



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE RIOS DE PRIMEIRA ORDEM DO CERRADO NO PERÍODO CHUVOSO

Guilherme Cesar Melozi¹
Eliana Aparecida Panarelli²
Rodrigo Ney Millan³

Proteção de ecossistemas e habitats.

Resumo

A preservação dos recursos hídricos é fundamental para a qualidade de vida no planeta, especialmente diante dos impactos negativos causados por ações antrópicas, praticadas em áreas urbanas e agrícolas. As nascentes, que são fontes primárias de água potável e essenciais para a manutenção dos ecossistemas, estão ameaçadas pela remoção de matas ciliares, o que aumenta a carga de sedimentos e dejetos nos rios, prejudicando a qualidade da água. Este estudo foi realizado na região da Serrinha, no município de Frutal-MG, em duas sub-bacias, no fim do período chuvoso de 2023. Foram analisadas variáveis físico-químicas da água, como nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, fósforo total e ortofosfato, para avaliar a qualidade da água e os impactos das práticas de uso da terra. Os resultados mostraram que, no período avaliado, as concentrações das variáveis analisadas estavam dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 para águas doces de classe 1. Os valores encontrados estavam significativamente abaixo dos limites máximos permitidos, indicando que, mesmo sob condições propícias para a lixiviação de material alóctone, a qualidade da água nas nascentes permaneceu adequada sob o prisma destas variáveis. Com isso, reforça-se a importância de práticas agrícolas sustentáveis e da manutenção das matas ciliares para preservar a qualidade da água das nascentes e garantir o abastecimento seguro para as populações humanas e os ecossistemas.

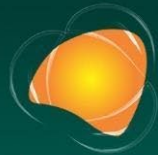
Palavras-chave: Nascentes; Qualidade de água; Estação chuvosa; Impacto ambiental.

¹Discente do Curso de Engenharia Agrônoma, Universidade do Estado de Minas Gerais, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, meloziguilherme@gmail.com Prof. Me. Nome da Instituição – Departamento XXXXXX, email@gmail.com.

² Prof. Dra. Eliana Aparecida Panarelli, Universidade do Estado de Minas Gerais, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, eliana.panarelli@uemg.br.

³ Prof. Dr. Rodrigo Ney Millan, Universidade do Estado de Minas Gerais, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, rodrigo.millan@uemg.br

REALIZAÇÃO



INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos mais essenciais para a manutenção da vida, presente tanto nos ciclos naturais do ambiente quanto nos ciclos fisiológicos dos organismos vivos. Devido à sua importância para o desenvolvimento da vida, a preservação da água tornou-se crucial. Apesar de sua abundância, a água tem sido afetada negativamente por práticas antrópicas associadas ao desenvolvimento urbano e agrícola.

As nascentes, ou rios de primeira ordem, são fundamentais para abastecer os sistemas hídricos e permitir o desenvolvimento da sociedade. Ambientalmente, elas desempenham um papel crucial na manutenção dos ecossistemas aquáticos e terrestres, fornecendo habitats para diversas espécies e contribuindo para a estabilidade dos ciclos hidrológicos. Para o abastecimento humano, as nascentes são fontes primárias de água potável, essencial para a vida cotidiana e para a produção agrícola e industrial. A preservação dessas fontes é vital não apenas para a saúde dos ambientes naturais, mas também para garantir o acesso contínuo a água limpa e segura para as populações humanas.

O Novo Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012) define "nascente" como um "afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá origem a um curso d'água". A água desempenha um papel vital no cotidiano social, estando presente nas rotinas de higiene, preparo de alimentos, fabricação de produtos e produção agrícola.

Uma estratégia eficaz para a conservação dos rios de primeira ordem é a manutenção das matas ciliares ao redor das nascentes. A remoção dessas matas pode ter impactos negativos, como o aumento da carga de sedimentos e dejetos nos rios. Segundo Pereira *et al.* (2011), a remoção da vegetação ao redor das nascentes e margens dos rios causa alterações adversas, pois a vegetação é essencial para a recarga do aquífero. Sem ela, há uma diminuição na infiltração e um aumento do escoamento superficial, o que leva ao transporte de materiais alóctones para os rios.

O período chuvoso foi escolhido para a realização deste estudo devido à maior lixiviação de materiais alóctones, como sedimentos e nutrientes, para os corpos d'água durante esse período. Isso pode intensificar os impactos sobre a qualidade da água em comparação com o período seco, quando a quantidade de lixiviação é reduzida e o transporte de materiais alóctones é menor. Assim, avaliar a



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

qualidade da água durante o período chuvoso oferece uma visão mais abrangente e crítica sobre a influência desses materiais e as mudanças que ocorrem em resposta a práticas de uso da terra.

Atualmente, a justificativa para a remoção de áreas florestadas ao redor dos cursos d'água frequentemente é a exploração agropecuária. Com o tempo, a agricultura e a pecuária passaram por modernizações técnicas que muitas vezes requerem a retirada da vegetação nativa. Estudos, como o de Taniwaki *et al.* (2017), mostraram que a implantação de canaviais próximos aos cursos d'água pode prejudicar a qualidade da água, aumentando a concentração de nitratos e sólidos em suspensão.

Diante dessa realidade, é fundamental adotar práticas de uso racional e sustentável da água, considerando que o uso inadequado pode ter consequências negativas para os aspectos social, econômico e ambiental. Mendes e Rosendo (2013) ressaltam que, para equilibrar a preservação ambiental com a produção sustentável, é essencial adotar boas práticas de cultivo que minimizem os impactos da agricultura e pecuária. Este trabalho visa avaliar e comparar as características físico-químicas da água em duas sub-bacias (sub-bacia 1 e sub-bacia 6) da região da Serrinha no município de Frutal-MG, mais especificamente, dois trechos de rios de primeira ordem, que são responsáveis pela origem do Ribeirão São Mateus e do Rio São Francisco.

METODOLOGIA

Localização e caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado na região denominada Serrinha, no município de Frutal, MG, localizada entre as latitudes 19°46'52"; 20°01'28" S e Longitude: 48°49'29"; 49°08'53" O (Figura 1). O município está inserido na região noroeste do Estado de Minas Gerais e possui uma área de 2.426 km² com 58.588 habitantes e densidade demográfica de 24,14 habitantes por km² (IBGE, 2022). O município está inserido no domínio fitogeográfico do Cerrado e apresenta uma matriz fragmentada formada por pastagens, áreas de cultivos perenes, semi-perenes e anuais, com poucos fragmentos florestais. O setor agropecuário movimenta grandes recursos na região (IBGE, 2022).



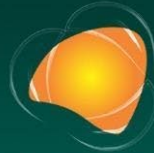
EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

O clima é definido como Aw, segundo a classificação Köppen-Geiger, tropical sazonal com inverno seco e verão chuvoso (Alvares *et al.*, 2014), temperatura média de 23,8°C e precipitação anual de 1626,9 mm (ACCUWEATHER, 2023).

A Serrinha compõe o divisor de bacias entre o rio Paranaíba e o rio Grande, composta por rochas areníticas da Formação Uberaba (Grupo Bauru), seguida ao sul por uma faixa da Formação Vale do Rio do Peixe (CPRM, 2012), onde se encontram nascentes de seis bacias dos principais rios do município: Ribeirão São Mateus, Ribeirão Frutal, Córrego Bebedouro, Rio São Bento da Ressaca, Ribeirão Marimbondão e Rio São Francisco. As porções centro leste e centro oeste possuem nascentes que vertem em áreas entremeadas por afloramento da Formação Serra Geral (CPRM, 2012), somando aproximadamente 154 nascentes. A Serrinha e suas bordas compõem área de recarga importante para a manutenção da qualidade e quantidade das águas subterrâneas e seus afloramentos. A proteção desse tipo de sistema é fundamental, sendo necessário evitar o desmatamento, o uso incorreto dos solos e a instalação de atividades potencialmente poluidoras (Brasil, 2007).

Período e pontos de coleta

Neste trabalho foram selecionadas as sub-bacias da região norte da serrinha, nomeadas como sub-bacia 1 e 6 (Figura 1). Nestes setores foram amostrados três trechos de rios de primeira ordem, somando 6 trechos de rios, no final do período chuvoso (abril/2023), nos quais foram mensurados os nutrientes da água e a vazão.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

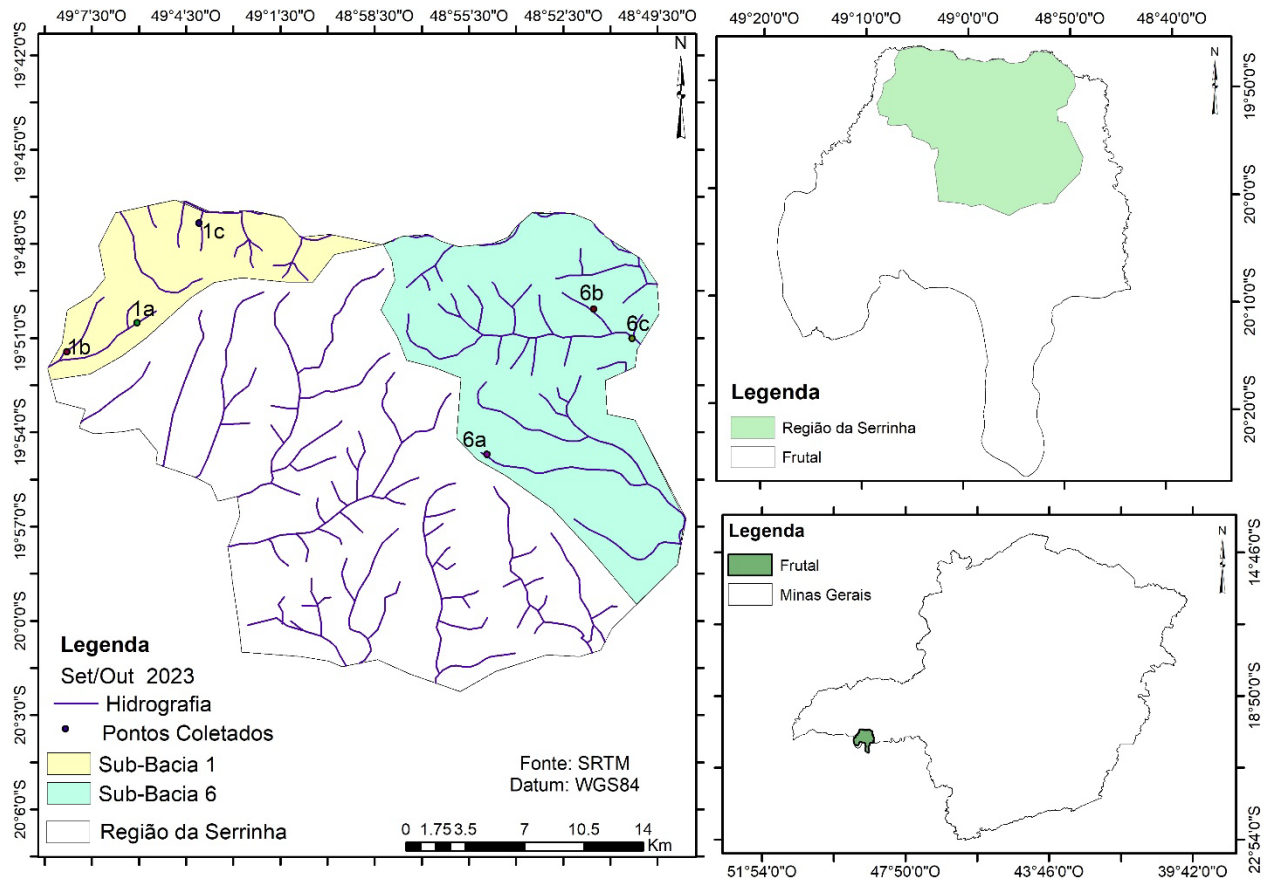


Figura 1: Localização da área de estudo (Serrinha) ilustrando a hidrografia das duas sub-bacias estudadas (1 e 6) e os pontos amostrais.

Análise da água

A vazão de cada nascente foi mensurada utilizando os dados de velocidade da correnteza, obtida com fluxômetro digital, multiplicados pela área da secção transversal de cada curso d'água (medidas realizadas no local).

Amostras de água para análises de nutrientes foram coletadas em todos os pontos utilizando frascos plásticos (500 mL), previamente limpos, que passaram por congelamento imediatamente após as coletas. Nessas amostras foram quantificadas as concentrações de nitrogênio amoniacal total, nitrato,



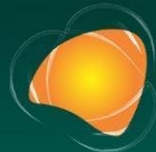
nitrito, fósforo total e ortofosfato. A quantificação ocorreu por determinação espectrofotométrica, de acordo com Golterman, Clymo e Ohnstad (1978) e Koroleff (1976).

Análise estatística dos dados

Para verificar possíveis associações entre as sub-bacias, baseando-se nos parâmetros físico-químicos foi realizada uma análise de componentes principais (ACP). Os dados foram padronizados (Legendre; Legendre, 1998). Esse tipo de análise utiliza uma transformação ortogonal para dispor um conjunto de observações resumidas em componentes principais. Uma vez realizada essa análise, se torna mais didática a maneira de correlacionar os dados e interpretá-los devido a visão multivariada transmitida pelo gráfico biplot. Todas as análises foram realizadas no Programa Statistica 14 (Cloud Software Group, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro plano fatorial da ACP resumiu 95,25% da variabilidade original dos dados. O componente principal 1 reteve 71,82% dos dados, agrupando do seu lado positivo pontos da sub-bacia 6 que ficaram associados variáveis ortofosfato e nitrato. Contrastando a este cenário, do lado negativo deste eixo, encontra-se a associação dos pontos 1A e 1B com as variáveis nitrito e nitrogênio amoniacal total. O componente principal 2 reteve 23,43% da variabilidade original dos dados, com o posicionamento do ponto 1C do lado negativo deste componente, associando-se a variável fósforo total (Figura 2).



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

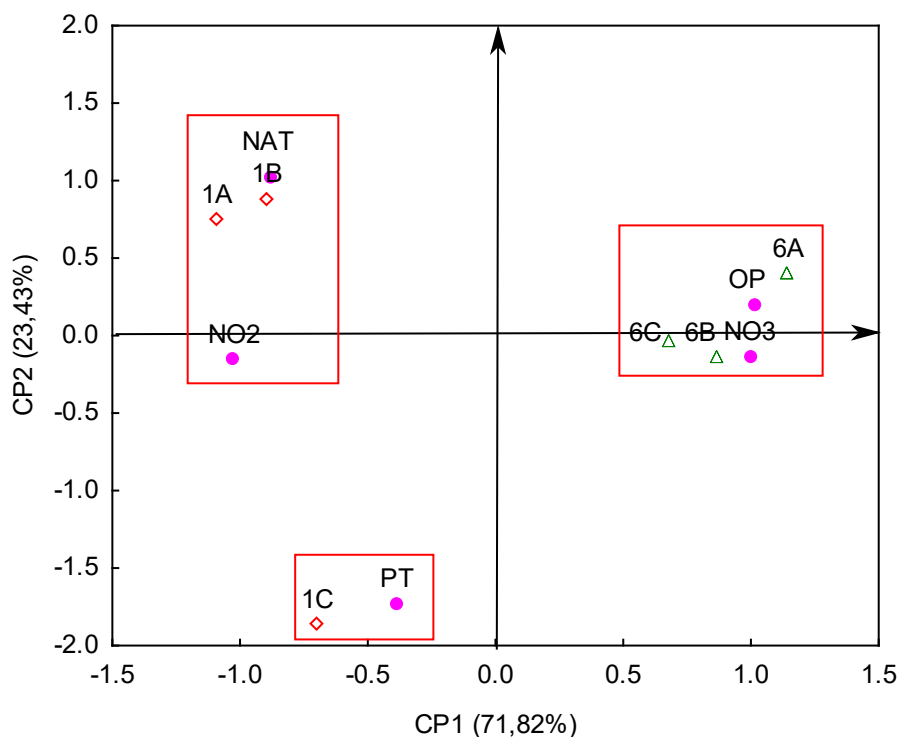


Figura 2: Gráfico biplot da Análise de Componentes Principais dos nutrientes da água no período chuvoso, onde: 1A – 1C = pontos da sub-bacia 1; 6A – 6C = pontos da sub-bacia 6; NO3 = nitrato; NO2 = nitrito; NAT = nitrogênio amoniacal total; PT = fósforo total; OP = ortofosfato.

A tabela 1 mostra as médias e os desvios padrões dos resultados obtidos a partir das análises da água em laboratório. Nos pontos 1A e 1B observou-se as maiores médias para as variáveis NAT ($39,1 \mu\text{g L}^{-1}$ e $36,0 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente) e NO₂ ($10,2 \mu\text{g L}^{-1}$ e $9,1 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente), o que proporcionou o agrupamento no lado positivo do CP1, junto às variáveis mencionadas (Figura 2).

A fim de comparar os valores encontrados para cada variável com a resolução 357/05 do CONAMA (Brasil, 2005), utilizaremos como base os padrões encontrados em águas doces de classe 1, uma vez que no artigo 13 da referida legislação é definido que “nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água”, porém este é um estudo pioneiro para a região, o que nos impede de saber quais são as condições naturais destes ambientes de nascentes.



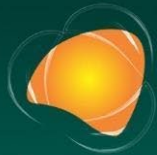
EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Tabela 01: Média e desvio padrão das variáveis analisadas em suas respectivas sub-bacias, onde: NAT = nitrogênio amoniacal total; NO₂ = nitrito; NO₃ = nitrato; PT = fósforo total; OP = ortofosfato.

Sub-bacia	NAT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NO ₂ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NO ₃ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	PT ($\mu\text{g L}^{-1}$)	OP ($\mu\text{g L}^{-1}$)
1A	39,1 ±33,3	10,2 ±2,3	7,7 ±4,7	2,4 ±0,7	0,0 ±0,0
1B	36,0 ±23,0	9,1 ±2,2	1,6 ±0,7	1,7 ±0,4	0,0 ±0,0
1C	16,9 ±4,1	9,5 ±4,2	63,1 ±8,4	7,7 ±8,4	0,0 ±0,0
6A	13,8 ±4,0	4,5 ±1,1	251,8 ±121,4	1,2 ±1,4	0,6 ±0,2
6B	13,9 ±1,8	4,6 ±0,7	184,8 ±268,9	2,9 ±2,3	0,6 ±0,7
6C	13,2 ±3,5	6,6 ±1,0	285,0 ±151,6	1,9 ±0,3	0,3 ±0,3

Na legislação referida acima podemos observar valores de nitrogênio amoniacal total (NAT) de até 3700 $\mu\text{g L}^{-1}$, indicando que os valores encontrados para esta variável estão dentro dos limites permitidos em todos os pontos. Para a variável NO₂, a água pode apresentar até 1000 $\mu\text{g L}^{-1}$, assim, todos os pontos encontram-se abaixo do recomendável para essa variável. O mesmo foi observado para a variável nitrito no estudo de Marmontel e Rodrigues (2015), que avaliaram a qualidade da água de nascentes no município de São Manoel (SP), que apresentou variação entre 10 e 60 $\mu\text{g L}^{-1}$.

A tabela 1 mostra que todos os pontos relacionados com a sub-bacia 6 apresentam os maiores valores médios de NO₃ e OP, com valores inferiores a 300 $\mu\text{g L}^{-1}$ de NO₃ e 0,6 $\mu\text{g L}^{-1}$ de OP. A variável NO₃ apresenta um limite de até 10000 $\mu\text{g L}^{-1}$, sendo assim, todos os pontos analisados estão muito abaixo do limite máximo estabelecido (Brasil, 2005). Já os níveis da variável OP, não se encontram presentes na resolução do CONAMA e os valores encontrados, por serem praticamente nulos, não apresentam relevância significativa para a interpretação e discussão. A variável nitrato apresentou-se abaixo de 9000 $\mu\text{g L}^{-1}$ em águas de nascentes, no estudo realizado por Marmontel e Rodrigues (2015), ou seja, até 30 vezes maior do que os valores encontrados neste estudo.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

O fósforo total apresentou a maior média no ponto 1C ($7,7 \mu\text{g L}^{-1}$), ratificando o encontrado na análise de componentes principais (Figura 2). A legislação analisada estabelece um limite de $100 \mu\text{g L}^{-1}$, o que não foi detectado em nenhum ponto das sub-bacias, estando todos abaixo do limite máximo estabelecido (Brasil, 2005). Ao estudar a qualidade da água de nascentes no município de Alegre (ES), Agrizzi *et al.* (2018) encontrou valores abaixo de $90 \mu\text{g L}^{-1}$ de fósforo total, o que representa valores mais de 10 vezes maiores do que o encontrado neste estudo.

CONCLUSÕES

No período mais crítico quanto à lixiviação de materiais alóctones para as nascentes analisadas (fim do período chuvoso), as variáveis nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal total, fósforo total e ortofosfato, encontram-se em níveis adequados, estando dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 para águas doces de classe 1.

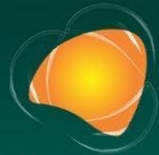
AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FAPEMIG pelo auxílio concedido via chamada Universal, processo APQ 00420-21. O primeiro pela bolsa de iniciação científica concedida pelo edital 16/2023 PAPq/UEMG.

REFERÊNCIAS

ACCUWEATHER. **Condições meteorológicas de São Paulo**. ACCUWEATHER. Ano 2023. Disponível em: <https://www.accuweather.com/pt/br/autode/39298/weather-forecast/39298>. Acesso em: 24 nov. 2023.

AGRIZZI, D. V.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. O.; AMARAL, A. A.; FIRMINO, E. F. A.; MENDES, N. G. S. Qualidade da água de nascentes do Assentamento Paraíso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 3, p. 557-568, 2018.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357, de 15 de março de 2005.**: Dispõe sobre uma nova classificação para as águas doces, bem como para as águas salobras e salinas do território nacional. Brasília: CONAMA, 2005. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso: 04 set. 2024.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a medida provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. Diário oficial da União, Brasília, DF, ano 2012, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Águas subterrâneas:** um recurso a ser conhecido e protegido. Secretaria de recursos hídricos e Ambiente urbano. Brasília/DF: MMA, 2007.

CLOUD SOFTWARE GROUP, INC. **Statistica.** Data Science Workbench, version 14. 2023 <http://tibco.com>.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto Rede integrada de monitoramento das águas subterrâneas:** relatório diagnóstico sistema aquífero bauru-caiuá no estado de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG, CPRM – serviço geológico do Brasil. 2012.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and Chemical analysis of freshwater.** Oxford: BlackwellScientific publications, 1978.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativa de população.** 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/frutal/panorama>. Acesso em: 24 nov. 2023.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. *In:* GRASHOF, E.; KREMLING E. (eds). **Methods of seawater analysis.** New York: Verlag Chemie Weinheim, 1976, 117-181.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology.** Amsterdam: Elsevier Science B.V., 853 p., 1998.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros indicativos de qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 171-181, 2015.

REALIZAÇÃO



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

MENDES, L. S.; ROSENDO, J. S. Proposta metodológica para classificação do grau de preservação/degradação em nascentes. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, Ituiutaba, v. 4, n. 2, p. 491-508, 2013.

PEREIRA, P, H, V; PEREIRA, S; Y; YOSHINAGA, A; PEREIRA, P, R, B. Nascentes: análise e discussão dos conceitos existentes. **Fórum ambiental da Alta Paulista**, v. 7, n. 2, p. 139-151, 2011.

TANIWAKI, R. H.; CASSIANO, C. C.; FILOSO, S.; FERRAZ, S. F. B.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 584-585, p. 339-347, 2017.

REALIZAÇÃO