

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **RESERVA RENOVÁVEL DA BACIA DO RIO VERDE GRANDE, NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL**

*Luan Miguel Ferreira Meireles<sup>1</sup>; Rodrigo Sérgio De Paula<sup>1</sup>; Paulo Henrique Ferreira Galvão<sup>1</sup> & Hugo Guilherme de Oliveira<sup>2</sup>*

**Abstract:** The Verde Grande River Basin, located in northern Minas Gerais, is an important groundwater recharge area within the São Francisco River Basin. This study aims to estimate the renewable water reserve of the basin by integrating pluviometric, geological, and hydrological data, considering its division into eight sub-basins and the presence of distinct hydrogeological units. The Thiessen polygon method was applied to determine the spatial distribution of precipitation, while the Lyne & Hollick (1979) digital filter method was used to separate baseflow from surface runoff, enabling the calculation of recharge rates. The estimation of the renewable reserve was based on Costa's (1998) methodology, which considers the area, precipitation, and recharge rate. Results indicate that the basin has a renewable water reserve of approximately 82.73 m<sup>3</sup>/s, with the highest values associated with sub-basins dominated by porous aquifers, particularly the middle and lower Gorutuba. The analysis highlighted the direct influence of geology on groundwater availability, with higher productivity observed in porous aquifers, followed by karst and fractured aquifers.

**Resumo:** A Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, situada no norte de Minas Gerais, constitui uma importante área de recarga hídrica no contexto da Bacia do Rio São Francisco. Este trabalho tem como objetivo estimar a reserva renovável da bacia por meio da integração de dados pluviométricos, geológicos e hidrológicos, considerando a compartimentação em oito sub-bacias e a presença de diferentes unidades hidrogeológicas. Foram aplicados o método dos polígonos de Thiessen para determinação da distribuição espacial da precipitação e o método do filtro digital de Lyne & Hollick (1979) para a separação do escoamento superficial e de base, permitindo o cálculo da taxa de recarga. A estimativa da reserva renovável baseou-se na metodologia de Costa (1998), que considera área, precipitação e recarga. Os resultados apontam que a bacia possui uma reserva renovável de aproximadamente 82,73 m<sup>3</sup>/s, sendo os maiores valores associados às sub-bacias com predominância do aquífero poroso, notadamente o médio e baixo Gorutuba. A análise evidenciou a influência direta da geologia na disponibilidade hídrica subterrânea, sendo a produtividade mais elevada nos aquíferos porosos, seguidos dos cársticos e fissurais.

**Palavras-Chave** – Disponibilidade Hídrica; Reserva Renovável; Recarga.

### **INTRODUÇÃO**

A Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, que abrange, principalmente, notável área do nordeste brasileiro e significativa porção do estado de Minas Gerais, com uma área de pouco mais de 631 mil km<sup>2</sup>, tem grandiosa importância histórica no abastecimento de água para praticamente todos

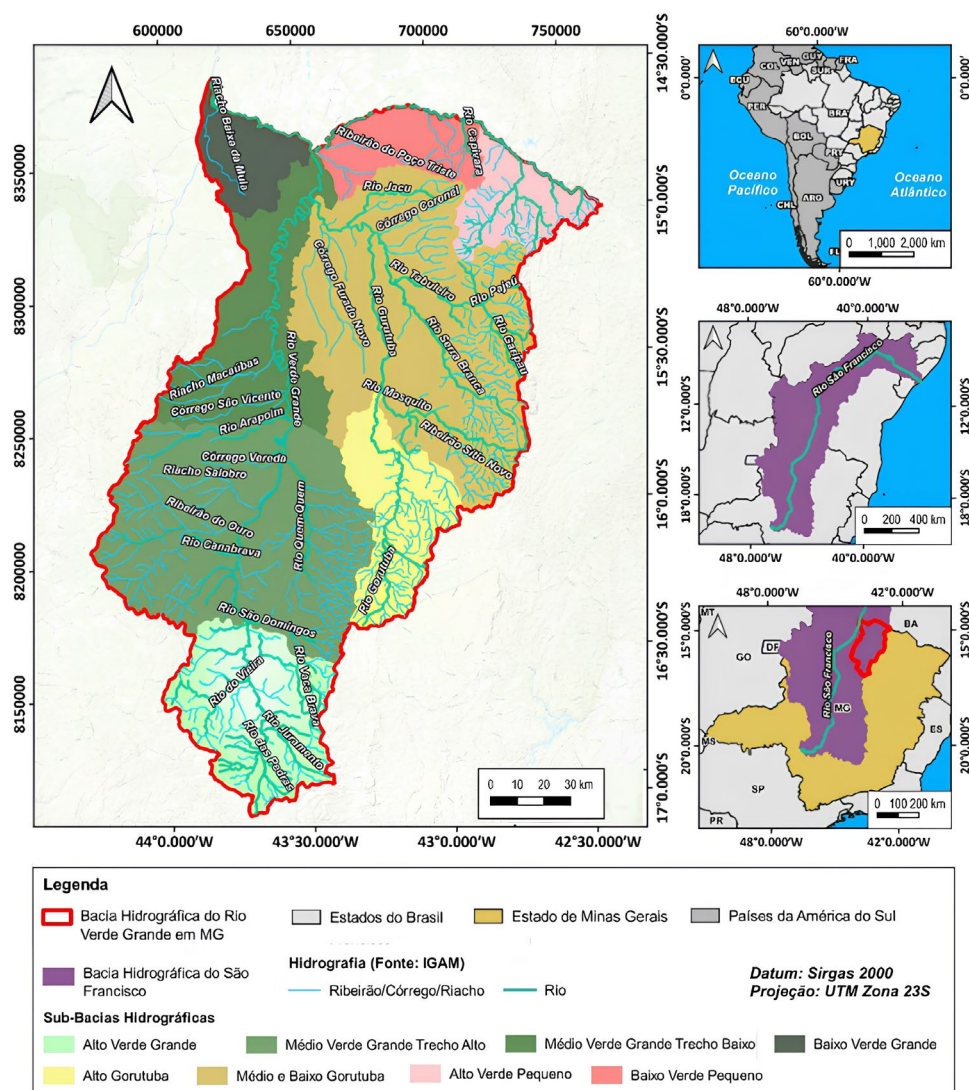
1) Laboratório de Estudos Hidrogeológicos [LEHID], Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, CPMT-IGC, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Campus Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901, Brasil.

2) Geólogo.

os tipos de uso, seja para consumo humano ou industrial, na irrigação, na atividade da pesca, no turismo, no transporte e na geração de energia dessas regiões (SILVEIRA et al., 2016).

Com cerca de 26.966.947 km<sup>2</sup>, a área estudada corresponde ao Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Verde Grande, que está inserido na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco já na porção norte do estado de Minas Gerais, na divisa com a Bahia (Figura 1).

Figura 1 – Mapa hidrográfico da bacia do rio Verde Grande com indicação de córregos/riachos, ribeirões, rios e delimitação de 8 sub-bacias, além de mapas auxiliares mostrando a posição da área de estudos no mapa da América do Sul e de Minas Gerais, com a indicação da posição da área de estudos em relação a bacia hidrográfica do São Francisco.



O rio Verde Grande, que dá nome a bacia, possui uma extensão de cerca de 557 km e corresponde a um importante afluente da margem direita do rio São Francisco (Figura 1), tem sua nascente em Bocaiúva (MG) e sua foz na divisa dos estados de MG e BA. A Bacia Hidrográfica do rio Verde Grande foi subdividida em 8 sub-bacias para fins de planejamento (ANA, 2011), como mostrado pela Figura 1.

O objetivo deste trabalho é, a partir do cálculo de recarga das unidades hidrogeológicas e do entendimento das médias pluviométricas da região, calcular a reserva renovável para cada uma das

sub-bacias que estão dentro do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Verde Grande, assim como a reserva total dentro da bacia do rio Verde Grande.

## CONTEXTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

A área estudada está inserida no contexto geológico do Cráton do São Francisco e do Orógeno Araçuai. A litoestratigrafia da bacia analisada consiste em rochas arqueanas, Proterozoicas, mesozoicas e cenozoicas (SANTOS, 2013; DIAS *et al.*, 2022).

A partir do reconhecimento das litologias pelos trabalhos mais atuais de mapeamento geológico da região de Silva *et al.* (2020), Dias *et al.* (2022), Fiume *et al.* (2022) e Bhering *et al.* (2023), junto à consulta ao Atlas de Águas Subterrâneas dos Estados Unidos (Miller, 1999) e aos trabalhos de Mourão (2007), De Paula (2019) e Magalhães *et al.* (2023), os aquíferos foram distinguidos em: Fissural, Cárstico e Poroso (Figura 2).

### Aquífero Fissural de Baixa Produtividade

O aquífero fissural corresponde principalmente aos complexos ígneos metamórficos e demais corpos ígneos tem como características litológicas uma grande variedade de litologias metamórficas, como gnaisse, xisto e rochas metassedimentares (SILVA *et al.*, 2016). Já como características hidrogeológicas, esse aquífero é anisotrópico, pode ser de livre a confinado, com extensão regional (SANTOS, 2013; FIUME *et al.*, 2022).

### Aquífero Cárstico:

O aquífero cárstico é representado na área pelo Aquífero Cárstico Lagoa do Jacaré, que corresponde a Formação Lagoa do Jacaré, sendo constituída por calcário, lentes pelíticas, folhelhos esverdeados e margas (COSTA & BRANCO, 1961; IGLESIAS & UHLEIN, 2009). Em relação as suas características hidrogeológicas, aquíferos cársticos apresentam porosidade secundária, heterogeneidade e anisotropia (DE PAULA & VELÁSQUEZ, 2013; DE PAULA *et al.*, 2020), pode ser livre a confinado e possui extensão regional, além de ter sua produtividade considerada como moderada (FIUME *et al.*, 2022).

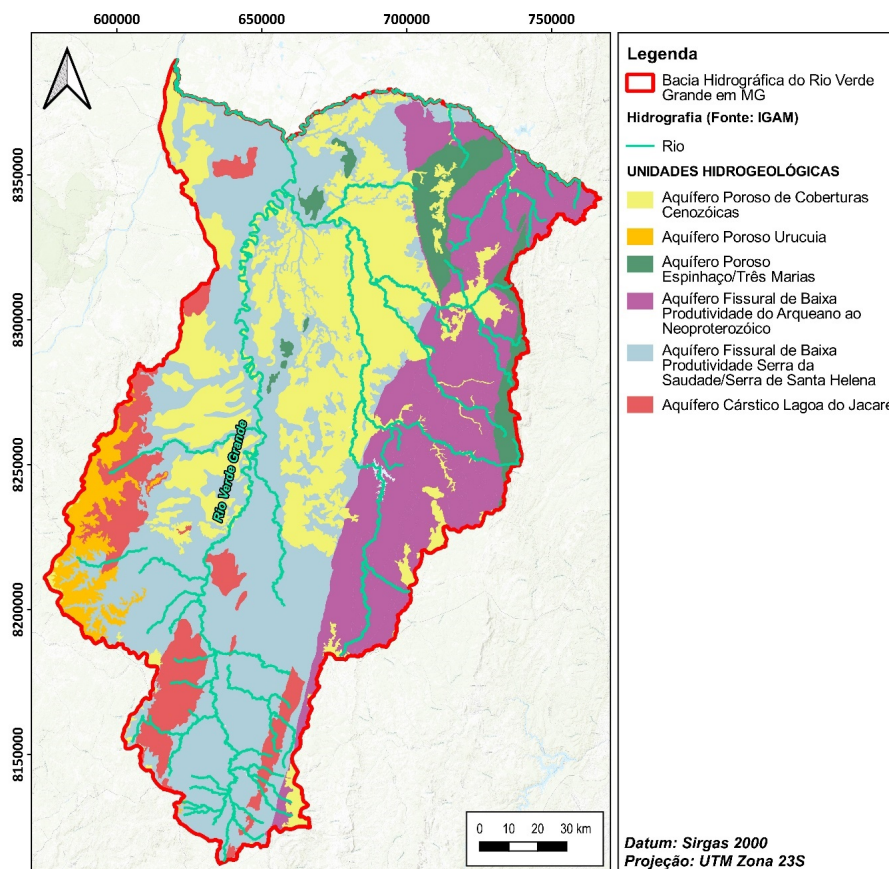
### Aquífero Poroso:

O aquífero poroso é representado na área de estudo pelos denominados aquífero poroso Espinhaço/Três Marias, aquífero poroso de coberturas cenozoicas e aquífero poroso Urucuia. De forma geral, esse tipo de aquífero apresenta produtividade muito alta (eg. THEIS, 1935; HUBERT, 1940).

O aquífero poroso Espinhaço/Três Marias é composto por espessos pacotes metassedimentares, apresentando características anisotrópicas e variando de livre a semiconfinado ou confinado, com extensão regional (MACHADO *et al.*, 1989; IGLESIAS & UHLEIN, 2008). O aquífero das coberturas cenozoicas, formado por depósitos aluvionares e materiais detrítico-lateríticos, é heterogêneo, com espessura limitada, podendo ser livre ou confinado (FIUME *et al.*, 2022). Já o aquífero Urucuia, constituído por arenitos quartzosos do Grupo Urucuia, possui alta porosidade e heterogeneidade, sendo livre a confinado, com grande extensão e produtividade variando de muito alta a moderada (GASPAR & CAMPOS, 2007; FIUME *et al.*, 2022).

Figura 2 – Mapa com delimitação das cinco principais unidades hidrogeológicas da Bacia do rio Verde Grande, além de mostrar as principais estruturas da área.





## METODOLOGIA

### Aquisição de Dados:

Para realização desta pesquisa foram obtidos dados de estações pluviométricas e estações fluviométricas, obtidos a partir das plataformas online da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Sistema Estadual de Meio-Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA). Além disso, utilizou-se da utilização de um mapa geológico da região para realizar a classificação das unidades hidrogeológicas a partir das litologias presentes na área (Silva *et al.*, 2020; Dias *et al.*, 2022).

### Método de Thiessen:

O método de Thiessen é utilizado para se obter uma média da distribuição espacial de precipitação de uma grande área (THIESSEN, 1911). De acordo com Feitosa *et al.* (2008), esse método consiste em separar essa área de interesse em polígonos da seguinte maneira: primeiro é necessário juntar, em mapa, os pontos que representam as estações pluviométricas analisadas por segmentos de retas, de modo que seja criado uma malha de triângulos; o passo seguinte é dividir pela metade as arestas desses triângulos por segmentos de retas perpendiculares a eles, de maneira que, ao se interceptarem, os segmentos deem origem aos vértices dos polígonos de Thiessen.

Entre os dados de pluviometria foram selecionados dados de 5 estações, sendo elas a de Montes Claros (código 83437), Colônia do Jaíba (código 1543002), Janaúba (código 1543013), Gameleiras (código 1543019) e Bom Jardim (código 1643026), observados na Figura 3.

Método para calcular a taxa de recarga hidráulica (filtro digital):

O cálculo da recarga foi realizado por meio do método do filtro digital, desenvolvido por Lyne & Hollick (1979). Esse método foi posteriormente integrado aos procedimentos de análise de separação de fluxo propostos por Nathan & McMahon (1990). Essa abordagem se baseia na observação do fenômeno oscilatório para separar o fluxo associado a ondas de baixa frequência, que geralmente representa o escoamento de base, das ondas de alta frequência, que correspondem ao escoamento superficial.

Dessa forma, os cálculos são automatizados por intermédio de uma planilha eletrônica, proporcionando a praticidade na obtenção dos dados de recarga das bacias hidrográficas. O uso da planilha requer a inserção de todos os dados de vazões mensais monitoradas, associados aos valores de precipitação no mesmo período, além de fornecer a área total da bacia hidrográfica em análise.

Para compreender a recarga aquífera na região, foram delimitados os limites da bacia hidrográfica de monitoramento e identificadas as unidades hidrogeológicas dentro dela. As estações fluviométricas nas quais as bacias hidrográficas de monitoramento foram traçadas são a estação Barreiro do Raiz (44900000) e Fazenda Lagoa Grande (44900000), ambas com dados compilados da ANA.

Método para calcular a Reserva Renovável:

Para a região de estudos foi considerado que a reserva renovável é dada predominantemente pelo escoamento subterrâneo, e para poder determiná-la foi utilizado o método proposto por Costa (1998). Esse método consiste na multiplicação da área de distribuição do aquífero pela precipitação média anual na área e pela taxa de infiltração, quando esta última é conhecida. Essa relação pode ser expressa através da seguinte equação.

$$R_r = A_{uh} * P * R \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$R_r$  = reserva renovável;  $A_{uh}$  = área da unidade hidrogeológica;  $P$  = precipitação;  $R$  = taxa de recarga.

Esse cálculo foi realizado para cada sub-bacia e unidades hidrogeológicas dentro da área. A distribuição da precipitação em cada bacia foi determinada pelos polígonos de Thiessen e o cálculo da recarga foi realizado com base nas unidades hidrogeológicas regionais, sendo elas o Aquífero Cárstico, Aquífero Poroso e Aquífero Fissural.

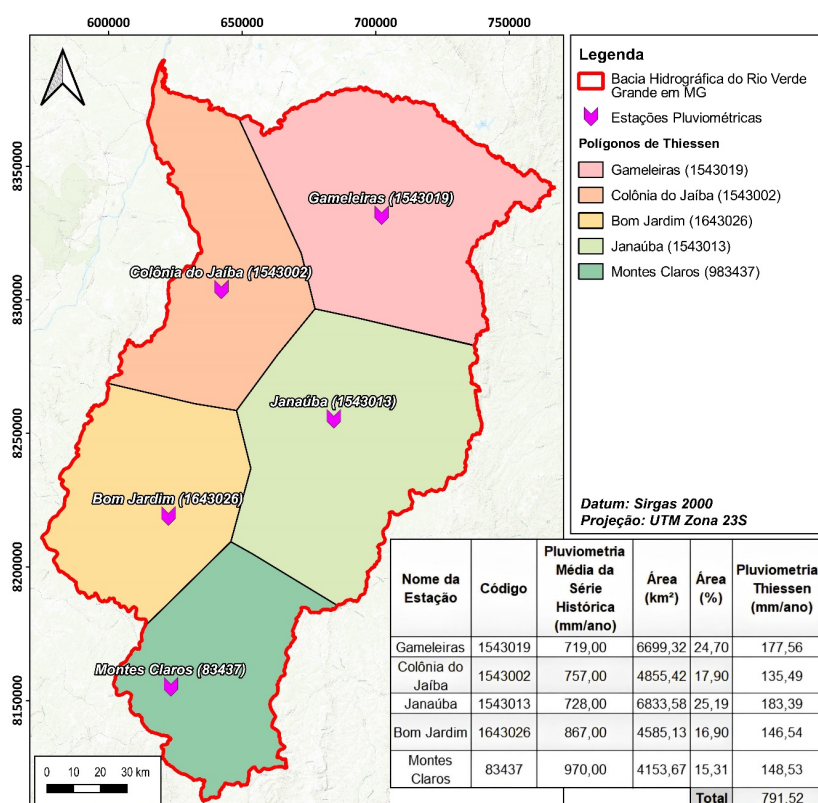
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Método de Thiessen:

A partir do método de Thiessen, foram separadas cinco áreas dentro da região estudada denominadas como polígonos de Thiessen. Cada um desses polígonos faz referência a cada uma das cinco estações utilizadas, a fim de se obter a média da distribuição espacial da pluviometria nessas

regiões, como explicado na metodologia. Esses polígonos, assim como os dados de cada estação utilizada podem ser visualizadas na figura abaixo.

Figura 3 – Mapa com delimitação dos 5 polígonos de Thiessen gerados para a área na bacia do rio Verde Grande com tabela auxiliar contendo informações do nome, código, pluviometria média da série histórica, área em km<sup>2</sup>, área em porcentagem e a pluviometria segmentada para cada polígono.



Dentre elas, a que ocupa maior área é o polígono da estação Janaúba, com 25,19% da área, seguida pelo polígono Gameleiras, com 24,70%. Somando a contribuição de pluviometria de cada estação a partir da proporção da sua área, chega-se a um valor de 791,52 mm/ano. Dessa forma, quanto mais próximo os dados de pluviometria estiverem próximos da estação Janaúba, que é a mais abrangente da área, ou do total proporcional para a área como um todo, mais a pluviometria estará representativa para a região.

Além disso, observa-se que as maiores médias históricas pluviométricas da região se concentram na estação Montes Claros, que está na parte mais ao sul da bacia, enquanto com os menores valores estão na estação Gameleiras, localizada na parte norte.

#### Cálculo de Recarga:

Conforme explicado no capítulo de metodologia, a recarga para cada unidade hidrogeológica foi calculada com base em bacias hidrográficas de monitoramento de estações fluviométricas. A partir dos resultados gerados pelo método do filtro digital foi possível gerar hidrogramas mostrando a evolução do escoamento superficial e de base de cada uma das estações (Figura 4 e Figura 5).

Figura 4 – Hidrograma com escoamento superficial e escoamento de base da estação fluviométrica Barreiro da Raiz ao longo de outubro de 2002 a abril de 2022 com indicação de pluviometria no eixo auxiliar.

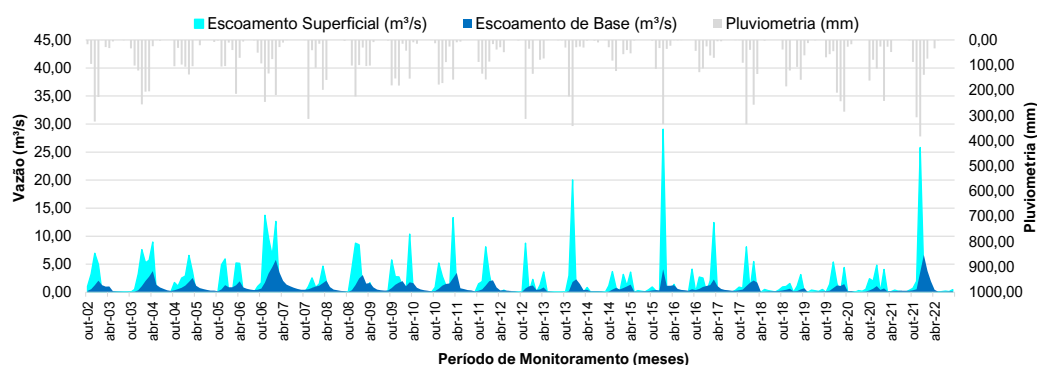
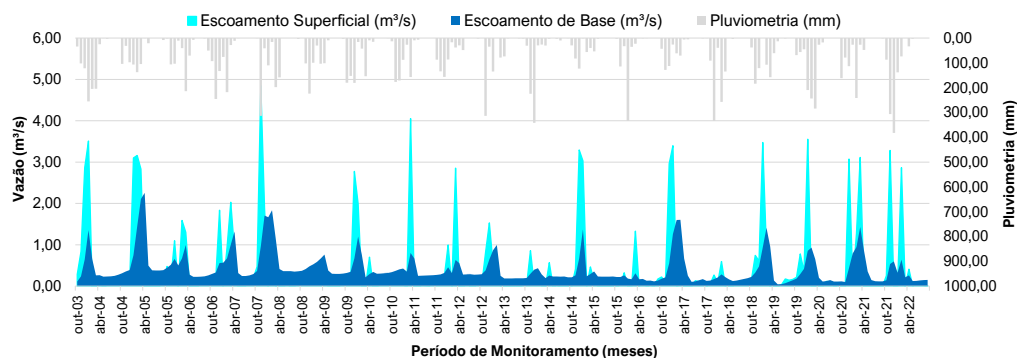


Figura 5 – Hidrograma com escoamento superficial e escoamento de base da estação fluviométrica Fazenda Lagoa Grande ao longo de outubro de 2003 a abril de 2022 com indicação de pluviometria no eixo auxiliar.



Nos gráficos, é possível observar que o escoamento superficial aparece apenas nos picos de precipitação, sendo que em alguns períodos são bem mais elevados que nos demais. A bacia da estação Barreiro da Raiz apresenta uma média de escoamento total de 2,62 m³/s, sendo 1,78 m³/s de escoamento superficial e 0,84 m³/s de escoamento de base, resultando em uma taxa de índice de fluxo de base (BFI) de 31,98%. Por outro lado, a bacia da Fazenda Lagoa Grande tem uma média de escoamento total de 0,88 m³/s, com 0,45 m³/s de escoamento superficial e 0,42 m³/s de escoamento de base, o que equivale a um BFI de 48,31%.

Por fim, os resultados indicaram que a recarga calculada para o Aquífero Fissural na bacia hidrográfica da estação Barreiro da Raiz foi de 5,19%. Por outro lado, ao aplicar o método de separação de recargas, a recarga para o Aquífero Poroso foi determinada como sendo de 20,14%. Como não existia estações fluviométricas com dados confiáveis que monitorassem unidades hidrogeológicas do Aquífero Cárstico dentro da área de estudos, para ela foi utilizado o valor de recarga de 7,76%, obtida no trabalho de De Paula, 2012.

#### Reserva Renovável:

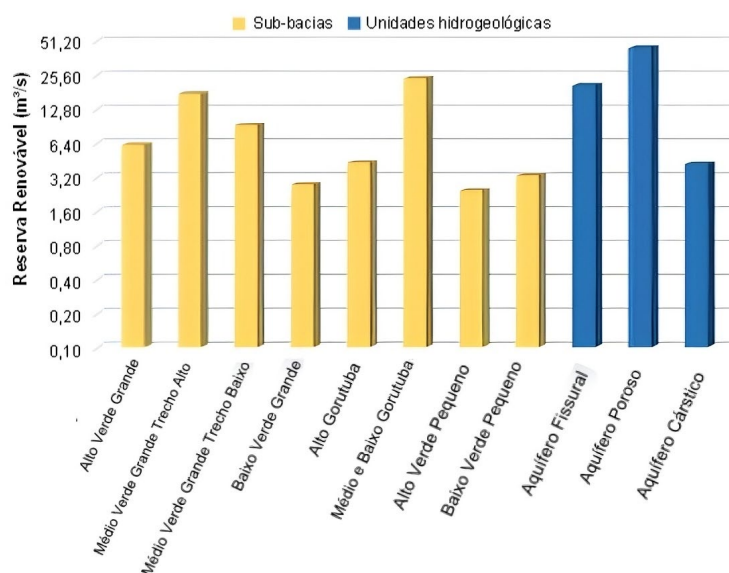
A avaliação da reserva renovável foi conduzida tanto para as sub-bacias como para as unidades hidrogeológicas, e os resultados estão representados na figura 6 abaixo.



No que diz respeito à divisão das sub-bacias hidrográficas, destaca-se o médio e baixo Gorutuba como a de maior disponibilidade, seguida pelo médio Verde Grande – Trecho alto. As sub-bacias com valores mais baixos incluem o alto Verde Pequeno, baixo Verde Grande e baixo Verde Pequeno, apresentando quantidades bastante próximas entre si. De forma geral, a bacia do Rio Verde Grande como um todo apresenta uma reserva renovável aproximada de 82,73 m<sup>3</sup>/s.

A reserva renovável nas sub-bacias também depende principalmente da unidade hidrogeológica presente e da área de abrangência (Figura 2). Portanto, o médio e baixo Gorutuba apresentam valores mais elevados, uma vez que, entre todas as sub-bacias, é aquela que possui a maior extensão territorial e ainda conta com uma vasta área do aquífero poroso.

Figura 6 – Resultados da reserva renovável da bacia do rio Verde Grande em m<sup>3</sup>/s para todos os 27 municípios, 8 sub-bacias hidrográficas e 3 tipos de aquífero (Eixo Y em escala logarítmica).



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu quantificar a reserva renovável de água na Bacia Hidrográfica do rio Verde Grande, destacando a influência direta da hidrogeologia regional na disponibilidade hídrica. Os resultados demonstraram que o aquífero poroso, presente em sub-bacias como o médio e baixo Gorutuba, é o principal responsável pelos maiores volumes de reserva renovável, devido à sua alta taxa de recarga (20,14%). Em contraste, os aquíferos fissural e cárstico apresentaram menores contribuições, com recargas de 5,19% e 7,76%, respectivamente.

A aplicação do método de Thiessen e do filtro digital mostrou-se eficaz na análise espacial da pluviometria e na separação dos componentes de escoamento, reforçando a importância de técnicas consolidadas para estudos hidrológicos em regiões semiáridas. Já a reserva renovável total para a bacia foi estimada em 82,73 m<sup>3</sup>/s.

Ao término deste trabalho, se tem como recomendação para pesquisas futuras os estudos e medições do cálculo de recarga dos aquíferos, em especial os cársticos, para um resultado mais assertivo.



## REFERÊNCIAS

- ANA. (2011). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande*. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Disponível em: <http://repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/handle/123456789/690>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- ANA. (2023). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Portal Hidroweb*, 2023. Disponível em: [www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao](http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao). Acesso em: 30 jul. 2023.
- BHERING, A. P., ANTUNES, I. M. H. R., MARQUES, E. A. G., DE PAULA, R. S. & SILVA, A. R. N. (2023). *Hydrogeology of Karst and Metapelite Domains of the Semi-Arid Vieira River Watershed (Brazil)—A Contribution to Groundwater Resource Management*. Water, v. 15, n. 11, p. 2066.
- COSTA, M. T.; BRANCO, J. J. R. (1961). *Roteiro da Excursão Belo Horizonte – Brasília*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 14, Roteiros de Excursões, SBG. (Publicação 15), Belo Horizonte.
- COSTA, W. D. (1998). *Avaliação de reservas, potencialidade e disponibilidade de aquífero*. In: Congresso Brasileiro de Água Subterrânea, 10., São Paulo. Anais... São Paulo.
- COSTA F., BACELLAR L.. (2010) *Caracterização Hidrogeológica de Aquíferos a Partir do Fluxo*
- DE PAULA, R. S. (2012). *Modelagem numérica de fluxo do aquífero cárstico-fissural do Grupo Bambuí, Bacia do Riacho Boi Morto no município de São Francisco, norte de Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais.
- DE PAULA, R. S.; VELÁSQUEZ, L. N. M. (2013). *Modelagem Numérica de Fluxo do Aquífero Cárstico-Fissural da bacia do Riacho Boi Morto no Município de São Francisco, Minas Gerais*. Águas Subterrâneas, v. 27, n. 2.
- DE PAULA, R. S. (2019). *Modelo Hidrogeológico de Fluxo do Flanco Leste do Sinclinal Moeda (Quadrilátero Ferrífero - MG): Caracterização, Impactos e Perspectivas Futuras para o Aquífero Cauê*. Belo Horizonte, 2019. 278f. Tese (Doutorado em Geologia). Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG.
- DE PAULA, R. S., TEIXEIRA, G. M., RIBEIRO, C. G., DA SILVA, P. H. P., SILVA, T. G. A., VIEIRA, L. C. M., & Velásquez, L. N. M. (2020). *Parâmetros Hidrodinâmicos do Aquífero Cárstico-Fissural da Região de Lagoa Santa, Minas Gerais*. Águas Subterrâneas, 34(2), 221-235.
- DIAS, P. H. A., BRITO, D., SILVA, M. A. D., BARROS, R., MATOS, C. A., REIS, C., & MEIRA, M. (2022). *Mapa geológico da bacia do São Francisco*. (under review).
- DOS SANTOS, E. F. (2013). *Caracterização Hidrogeológica e Hidroquímica da Bacia do Rio Verde Grande em Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: [repositorio.ufmg.br](http://repositorio.ufmg.br).
- FEITOSA, F. A. C., MANOEL FILHO, J., FEITOSA, E. C., DEMETRIO, J. G. A. (2008). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. CPRM.
- FIUME, B., SENHORINHO, E. M., NASCIMENTO, F. M. D. F., MIRANDA, J. S. N., ABREU, M. C., & PAULA, T. L. F. D. (2022). *Mapa hidrogeológico do estado de Minas Gerais*.

- IGLESIAS, M., UHLEIN, A. (2009). *Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais*. Revista Brasileira de Geociências, v. 39, n. 2, p. 256–266.
- IGLESIAS, M., UHLEIN, A. (2008). *Estratigrafia do Grupo Bambuí na Serra do Jaíba, norte de Minas Gerais*. Geonomos, v. 16, n. 1, p. 21-27.
- INMET. (2023). Instituto Nacional de Meteorologia. *Portal INMET*. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- LYNE, V. & HOLICK, M. (1979). *Stochastic time-variable rainfall-runoff modelling*. In: Institute of engineers Australia national conference. Barton, Australia: Institute of Engineers Australia. p. 89-93.
- MACHADO, N., SCHRANK, A., ABREU, F. D., KNAUER, L. G., & ALMEIDA-ABREU, P. A. (1989). *Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional*. Boletim do Núcleo Minas Gerais-Sociedade Brasileira de Geologia, v. 10, p. 171-174.
- MILLER, J. A. (1999). *Ground water atlas of the United States: Introduction and national summary*. US Geological Survey.
- NATHAN, R. J. & MCMAHON, T. A. (1990). *Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses*. Water resources research, v. 26, n. 7, p. 1465-1473.
- SILVA, L. C., PEDROSA-SOARES, A. C., Armstrong, R., Pinto, C. P., Magalhães, J. T. R., Pinheiro, M. A. P., & Santos, G. G. (2016). *Disclosing the Paleoproterozoic to Ediacaran history of the São Francisco craton basement: The Porteirinha domain (northern Araçuaí orogen, Brazil)*. Journal of South American Earth Sciences, v. 68, p. 50-67.
- SILVA, M. A., PINTO, C. P., PINHEIRO, M. A. P., MARINHO, M. S., LOMBELLO, J. C., PINHO, J. M., ... & Magalhães, J. R. (2020). *Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais*. Projeto Geologia do Estado de Minas Gerais.
- SILVEIRA, C. D. S., SOUZA FILHO, F. D. A. D., MARTINS, E. S. P. R., OLIVEIRA, J. L., COSTA, A. C., NOBREGA, M. T., ... & SILVA, R. F. V. (2016). *Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: Uma análise para precipitação e temperatura*. RBRH, v. 21, p. 416-428.
- SISEMA. (2023). Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais. *WebGIS*. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- THIESSEN, A. H. (1911). *Precipitation averages for large areas*. Monthly Weather Review, v. 39, n. 7, p. 1082-1089.