon, 2014; Schuster et al., 2020; Collosi e Tucci, 2020; Rossoni e Fan, 2023).

Apesar de ambas as metodologias serem amplamente utilizadas, diferenças nos pressupostos, nas entradas de dados e nas abordagens computacionais podem gerar variações significativas nas estimativas de disponibilidade hídrica. Este fato impacta diretamente os processos de gestão, podendo acarretar subestimativas ou superestimativas das vazões de referência, comprometendo a segurança hídrica e o uso equitativo dos recursos.

Diante desse contexto, o presente estudo buscou realizar uma análise das metodologias por meio das ferramentas atualmente existentes, a de regionalização por vazões específicas proposta pela Nota Técnica nº 004/2021/DIPLA/DRHS, e uma versão calibrada de modelo hidrológico, aplicadas às bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul. Este trabalho visa fornecer subsídios técnicos que contribuam para o aprimoramento dos processos de outorga de uso da água, bem como para a tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos, assegurando maior robustez, segurança e sustentabilidade nas estimativas de disponibilidade hídrica.

METODOLOGIA

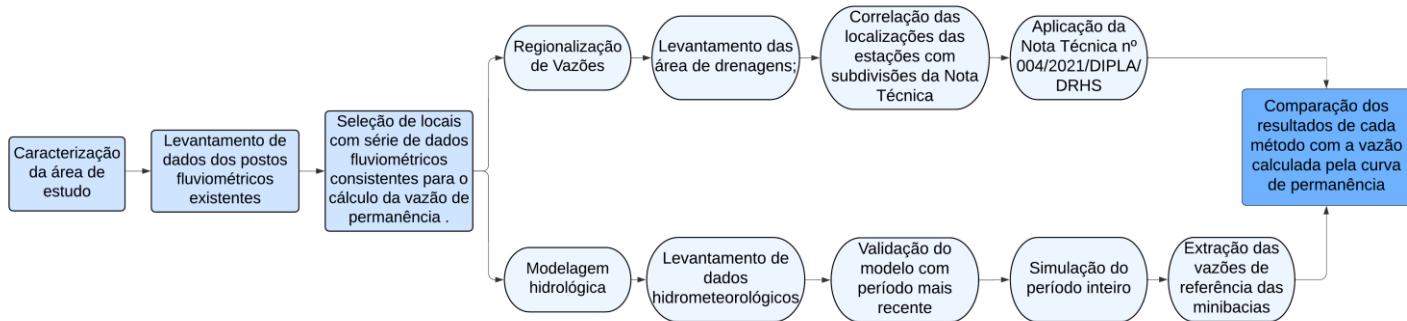
A área de estudo para a realização desse trabalho foi o estado do Rio Grande do Sul Hidrológico. A Lei 10.350/1994 do estado de Rio Grande do Sul estabeleceu três grandes regiões hidrográficas, as quais foram subdivididas em 25 bacias hidrográficas, instituídas pelo Decreto nº 53.885, de 18 de janeiro de 2018. As três regiões hidrográficas são: a região do rio Uruguai que coincide com a bacia

nacional do Uruguai, a região do Guaíba e a região do Litoral, que coincidem com a bacia nacional do Atlântico Sudeste (SEMA, 2025).

No Rio Grande do Sul, o padrão da vazão de referência é a Q90 (vazão com garantia de 90%), definida na Resolução CRH nº 141/2014 (Art. 11). Quando da elaboração dos PBHs, os estudos realizados podem subsidiar a alteração desse padrão. Mesmo após os estudos do PBH, a maioria das bacias hidrográficas do Estado manteve a Q90 como padrão da vazão de referência com exceção da Bacia do Rio Taquari-Antas que utiliza a Q95.

A metodologia utilizada no estudo (Figura 1) consistiu nas seguintes etapas (i) Caracterização da área de estudo e levantamento de dados dos postos fluviométricos existentes; (ii) Seleção de locais com série de dados fluviométricos consistentes para o cálculo da vazão de permanência que será utilizada para a comparação dos métodos; (iii) Determinação das áreas de drenagem dos locais selecionados e determinação das vazões de referência a partir das vazões específicas constantes na Nota Técnica nº 004/2021/DIPLA/DRHS; (iv) Levantamento de dados hidrometeorológicos para a modelagem hidrológica com o modelo MGB, visando validar o modelo e estimar vazões de referência dos locais selecionados; (v) Comparação e avaliação dos resultados obtidos da estimativa da disponibilidade hídrica com as duas metodologias aplicadas, com a vazão de referência obtida com os dados dos postos fluviométricos; (vi) Análise crítica das metodologias utilizadas para a estimativa da disponibilidade hídrica visando dar suporte ao processo de outorga de uso da água.

Figura 1 – Fluxograma da metodologia empregada no presente estudo.



O levantamento de dados foi realizado por meio do download das estações fluviométricas da Rede Hidrometeorológica Nacional da ANA, utilizando a ferramenta ANA Data Acquisition (Petry, et al., 2021). Foram baixadas todas as estações localizadas no estado para o período de 1900 a 2024.

Procedeu-se com a análise de consistência dos dados no software Manejo de Dados (HGE, 2018). Com base nessa análise, o ano de 1940 foi adotado como ponto de corte inicial, por marcar o início das operações da maioria das estações. Assim, para o período de 1940 a 2024 (85 anos), foram inicialmente baixados os dados de todas as estações fluviométricas disponíveis dentro do estado, totalizando 1.250 estações. A partir da análise de consistência dos dados, foi realizado um refinamento das estações que possuíam pelo menos 1% de dados monitorados, e um segundo refinamento para selecionar as estações com pelo menos 35% de dados disponíveis que seriam utilizadas para realizar a análise. Esse percentual foi definido para assegurar um conjunto mínimo de dados representativos. Valores de corte superiores a 35% resultariam na exclusão de um número expressivo de estações, afetando significativamente a espacialidade da análise.

Esse refinamento resultou em 89 estações que foram utilizadas na análise. Para essas estações fluviométricas, calculou-se, com o software Super Manejo de Dados (HGE, 2018), os percentis de 10% e 5% para as estações selecionadas, obtendo-se assim, as vazões de referências Q90 e Q95 para os dados observados.

A regionalização de vazões foi realizada a partir do método de vazão específica, onde as áreas de drenagem das bacias hidrográficas das estações fluviométricas foram levantadas a partir do shapefile da Rede Hidrometeorológica Nacional disponível no Catálogo de Metadados da ANA e para os valores de vazões específicas em $m^3/s.km^2$, utilizou-se a Nota Técnica nº 004/2021/DIPLA/DRHS.

Para a modelagem hidrológica foi utilizada uma versão do modelo MGB-IPH desenvolvida para aplicações em escala regional para todo o Estado do Rio Grande do Sul, pela equipe MGB-IPH do grupo de pesquisa de Hidrologia de Grande Escala em 2018 (Alves et al., 2022; Rossoni e Fan, 2023). Ressalta-se que neste trabalho foi adotada uma versão previamente calibrada do modelo MGB (Alves et al., 2022; Rossoni e Fan, 2023), que não foi focada em vazões mínimas. Mas sim uma versão focada em aplicações generalistas que incluem desde mapeamento de inundações até modelagem de sedimentos. Esta versão foi escolhida por ser uma versão padrão utilizada em outros estudos que carecia de avaliação justamente para determinação de disponibilidade hídrica.

Para a entrada dos dados hidrológicos no modelo foram utilizados os dados diários fluviométricos da ANA e pluviométricos do MSWEP. Os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, pressão atmosférica e radiação solar ou insolação foram obtidos a partir das estações meteorológicas, disponibilizados pelo INMET. Nesta versão o modelo foi calibrado para o período de jan/2000 até dez/2010 e validado para o período de jan/1990 até dez/1999 e jan/2011 à dez/2023, as métricas utilizadas e os valores obtidos foram classificadas conforme Moriasi et al. (2007), e são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Métricas de desempenho do modelo.

Período	Modelagem	NASH	NASHlog	Erro de volume
Jan/1990 - Dez/1999	Validação	0,62 - Satisfatório	0,59 - Satisfatório	9,42 - Muito Bom
Jan/2020 - Dez/2010	Calibração	0,63 - Satisfatório	0,60 - Satisfatório	7,12 - Muito Bom
Jan/2011 - Dez/2023	Nova validação	0,62 - Satisfatório	0,66 - Bom	7,24 - Muito Bom

No contexto do presente trabalho o modelo calibrado foi aplicado para toda a série de dados (de janeiro de 1990 a dezembro de 2023), visando garantir a máxima consistência dos resultados. A partir dessa simulação, foram extraídas as vazões de permanência Q90 e Q95 das minibacias onde estão localizadas as estações selecionadas.

A partir dos resultados obtidos pelos dois métodos e dos dados observados das 89 estações fluviométricas selecionadas, foi possível realizar a avaliação de desempenho e comparação das vazões de referência obtidas. Para isso, realizou-se uma análise utilizando indicadores estatísticos, como o *Percent Bias* (PBIAS), descrito pela Equações 1.

$$PBIAS = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^N Q_{sim,i} - \sum_{i=1}^N Q_{obs,i}}{\sum_{i=1}^N Q_{obs,i}} \quad (1)$$

Também foi analisada a razão entre as vazões de referência simuladas (Nota técnica e MGB) com a observada, que foi calculada através da equação 2 e 3. Onde é considerado o sinal da operação da vazão de referência simulada subtraindo a vazão de referência observada e este sinal multiplicando o valor máximo entre a razão da vazão de referência simulada com a observada. Esta métrica indica a proporção em que o a vazão simulada estima as vazões em relação as vazões observadas.

$$\text{Se } Q_{ref \text{ simulada}} > Q_{ref \text{ observada}}$$

$$RQ_{ref} = \left(\frac{Q_{ref \text{ observada}}}{Q_{ref \text{ simulada}}} \right) \quad (2)$$

$$\text{Se } Q_{ref \text{ simulada}} < Q_{ref \text{ observada}}$$

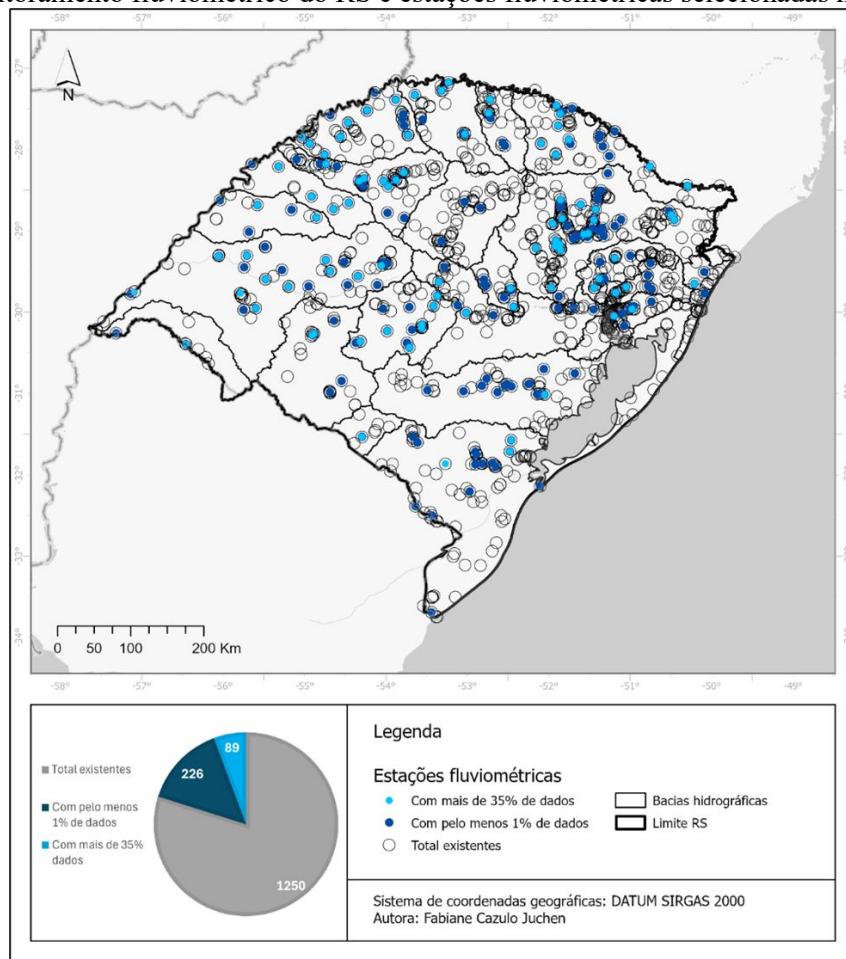
$$RQ_{ref} = \left(\frac{Q_{ref \text{ simulada}}}{Q_{ref \text{ observada}}} \right) \quad (3)$$

Valores negativos significam que o modelo subestimou as vazões observadas e valores positivos que superestimou. Quando subestimativa será utilizada a razão $Q_{ref \text{ simulada}}/Q_{ref \text{ observada}}$, quando superestimativa será utilizada a razão $Q_{ref \text{ observada}}/Q_{ref \text{ simulada}}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da coleta dos dados observados disponíveis nas bases online foi realizada uma análise referente a consistência do monitoramento fluviométrico no Rio Grande do Sul (Figura 2). No total foram 1.250 estações fluviométricas disponíveis para serem baixadas em todo o território do estado do Rio Grande do Sul para o período de 1940 a 2024. No entanto, a grande maioria dessas estações apresenta lacunas significativas nos dados. Apenas 226 estações (18,08%) possuem pelo menos 1% de dados ao longo da série histórica de 85 anos analisada. Quando o critério de seleção é elevado para estações com mais de 35% de dados disponíveis, restam apenas 89 estações (7,12% do total).

Figura 2 – Monitoramento fluviométrico do RS e estações fluviométricas selecionadas na área de estudo.

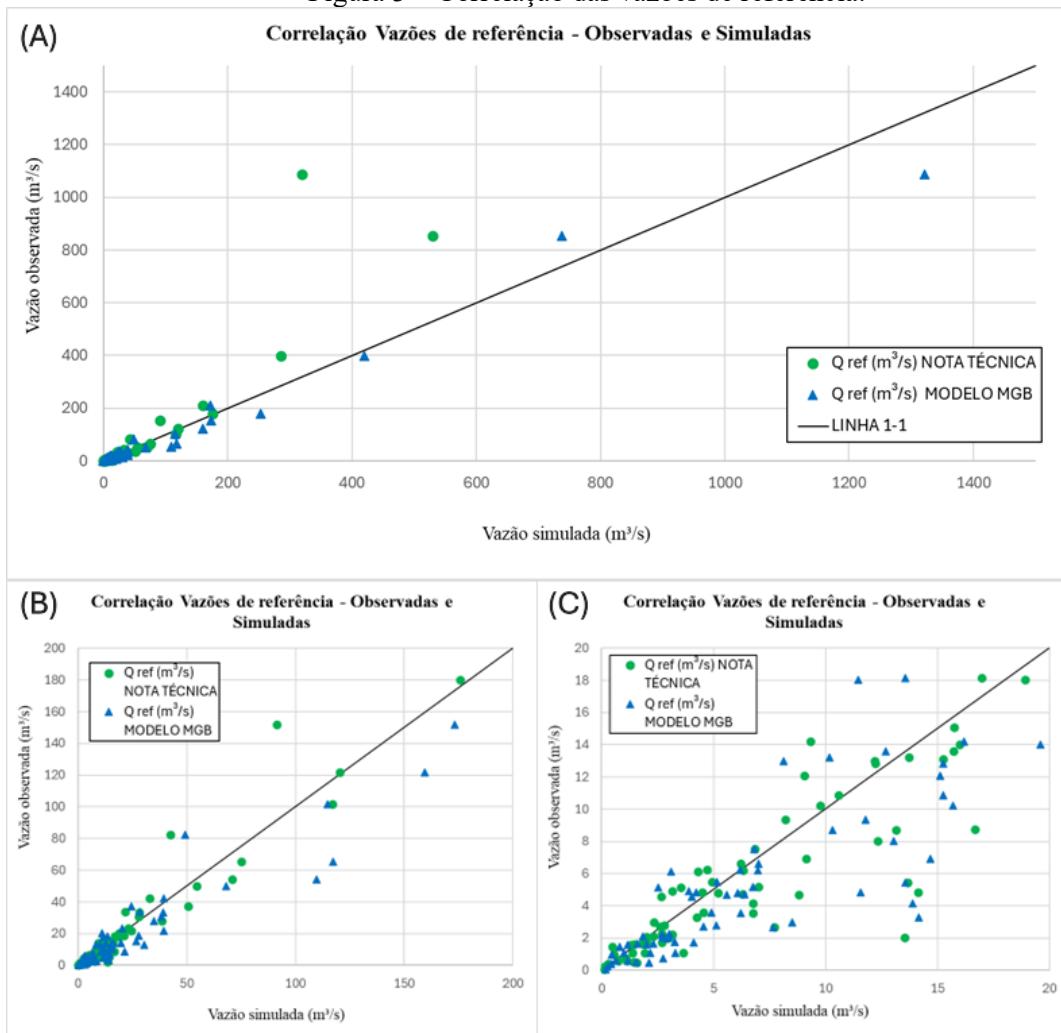


A partir das estações fluviométricas selecionadas calculou-se as vazões de referência por análise estatística com as séries dos dados observados dos postos fluviométricos. Além disso também

foram determinadas as vazões de referência para esses 89 pontos pelas duas metodologias (regionalização de vazões e modelagem hidrológica).

A Figura 3 apresenta a correlação entre as vazões de referência observadas (eixo Y) e as vazões simuladas (eixo X), calculadas pelas duas metodologias: a metodologia da Nota Técnica (representada por círculos verdes) e o modelo hidrológico MGB (representado por triângulos azuis). A linha 1:1, em preto, representa a correspondência ideal entre os valores simulados e observados, ou seja, onde os valores seriam exatamente iguais. O gráfico (A) engloba toda as vazões analisadas e os gráficos (B) e (C) detalham as correlações em intervalos de menor magnitude de vazões.

Figura 3 – Correlação das vazões de referência.



Nota-se que, para valores elevados de vazão, os pontos tendem a apresentar maior dispersão em relação à linha de paridade, o que pode indicar desvios nas estimativas, tanto de superestimativas quanto de subestimativas, por parte de ambos os métodos. Observa-se que, na faixa mais sensível, dos gráficos inferiores ambos os métodos mantêm uma correlação positiva com os dados observados. Na faixa menor que 20 m³/s ambos os métodos apresentam uma dispersão similar, contudo, a metodologia da Nota Técnica tende a apresentar resultados mais próximos da linha 1:1, indicando melhor aderência desse método em regimes de vazões baixas em comparação ao modelo MGB, que apresenta uma dispersão levemente maior.

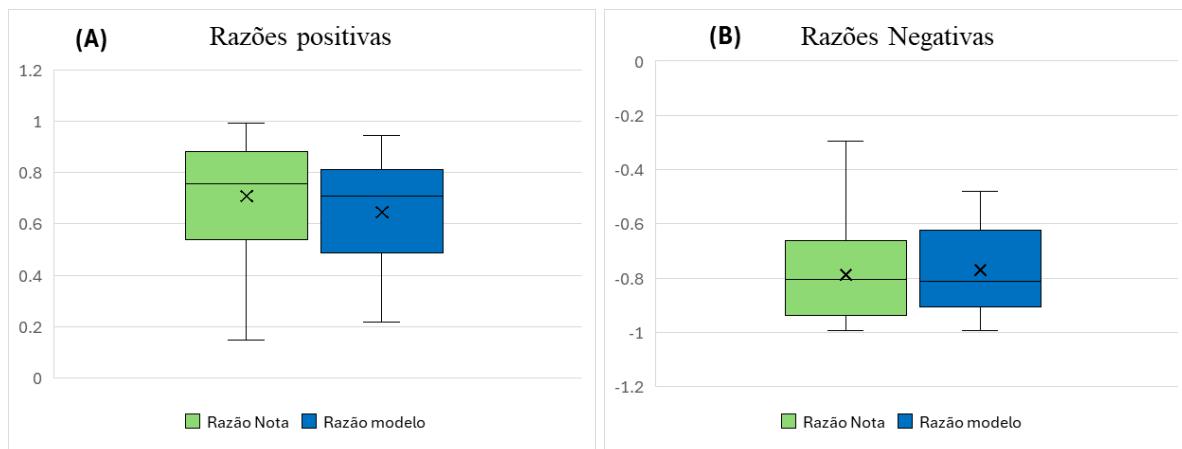
Realizou-se também a análise comparativa dos desempenhos entre a nota técnica e o modelo utilizando o PBIAS (Percent Bias) como indicador estatístico. Conforme apresentado na Tabela 2, os valores de PBIAS evidenciam viés em ambas as metodologias. Nota-se que nenhuma das abordagens apresentou desempenho próximo ao ideal e ambas as metodologias tendem a superestimar os valores de vazão.

Tabela 2 – Análise estatísticas dos resultados obtidos.

Métrica / Metodologia	Média PBIAS	Mediana PBIAS
Nota Técnica	46%	27%
MGB	62%	36%

Pode-se visualizar os resultados da análise da razão das vazões pelo gráfico boxplot (Figura 4), segregados em dois grupos: razões positivas (A) e razões negativas (B). A razão adotada tem como referência a proximidade do valor estimado em relação ao valor de referência, sendo quanto mais próximo de +1 ou -1, melhor o desempenho.

Figura 4 – Gráfico boxplot da razão das vazões de referência.



No gráfico A, que representa as razões positivas, observa-se que a mediana da Razão Nota é de 0,75, ligeiramente superior à mediana da Razão Modelo, que é de 0,70, assim como a média da Razão Nota de 0,70 também é superior à do modelo, com média em 0,64. No entanto, a variabilidade dos resultados na Razão Nota é maior, indicando uma dispersão mais acentuada dos valores. Já a Razão Modelo apresenta uma distribuição mais concentrada, porém com valores centrais mais afastados do ideal. No gráfico B, que apresenta os resultados para as razões negativas, a Razão Nota apresenta uma mediana de -0,80 e média de -0,79, enquanto a Razão Modelo apresenta uma mediana de -0,81 e média de -0,77 e a equação simplificada uma mediada de -0,61 e média de -0,64. Esses valores sugerem que as abordagens da Nota e do MGB obtiveram desempenho similar, com a mediana do modelo sendo um pouco mais próxima de -1, enquanto a média da Nota apresenta média mais próxima desse valor.

CONCLUSÃO

A análise realizada das metodologias de regionalização de vazões, baseada na Nota Técnica nº 004/2021/DIPLA/DRHS, e a modelagem hidrológica utilizando uma versão do modelo MGB utilizada em outras pesquisas, permitiu compreender as potencialidades, limitações e diferenças operacionais entre ambas no processo de estimativa da disponibilidade hídrica para o Estado do Rio Grande do Sul.

Os resultados indicam que a metodologia baseada na Nota Técnica apresentou um PBIAS médio de 46% e uma mediana de 27%, enquanto o modelo MGB apresentou valores superiores, com média de 62% e mediana de 36%. Esses resultados indicam que ambas as metodologias tendem a superestimar os valores de vazão, com destaque para o MGB, que demonstrou um viés sistemático ainda mais acentuado.

Quanto a análise da razão das vazões de referência, a metodologia da Nota Técnica foi a mais acurada, com médias e medianas de razões positivas e negativas mais próximas do ideal, embora com menor precisão, em razão da maior dispersão dos dados. O modelo hidrológico, embora tenha tido desempenho pouco inferior em termos de acurácia, se destacou por sua precisão, com menor variabilidade entre as estimativas.

Além dos aspectos estatísticos, é fundamental destacar as diferenças operacionais entre as metodologias. A Nota Técnica utiliza um processo simplificado, baseado apenas na área de drenagem do ponto de interesse e na aplicação dos coeficientes de vazão específica, sendo um método rápido, prático e de fácil aplicação, especialmente para fins de outorga. Contudo, trata-se de um método de regionalização, cuja construção foi fundamentada em diversos estudos hidrológicos realizados ao longo dos anos no Estado, incluindo modelagens hidrológicas robustas, equações de regionalização e análises específicas desenvolvidas durante a elaboração de múltiplos Planos de Bacia Hidrográfica.

Por sua vez, o modelo MGB, embora apresente maior complexidade operacional, requer um volume significativo de dados de entrada, incluindo informações pluviométricas, fluirométricas, dados de temperatura, umidade, radiação, além de parâmetros físicos da bacia. Além disso, o modelo demanda processos de calibração e validação rigorosos para garantir sua acurácia. No entanto, oferece como vantagem a geração de séries temporais completas de vazões, permitindo análises hidrológicas mais detalhadas, simulações de cenários e avaliações dinâmicas da disponibilidade hídrica ao longo do tempo, capacidade que não é proporcionada pela Nota Técnica, que entrega apenas um valor pontual da vazão de referência.

Diante dos resultados, conclui-se que a Nota Técnica se destaca pela agilidade e simplicidade, sendo até o momento a mais adequada para processos operacionais de outorga, especialmente em bacias com menor criticidade ou menor disponibilidade de dados. Já o modelo hidrológico MGB na versão usada se apresenta com potencial para melhorias. Dentre as melhorias a serem realizadas destaca-se a necessidade de calibração especificamente para as vazões mínimas, de modo a otimizar seus resultados para a demanda de estimativa de vazões mínimas, usando métricas como erro da Q90 ou erro da Q95, por exemplo. Outra opção seria a utilização de rotinas de assimilação de dados (Fan et al., 2015) que ajustariam os resultados aos dados observados, gerando estimativas mais próximas da observação. Estas alternativas serão alvos de pesquisas futuras a partir dos resultados aqui mostrados.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.C. (2003). A questão hídrica e a construção de um planejamento urbano sustentável e partícipe: o caso da cidade de São Carlos. In: MARTINS, R.C.; N.F.L.S. VALENCIO (Org.). Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e políticos-institucionais. São Carlos: Rima, v II. p. 239-253.
- ALVES, M. E. P.; FAN, F.M.; PAIVA, R. C. D.; SIQUEIRA, VINÍCIUS ALENCAR; FLEISCHMANN, AYAN; BREDA, J. P. L. F.; LAIPELT, L.; ARAUJO, A. A.. Assessing the capacity of large-scale hydrologic-hydrodynamic models for mapping flood hazard in southern Brazil. REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS, v. 27, p. 1-15, 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (1997). Lei Federal 9433, 08.01.97, que institui a Política e o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. Política Nacional de Recursos Hídricos, Secretaria Nacional de Recursos Hídricos, Brasília, D. F.
- COLOSSI, B. R.; TUCCI, C. E. M. (2020). Previsão por conjuntos de umidade do solo para longo prazo usando simulação hidrológica. RBRH, v. 25, p. e28.
- CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL. (2014). Resolução CRH nº 141, Porto Alegre, do Rio Grande do Sul.
- DIPLA/DRHS- Divisão de Planejamento e Gestão / Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento / SEMA. (2021). Nota Técnica nº 004. Disponibilidade hídrica superficial dos cursos hídricos do Estado do Rio Grande do Sul.
- DOS SANTOS, Eduardo H. M.; GRIEBELER, Nori; DE OLIVEIRA, Luiz F. C. (2011). Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite-GO. Engenharia Agrícola, v. 31, p. 78-89.
- FAN, F. M.; COLLISCHONN, W. (2014). Integração do Modelo MGB com Sistema de Informação Geográfica. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, p. 243-254.
- FAN, F. M.; MELLER, A. ; COLLISCHONN, W. . Incorporação de filtro numérico de separação de escoamento na assimilação de dados para previsão de vazões utilizando modelagem hidrológica. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 20, p. 472-483, 2015.
- HGE Super Manejo de Dados. (2018). Disponível em: <https://www.ufrgs.br/hge/modelos-e-outros-produtos/softwares-de-manejo-e-visualizacao-de-dados-hidrologicos/super-manejo-de-dados-2-0-2018>.
- MORIASI, D.N.; ARNOLD, J.G.; van LIEW, M.W.; BINGNER, R.L.; HARMEL, R.D. & VEITH, T.L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Trans. ASABE, 50:885-900.
- PEREIRA, M.; KAYSER, R.; COLLISCHONN, W. (2013). Regionalização de vazões assistida por modelagem hidrológica para análises de disponibilidade de água, estudo de caso: Bacia do rio Ibicuí-RS. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, RS.
- PETRY, I. et al. (2021). Manual de Aplicação plugin ANA Data Acquisition V 1.0. Manual Técnico, HGE, IPH, UFRGS. Atualização do repositório de estações: setembro de 2021.

SCHUSTER, R.C.; FAN, F.M.; COLLISCHONN, W. (2020). Scenarios of climate change effects in water availability within the patos Lagoon's Basin. RBRH, v. 25, p. e9.

ROSSONI, R. B.; FAN, F. M. (2023). Discretization approach for large-scale sediment modeling: calibration strategies based on hydro-sediment variability at a range of spatial scales. REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOSimage, v. 28, p. 1-21.

SEMA Secretaria Estadual Do Meio Ambiente. (2025). Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 10/06/2025.

TUCCI, C. E. M. (2002). Regionalização de vazões. Editora da Universidade/UFRGS.