

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

BALANÇO HÍDRICO DA SUB-BACIA DO ALTO RIO DAS VELHAS, MINAS GERAIS, BRASIL

Matheus de Castro Fiusa¹ ; Rodrigo Sergio de Paula¹ Wallace Maciel Pacheco Neto¹ Paulo Galvão¹ & Tiago Amâncio Novo¹

Abstract: Climate change is a significant driver of alterations in the parameters of a watershed. The Upper Rio das Velhas sub-basin is a key hydrological system, responsible for supplying water to the capital of Minas Gerais state as well as supporting large-scale mining operations. Monitoring changes in the basin's hydrological regime is essential for implementing measures to prevent water scarcity, with the water balance serving as a fundamental tool for this purpose. Using the water balance methodology proposed by Thornthwaite and Mather (1955), hydrological changes in the basin were assessed over the past 50 years, based on five previously established pluviometric cycles and data from eight conventional rain gauge stations provided by WIDROWEB/ANA. The water surplus at all stations exhibited a peak in December, followed by a significant decline in February, and a secondary increase in March before entering a deficit period from April through October. The water deficit across all areas reached a peak of approximately 50 mm in August. There is a global trend of decreasing water surplus and increasing deficit, concomitant with a rise in the mean temperature of approximately 1.5°C over the past 50 years. The reduction in water availability within the basin is an established fact and is closely linked to the observed temperature increase. Additional studies could further refine these findings by incorporating new components into the water balance calculations, such as the extent of impervious surface areas.

Resumo: Mudanças climáticas são uma importante modificadora de parâmetros de uma bacia hidrográfica. A sub-bacia do Alto rio das Velhas é uma importante bacia responsável por abastecer a capital mineira e empreendimento minerários. Observar mudanças no regime hídrico da bacia é importante para estabelecer ações para prevenir falta de água, sendo o balanço hídrico uma importante ferramenta para isso. Utilizando-se do balanço hídrico proposto por Thornthwaite e Mather (1955), foram observados, nos últimos 50 anos, em 5 ciclos pluviométricos previamente estabelecidos, mudanças no extrato hídrico da bacia tendo como base 8 estações pluviométricas convencionais do WIDROWEB/ANA. O excedente em todas as estações pluviométricas mostrou seu pico em dezembro, com uma queda expressiva em fevereiro e um aumento em março antes de entrar em déficit em abril até outubro. O déficit em todas as áreas encontra-se próximo de 50 mm no pico em agosto. A tendencia global de redução do excedente hídrico e aumento do déficit, acompanhado pelo aumento da temperatura média nos últimos 50 anos em 1,5°C. A perda de água na bacia no último meio século é um fato e está intimamente ligada ao aumento da temperatura. Estudos complementares podem ser feitos adicionando novas componentes no cálculo do balanço hídrico, como por exemplo a área impermeabilizada.

Palavras-Chave – Mudanças climáticas; Hidrologia; Recursos hídricos.

1) Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, CPMTC-IGC, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 – Campus Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901, Brasil. math.castrogeo@gmail.com

INTRODUÇÃO

As últimas décadas vêm sendo marcadas por extensas discussões em relações a mudanças climáticas. Na hidrogeologia, mudanças climáticas vêm sendo observadas nas bacias hidrográficas no Brasil e no mundo, se destacando redução de chuvas, aumento na temperatura, dentre outros. Uma forma de observar mudanças no regime da bacia é por meio da realização de um balanço hídrico.

A sub-bacia do Alto rio das Velhas, pertencente a bacia estadual do rio das Velhas, na bacia Federal do rio São Francisco, está localizada na porção centro-sudeste de Minas Gerais (Figura 1), abrangendo a capital do Estado, Belo Horizonte, e a província metalogenética do Quadrilátero Ferrífero (QF). Com uma área aproximada de 2.700 km², o Alto Velhas compreende a nascente do rio das Velhas, nas serras do município de Ouro Preto.

Geologicamente, conforme descrito por Endo et al. (2019), a região apresenta a seguinte configuração estratigráfica: embasamento constituído por complexos metamórficos, sobre os quais ocorrem, em contato discordante, rochas vulcanossedimentares arqueanas do Supergrupo Rio das Velhas. Em seguida, também em contato discordante, as unidades do Supergrupo Minas, que refletem a evolução de margem continental e incluem quartzitos, filitos, dolomitos e formações ferríferas de idade paleoproterozoica. Superiormente, aparecem as rochas do Supergrupo Estrada Real, novamente em contato discordante, compostas por sequências do tipo *flysch*, com xistos, quartzitos ferruginosos, formações ferríferas, entre outros litotipos, datadas de aproximadamente 2 Ga.

Hidrogeologicamente, destacam-se trabalhos como Magalhães et al. (2022) e Andrade (2023). As autoras colocam 7 aquíferos e 3 aquíferos na região. São eles: Aquíferos Cauê, Gandarela, Estrada Real, Moeda, Piracicaba, Depósitos Sedimentares e de Complexo Metamórficos. O destaque vai para os aquíferos Cauê, por ser um aquífero muito produtivo, e o aquífero de complexos metamórficos, por ser onde se encontra a maior parte da extração por poços na bacia.

O objetivo deste trabalho é realizar um balanço hídrico a fim de entender a evolução hídrica e as mudanças de regime que a bacia tem passado em momentos de crise climática e tentar justificar os resultados encontrados com dados pluviométricos e de temperatura dos últimos 50 anos.

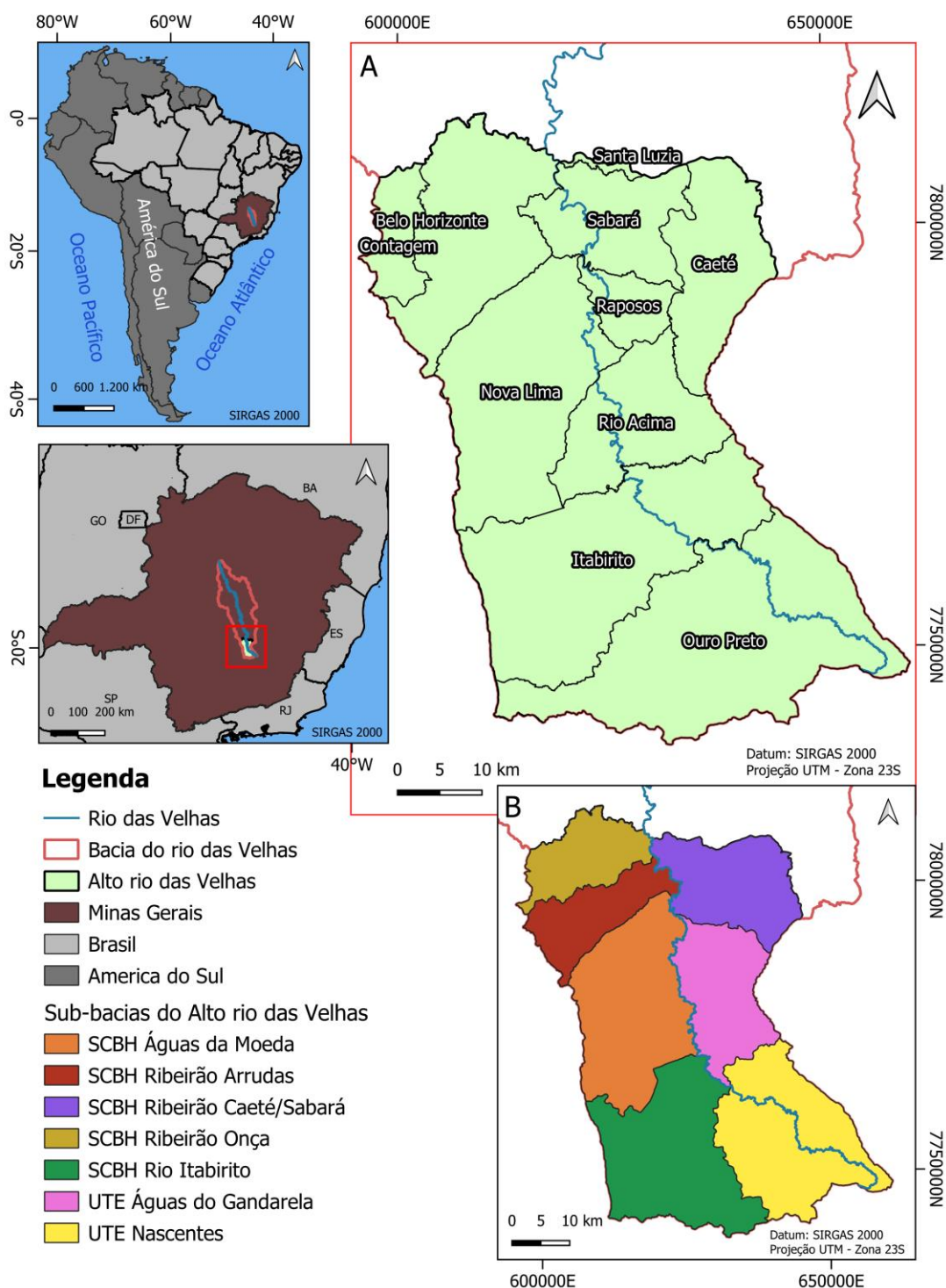


Figura 1 - Localização da área de estudo na porção centro-sudeste do estado de Minas Gerais. (A) Mapa de localização com destaque para a bacia do Alto rio das Velhas e seus municípios. (B) Mapa de sub-bacias do Alto Velhas. Fonte: Fiusa, 2025.

METODOLOGIA

Para a construção desse trabalho foram adotados diferentes *softwares* para a construção de mapas, gráficos e tabelas, sendo *QGis* v3.40, *SciDavis* v2.7 e *Microsoft Excel* 2016, respectivamente. Algumas etapas foram executadas para realização do balanço hídrico:

1. Filtragem do banco de dados do HIDROWEB, site gerenciado pela Agência Nacional de Águas (ANA): foram selecionadas estações pluviométricas convencionais com pelo menos 30 anos de dados entre 1970 e 2020 e distribuídas de forma mais homogênea pela área. As estações selecionadas foram as 1943000, 1943006, 1943010, 1943022, 2043002, 2043004, 2043056 e 2043060.
2. Seleção da estação climatológica que estivesse dentro ou próximo da área de estudo: estação Belo Horizonte, localizada na capital mineira e gerenciado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que cumpre critérios semelhantes ao das estações pluviométricas, tendo dados desde a década de 1970 até os dias atuais.
3. Definição do período que seria realizado o balanço hídrico: Utilizou-se da identificação de ciclos pluviométricos de mais alta ou mais baixa pluviometria em relação a média global, sendo identificados 5 ciclos (1970-1976, 1977-1992, 1993-2002, 2003-2013, 2014-2020), iniciando por um ciclo de baixa e seguido por intercalações entre ciclo de alta e baixa.
4. Definição dos valores de capacidade de água disponível (CAD): Utilizado o atlas de irrigação (2021) da ANA. Onde para cada estação de referência, foi utilizada o dado do município em que ela se encontrava.

Para o cálculo do balanço hídrico, foi utilizado o método descrito inicialmente por Thornthwaite (1948) e complementado por Thornthwaite e Mather (1955). Consiste em uma série de cálculos para observar alguns componentes da bacia, sendo os principais o déficit hídrico, o excedente hídrico, a evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR). Os cálculos foram executados de forma automatizada por uma planilha desenvolvida por Rollin, Sentelha e Barbieri em 1998. Os dados de entrada são o CAD, a latitude da estação pluviométrica de referência, a pluviometria mensal e a temperatura média mensal.

RESULTADOS

A Figura 2 mostra o extrato do balanço hídrico feito por estação pluviométrica dentro de cada ciclo analisado. Observa-se que em todas as 8 estações o excedente hídrico se inicia em outubro/novembro com o pico maior no mês de dezembro, com uma queda brusca em fevereiro, uma nova ascensão em março e a passagem para o déficit em abril. O déficit tem um pico em agosto, sendo em todas as estações em torno de 50mm.

Os ciclos de alta e baixa apresentam pouca diferença tanto no excedente quanto déficit, mas mostram uma redução do excedente em ciclos semelhantes e aumento do déficit com o passar dos ciclos. É importante destacar que o primeiro e último ciclos estão incompletos, visto que o início do primeiro ciclo e o final do último estão fora do tempo de análise.

O aumento do déficit hídrico e redução do excedente é justificado por uma série de fatores, sendo o principal o aumento da temperatura. O primeiro fator mostrou na região um aumento significativo de aproximadamente 1,5°C, o que consequentemente aumenta a evapotranspiração da região e reduz a água que infiltra e recarrega os aquíferos.

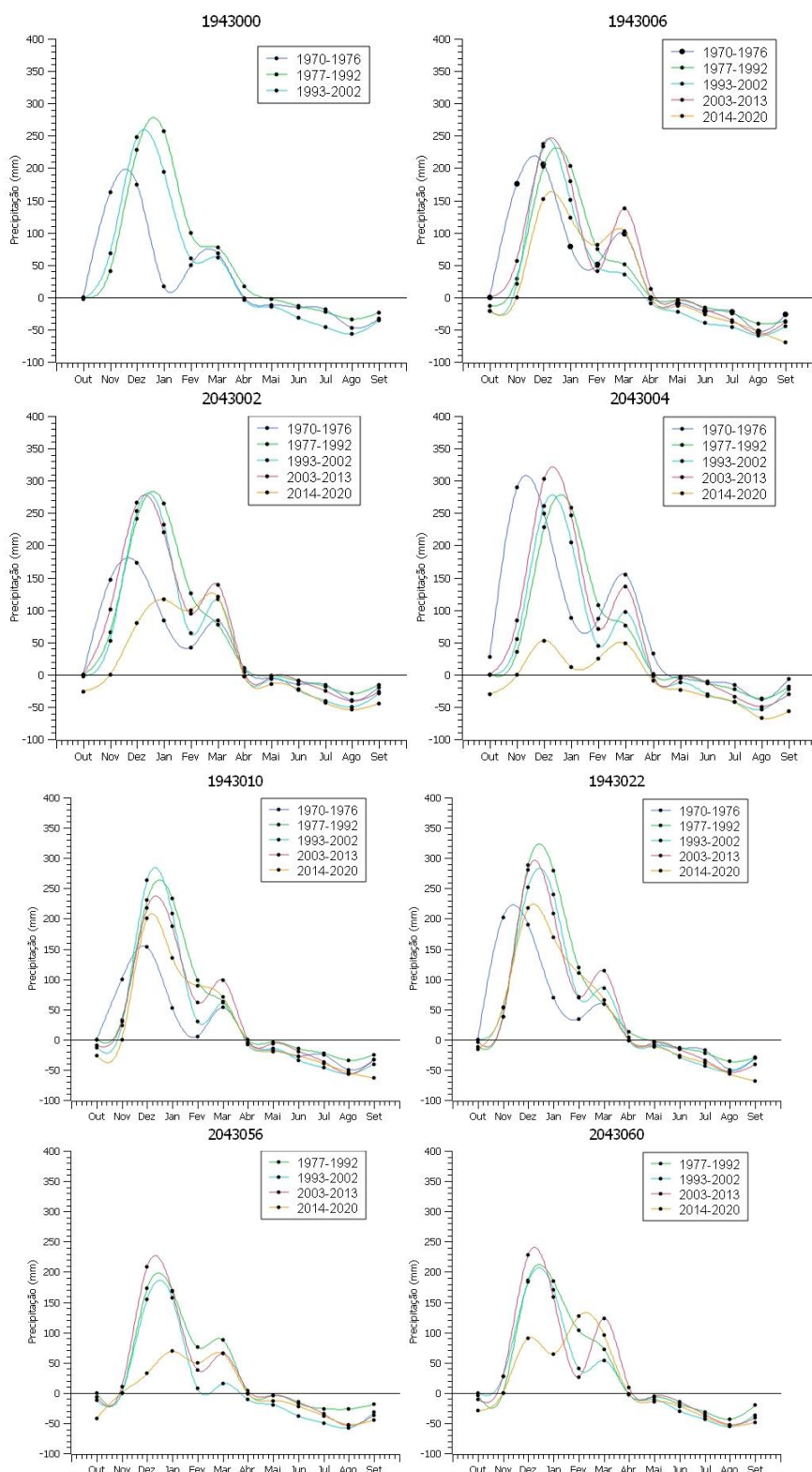


Figura 2 - Extrato do balanço hídrico por estação por ciclo pluviométrico. Há um pico do excedente hídrico ($y > 0$) em dezembro, seguindo por uma queda, ainda positiva, em fevereiro, uma ascensão em março e a passagem para o déficit em abril. No déficit ($y < 0$) o pico se dá em agosto com valores próximos de 50 mm com a volta para o excedente em outubro/setembro. Fonte: Fiusa, 2025.

O balanço hídrico mostra uma tendência regional de redução, o que, como observado anteriormente, segue o aumento da temperatura. Embora o excedente sobreponha consideravelmente

o déficit hídrico na região, a redução constante no último meio século pode indicar problemas futuros, principalmente com o aumento de fatores antrópicos, como a impermeabilização dos solos, que não é observado no método adotado. O fato é que a região vem sendo afetada diretamente pelas mudanças climáticas e caso continue a tendência atual, pode enfrentar crises severas.

CONCLUSÕES

A sub-bacia do Alto rio das Velhas passou, nos últimos 50 anos, por mudanças importantes da disponibilidade hídrica. O aumento do déficit hídrico, mesmo que sutil, vem acompanhado de uma queda do excedente hídrico. O resultado representa diretamente resposta claras as mudanças climáticas, principalmente ao aumento da temperatura da região. Embora se tenha um excedente majoritariamente maior que o déficit, a tendência de redução da disponibilidade é uma preocupação para um futuro breve. É indicado estudos complementares que levem em considerações outros atributos da bacia, como por exemplo o uso e ocupação, que pela urbanização impermeabiliza regiões, aumenta a quantidade de fluxos superficiais e água disponível para a evaporação. Focalizar estudos em regiões como a capital, Belo Horizonte, onde a maior parte do terreno está urbanizado, ou a região da nascente onde a pluviometria é menor, podem trazer resultados mais precisos, que auxiliarão tomadas de decisão por órgãos gestores.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. B., DE SOUZA RODRIGUES, A., DE PAULA, R. S., & NOVO, T. A.** (2023). Recarga dos aquíferos no flanco oeste do Sinclinal Moeda, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- ENDO I., GALBIATTI H. F., DELGADO C. E. R., OLIVEIRA M. M. F. DE, ZAPPAROLI A. DE C., MOURA L. G. B. DE, PERES G. G., OLIVEIRA A. H. DE, ZAVAGLIA G., DANDERFER Fº A., GOMES C. J. S., CARNEIRO M. A., NALINI JR. H. A., CASTRO P DE T. A., SUITA M. T. DE F., TAZAVA E., LANA C. DE C., MARTINS-NETO M. A., MARTINS M. DE S., FERREIRA Fº F. A., FRANCO A. P., ALMEIDA L. G., ROSSI D. Q., ANGELI G., MADEIRA T. J. A., PIASSA L. R. A., MARIANO D. F., CARLOS D. U.** 2019. Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000: Uma celebração do cinquentenário da obra de Dorr (1969). Ouro Preto, Departamento de Geologia da Escola de Minas – UFOP - Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero: www.qfe2050.ufop.br;
- FIUSA, M. C.** (2025). Avaliação das influências climáticas e antrópicas na disponibilidade hídrica da bacia do alto rio das Velhas: Uma análise de dados entre 1970 e 2020 (Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Minas Gerais).
- MAGALHÃES, C. C. D. C., MELO, M. C. D., GUIGUER, N., & PAULA, R. S. D.** (2022). The Cauê Aquifer on the eastern limb of the Moeda Syncline: characterization, impacts, and flow in the western Iron Quadrangle (Quadrilátero Ferrífero), MG, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 52, e20220005.
- THORNTHWAITE, C. W.** (1948) An approach toward a rational classification of climate. *Geography Review*, Nova Iorque, v. 38, n. 1, p. 54-101.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R.** (1955). The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)