

## **Vazão sazonal: Uma análise quantitativa da Disponibilidade Hídrica no processo de outorga de recursos hídricos no Brasil**

*Alexandre Sokoloski de Azevedo Delduque de Macedo<sup>1</sup> ; Michael Männich<sup>2</sup>*

**Palavras-Chave** – Vazão de referência, disponibilidade hídrica, sazonalidade.

### **INTRODUÇÃO**

Um fenômeno que afeta diretamente o uso da água no Brasil é a sazonalidade, que se caracteriza pela variabilidade natural que ocorre nas séries hidrológicas, com características periódicas, podendo ser anuais ou interanuais. Para investigar o desempenho da utilização de vazões de referência sazonais na outorga, quatro escalas de tempo de vazões sazonais foram comparadas com as vazões de referência anual, de 2.686 estações fluviométricas: mensais, bimestrais, trimestrais e quadrimestrais. O procedimento envolveu o cálculo da diferença relativa simples, entre a vazão de referência na escala anual e as respectivas vazões sazonais, utilizando o critério definidor da vazão de referência base de cada estado brasileiro.

### **METODOLOGIA**

Para a realização dos cálculos e elaboração das análises, foram utilizados os dados de vazão provenientes da CAMELS-BR, os quais inicialmente possuem 4.025 estações de monitoramento no território nacional (Chagas *et al.*, 2020). Como critério de filtragem de dados, foram adotadas duas métricas: i. um período mínimo de 11 meses de dados anuais (tolerância de um mês); ii. estações com mais de 10 anos de monitoramento de dados diários. Após essa seleção, 2.686 estações de monitoramento foram obtidas, com dados de vazão médios diários registrados entre 1921 – 2024.

A vazão sazonal trata-se da vazão de referência para diferentes períodos do ano, ao invés de considerar um valor único anual. A vazão sazonal é estabelecida com base na variabilidade intra-anual das vazões e quantificada para cada mês, bimestre, trimestre, quadrimestre (Macedo *et al.*, 2024). Para fins de comparação com as séries em sua íntegra, o cálculo do ganho percentual de vazões sazonais em relação ao valor padrão de Vazão de Referência é realizado conforme a Equação 1:

$$\Delta Q(\%) = \frac{Q_{\text{sazonal}} - Q_{\text{ref}}}{Q_{\text{ref}}} \cdot 100, \quad (1)$$

em que  $Q_{\text{ref}}$  é a vazão de referência geral e  $Q_{\text{sazonal}}$  é a vazão de referência sazonal. Para cada estação fluviométrica, foram consideradas as legislações pertinentes do respectivo Estado para a obtenção da vazão de referência e referência sazonal, conforme apresentado por Macedo *et al.* (2024), levando em conta todos os períodos de sazonalidade definidos.

### **RESULTADOS**

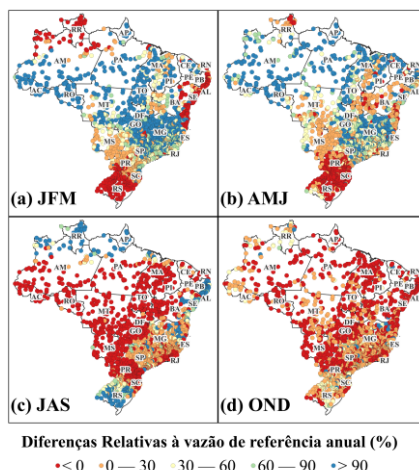
Ao analisar a Figura 1, são observados, no total: 12 dos 27 estados com a maioria das estações apresentando ganhos no incremento de vazão, no terceiro trimestre; e 11 dos 27 apresentando ganho no quarto e último trimestre. Sendo os estados mais prejudicados no terceiro trimestre: Tocantins, Piauí e Acre, que não apresentaram nenhuma estação com ganho de vazão nesse período, mas saldo

1) Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, e-mail: alexandresokoloski@ufpr.br

2) Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Brasil, e-mail: mannich@ufpr.br

negativo. Além disso, os dois primeiros períodos apresentaram ganhos significativos na grande maioria das unidades federativas (22 e 24 das 27 regiões, respectivamente).

Figura 1 – Diferenças relativas trimestrais às vazões de referência, considerando a vazão de referência de cada estado, sendo: (a) janeiro – março, (b) abril – junho, (c) julho – setembro, e (d) outubro – dezembro.



## CONCLUSÕES

A adoção da vazão de referência sazonal em escala nacional revela-se uma alternativa promissora para a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos. Sua principal vantagem reside na maior flexibilidade de alocação, ao permitir que o critério de referência varie ao longo do ano, ajustando-se às flutuações naturais da disponibilidade hídrica. Isso pode resultar em um melhor aproveitamento dos recursos, especialmente em regiões onde a demanda é elevada e altamente dependente da irrigação, como o Sudeste e o Centro-Oeste – que tiveram um aumento de mais de 50% nas últimas duas décadas, e representam cerca de 50% da demanda consuntiva do país (ANA, 2021).

Contudo, a implementação desse modelo pode enfrentar certos desafios. É necessário considerar a regionalização das vazões sazonais, respeitando as especificidades hidrológicas de cada bacia, além de compatibilizar as metodologias com o atual arcabouço legal e com práticas consolidadas de outorga, podendo enfrentar resistência de implementação em certas regiões.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. (2021). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021: relatório pleno. Brasília: ANA.
- CHAGAS, V. B.; CHAFFE, P. L.; ADDOR, N.; FAN, F. M.; FLEISCHMANN, A. S.; PAIVA, R. C.; SIQUEIRA, V. A. (2020). “CAMELS-BR: hydrometeorological time series and landscape attributes for 897 catchments in Brazil”. *Earth System Science Data*, 12(3), pp. 2075–2096.
- MACEDO, A. S. A. D., STINGHEN, C. M., & MÄNNICH, M. (2024). Vazões de referência sazonal e sua aplicação na outorga de recursos hídricos. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 21, e21. <https://doi.org/10.21168/reg.v21e21>.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.