

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DO BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS

Fernanda Laurinda Valadares Ferreira¹; João Victor Gonçalves Mendonça² & Lineu Neiva Rodrigues³

Abstract: The Rio das Velhas River Basin faces significant pressure on its water resources due to intense anthropogenic activities and climatic variability. This study aimed to evaluate the spatio-temporal variability of the climatological water balance (CWB) in the basin using monthly precipitation (P) and reference evapotranspiration (ETo) data from 2003 to 2019. The analysis was conducted based on level-5 ottobasins, and an 80% permanence frequency was used to calculate monthly CWB values. The results revealed distinct patterns of water availability across the basin's physiographic regions. The Baixo Velhas region exhibited the highest water deficits due to a combination of lower precipitation and higher ETo, particularly during the dry season from April to October. On the other hand, water surpluses occurred in November and December, mainly in the Médio and Alto Velhas regions, which have higher recharge potential. The trend analysis indicated a significant reduction in precipitation and an increase in ETo, impacting the water balance even during the rainy season. These findings highlight the importance of detailed CWB characterization for water planning and the implementation of adaptive strategies focused on water conservation and rational use, especially in vulnerable areas such as Baixo Velhas. Integrating this information can support efficient water resource management and mitigate the impacts of climate change in the basin

Resumo: A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas apresenta elevada pressão sobre os recursos hídricos, devido à intensa atividade antrópica e à variabilidade climática. Este estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espaço-temporal do balanço hídrico climatológico (BHC) na bacia, utilizando dados mensais de precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ETo) para o período de 2003 a 2019. A análise foi realizada com base nas ottobacias de nível 5, e a frequência de permanência de 80% foi adotada para calcular os valores mensais do BHC. Os resultados revelaram padrões distintos de disponibilidade hídrica nas diferentes regiões fisiográficas da bacia. A região do Baixo Velhas apresentou os maiores déficits hídricos, devido à combinação de menor precipitação e maior ETo, especialmente durante o período seco de abril a outubro. Por outro lado, os excedentes hídricos ocorreram nos meses de novembro e dezembro, principalmente nas regiões do Médio e Alto Velhas, que apresentam maior potencial de recarga hídrica. A análise de tendência indicou uma redução significativa na precipitação e um aumento da ETo, afetando o balanço hídrico mesmo no período chuvoso. Esses resultados destacam a importância da caracterização detalhada do BHC para o planejamento hídrico e a implementação de estratégias adaptativas, que visem a conservação e uso racional da água, especialmente nas áreas mais vulneráveis, como o Baixo Velhas. A integração

1) Coordenadora Técnica na Agência Peixe Vivo: Agência de Bacia Hidrográfica, Rua dos Carijós, 166 - Centro, Belo Horizonte - MG, 30120-060, (31) 3207-8500, fernanda.laurinda@agenciapeixevivo.org.br

2) Analista de Sistemas de Informações Geográficas Pleno na Agência Peixe Vivo - Terceirizado G4F: Agência de Bacia Hidrográfica, Rua dos Carijós, 166 - Centro, Belo Horizonte - MG, 30120-060, (31) 3207-8500, joao.mendonca@agenciapeixevivo.org.br

3) Pesquisador na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Cerrados), BR-020, km 18, s/n–Planaltina, Brasília 73310-970, DF, Brasil; (61) 3388-9898, lineu.rodrigues@embrapa.br

dessas informações pode apoiar a gestão eficiente dos recursos hídricos e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas na bacia.

Palavras-Chave – Gestão de recursos hídricos, variabilidade hídrica, disponibilidade hídrica

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas localiza-se na porção central do estado de Minas Gerais, sendo a maior sub-bacia do Rio São Francisco. A bacia é estratégica por abrigar importantes centros urbanos, como a Região Metropolitana de Belo Horizonte, e por concentrar múltiplos usos da água — abastecimento público, mineração, indústria, irrigação e diluição de efluentes (CBH Rio das Velhas, 2023). Essa multiplicidade de demandas impõe uma elevada pressão sobre os recursos hídricos da região, especialmente durante o período seco.

A escassez hídrica na bacia é agravada pelas alterações no uso e cobertura do solo, pela poluição difusa e pontual e pela variabilidade climática, que afeta diretamente a distribuição espacial e temporal da precipitação e da evapotranspiração (Ferreira et al., 2021; Hofmann et al., 2021). Em regiões como o Alto Velhas, por exemplo, a combinação de clima mais seco com pressão urbana e degradação ambiental das nascentes compromete a regularização do escoamento e a manutenção dos serviços ecossistêmicos hídricos (ANA, 2017b).

Nesse contexto, o balanço hídrico climatológico (BHC), obtido pela diferença entre a precipitação (P) e a evapotranspiração de referência (ETo), é uma ferramenta importante para avaliar a disponibilidade hídrica potencial em diferentes escalas. A análise do BHC permite compreender o comportamento hidrológico da bacia ao longo do tempo, identificar padrões sazonais de excedente e déficit hídrico, e subsidiar a gestão de recursos hídricos em bacias com grande variabilidade climática e pressões antrópicas (Moreira et al., 2019; Souza et al., 2017).

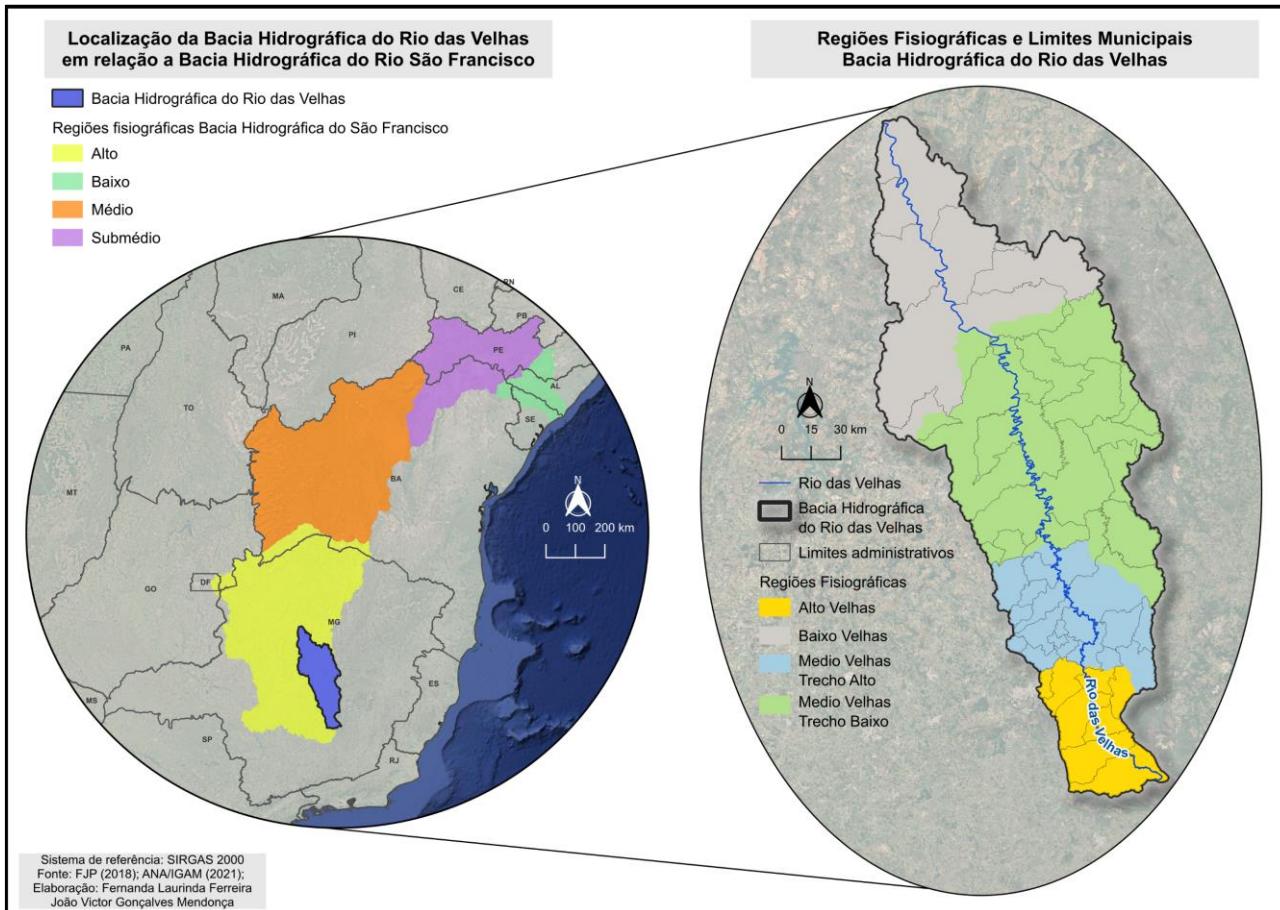
Segundo Berghuijs et al. (2014), o balanço hídrico sazonal reflete a variabilidade hidrológica de uma região, servindo como elo entre a resposta hidrológica de curto prazo e as adaptações do sistema natural ao clima de longo prazo. Compreender essa dinâmica é fundamental para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças no ciclo hidrológico, como secas prolongadas e chuvas intensas, que impactam diretamente a segurança hídrica e o planejamento territorial (Byrne; O’Gorman, 2015; Rápallo et al., 2021).

Nesse contexto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o déficit e o excesso hídrico mensal provável na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, bem como identificar possíveis tendências temporais no balanço hídrico climatológico (BHC) e em suas variáveis componentes — precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ETo) —, com base em dados mensais do período de 2003 a 2019.

METODOLOGIA

A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas possui cerca de 30 mil km² e está dividida em nove ottobacias de nível 5, conforme a codificação ANA. A bacia é compartimentada nas regiões fisiográficas de Alto, Médio e Baixo Velhas (Figura 1), que apresentam diferentes padrões de uso do solo, clima e disponibilidade hídrica. A Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas é a maior sub-bacia do rio São Francisco, possui sua nascente no Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas, em Ouro Preto, e sua foz ocorre na localidade de Barra do Guaicuí, no município de Várzea da Palma (CBH Rio das Velhas, 2025a).

Figura 1 - Localização da Bacia do Rio das Velhas na bacia do São Francisco e divisão em regiões fisiográficas



Para a realização deste estudo, foram utilizados dados mensais de precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ETo) correspondentes ao período de janeiro de 2003 a dezembro de 2019, obtidos a partir do banco de dados HydroCerrado (Althoff et al., 2022). A série histórica de precipitação diária foi derivada do produto IMERG (Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM – Global Precipitation Measurement) (Huffman et al., 2019a; 2019b). Já os dados diários de ETo foram estimados segundo metodologia proposta por Althoff et al. (2020).

O balanço hídrico climatológico mensal (BHC), expresso em milímetros, foi calculado para cada ottobacia de nível 5 da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, com base na diferença entre os totais mensais de precipitação e de evapotranspiração de referência ($BHC = P - ETo$), conforme abordagem utilizada por Byrne e O'Gorman (2015) e Praválie et al. (2019). A estimativa dos valores mensais prováveis de déficit ou excesso hídrico foi baseada na frequência de permanência igual ou superior a 80%.

A frequência de ocorrência dos valores de BHC foi determinada para cada mês do período analisado, utilizando-se a fórmula proposta por Kimball (1960), conforme a Equação 1:

$$F = \frac{m}{n+1} \quad (1)$$

em que:

F = frequência (%);

m = ordem do evento de déficit e/ou de excesso hídrico; e

n = número de observações.

Com o objetivo de identificar possíveis alterações significativas nos padrões temporais do balanço hídrico climatológico (BHC) e de suas variáveis componentes — precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ETo) — foram aplicados testes estatísticos para avaliação da tendência e da estacionariedade nas séries temporais mensais, para o período de 2003 a 2019, nas ottobacias de nível 5 da Bacia do Rio das Velhas.

Inicialmente, foi aplicado o teste de Run (Thom, 1966), com a finalidade de verificar a aleatoriedade das séries temporais. Em seguida, para detectar tendências estatisticamente significativas ao longo do tempo, utilizou-se o teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), amplamente empregado em séries hidrometeorológicas. Para validar a presença ou ausência de estacionariedade nas séries, foi adotado o teste de Pettitt (Pettitt, 1979), que identifica possíveis quebras estruturais nos dados.

Além disso, a inclinação da tendência — ou seja, a intensidade e o sentido da variação nas séries — foi estimada por meio do estimador Sen's Slope (Sen, 1968), complementado pela abordagem de Hirsch et al. (1982), o que permitiu quantificar a magnitude das mudanças observadas. Todos os testes foram realizados adotando-se um nível de significância de 5%, conforme recomendação de estudos anteriores (Mudbhakal et al., 2017; Ferreira et al., 2021a).

Todos os cálculos estatísticos e modelagens foram realizados no software R (R Development Core Team, 2021), utilizando rotinas específicas para o processamento de séries temporais e análises hidrológicas.

RESULTADOS

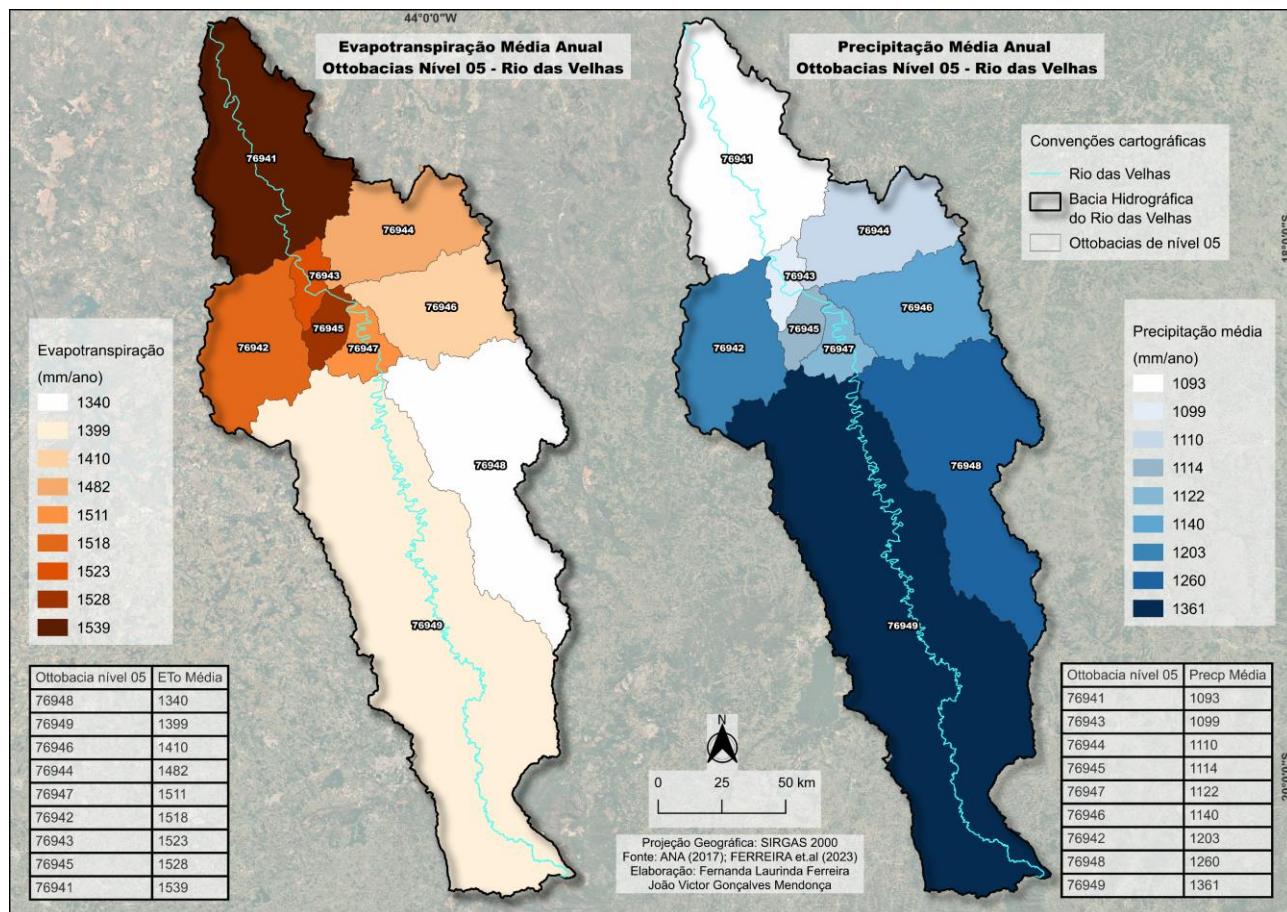
A Figura 2 apresenta a distribuição espacial da média anual da ETo e da P nas ottobacias de nível 5 da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, considerando o período de 2003 a 2019.

Observa-se que os valores médios anuais da ETo variam entre aproximadamente 1.340 mm e 1.540 mm, com os maiores índices concentrando-se no Baixo Velhas, onde predominam temperaturas mais elevadas e altos níveis de radiação solar incidente. Por outro lado, os menores valores de ETo ocorrem nas regiões do Médio e Alto Velhas, geralmente associadas a maior umidade relativa do ar.

Em relação à P, os valores médios anuais oscilam entre aproximadamente 1.090 mm e 1.360 mm, com os maiores índices pluviométricos concentrados no Médio e Alto Velhas. As menores médias de precipitação foram observadas no Baixo Velhas, coincidindo com as áreas de maior ETo, o que contribui significativamente para o agravamento dos déficits hídricos ao longo do ano hidrológico.

Segundo Althoff et al. (2020), as regiões com menores valores de ETo tendem a apresentar maior pluviosidade, pois a maior presença de umidade relativa e de cobertura de nuvens limita a radiação solar disponível para a evapotranspiração. Embora haja uma correlação negativa entre precipitação e ETo, essa relação não é linear, sendo modulada por fatores como altitude, uso e cobertura do solo, e condições atmosféricas locais.

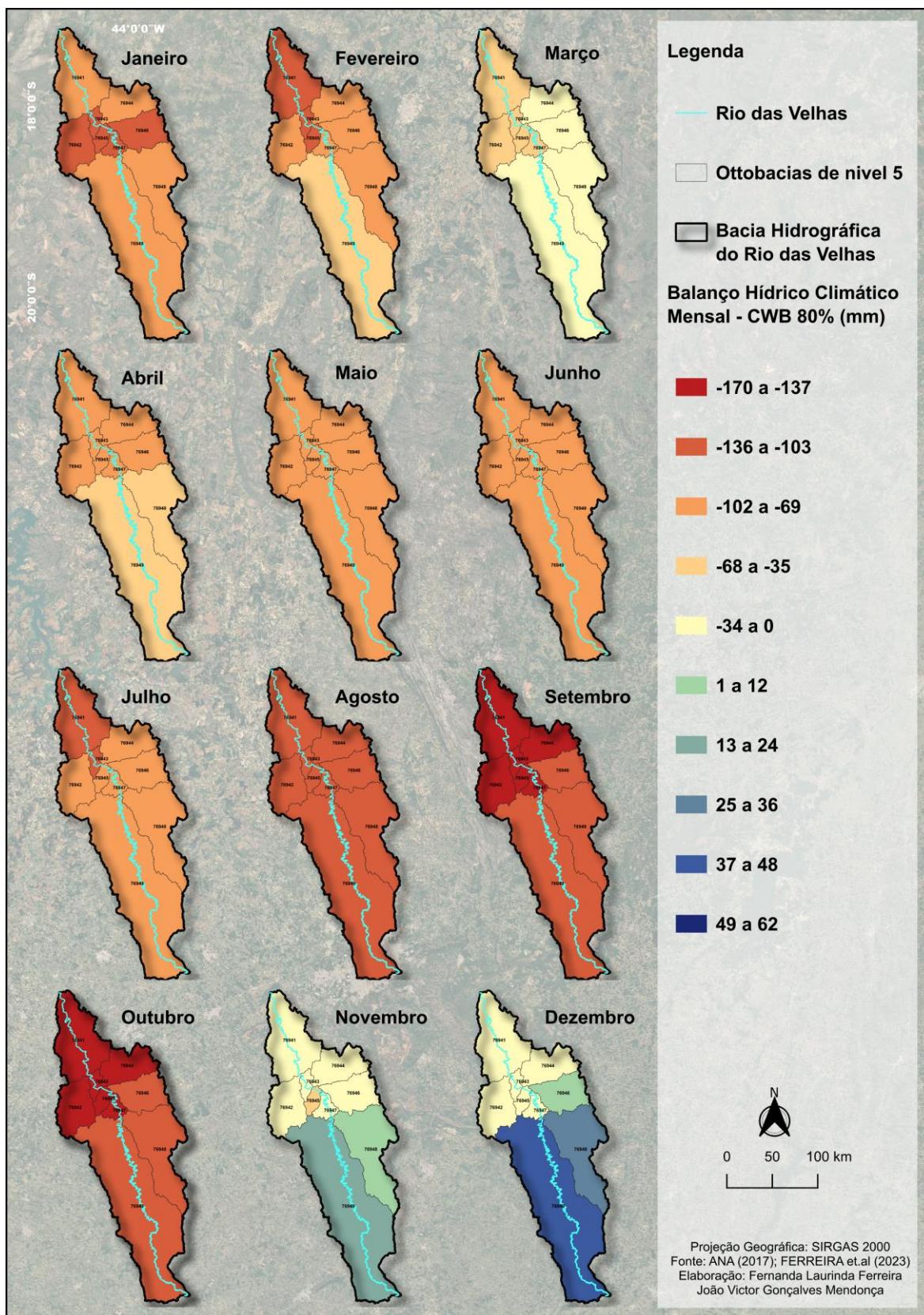
Figura 2 – Média da evapotranspiração de referência - ETo (a) e precipitação - P (b) total anual para as ottobacias nível 5 do rio das Velhas



A análise comparativa entre os padrões espaciais de ETo e P revela que grande parte da bacia possui um balanço climático desfavorável, sobretudo nas regiões com ETo elevada e baixos índices pluviométricos. A sobreposição desses fatores resulta em déficits hídricos persistentes, com maior impacto nos meses de estiagem, reforçando a vulnerabilidade de áreas críticas ao estresse hídrico.

A Figura 3 apresenta os mapas do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) mensal estimado para as ottobacias de nível 5 da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, com base em uma frequência de permanência igual ou superior a 80% no período de 2003 a 2019. Essa abordagem permite identificar os valores mais prováveis de déficit ou excedente hídrico para cada mês, considerando a recorrência dos eventos ao longo da série histórica.

Figura 3 – Balanço hídrico climatológico (BHC) mensal das ottobacias da bacia do rio das Velhas estimados com base na frequência igual ou superior a 80% de permanência no tempo, do período de janeiro de 2003 a dezembro de 2019.



Apenas nos meses de novembro e dezembro, já sob influência da estação chuvosa, observa-se a predominância de valores positivos do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) nas regiões do Médio e Alto Velhas, com destaque para os excedentes variando entre 1 e 24 mm em novembro e entre 1 e 62 mm em dezembro. Essa condição resulta da retomada das chuvas, com a precipitação superando a demanda evaporativa, o que favorece o início da recarga hídrica superficial e subterrânea nessas regiões.

Nos meses de janeiro a março, embora ainda pertencentes à estação chuvosa, verifica-se que o BHC permanece negativo em praticamente toda a bacia, caracterizando déficit hídrico mesmo em período chuvoso. Essa situação pode estar associada a baixas precipitações localizadas no início do ano hidrológico combinadas a altas taxas de evapotranspiração de referência (ETo), que elevam a demanda atmosférica por água e superam a reposição hídrica via chuvas.

Entre abril e outubro, a bacia enfrenta os déficits hídricos mais intensos e generalizados do ano, com destaque para os meses de setembro e outubro, quando os valores de BHC atingem níveis extremamente críticos, variando entre -103 mm e -170 mm. Esses déficits são mais severos na região do Baixo Velhas, onde a precipitação é reduzida e a ETo se mantém elevada, intensificando o estresse hídrico. Essa situação representa risco elevado para os usos consuntivos, como abastecimento urbano e irrigação, além de comprometer a manutenção dos ecossistemas aquáticos.

Esses resultados evidenciam a marcante sazonalidade hídrica da Bacia do Rio das Velhas, com períodos prolongados de déficit entre abril e outubro e excedentes limitados a novembro e dezembro. A região do Baixo Velhas se destaca como a mais vulnerável aos déficits severos, enquanto as regiões do Alto e Médio Velhas, beneficiadas por maior pluviosidade e menores taxas de ETo, apresentam maior potencial de recarga hídrica durante o período úmido.

Esse padrão mensal do BHC reforça a importância de implementar estratégias de gestão hídrica sazonais, com foco no armazenamento e uso racional da água nos meses de escassez, especialmente nas regiões mais críticas, como o Baixo Velhas. O conhecimento dessa variabilidade é essencial para a alocação eficiente dos recursos hídricos, a prevenção de conflitos pelo uso da água e a promoção de ações de adaptação climática no âmbito da bacia.

A Figura 4 apresenta os resultados da análise de tendência para os meses de janeiro (representando a estação chuvosa) e julho (representando a estação seca), com base na série histórica de 2003 a 2019. A análise abrange as variáveis P, ETo e o BHC, com destaque para as ottobacias de nível 5 da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

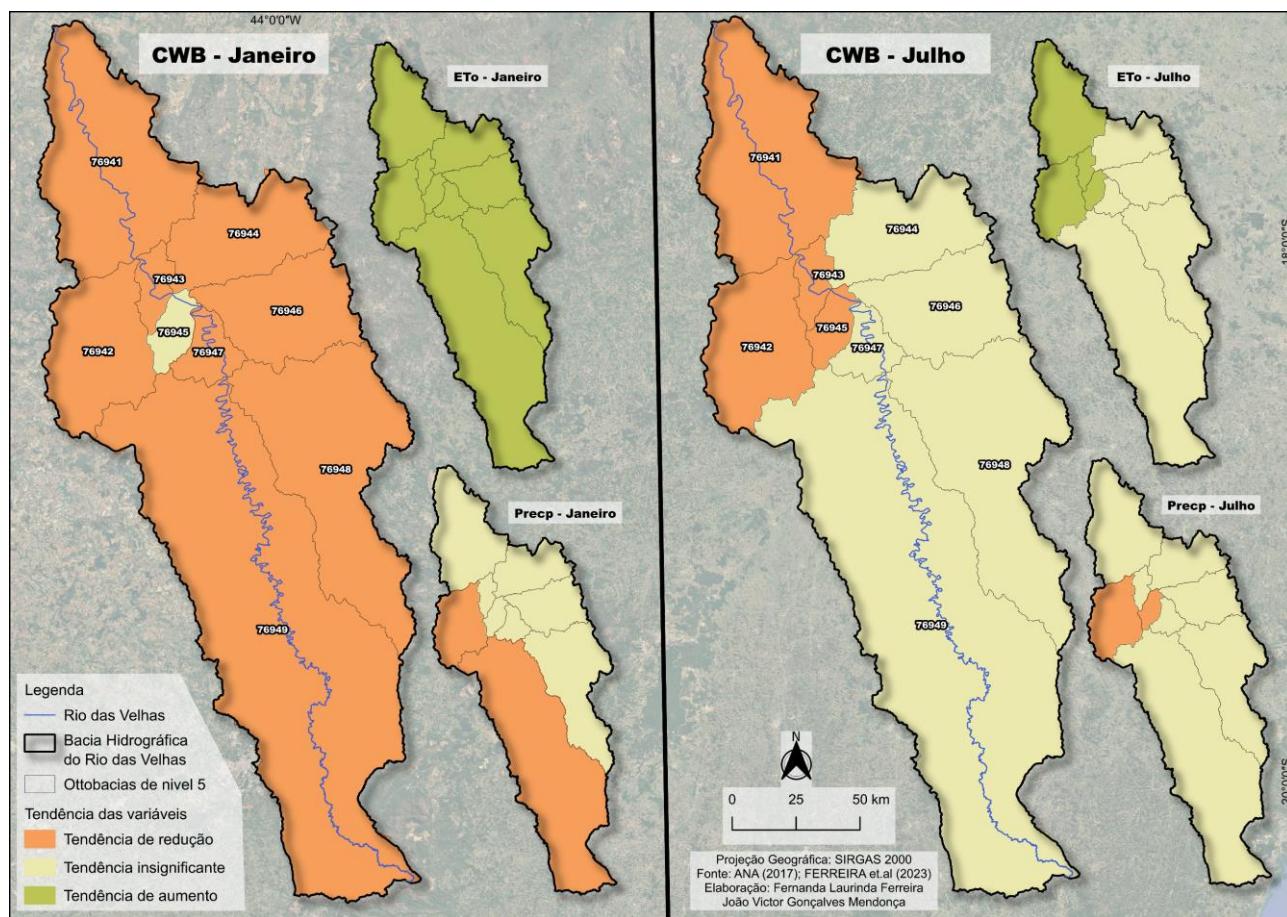
No mês de janeiro, observa-se uma tendência de redução significativa do BHC em quase todas as ottobacias da bacia. Esse resultado está diretamente relacionado a dois fatores: a tendência de redução da precipitação observada principalmente no Médio e Alto Velhas, e a tendência de aumento da ETo em toda bacia. Essa combinação de fatores, mesmo durante o período chuvoso, contribui para um cenário preocupante de redução da disponibilidade hídrica, podendo comprometer a recarga dos mananciais e a sustentabilidade dos usos múltiplos da água ao longo do ano.

Em julho, na estação seca, os resultados indicam que a maioria das ottobacias não apresenta tendência significativa nas variáveis analisadas, com exceção de uma porção do Baixo Velhas, que exibe tendência de aumento da ETo e redução da precipitação. Essa condição amplia o déficit hídrico, especialmente em áreas já críticas durante a estiagem, reforçando a vulnerabilidade hídrica do Baixo Velhas.

Em decorrência do uso e cobertura do solo em regiões do Cerrado, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, estudos indicam uma redução no fluxo de calor latente acompanhada por um aumento no fluxo de calor sensível, resultando em elevação das temperaturas do ar e

diminuição substancial da umidade e da precipitação próxima à superfície (Hofmann et al., 2021). Esse aumento das temperaturas implica em maior evapotranspiração potencial; contudo, na ausência de incremento proporcional da precipitação, observa-se o agravamento da deficiência hídrica na região (Assad et al., 2020).

Figura 4 - Tendência do balanço hídrico climatológico (BHC) e das variáveis precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ETo) nos meses de janeiro e julho para as ottobacias nível 5 do rio das Velhas.



De maneira geral, os resultados da análise de tendência apontam para um cenário de intensificação dos extremos climáticos, com redução da precipitação em meses-chave para a recarga (como janeiro) e aumento da ETo em períodos de baixa umidade relativa. A sobreposição dessas tendências reforça a importância do monitoramento contínuo e da incorporação de estratégias de adaptação climática nos instrumentos de gestão da bacia.

CONCLUSÃO

A análise da variabilidade espaço-temporal do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas revelou padrões marcantes de sazonalidade hídrica e apontou regiões mais vulneráveis aos déficits hídricos. A utilização de ottobacias de nível 5 permitiu uma avaliação detalhada das condições hidroclimáticas em escala de sub-bacia, com base em dados mensais de precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ETo) para o período de 2003 a 2019.

Os resultados mostraram que as regiões do Baixo Velhas, caracterizadas por menor precipitação e maior ETo, concentram os maiores déficits hídricos, especialmente durante o período seco (abril a outubro), com valores críticos de BHC em setembro e outubro. Em contrapartida, os excedentes hídricos foram observados principalmente nos meses de novembro e dezembro, destacando-se nas regiões do Médio e Alto Velhas, que apresentam maior potencial de recarga hídrica. Além disso, a análise de tendência indicou redução significativa da precipitação e aumento da ETo em janeiro, comprometendo o balanço hídrico mesmo em período tipicamente chuvoso. Em julho, embora as tendências não tenham sido generalizadas, observou-se intensificação do estresse hídrico em porções do Baixo Velhas, associada ao aumento da demanda atmosférica por água.

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de ações estratégicas voltadas à gestão hídrica integrada e adaptativa, com foco na conservação da água nos períodos de maior disponibilidade, no uso racional durante a estiagem e no fortalecimento do monitoramento climático. Os resultados obtidos neste estudo podem subsidiar a tomada de decisão por parte de comitês de bacia, agências reguladoras e demais instituições envolvidas na gestão dos recursos hídricos da região.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Agência de Bacia Hidrográfica Peixe Vivo pelo apoio institucional e técnico para o desenvolvimento deste estudo, bem como ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas pelo incentivo à gestão participativa e integrada dos recursos hídricos. Estendemos nosso agradecimento à Embrapa Cerrados pelas contribuições técnico-científicas fundamentais para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. (2017). “*Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017: relatório pleno*”. Brasília, DF, 169 p.
- ALTHOFF, D. et al. (2020). “*ETo-Brazil: A daily gridded reference evapotranspiration data set for Brazil (2000–2018)*”. *Water Resources Research*, 56(7), e2020WR027562.
- ALTHOFF, D.; RODRIGUES, L.N.; SILVA, D.D. (2022). “*Predicting runoff series in ungauged basins of the Brazilian Cerrado biome*”. *Environmental Modelling & Software*, p. 105315.
- Assad, E. D.; Victoria, D. C.; Cuadra, S. V.; Pugliero, V. S.; Zanetti, M. R. (2020). “*Efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado*”. In: coletânea sobre riscos climáticos e Plano ABC. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agricultura Digital)
- BERGHUIJS, W.R.; WOODS, R.A.; HUT, R.W.; HARMAN, C.J. (2014). “*Patterns of similarity of seasonal water balances: A window into streamflow variability over a range of time scales*”. *Water Resources Research*, 50(7), pp. 5638–5661.
- BYRNE, M.P.; O'GORMAN, P.A. (2015). “*The response of precipitation minus evapotranspiration to climate warming: Why the ‘wet-get-wetter, dry-get-drier’ scaling does not hold over land*”. *Journal of Climate*, 28(20), pp. 8078–8092.
- CBH RIO DAS VELHAS. (2023). “*Relatório de Situação da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas*. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas”. Disponível em: <https://www.cbhvelhas.org.br/>.
- FERREIRA, F.L.V.; RODRIGUES, L.N.; SILVA, D.D. (2021). “*Influence of changes in land use and land cover and rainfall on the streamflow regime of a watershed located in the transitioning*

region of the Brazilian Biomes Atlantic Forest and Cerrado". Environmental Monitoring and Assessment, 193(1), pp. 1–17.

HIRSCH, R.M.; SLACK, J.R.; SMITH, R.A. (1982). "Techniques of trend analysis for monthly water quality data". *Water Resources Research*, 18(1), pp. 107–121.

HOFMANN, G.S.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; FERREIRA, C.M.; MELO, D.C. (2021). "The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier". *Global Change Biology*, 27(17), pp. 4060–4073.

HUFFMAN, G.J.; BOLVIN, D.T.; NELKIN, E.J.; TAN, J. (2019a). "Integrated Multi-Satellite Retrievals for GPM (IMERG): Algorithm Theoretical Basis Document". National Aeronautics and Space Administration.

HUFFMAN, G.J.; STOCKER, E.F.; BOLVIN, D.T.; NELKIN, E.J.; TAN, J. (2019b). "GPM IMERG Final Precipitation L3 1 day 0.1 degree x 0.1 degree V06". Greenbelt, MD: NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center.

KENDALL, M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*. 4th ed. London: Griffin.

KIMBALL, B.F. (1960). "On the choice of plotting positions on probability paper". *Journal of the American Statistical Association*, 55(291), pp. 546–560.

MANN, H.B. (1945). "Nonparametric tests against trend". *Econometrica*, 13(3), pp. 245–259.

MOREIRA, A.A.; ALTHOFF, D.; SILVA, D.D.; RODRIGUES, L.N. (2019). "Assessment of terrestrial water balance using remote sensing data in South America". *Journal of Hydrology*, 575, pp. 131–147.

MUDBHATKAL, A.; SANKAR, S.; THILAGAVATHY, K. (2017). "Trend and variability analysis of rainfall using Mann-Kendall test and Sen's slope estimator in Coimbatore, Tamil Nadu". *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), pp. 2903–2910.

PETTITT, A.N. (1979). "A non-parametric approach to the change-point problem". *Applied Statistics*, 28(2), pp. 126–135.

PRĂVĂLIE, R. et al. (2019). "Spatio-temporal changes of the climatic water balance in Romania as a response to precipitation and reference evapotranspiration trends during 1961–2013". *Catena*, 172, pp. 295–312.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2021). "R: A language and environment for statistical computing". Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.r-project.org>.

RÁPALO, L.M.C.; LIMA, J.R.S.; ALMEIDA, R.M.; PINTO, A.B.C. (2021). "Effects of land-use and-cover changes on streamflow regime in the Brazilian Savannah". *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 38, p. 100934.

SEN, P.K. (1968). "Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau". *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), pp. 1379–1389.

SOUZA, J.L.M.; SILVA, D.D.; GONTIJO, D.F.; RODRIGUES, L.N. (2017). "Balanço hídrico climatológico: precipitação e evapotranspiração de referência estimadas com metodologia alternativa". *Revista Brasileira de Climatologia*, 20, pp. 288–305.

THOM, H.C.S. (1966). "Some methods of climatological analysis". *World Meteorological Organization Technical Note*, 81, pp. 1–53.