

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL METALÚRGICA DE VOLTA REDONDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

PAULO SÉRGIO NEVES JÚNIOR

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE NASCENTES DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE
VOLTA REDONDA/RJ**

VOLTA REDONDA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA INDUSTRIAL METALÚRGICA DE VOLTA REDONDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE NASCENTES DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE
VOLTA REDONDA/RJ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Aluno: Paulo Sérgio Neves Júnior

Orientadora: Profa. Dra. Danielle da Costa Rubim Messeder dos Santos

Coorientadoras: Profa. Dra. Roberta Fernanda da Paz de Souza Paiva

Profa. Dra. Renata Luz Martins

Volta Redonda, RJ

2022

PAULO SÉRGIO NEVES JÚNIOR

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE NASCENTES DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE
VOLTA REDONDA/RJ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Aprovada em 28 de abril de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof(a). Dr(a). Roberta Fernanda da Paz de Souza Paiva – UFF
Co-orientadora



Assinado de forma digital por
THIAGO SIMONATO MOZER
thiagomozer@id.uff.br:08340
944797

Prof. Dr. Thiago Simonato Mozer - UFF



Prof(a). Dr(a). Cristiana do Couto Miranda - IFRJ

Volta Redonda, RJ

2022

Ficha catalográfica automática - SDC/BEM
Gerada com informações fornecidas pelo autor

N511a Neves júnior, Paulo Sérgio
AVALIAÇÃO AMBIENTAL DE NASCENTES DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE
VOLTA REDONDA/RJ / Paulo Sérgio Neves júnior ; Danielle da
Costa Rubim Messeder Dos Santos, orientadora ; Roberta
Fernanda da Paz De Souza Paiva, coorientadora. Volta Redonda,
2022.
101 f.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense,
Volta Redonda, 2022.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PGTA.2022.m.08227606652>

1. Nascentes de água. 2. Qualidade da Água. 3. IIAN. 4.
Análises químicas. 5. Produção intelectual. I. Dos Santos,
Danielle da Costa Rubim Messeder, orientadora. II. De Souza
Paiva, Roberta Fernanda da Paz, coorientadora. III.
Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia
Industrial e Metalúrgica de Volta Redonda. IV. Título.

CDD -

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

AGRADECIMENTOS

À Deus por ser sempre meu norte e por sempre abençoar minhas principais decisões.

Aos meus pais e irmã. As principais pessoas em minha vida. Minha base e minha fortaleza.

À Professora Dra. Danielle da Costa Rubim Messeder dos Santos pela confiança, orientação e apoio em todo o caminho trilhado neste trabalho.

À Professora Dra. Renata Luz Martins, pela coorientação, ensinamentos e conselhos fundamentais para o trabalho.

À Professora Dra. Roberta Fernanda da Paz Souza Paiva, pela coorientação, paciência e ensinamentos.

À Professora Dra. Ana Paula Martinazzo, pelos ensinamentos e conselhos em uma das etapas fundamentais deste trabalho.

Aos amigos que fiz durante o mestrado que, mesmo à distância, agregaram bastante valor e conhecimento.

Ao SAAE de Volta Redonda/RJ por ter aberto as portas e não ter medido esforços para que este trabalho fosse realizado.

“Na vida não importa o que você faça. Dê sempre o seu melhor”.
Ayrton Senna

RESUMO

O acesso à água é um direito de todos e o Estado tem o dever de monitorar e proporcionar este recurso com qualidade determinada. Por outro lado, nem sempre isto ocorre da maneira desejada, seja pelo ritmo desenfreado que avança a urbanização ou pela produção de resíduos que potencializam a contaminação dos recursos naturais. O município de Volta Redonda, situado na região Sul do Estado do Rio de Janeiro é um destes exemplos. Uma vez que o estudo de nascentes em bacias hidrográficas é uma importante ferramenta de gestão na conservação e preservação dos recursos hídricos, este trabalho promoveu um estudo de quatro das 29 minas de água listados no órgão de saneamento local. Com isso, foram realizadas três coletas de água para fins de avaliação dos parâmetros físico químicos da água. Nas duas primeiras coletas os parâmetros de qualidade estavam em conformidade com a portaria GM/MS Nº 888 de 2021. Porém, na terceira e última análise, foram observados resultados acima dos limites de tolerância do grupo coliformes totais nas minas JB e MC, bem como de *Escherichia coli* ou coliforme fecal na mina JB. Isso tornou impróprio o seu consumo. Além disso, foi aplicada a metodologia do Índice de Impacto Ambiental das Nascentes (IIAN) e de questionários estruturados, que buscaram o entendimento da percepção ambiental dos usuários. Dessa forma foi possível classificar as quatro minas em cinco níveis o grau de preservação em: ótimo, bom, razoável, ruim ou péssimo. Assim, o presente trabalho ratifica a importância do monitoramento e de estratégias que apontem os melhores caminhos de conservação das nascentes de águas subterrâneas.

Palavras Chave: Nascentes de água, Qualidade da Água, IIAN, Análises químicas.

ABSTRACT

Access to water is everyone's right and the State has a duty to monitor and provide this resource with a determined quality. On the other hand, this does not always happen in the desired way. Whether due to the unbridled pace of urbanization or the production of waste that potentiates the contamination of natural resources. The municipality of Volta Redonda, located in the southern region of the State of Rio de Janeiro, is one such example. Since the study of springs in hydrographic basins is an important management tool in the conservation and preservation of water resources, this work promoted a study of four of the 29 water mines listed in the local sanitation agency. With this, three water collections were carried out for the purpose of evaluating the physical-chemical parameters of the water. In the first two collections, all quality parameters were in accordance with the GM/MS Ordinance No. 888 of 2021. However, in the third and final analysis, results above the tolerance limits of the total coliform group were observed in the JB and MC and *Escherichia coli* or fecal coliform at the JB mine. This made its consumption unsuitable. In addition, the methodology of the Environmental Impact of Springs Index (IIAN) and structured questionnaires were applied, which sought to understand the users' environmental perception. In this way, it was possible to classify the four mines in five levels, the degree of preservation in: excellent, good, reasonable, bad or very bad. This work confirms the importance of monitoring and strategies that point out the best ways of conserving groundwater springs.

Keywords: Water Springs, Water Quality, IIAN, Chemical analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Aquíferos transfronteiriços e área aflorante no território brasileiro, p. 18
- Figura 2 - Estrutura do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos, p. 21
- Figura 3 - Mapa da área de estudo e das 29 Minas listadas pelo SAAE, p. 35
- Figura 4 - Mapa da localização das minas pesquisadas, p. 42
- Figura 5 - Fases e procedimentos realizados para o cruzamento de dados entre o método IIAN e a percepção ambiental, p. 47
- Figura 6 - Mina do bairro São Geraldo, p. 48
- Figura 7 - Mina do bairro São João Batista (Julho 2021), p.49
- Figura 8 - Mina do bairro Morada da Colina (Julho 2021), p. 50
- Figura 9 - Mina do bairro Água Limpa (Maio 2020), p.51
- Figura 10 - Mina do bairro Água Limpa e conjunto habitacional que interrompeu o abastecimento de água à mina (Julho 2021), p.51
- Figura 11 - Média e Desvio padrão (DP) das pontuações da Mina SG, p. 74
- Figura 12 - Média e Desvio padrão (DP) das pontuações da Mina JB, p. 75
- Figura 13 - Média e desvio padrão (DP) das pontuações da Mina AL, p. 76
- Figura 14 - Média e Desvio padrão (DP) das pontuações da Mina MC, p. 77
- Figura 15 - Coeficiente de variação dos parâmetros nas diferentes minas, p. 80

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Padrão Microbiológico da água para consumo humano e valores máximos permitidos (VMP), p. 24
- Tabela 2 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que representam risco a saúde com valores máximos permitidos (VMP) e o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo Chemical Abstract Service, p. 25.
- Tabela 3 - Relação de Nascentes monitoradas pelo SAAE-VR, p. 27
- Tabela 4 - Características de Volta Redonda, p. 36.
- Tabela 5 - Método utilizado a partir do Standard Methods, p. 37
- Tabela 6 - Localização das minas de estudo, p. 41
- Tabela 7 - Exemplo de quantificação de parâmetros, p. 43
- Tabela 8 - Descrição dos parâmetros para cálculo do IIAN in loco, p. 44
- Tabela 9 - Classificação do grau de preservação das Minas, p. 45
- Tabela 10 - Resultado das Temperaturas nas Minas em estudo, p. 55
- Tabela 11 - Resultado de pH nas minas em estudo, p. 57
- Tabela 12 - Resultado de Cor Aparente nas minas em estudo, p. 57
- Tabela 13 - Resultado para Turbidez nas Minas em estudo, p. 59
- Tabela 14 - Resultado para Alcalinidade nas Minas em estudo, p. 60
- Tabela 15 - Resultado para Cloro Residual nas minas em estudo, p. 61
- Tabela 16 - Resultado para Dureza Total nas Minas em estudo, p. 62
- Tabela 17 - Resultado para Cloretos nas Minas em estudo, p. 63
- Tabela 18 - Resultado para Dióxido de Carbono nas Minas em estudo, p. 64
- Tabela 19 - Resultado para Bactérias Heterotróficas nas Minas em estudo, p. 65
- Tabela 20 - Resultado para Coliformes totais nas Minas em estudo, p. 66
- Tabela 21 - Resultado para *Escherichia coli* ou coliforme fecal nas minas em estudo, p.66
- Tabela 22 - Classificação do grau de preservação das Minas, p. 69
- Tabela 23 - Número de participações por bairro escolhido, p. 71
- Tabela 24 - Quantificação e qualificação do grau de preservação das Minas baseada na percepção ambiental dos moradores dos bairros estudados, p. 72
- Tabela 25 - IIAN x Percepção ambiental, p.77
- Tabela 26 - Resultado das médias e coeficiente de variação (CV) das respostas obtidas pelos entrevistados nas diferentes minas, p. 78

LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas
APHA - American Public Health Association
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CBH MPS - Comitê de Bacias Hidrográficas do Médio Paraíba do Sul
CSN - Companhia Siderúrgica Nacional
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
DF - Distrito Federal
DBO - Demanda Biológica de Oxigênio
DQO - Demanda Química de Oxigênio
ETA - Estação de Tratamento de Água
ETE - Estação de Tratamento de Esgoto
IDH - Índice de desenvolvimento Humano
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IIAN - Índice de Impacto Ambiental de Nascentes
JB - Mina São João Batista
mg L⁻¹ - miligrama por litro
MC - Mina Morada da Colina
ODS - objetivos de desenvolvimento sustentável
ONU - Organizações das Nações Unidas
OMS - Organização Mundial da Saúde
pH - Potencial Hidrogeniônico
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
SAAE VR - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Volta Redonda
SG - Mina São Geraldo
UFF - Universidade Federal Fluminense
UTM - Universal Transversa Mercator
VMP - valores máximos permitidos
°C - graus Celsius

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1. Recursos Hídricos	16
2.2. Águas Subterrâneas	17
2.3. Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba	19
2.4. Análise Ambiental Macroscópica de Nascentes	21
2.5. Percepção Ambiental	22
2.6. Legislação Hídrica	22
2.7. Matas Ciliares	25
2.8. Sistema de abastecimento de água do município de Volta Redonda (SAAE)	27
2.9. Parâmetros de qualidade da água	29
2.9.1. Parâmetros físicos	29
2.9.2. Parâmetros Químicos	30
2.9.3. Parâmetros Biológicos	31
2.10. Estratégias para Revitalização de Nascentes	31
3. OBJETIVOS	33
3.1. Objetivo Geral	33
3.2. Objetivos Específicos	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1. Delimitação da Área de Estudo	34
4.2. Análise Físico-química da água	36
4.2.1. Alcalinidade Total e Parcial	37
4.2.1.1. Padronização da solução de Ácido Sulfúrico	38
4.2.1.2. Procedimentos para determinação da alcalinidade	38
4.2.2. Determinação de cloretos	38
4.2.3. Determinação da Dureza Total	39
4.2.3.1. Padronização da solução de EDTA	40
4.2.3.2. Procedimentos para determinação de dureza total	40
4.2.4. Análises microbiológicas	41
4.3. Índice de Impacto Ambiental de Nascentes (IIAN)	41
4.3.1. Percepção Ambiental sobre a qualidade da água das minas	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1. Caracterização dos pontos de coleta	48
5.2. Avaliação dos parâmetros físico quimicos	53

5.3. Grau de conservação das Minas de água pelo método do índice de impacto ambiental (IIAN)	69
5.4. Percepção ambiental dos entrevistados	71
6. CONCLUSÃO	83
7. REFERÊNCIAS	85
ANEXOS	92

1. INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, o mundo atingiu níveis de desenvolvimento tecnológico capazes de promover aumentos significativos nas escalas de produção que abastecem a economia e a infraestrutura de nações. No entanto, o uso indiscriminado de recursos naturais impacta direta e indiretamente em toda a sociedade e no meio ambiente (BEDÊ, 2010). Dessa forma, Ostrom (2002) indica que a gestão equivocada de um recurso comum tende a levar à sua destruição. Portanto, o correto gerenciamento dos recursos naturais, como das águas subterrâneas, é essencial para garantir o seu uso sustentável.

A água é o recurso natural indispensável para a sociedade e para os ecossistemas. Entretanto, nos últimos anos, atividades antrópicas têm provocado mais acentuadamente uma forte redução na disponibilidade da água potável. Vale lembrar que o aumento populacional, o uso irresponsável de recursos naturais, a produção de lixo, o descarte inadequado de contaminantes e de efluentes agravam a contaminação dos solos, bem como das águas superficial e subterrânea (RHODEN et al., 2016). Cabe ressaltar que as águas subterrâneas possuem grande capacidade de armazenamento e resiliência em períodos de seca. Isso demonstra a importância das nascentes e de políticas públicas eficazes que promovam o seu uso responsável e sustentável (ANA, 2019).

De acordo com Vaz (2004), a preservação e a recuperação das nascentes dos cursos d'água, além de satisfazer a legislação ou propiciar a normalidade das mais variadas atividades humanas, são ações sustentáveis que garantem sua qualidade e manutenção para as futuras gerações em nosso planeta.

De acordo com ANA (2019), o governo tem ampla parcela de responsabilidade na proteção dos recursos hídricos, até por força de lei. Pode-se dizer que o Brasil possui destaque mundial neste sentido. Cabe mencionar a Agência Nacional das Águas (ANA), criada pela Lei Nº 9984/2000, que é a agência reguladora brasileira, ligada ao Ministério do Meio Ambiente, incumbida em fazer cumprir os objetivos e diretrizes da Lei das Águas do Brasil (Lei Nº 9433/1997) que, entre outras funções, possui a responsabilidade de programar políticas de regulação, monitoramento e planejamento.

Tais medidas tornam-se necessárias pois, além de preservar os recursos hídricos, são práticas que buscam evitar o desperdício no uso da água pela população ou por atividades econômicas para conter as crises hídricas que já assolaram severamente o país em um passado recente. Vale lembrar que entre 2013 e 2016, cerca de 48 milhões de pessoas foram afetadas

por secas e estiagens, especialmente na Região Nordeste e também nas Regiões Sudeste e Centro Oeste, onde estas não eram comumente afetadas por escassez hídrica. Com isso, a população precisou adotar procedimentos para conter o desperdício de água em atividades cotidianas onde diversas cidades ficaram sujeitas a cortes e sistemas de rodízio de abastecimento (ANA, 2019).

Atualmente o Brasil atravessa uma forte crise hídrica, com as vazões em algumas bacias hidrográficas das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste inferiores às suas respectivas médias históricas. Dessa forma, apesar das águas subterrâneas não poderem ser utilizadas para geração de energia elétrica, adquirem protagonismo estratégico para o abastecimento público. Especialmente em regiões de domínio das bacias sedimentares, aquelas águas subterrâneas não são afetadas pela sazonalidade de secas, inundações e evaporações (DINIZ et al., 2021).

Para a região do médio vale do Rio Paraíba do Sul fluminense (RJ), de acordo com De Goes et al. (2020) os padrões das séries históricas no regime de chuvas de seus municípios apontaram que o verão concentra entre 42 e 46% da precipitação anual, caracterizando-se como a estação mais chuvosa e, conseqüentemente, recarga para os aquíferos que englobam aquela região.

Nesse contexto, o presente projeto visa avaliar a qualidade ambiental de quatro das vinte e nove minas de água situadas no município de Volta Redonda/RJ. Tais minas foram escolhidas em função de suas localizações e do grande dinamismo de uso de seu recurso pelos usuários. Diante disso, foram feitas análises físico-químicas para averiguar possíveis contaminações na água, bem como a realização de análises macroscópicas através do Índice de Impacto Ambiental de Nascentes (IIAN), com utilização da métrica de 5 classes (ótimo, bom, razoável, ruim e péssimo).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Recursos Hídricos

A água é tratada como um recurso ou bem econômico, porque é finita, vulnerável e fundamental para a manutenção da vida e do meio ambiente. Sua falta prejudica o desenvolvimento de diversas regiões (ANA, 2019).

Economias regionais e nacionais dependem da disponibilidade adequada de água para a geração de energia, abastecimento público, irrigação e produção de alimentos. Aprimorar a gestão dos recursos hídricos integrando e otimizando os diversos usos, provendo de forma flexível a água para os diferentes usuários e investindo em saneamento é uma das ferramentas mais importantes de desenvolvimento econômico e social. Essas medidas possuem potencial de alinhar a melhora da qualidade de vida com a ampliação da capacidade de abastecimento de água para usos múltiplos para fins de estímulo à economia de uma sociedade (BHATIA, R.; BHATIA, M., 2006).

As águas subterrâneas representam aqueles recursos hídricos oriundos do subsolo e representam 98% das águas doces líquidas de nosso planeta. Nessa perspectiva, o Brasil é um país privilegiado. Possui uma vasta disponibilidade hídrica em seu território e abastece total ou parcialmente 52% de seus municípios, com gigantescas reservas e blindados aos efeitos de secas ou estiagens. No entanto, tal recurso apresenta baixa disponibilidade, principalmente em regiões áridas e semiáridas (DINIZ et al., 2021).

O relatório elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA), alinhado aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) das Organizações das Nações Unidas (ONU), propõe, no âmbito do eixo temático de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, duas metas. A primeira promete alcançar acesso universal e equitativo à água para consumo humano, segura e acessível a todos até 2030. Neste mesmo período a segunda meta buscará o acesso ao saneamento e à higiene adequados e equitativos para todos, a fim de que seja possível eliminar a defecação a céu aberto, com atenção especial às necessidades das mulheres em situação de vulnerabilidade (ANA, 2019).

Vale mencionar ainda a Secretaria Nacional de Saneamento (SNS), vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), que trata do 25º Diagnóstico dos serviços de água e esgoto através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Este sistema é o maior e mais importante instrumento para informações do setor de saneamento e engloba informações operacionais, gerenciais, financeiras, qualidade dos serviços de água e

esgotos, manejo de resíduos sólidos e drenagem pluvial. Neste ambiente são levantadas 185 informações de diversos tipos, tais como: população atendida, quantidade de ligações e de economias ativas, volumes produzidos e consumidos para abastecimento de água entre outros. A partir deste banco de dados são calculados 84 indicadores no sistema, como: indicadores econômico-financeiro e administrativos, operacionais de água e esgotos, balanço e qualidade (BRASIL, 2020).

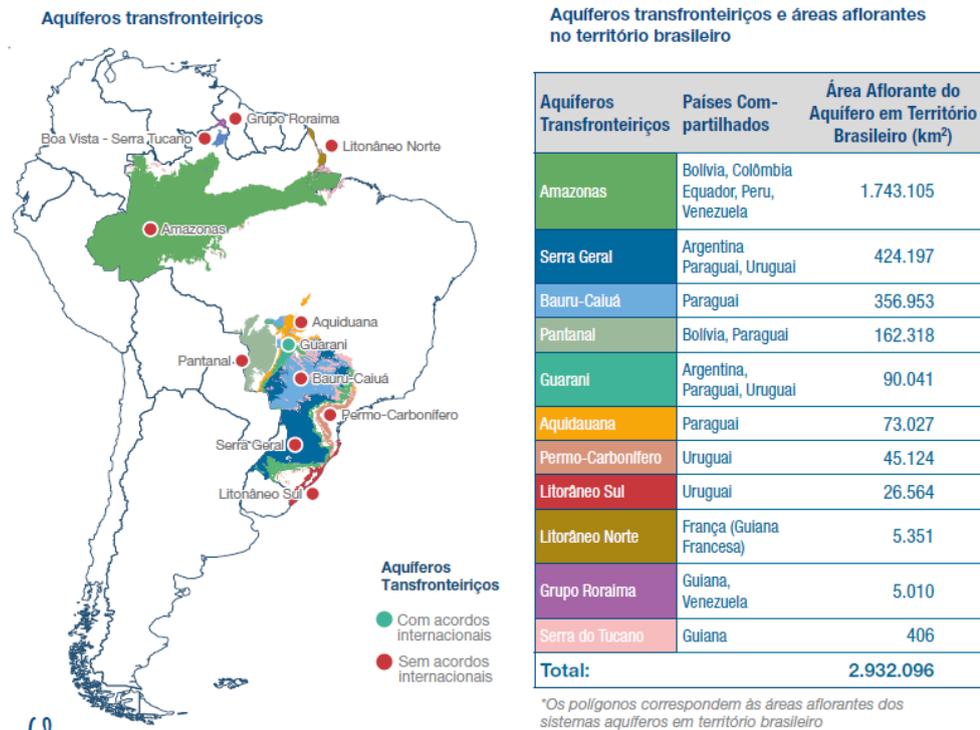
2.2. Águas Subterrâneas

O Brasil, devido a sua vasta abrangência territorial e disposição hídrica, pode ser considerado privilegiado. O país compartilha bacias hidrográficas (dentre muitas, a do Amazonas, a maior do mundo) e aquíferos, que fazem fronteira com diversos outros países da América do Sul, o que torna imprescindível a formalização de acordos internacionais para a gestão integrada desses recursos hídricos que extrapolam fronteiras nacionais (ANA, 2019).

Vale ressaltar que as águas subterrâneas são ótimas opções de abastecimento público e possuem bons parâmetros de qualidade (BRICKER et al., 2017). Para tanto é fundamental a preservação das nascentes pois estas também resultarão na formação de rios e lagos que, além de promover a irrigação de diversas formas de vegetação, contribuem na dessedentação de toda a fauna presente naquele ambiente (BARRETO; RIBEIRO; PILZ, 2010).

Contudo, a fim de que acordos de gestão compartilhada entre o Brasil e outros países possam atingir 100% dos recursos hídricos transfronteiriços, é necessário que estes contemplem 97% dos aquíferos (Figura 1). Isso equivale a 2.842.055 km². Dentre os aquíferos transfronteiriços, apenas o Guarani foi objeto de acordo assinado entre o Brasil, a Argentina, o Paraguai e o Uruguai, no ano de 2010 (ANA, 2019).

Figura 1. Aquíferos transfronteiriços e área aflorante no território brasileiro



Fonte: ANA (2019)

De acordo com relatório da Agência Nacional de Águas (ANA), em território brasileiro o aquífero Guarani ocupa uma área total de 736.000 km², na sua maioria sotoposta aos aquíferos Serra Geral e Bauru-Caiuá, tendo área aflorante de apenas 90.000 km² e distribuído pelos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Este relatório aponta ainda que a parcela de suas bacias hidrográficas transfronteiriças abrangidas por acordos de cooperação internacional por gestão compartilhada é comparável à da Europa e da América do Norte, sendo muito superior à média global (ANA, 2019).

Vale lembrar que um estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontou que na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro o uso das águas subterrâneas encontrava-se pouco expressivo, pois seu abastecimento principal era por águas superficiais. Nos demais municípios do Estado - aqueles domicílios que são supridos por água de uma rede geral de distribuição canalizada - as águas subterrâneas equivalem a cerca de 40% do volume total. Já em outros que não possuem rede de abastecimento, o uso de águas subterrâneas chegou a 70% (IBGE, 2000; MENEZES; SILVA JR.; PRADO, 2013).

De acordo com a ANA (2019), embora venham ocorrendo muitos avanços na gestão

integrada no Brasil, ainda há muitas lacunas que ainda devem ser vencidas, principalmente as de financiamento e aplicação de recursos em ações de gerenciamento hídrico que, desde a implantação da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), carece de maior prestígio por parte dos gestores políticos. É importante ressaltar que também há gargalos a serem solucionados na gestão das águas subterrâneas, objeto de atenção somente em anos mais recentes por parte das instituições federais.

Tratando-se do monitoramento das águas subterrâneas, cabe mencionar que há articulação interinstitucional entre a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), ANA e as Unidades da Federação como atores fundamentais para concepção de uma base de dados bem como a sua divulgação em larga escala. É crucial que os programas de monitoramento já existentes continuem e que novos poços sejam agregados a esta base, no objetivo de melhorar a qualidade dos dados brasileiros no que se refere a águas subterrâneas (ANA, 2019).

Segundo Hirata et al. (2019), existem distintas formas de se obter água subterrânea. Elas podem ser extraídas através de poços ou pelo aproveitamento direto das nascentes cujos pontos são descargas naturais de aquíferos que atravessam a superfície de um terreno que originam os corpos de água superficiais, tais como os rios ou lagos. Já os poços podem ser classificados em duas categorias: poços tubulares artesianos ou poços escavados.

Os poços tubulares são aqueles obtidos por meio de perfurações de máquinas de forma vertical, cilíndrica e revestida com material em PVC aditivado ou em aço, sob a forma de tubos e filtros para que seja feita a captação da água. Cabe destacar ainda que poços artesianos são aqueles em que a água se eleva de forma natural sem precisar da força de bombas. O poço escavado, por sua vez, é aquele construído de forma manual e revestido por bloco cerâmico, tijolo ou anel de concreto para retirada da água do aquífero. Em média possuem até 25 metros de profundidade e 2 metros de diâmetro e também são conhecidos como cacimba, poço raso, poço caipira, poço amazonas e outros (HIRATA, 2019).

2.3. Bacia Hidrográfica do Médio Paraíba

De acordo com o Atlas do Comitê de Bacias Hidrográficas do Médio Paraíba do Sul (CBH-MPS, 2016), para que seja possível preservar os recursos hídricos de algum espaço territorial, é preciso conhecê-lo. Na Bacia da Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul existem 19 municípios que compõem os Comitês de bacia e 42 microbacias principais inseridas nesta região.

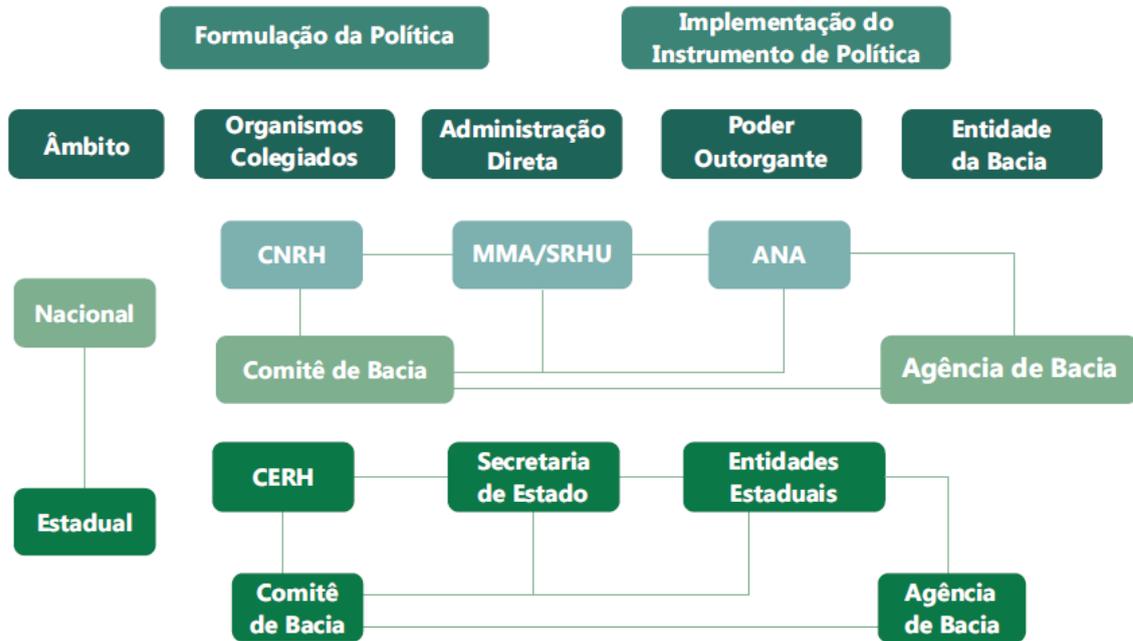
Bacia hidrográfica pode ser entendida como uma unidade de planejamento ambiental

com delimitações naturais onde acontecem interações ambientais espontâneas e livres de ações humanas. É um território onde há a delimitação pelo relevo sem imposições da divisão de propriedades particulares e limites municipais. Portanto é tratada como um importante instrumento de planejamento ambiental de uso de terras. Cabe mencionar que se a sua delimitação for observada por condições geomorfológicas, essas bacias de drenagem apresentam vantagens sobre unidades de planejamento definidas por outros critérios, pois atributos como o clima ou tipo de vegetação pode não englobar a paisagem de modo tão preciso. (CBH-MPS, 2016).

De acordo com CBH-MPS (2016) o Conselho Nacional de Recursos Hídricos é integrado pelos seguintes segmentos: Agência Nacional de Águas, os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e Distrito Federal; os Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais; pelas Agências de Água; os Comitês de Bacia Hidrográfica. Seguido por estes 6 entes, o gerenciamento de recursos hídricos obedece a uma estrutura parecida para o âmbito federal e estadual, com a premissa de que todos participem e trabalhem com as suas atribuições.

Vale mencionar que, como ilustrado pela Figura 2, cabe aos Comitês de Bacia funcionarem como um elo entre todos os demais partícipes do sistema, seja de abrangência federal ou estadual. Assim, é possível destacar a participação da Agência Nacional de Águas (ANA), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e também pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH).

Figura 2 - Estrutura do Sistema de Gestão de Recursos Hídricos



Fonte: MMA (2016); CBH-MPS (2016)

A história recente do Brasil aponta que a região do Médio Paraíba do Sul já enfrentou diversos ciclos econômicos, merecendo destaque: café, exploração de madeira e pecuária. Nas últimas décadas, as indústrias vêm se destacando como a base econômica para geração de riquezas no país e o porte hídrico representado pelo Rio Paraíba do Sul tem papel indispensável na região fluminense. Contudo, a bacia hidrográfica do Paraíba do Sul sofre com um elevado risco de poluição e escassez hídrica o que pode pôr em xeque todo este ciclo econômico (ARAÚJO, 2015).

2.4. Análise Ambiental Macroscópica de Nascentes

Esta análise corresponde a um diagnóstico qualitativo e visual do grau de proteção de uma determinada nascente para, dessa forma, fundamentar suas características físicas e de qualidade. Assim, é imperativo que o alcance de um bom índice de qualidade ambiental de uma nascente dependa das estratégias protetivas ali adotadas. Alguns instrumentos já vêm sendo utilizados e servem de base para orientar ações de proteção às nascentes estudadas (FILIPE et al, 2012).

Dessa forma é possível destacar a metodologia proposta por Gomes, Melo e Vaz (2005) sobre o índice de impacto ambiental de Nascentes (IIAN). Trata-se de uma ferramenta interessante para fundamentar análises macroscópicas. Este instrumento foi elaborado com o

objetivo de classificar o grau de preservação de nascentes apontando por meios visuais as condições ambientais da região escolhida. Com isso, o grau de proteção será calculado em função do número de variáveis macroscópicas analisadas.

Portanto, é evidente a importância de se instalar medidas de proteção às nascentes em espaços urbanos. Cabe ainda as autoridades implementar instrumentos de proteção de nascentes que garantam a sua qualidade e longevidade em detrimento ao dinâmico crescimento econômico e imobiliário dos centros urbanos (BARRETO; RIBEIRO; PILZ, 2010).

2.5. Percepção Ambiental

Esta é uma das etapas mais importantes da pesquisa. Nela é necessário que o planejamento da entrevista alcance os objetivos esperados. Em campo, a escolha do entrevistado, deve considerar o grau de sua familiaridade com o tema pesquisado, a disponibilidade em participar da entrevista, onde muitas vezes requerem que seja marcada com antecedência para que o pesquisador se assegure de que será atendido. É tão importante quanto, as condições favoráveis que possam garantir ao entrevistado a confidencialidade de seus dados pessoais, as respostas submetidas, tal como a preparação específica que consiste em organizar o roteiro de perguntas que agreguem questões relevantes ao tema proposto pelo pesquisador (LAKATOS; MARCONI, 1996).

O objetivo principal dessa ferramenta é o de melhor compreender a dinâmica da relação social com o meio ambiente. Diante disso é fundamental considerar a opinião daqueles que fazem uso direto de seus recursos e benefícios (CARVALHO, 2016).

A percepção ambiental de uma amostra social é entendida por meio de suas sensações, do contexto em que está inserido e contribui para a compreensão da relação entre os usuários com a natureza (GONÇALVES; GOMES, 2014). De acordo com Flores e colaboradores (2015) existem concepções que confrontam as relações capitalistas e as formas de apropriação da água que as caracterizam. A água e os frutos da natureza pertencem à humanidade e devem ser considerados recursos de bem comum.

2.6. Legislação Hídrica

No Brasil, de acordo com a Constituição Federal de 1988, o direito a um meio ambiente equilibrado é um bem de uso comum do povo. Ao encontro desta premissa, no final da década

de 90, foi constituído o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), representada pela Lei Nº 9433/1997.

Diante disso, com a missão de ser responsável por disciplinar e implementar os instrumentos de gestão do PNRH, a Lei nº 9984 de 2000 implementou um órgão de administração direta federal intitulada como Agência Nacional de Águas (ANA). Trata-se, portanto, de uma organização que regulamenta os recursos hídricos em âmbito nacional, respaldada por políticas públicas da União (ANA, 2019).

Também vale mencionar a Lei de Crimes Ambientais, instituída pela Lei Nº 9605 de 1998, que trata das sanções administrativas e penais em função da conduta e das atividades lesivas ao meio ambiente. As penas aplicáveis podem ser de forma isolada, cumulativa ou alternativamente às pessoas jurídicas que podem ser representadas por multa, restrição de direitos ou prestação de serviços à comunidade. Na forma desta lei é vedado destruir ou danificar vegetação primária ou secundária em estado médio ou avançado de regeneração, causar poluição de qualquer natureza que possam prejudicar a saúde humana, dos animais ou destruição significativa da flora e dentre outros (BRASIL, 1998).

É notório que as nascentes são sistemas fundamentais para a garantia do equilíbrio ambiental das bacias hidrográficas e surgem através de afloramentos subterrâneos de forma natural, em regime temporário ou perene, com interação direta à drenagem superficial. Com isso, para sua perfeita harmonia com o ecossistema, a legislação impõe limites de potabilidades que devem ser verificados periodicamente para que não prejudiquem a saúde de quem faz uso deste recurso (FELIPPE; MAGALHÃES JÚNIOR, 2012).

Em conformidade com o Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 5 do Ministério da saúde de 28 de setembro de 2017, alterada pela portaria GM/MS Nº 888 de 04 de maio de 2021, que trata dos procedimentos de controle e vigilância da água para consumo humano, o padrão de potabilidade diz respeito ao conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano para que esteja apta ao consumo humano destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente de sua origem. Assim, uma vez detectadas situações de risco à saúde da população, o responsável pelo sistema de abastecimento deve conjuntamente as autoridades de saúde elaborar um plano de ação em busca de medidas corretivas, aliados a efetivos meios de comunicação à população, com o objetivo de minimizar quaisquer anormalidades (BRASIL, 2017).

Cabe reforçar que a legislação brasileira proíbe a presença de bactérias do grupo coliformes na água destinada ao consumo humano, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras (BRASIL, 2021). A Tabela 1 estabelece uma relação entre os

parâmetros microbiológicos e seus respectivos valores máximos permitidos.

Tabela 1: Padrão Microbiológico da água para consumo humano e valores máximos permitidos (VMP)

Tipo de água		Parâmetro		VMP
Água para consumo humano		Escherichia coli		Ausência em 100mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais		Ausência em 100mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100mL
		Coliformes totais	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20 Mil habitantes	Apenas uma amostra entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas que abastecem a partir de 20 Mil habitantes	Ausência em 100mL em 95% das amostras examinadas no mês

Fonte: BRASIL (2021)

A vigilância sanitária também representa um importante papel para a manutenção da qualidade da água. Uma de suas competências é promover e acompanhar a qualidade da água para consumo humano em parceria com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal (DF), dos municípios e seus respectivos responsáveis pelo controle da qualidade de água. Na Tabela 2 é possível verificar alguns dos principais contaminantes inorgânicos e seus valores máximos permitidos (VMP) que devem ser observados (BRASIL, 2017).

Tabela 2: Padrão de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde com valores máximos permitidos (VMP) e o número de referência de compostos e substâncias químicas adotado pelo Chemical Abstract Service (CAS)

Parâmetro	VMP (mg L⁻¹)	CAS (mg L⁻¹)
Antimônio	0,006	7440-36-0
Arsênio	0,01	7440-38-2
Bário	0,7	7440-39-3
Cádmio	0,003	7440-43-9
Chumbo	0,01	7439-92-1
Cianeto	0,07	57-12-5
Cobre	2,0	7440-50-8
Cromo	0,05	7440-47-3
Fluoreto	1,5	7782-41-4
Mercúrio	0,001	7439-97-6
Níquel	0,07	7440-02-0
Nitrato	10,0	14797-55-8
Nitrito	1,0	14797-65-0
Selênio	0,04	7482-49-2
Urânio	0,03	7440-61-1

Fonte: BRASIL (2021)

2.7. Matas Ciliares

De acordo com da Silva Junior (2021), as matas ciliares são florestas associadas aos lagos, rios ou córregos que possuem funções de proteção direta às interferências antrópicas.

Com isso, as matas ciliares são protegidas por lei e qualquer ação de recomposição e proteção dessas áreas precisam ser priorizadas no âmbito da preservação ambiental.

Portanto, estas matas são fundamentais para a manutenção e equilíbrio dos ecossistemas. Entretanto, a cada ano, essas áreas vêm sendo impactadas e subtraídas em função de atividades antrópicas e sendo ameaçadas de extinção no Brasil em decorrência do desmatamento desequilibrado promovido por setores da agricultura e da mineração (BARBOSA et al., 2019). Elas apresentam ainda características bióticas e abióticas que influenciam a dissimilaridade ambiental, que refletem a distribuição específica de diversas espécies (SILVA, 2019). Portanto é imperativo que sejam implementados recursos para o investimento e planejamento de programas que permitam pesquisas de análises de qualidade da água e do uso e ocupação do solo bem como a proteção de áreas de mata ciliar (HÉNAULT-ETHIER et al., 2017).

Embora representem elevada importância para a preservação do meio ambiente, pertencente àquelas áreas de preservação permanente imposta por lei específica, as matas ciliares continuam sofrendo com o desmatamento abusivo no Brasil. Essas regiões que são periodicamente agredidas em função dos desmatamentos, queimadas ou mineração sofrem pela pressão antrópica oriundas do aumento da urbanização que tem por consequência a remoção de madeira para construção civil, abertura de estradas em regiões de topografia mais acentuada ou pela implantação de culturas agrícolas. Portanto é imperativo que sejam aplicadas técnicas adequadas de desenvolvimento sustentável para conservação ou revegetação daquelas áreas (MARTINS, 2001).

Assim, a conservação e recuperação da vegetação nas distâncias recomendadas por lei no entorno das nascentes e ao longo dos cursos d'água é urgente. De acordo com a Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, as matas ciliares são áreas de proteção permanentes (APPs) e intervenções humanas devem respeitar um limite de 30 metros em rios de cursos d'água naturais para cursos de menos de 10 metros de largura.

O planejamento e a implementação de instrumentos de recuperação de áreas degradadas devem obedecer às particularidades presentes em cada área tendo por base um diagnóstico detalhado. Essa análise deve levar em consideração o meio físico, biótico, presença de regeneração natural e de seus fragmentos florestais. De uma forma geral, quanto mais degradada for uma área, uma maior densidade de espécies pioneiras deve ser utilizada. Importante ressaltar que várias outras técnicas podem ser utilizadas para a recuperação de uma área degradada. Algumas delas são o plantio de mudas, condução da regeneração natural, formação de ilhas de diversidade (nucleação), modelos sucessionais, dentre outras (ALMEIDA, 2016).

Portanto é evidente que as matas ciliares são fundamentais para o equilíbrio

ecossistêmico. Elas atuam na retenção do escoamento livre da água superficial, diminuindo sua velocidade e promovem maior taxa de infiltração. Isso ocorre graças as raízes das árvores e pela presença de serapilheira no solo que, além de tudo, protege o solo da erosão e de depuramento inibindo a evasão dos nutrientes que poderiam ser carregados por enxurradas (VOGEL, 2009).

2.8. Sistema de abastecimento de água do município de Volta Redonda (SAAE)

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Volta Redonda (SAAE-VR) foi criado em no final do ano de 1967 e iniciou suas atividades operando a Estação de Tratamento de Água (ETA) no bairro Santa Rita, atendendo a 20% da demanda de abastecimento da cidade, com utilização de uma parte da ETA-CSN, que era responsável por 80% do abastecimento. Antes da construção de sua sede, operava nas dependências da Prefeitura Municipal de Volta Redonda, mas em 1972 passou a atuar na Av. Lucas Evangelista. A Estação de tratamento de Água de Belmonte (ETA – Belmonte), com capacidade de 390 L.s-1, foi inaugurada em 1979. Atualmente a média de tratamento é de 1300 L.s-1 (SAAE, 2020).

Ainda de acordo com SAAE (2020), sua primeira estação de tratamento de esgoto iniciou as operações em 1986, conhecida como ETE Santa Cruz e atualmente outras 7 estações estão em pleno funcionamento. Com o passar do tempo, o SAAE-VR seguiu modernizando sua estrutura e ambiente de trabalho dando celeridade às demandas de serviços solicitados. Recentemente se adequou à lei de acessibilidade onde proporcionou atendimento ao público em geral e em 24 de abril de 2015 iniciou a operacionalização da maior ETE construída pelo SAAE-VR. Esta estação, com vazão média de 140 L.s-1, alavancou o índice de cobertura de esgoto tratado no município e seu sistema é concebido por um processo biológico, constituído por reatores anaeróbios de fluxo ascendente seguidos de tanque anóxico, tanque de aeração com tambor rotativo e decantação secundária, podendo atender cerca de 18 bairros espalhados pelo município de Volta Redonda. Vale destacar que toda água distribuída à população do município é submetida a um tratamento que corre em 8 etapas: captação, coagulação, floculação, decantação, filtração, cloração, fluoretação e a alcalinização.

Contudo, de acordo com dados oficiais do SAAE de Volta Redonda/RJ, a Tabela 3 apresenta as 29 minas d'água catalogadas e monitoradas quanto a sua potabilidade. Destaca-se ainda que, de acordo com o portal virtual do SAAE-VR, obtido no primeiro semestre de 2020, apenas a Mina 1, localizada em Vila Brasília, apresentou índices aceitáveis de potabilidade.

Tabela 3 – Relação de minas de água monitoradas pelo SAAE-VR

Mina	Endereço	Potabilidade
1	VILA BRASÍLIA - Rua G, frente ao nº 463	Potável
2	ÁGUA LIMPA - Rua Santa Luzia, nº 621 (próximo à escada)	Não Potável
3	ÁGUA LIMPA - Rua Felipe dos Santos (Guarda Mor)	Não Potável
4	BAIRRO DE FÁTIMA - Rua 08	Não Potável
5	BELMONTE - Rua Julio Caruso	Não Potável
6	CIDADE NOVA - Rua I, em frente ao nº 68	Não Potável
7	JARDIM AMÁLIA - Praça Prof. José L. Castro - R. C. Colombo	Não Potável
8	JARDIM TIRADENTES - Rua 850, em frente ao nº 210	Não Potável
9	MARIANA TORRES - Rua 05, nº 171	Não Potável
10	MORADA DA COLINA - Rua Jorge G. Pereira, ao lado do nº 60	Não Potável
11	RETIRO - Rua Santa Vitória, nº 398	Não Potável
12	RETIRO - Rua Manoel Garani, próximo ao nº167	Não Potável
13	RETIRO - Rua Pitágoras, em frente à Secretaria Municipal de Obras	Não Potável
14	ROMA - Rua Guatambú, S/Nº, em frente ao Campo	Não Potável
15	SANTA CRUZ - Rua João da Silva, em frente ao nº21	Não Potável
16	SANTA RITA - Margem Esquerda do Riacho Santa Rita	Não Potável
17	SANTA RITA DE CÁSSIA - Estrada do Açude Velho, em frente ao nº 1496	Não Potável
18	SÃO GERALDO - Rua Dourados em frente ao nº 230 (em frente à E.M.Rondônia)	Não Potável
19	SÃO GERALDO - Rua Dourados nº 500 (não é em frente à E.M. Rondônia)	Não Potável
20	SÃO LUCAS - Rua Uruguai	Não Potável
21	SÃO SEBASTIÃO - Atrás da Fábrica de Zinco	Não Potável
22	SÃO SEBASTIÃO - Via A UM, em frente ao nº89	Não Potável
23	SESSENTA - Rua 60 s/nº, Jardim Esperança (em frente ao Corpo de Bombeiros)	Não Potável
24	SIDERÓPOLIS - Rua 645, em frente ao nº 210	Não Potável
25	SIDERÓPOLIS - Igreja São Paulo Apóstolo, rua 650 nº14	Não Potável
26	VALE DA COLINA - Rua G, nº 13	Não Potável
27	VALE VERDE - Rua Chico Mendes, S/Nº	Não Potável
28	VILA BRASÍLIA - Rua G, em frente ao nº 453	Não Potável
29	VILA BRASÍLIA - Rua G, em frente ao nº 433	Não Potável

Fonte: adaptado de SAAE (2020)

2.9. Parâmetros de qualidade da água

2.9.1. Parâmetros físicos

Análises da qualidade física da água são realizadas por indicadores presentes na água. Alguns destes podem ser representados pela temperatura, sabor, odor, cor, turbidez, sólidos em suspensão, sedimentáveis, dissolvidos e condutividade elétrica. Tais parâmetros podem indicar a qualidade estética da água onde altas concentrações de sólidos podem ser associados à presença de microrganismos que alteram a qualidade da água (BRASIL, 2006).

Dentre os parâmetros mencionados, a temperatura pode ser entendida como a energia cinética das moléculas de um corpo e sua medida é responsável pela transferência de calor de um corpo no ambiente. Sua variação pode estar relacionada a fatores naturais como oriundos do sol ou a fatores antrópicos como ações relacionadas a atividades industriais (BRASIL, 2006).

Sabor e odor também são parâmetros fundamentais. Sabor diz respeito se há relação ao gosto doce, salgado, amargo ou azedo. O odor da água é indicado pela sensação olfativa. A cor da água é caracterizada devido forma constituinte dos sólidos dissolvidos que podem ter origens naturais (decomposição da matéria orgânica – principalmente vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos) que não necessariamente apresentam riscos diretos à saúde ou origens antrópicas (resíduos industriais ou esgotos domésticos) que podem representar toxicidade (VON SPERLING, 2005).

Entende-se turbidez como o grau de interferência da passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Com isso, o que pode interferir na passagem de luz para o meio aquoso é a quantidade de sólidos em suspensão presentes naquele meio. Estes sólidos podem ser com tamanhos suficientes para serem retidas no processo de filtração (sólidos em suspensão) ou dissolvidos por meio de partículas inferiores a 10^{-3} μm que exigem outro procedimento de retenção. A utilização mais frequente para este parâmetro ocorre na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e também no controle da operação das estações de tratamento de água (SPERLING, 2005).

Com relação à condutividade elétrica, a mesma é observada a partir da presença de substâncias dissolvidas que, dissociando-se em ânions e cátions, apresentando capacidade de transmitir corrente elétrica. Visto isso, quanto maior a concentração de iônica em uma solução, maior será sua capacidade em conduzir eletricidade (BRASIL, 2006).

2.9.2. Parâmetros químicos

As análises de qualidade química da água ocorrem em acordo com a identificação de compostos presentes por instrumentos laboratoriais. Estas substâncias podem ser representadas por elementos químicos inorgânicos e orgânicos onde sua concentração limite é indicada por lei para fins de proteção e integridade da saúde humana (BRASIL, 2006).

Dentre os parâmetros químicos, o potencial hidrogeniônico (pH) representa elevada importância. Seu valor varia entre 0 e 14, sendo que a água com pH menor que 7 é considerada ácida e, maior, considerado básico. Valores iguais a 7 são classificados como neutros. Vale destacar que variações em seus valores podem ocorrer em função de fatores naturais ou por ações de atividades humanas. Nesse sentido o pH anuncia a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido onde é identificado a presença de íons de hidrogênio (H^+) em uma amostra. Pode-se dizer que, em termos de tratamento e abastecimento público de água, diferentes valores de pH estão relacionados a diferentes índices de atuação ótima de coagulantes, bem como afetar as taxas de crescimento dos micro-organismos (SPERLING, 2005).

Entre os metais, vale ressaltar a importância e o controle do chumbo (Pb). Trata-se de um elemento disponível em pequenas quantidades na crosta terrestre. É um metal tóxico à saúde humana e pode provocar consequências adversas ao sistema nervoso. No meio ambiente, sua disposição pode ocorrer de forma natural ou por atividades antropogênicas, como pela mineração ou pela queima de combustíveis fósseis que liberam em altas concentrações à atmosfera (TCHOUNWOU et al., 2014).

Com relação ao fósforo (P), entende-se que é um nutriente fundamental para o desenvolvimento de plantas aquáticas. No entanto, seu excesso, além de prejudicar a qualidade hídrica, caracteriza o fenômeno conhecido como eutrofização. Já o Ferro (Fe) e o Manganês (Mn) apresentam comportamentos químicos parecidos pois, apesar de não interferirem diretamente na saúde humana, podem interferir em alguns usos industriais da água (BRASIL, 2006).

Já o nitrogênio (N) é tratado como elemento essencial para as plantas e está presente na composição de importantes biomoléculas como nas clorofilas, proteínas e em diversas enzimas. Dentro do ciclo do nitrogênio, este se alterna em variadas formas e estados de oxidação. Em meio aquático ele pode ser encontrado nas formas de nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+) nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) (SPERLING, 2005).

2.9.3. Parâmetros biológicos

De acordo com Sperling (2005) os microrganismos desempenham inúmeras funções fundamentais relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Uma destas funções está relacionada a qualidade biológica da água e as potencialidades na transmissão de doenças. Estes podem ser verificados através dos organismos indicadores de contaminação fecal pertencentes ao grupo de coliformes.

Outros parâmetros fundamentais, pontuados por Scalize et al. (2004), estão ligados à demanda biológica e química de oxigênio, também conhecidos como DBO e DQO. Nesses casos a concentração de matéria orgânica é baseada no consumo oxidante necessário para sua oxidação. A DBO e DQO se diferenciam em função do oxidante utilizado e das condições operacionais em se realizar seus respectivos testes. No caso da DBO, o oxidante utilizado é sempre o oxigênio e a sua oxidação depende da interferência de bactérias cujo resultado pode ser obtido após 5 dias. Por outro lado, o teste de DQO utiliza um oxidante composto por dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e ácido sulfúrico (H_2SO_4), unidos a um catalisador e aumento de temperatura onde a oxidação do material orgânico oferece um resultado médio em 3 horas.

2.10. Estratégias para revitalização de nascentes

Os recursos hídricos são fundamentais para a manutenção e desenvolvimento da sociedade humana. Contudo, é imperativo que haja estratégias de preservação e controle dos impactos ambientais, inclusive na vegetação ciliar (SANTOS et al., 2017). Dessa forma, aliado aos serviços ecossistêmicos prestados pela vegetação aos recursos hídricos, especialmente em áreas de preservação permanente (APPs), sua preservação é condição obrigatória para a manutenção da qualidade ambiental hídrica (GARCIA; ROMEIRO, 2019).

Contudo, as condições ambientais das nascentes e, conseqüentemente, sua produção de água são resultados da situação em que se encontra toda sua área de contribuição, e não exclusivamente a região ao redor da nascente. Dessa forma, todo seu entorno deve ser considerado no planejamento de preservação de recursos. Portanto, a presença de vegetação é variante indispensável para produção de água. Excluindo a vegetação que compõe aquele ecossistema, toda água que poderia abastecer o lençol freático, escoar sob a superfície e ainda pode influenciar no aumento de atividades erosivas do solo (IKEMATSU et al., 2017).

Dito isso, a Lei Nº 12.651/2012 foi criada, dentre outras, para proteger as chamadas áreas de proteção permanente (APPs) que são fundamentais para preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade. Além disso, sua manutenção propicia

o fluxo gênico de fauna e flora, protege o solo e assegura o bem estar das populações humana (BRASIL, 2012).

Nesse sentido existem técnicas que podem auxiliar na manutenção dos recursos hídricos e conseqüentemente para a sustentabilidade de uma bacia hidrográfica. Entre algumas delas é possível citar a conservação do solo e o reflorestamento de áreas de preservação permanente (APPs). De acordo com Gomes et al. (2012), para reduzir vazões dos corpos hídricos e melhorar a qualidade das águas, é fundamental fazer uso de um manejo integrado na bacia, onde o solo assume protagonismo, uma vez que o mesmo influencia diretamente na produção de água em uma bacia. Assim, a implementação de práticas que aumentem a infiltração e o armazenamento de água no perfil do solo e intensifiquem a malha vegetal contribuirá diretamente para redução do escoamento superficial (DIONISIO, 2010). Uma prática conhecida trata-se da utilização de curvas de nível para evitar a erosão, terraços ou microbacias de contenção. Cabe lembrar que o manejo inadequado do solo influencia no transporte de sedimentos, nutrientes e material orgânico pela erosão hídrica até as áreas de recarga da bacia (FALCÃO; LEITE, 2018).

Outro ponto que também cabe destaque para a boa gestão dos recursos hídricos é a conservação e recuperação de APPs. Seja mantendo a vegetação existente, ou qualquer outra técnica que auxilie na recomposição da vegetação naquelas áreas. Assim, a Lei Federal Nº 12651/2012 (BRASIL, 2012) definiu áreas de preservação permanente aquelas faixas marginais de cursos d'água natural perenes ou intermitentes que, em função da largura de um rio, variam de 30m a 500m. Para as nascentes, o raio mínimo é definido em 50m em seu entorno. No entanto, em casos de áreas rurais consolidadas em APP ao redor de nascentes e olhos d'água perenes, é permitido atividades agrossilvilpasticas de ecoturismo, com raio mínimo de 15 m.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Caracterizar quatro minas de água monitoradas pelo governo municipal de Volta Redonda - RJ a partir do estudo dos seus principais parâmetros físico-químicos e análises macroscópicas.

3.2. Objetivos Específicos

- Monitorar 4 Minas de água no Município de Volta Redonda e avaliar os laudos de potabilidade química disponibilizados pelo órgão de saneamento;
- Realizar um questionário com objetivo de compreender a percepção ambiental dos usuários daquele recurso;
- Comparar e discutir os resultados do Índice de Impacto Ambiental das Nascentes (IIAN) com os resultados da percepção ambiental de acordo com suas características macroscópicas utilizando uma métrica de 5 classes (ótimo, bom, razoável, ruim e péssimo).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização desta pesquisa foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o uso dos recursos hídricos subterrâneos no Brasil, abordando aspectos ambientais e socioeconômicos dentro do contexto do município de Volta Redonda - RJ. Para tanto, as informações foram buscadas com base na biblioteca virtual (Periódico Capes), periódicos científicos, livros e dissertações.

Foi realizado um estudo a respeito de quatro das 29 minas listadas no plano de monitoramento do Serviço Autônomo de Água de Esgoto do município de Volta Redonda/RJ (SAAE-VR), além da realização visitas de campo, coleta de amostras de água, bem como o levantamento das características macroscópicas do local, pois, não sabendo de sua real qualidade, as águas dessas nascentes são normalmente utilizadas pela população. As minas foram escolhidas pois aparentavam estar em frágeis condições de conservação e ainda sim frequentemente utilizadas pelas pessoas.

Nesse contexto, o trabalho em conjunto com as informações cedidas pelo governo local também foi fundamental para que também fosse possível analisar os laudos de potabilidade de água realizados em um passado recente. Também foi proposto um diagnóstico socioambiental por meio de pesquisas de opinião com os moradores das proximidades das nascentes.

4.1. Delimitação da Área de Estudo

A cidade de Volta Redonda, situada na região do Vale do Paraíba, Estado do Rio de Janeiro, é considerada a primeira cidade mono industrial do Brasil e tornou-se o marco inicial do processo de industrialização do país a partir da instalação, nos anos 40, da primeira grande siderúrgica da América Latina, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), cujo desenvolvimento se deu a partir de um modelo fordista de produção (BEDÊ, 2010).

A região sul fluminense foi estrategicamente escolhida para a instalação da indústria em virtude de sua proximidade entre os estados do Rio de Janeiro e São Paulo e serem as principais regiões econômicas e consumidoras do país (RAMALHO et al., 2013).

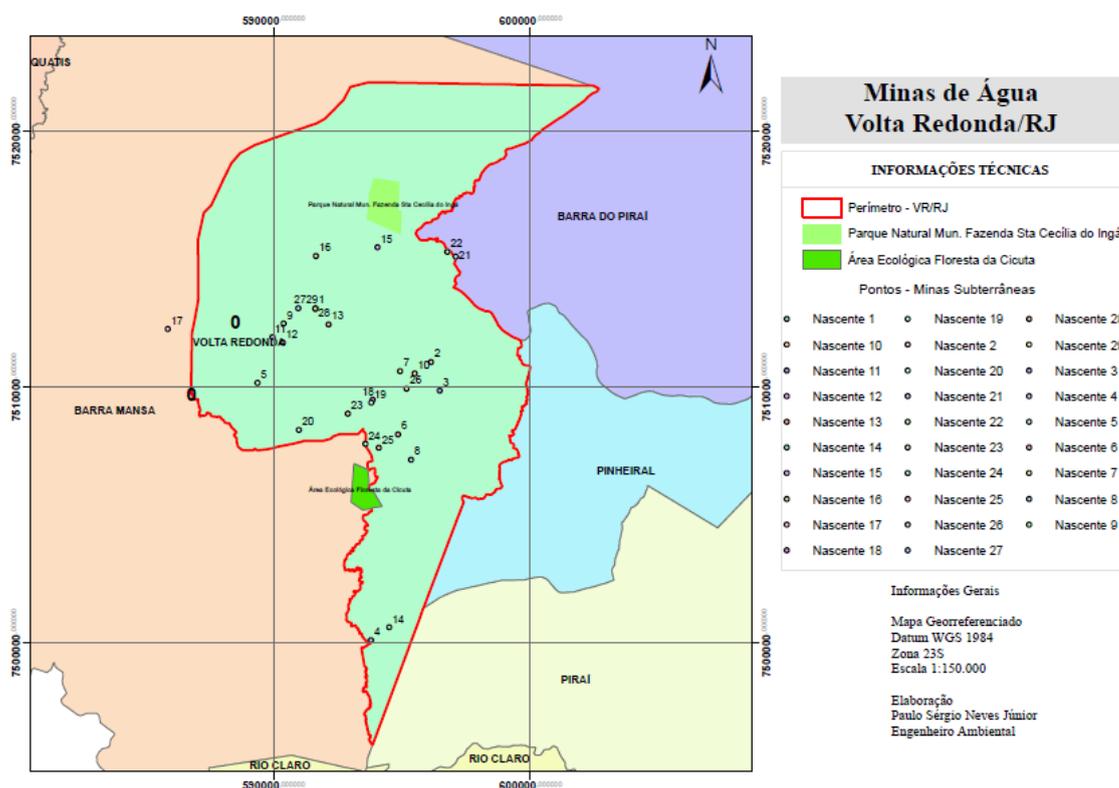
Desde a instalação da Usina Presidente Vargas ou Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), em 1941, até a privatização, Volta Redonda sofreu uma relevante expansão urbana, graças ao ritmo acelerado de produção industrial e conseqüentemente um dinâmico movimento migratório, seja em busca de oportunidade de emprego ou estudo (LOPES, 2003).

Destaca-se ainda pelo seu papel fundamental na história do desenvolvimento industrial

brasileiro, abrigando a maior usina siderúrgica da América Latina. Diante deste fato é popularmente conhecida como a “Cidade do Aço”. Vale lembrar ainda que a cidade está situada na Bacia hidrográfica do Médio Paraíba e é cortada pelo Rio Paraíba do Sul, cuja curva acentuada deu nome à cidade (BEDÊ, 2010).

No decorrer da Bacia Hidrográfica, 29 minas subterrâneas são monitoradas pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto do município de Volta Redonda (SAAE-VR), ilustradamente representada pela Figura 3, com auxílio do software ArcMap 10.5. Foram selecionadas algumas destas para coleta de amostras e análises químicas e realização de estudos de monitoramento ambiental. Ademais, foram realizadas pesquisas de opinião com os moradores residentes nas proximidades das nascentes a fim de que se possa aferir a sistemática do uso e influência no cotidiano das pessoas.

Figura 3 - Mapa da área de estudo e das 29 minas de água listadas pelo SAAE-VR



Fonte: próprio autor (2022)

De acordo com o último Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o município atingiu o índice 0,771, sendo o quarto maior do Estado. Na Tabela 4 é possível verificar alguns dados atualizados das principais características de Volta Redonda (PMVR, 2020).

Tabela 4 – Características de Volta Redonda

Área do município	182, 483 km ²
Altitude	350 m a 707 m
Coordenadas	Latitude sul 22° 29' 00"
	Longitude W.GW. 44° 05' 00"
Limites	RJ: BR 116 - 125 km
	SP: BR 116 - 325 km
	MG: BR 040 - 185 Km
	Porto: RJ 115 - Angra/Sepetiba - 110 km
Temperatura média compensada	21°C
Ventos dominantes	Noroeste
Índice pluviométrico anual	1.337 mm
Umidade média anual	77%, mesmo nos meses de inverno, quando varia entre 71% e 72%
Clima	Mesotérmico, com inverno seco, verão quente e chuvoso e elevado índice de umidade: 77%
Habitantes	260.180 (duzentos e sessenta mil e cento e oitenta)
Gentílico	Volta-redondense

Fonte: adaptado de PMVR (2020)

4.2. Análise Físico-química da água

Para a realização das análises físico-químicas foram definidos os seguintes parâmetros: pH, temperatura, turbidez, cor aparente, cloro residual, alcalinidade parcial, alcalinidade total, cloretos, dióxido de carbono livre e dureza total. Já as análises microbiológicas contemplaram as análises de bactérias heterotróficas, coliformes totais, *Escherichia coli* ou coliformes fecais.

Antes das amostras serem armazenadas em frascos, a temperatura foi verificada in loco com um termômetro calibrado (marca AKSO AK05). Em seguida as amostras foram coletadas em frascos adequados para os parâmetros analisados e conservadas em caixas de isopor com gelo até a chegada ao laboratório.

Para as análises físico-químicas dos parâmetros turbidez, cor aparente, cloro residual, alcalinidade parcial, alcalinidade total, cloretos, dióxido de carbono livre e dureza total foram seguidos os procedimentos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 1998). A Tabela 5 mostra o método utilizado e reagentes utilizados para o preparo das soluções necessárias para as análises.

Tabela 5 - Método utilizado a partir do Standard Methods

Parâmetros	Método Analítico
Temperatura	Medição Direta
pH	Medição Direta
Cor aparente	Medição Direta
Turbidez	Medição Direta
Alcalinidade	2320 – B
Cloro Residual	DPD ou N-dietil-p-fenilenodiamina
Dureza total	2340 – C
Cloretos	4500 Cl ⁻¹ – B
CO ₂ livre	-
Bactérias Heterotróficas	Contagem (na placa)
Coliformes totais	Fluorocult
Escherichia coli ou coliforme fecal	Fluorocult

Fonte: adaptado de APHA (1998)

4.2.1. Alcalinidade Total e Parcial

A determinação da alcalinidade foi realizada através da titulação de neutralização da amostra com ácido sulfúrico (H₂SO₄), utilizando-se indicador alaranjado de metila e fenolftaleína. Utilizou-se o indicador alaranjado de metila para a determinação da alcalinidade total, que indica a presença de íons bicarbonatos. Já o indicador fenolftaleína para a determinação da alcalinidade parcial que é referente a alcalinidade gerada pela presença de íons hidróxidos e carbonatos.

4.2.1.1. Padronização da solução de Ácido Sulfúrico

Para a preparação do ácido sulfúrico foi utilizado um balão volumétrico de 500 mL, a partir da diluição do ácido concentrado e uma solução padronizada com a solução de carbonato de sódio (Na_2CO_3).

Dessa forma, foi pesada uma massa conhecida de Na_2CO_3 , que foi seca por 1 hora a 200°C na estufa e dissolvida em água no balão volumétrico de 100 mL. O processo de titulação foi realizado em triplicata, o volume gasto foi anotado e, por fim, foi calculado o fator de correção.

Para que se pudesse evitar a interferência da presença de cloreto no método, foi utilizado tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ no decorrer da titulação.

4.2.1.2. Procedimentos para determinação da alcalinidade

Pipetou-se 50 ml de amostra, transferiu-se para um erlenmeyer, de 250 mL, adicionado 1 mL de tiosulfato de sódio ($0,01 \text{ mol L}^{-1}$). Em seguida adicionou-se 3 a 5 gotas de fenolftaleína 1%, havendo mudança de coloração do incolor para rosa, titulou-se com ácido sulfúrico padronizado $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ($f_c = 1,01$) até o completo desaparecimento da cor rosa, em seguida, adicionou-se 4 gotas de alaranjado de metila e continuou-se a titulação até o aparecimento da cor rosa alaranjado.

A alcalinidade foi expressa pela presença de carbonato de cálcio (CaCO_3), de acordo com a Equação 1.

$$Cf = \frac{V_t \cdot 100000 \cdot C \cdot f_c}{V_a} \quad \text{Equação 1}$$

Na equação acima, V_t indica o volume gasto de ácido sulfúrico na titulação da amostra (mL), o V_a o volume da amostra (mL), C a concentração do ácido utilizado (mol L^{-1}) e f_c o fator de correção encontrado após a padronização.

4.2.2. Determinação de cloretos

A realização da quantificação de cloretos foi baseada no método titulométrico de Mohr, titulação direta.

4.2.2.1. Padronização da solução de nitrato de prata

A solução de nitrato de prata (AgNO_3) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ foi preparada a partir da pesagem direta do reagente, que foi seco por 1 hora em estufa a $130 \text{ }^\circ\text{C}$. Após essa etapa, a solução foi solubilizada em água destilada e transferida para um balão volumétrico de 500 mL onde foi completado o volume do balão com água destilada.

Em seguida foi pesada uma massa conhecida de NaCl anidro e dissolvida em água em balão volumétrico de 100 mL a partir de uma titulação feita em triplicata. O volume utilizado no processo da titulação foi anotado e calculado o fator de correção.

A padronização foi feita a partir da titulação com uma solução de cloreto de sódio e foi utilizado o cromato de potássio 5% como indicador. Esses processos de titulação foram realizados em triplicata.

4.2.2.2. Procedimento experimental para a determinação de Cloretos

Nesta etapa, 100 mL da amostra foi transferida para o erlenmeyer, em seguida foi adicionada a solução indicadora de cromato de potássio ($0,9903 \text{ mol L}^{-1}$). Posteriormente, foram realizadas a titulações com a solução de nitrato de prata $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ($f_c = 1,00$) até a mudança de coloração amarela para a cor marrom telha. A concentração do Cl-1 em mg L^{-1} foi obtida a partir da Equação 2:

$$Cf = \frac{V_t \cdot 35450 \cdot C \cdot f_c}{V_a} \quad \text{Equação 2}$$

Na equação acima, a variável V_t indica o volume gasto de nitrato de prata na titulação da amostra (mL); V_a o volume da amostra (mL); C a concentração do titulante utilizado (mol L^{-1}) e f_c o fator de correção encontrado após a padronização do titulante.

4.2.3. Determinação da Dureza Total

As análises de dureza total foram realizadas pelo método titulométrico com uso do ácido etilenediamintetracético (EDTA).

4.2.3.1. Padronização da solução de EDTA

O preparo do titulante EDTA $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ foi efetuado a partir da dissolução do sal, seco por 2 horas em estufa a 75°C , em água destilada e, então, adicionado em um balão volumétrico de 500 mL.

A solução foi padronizada com carbonato de cálcio $0,01 \text{ mg L}^{-1}$, que foi preparada após a pesagem do sal, em balança analítica e seco em estufa durante 1h a 110°C . Com isso, foi dissolvida com 2,5 mL de ácido clorídrico concentrado, levando-a à fervura em chapa de aquecimento por 5 minutos e adicionada a solução em um balão volumétrico de 100 mL. O volume foi completado com água destilada. Foi acrescentado 4 mL de tampão pH 10 (amônia/cloreto) para tamponar o meio. O indicador utilizado foi o Negro Eriocromo T contendo cloreto de sódio, na proporção 1:200 g.

A padronização do EDTA $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ foi realizada a partir da adição de 5 mL da solução de carbonato de cálcio, transferência de 50 mL de água destilada e 4 mL da solução tampão pH 10 em um erlenmeyer. Foi acrescentado uma ponta de espátula do indicador, utilizado como titulante a solução padrão de EDTA ($0,01 \text{ mg L}^{-1}$). As titulações foram realizadas em triplicata até a obtenção do ponto final. O fator de correção foi calculado e o volume gasto na titulação será anotado

4.2.3.2. Procedimentos para determinação de dureza total

As amostras foram adicionadas no erlenmeyer (50 mL da amostra), acrescentando-se 2 mL de tampão que contém 16,9 g de cloreto de amônia dissolvidos em 143 mL de hidróxido de amônio. Assim foi pesado 1,17g de EDTA e 0,644g de cloreto de magnésio, dissolvidos em 50 mL de água destilada e pH 10 e uma ponta de espátula do indicador negro de eriocromo. Em seguida foram realizadas titulações com solução padrão de EDTA $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ($f_c = 1,00$). A concentração de carbonato de cálcio em ppm (mg L^{-1}), foi obtida pela Equação 3.

$$Cf = \frac{V_t \cdot 100000 \cdot C \cdot f_c}{V_a} \quad \text{Equação 3}$$

Assim, é possível entender V_t como o volume gasto de EDTA na titulação da amostra (mL); V_a o volume da amostra (mL); C a concentração do titulante utilizado (mol L^{-1}) e f_c o fator de correção encontrado depois da padronização.

4.2.4. Análises microbiológicas

Os parâmetros microbiológicos também passam por análises mais complexas para a determinação das bactérias, utilizando culturas, e foram feitas seguindo as normas técnicas vigentes L5.201 e L5.202, da CETESB, e o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. O método utilizado para verificação de coliformes e bactérias heterotróficas é o de contagem. O reagente utilizado foi o Chromocult. Para a sua realização, assegurando os cuidados de assepsia, foi pipetado 1 mL da amostra, homogeneizada e transferida para placas de Petri. As amostras foram incubadas à 35°C com variação em torno de 0,5°C por 24h. Após isso foi realizada a leitura de contagem de colônias em um contador (CETESB, 2006).

Para a verificação de coliforme fecal e total foi utilizado o teste de Fluorocult. O Reagente utilizado foi o fluorocult onde foram pesados 36,5g em 1 L de água deionizada e misturou-se até sua homogeneização. Por fim foi distribuído o meio de cultura em tubos de ensaio e levados à autoclave por 15 min a 121°C (CETESB, 2018).

4.3. Índice de Impacto Ambiental de Nascentes (IIAN)

As minas de água deste estudo situam-se em bairros públicos da cidade de Volta Redonda. Vale destacar que, em tais áreas, há fluxo natural de pessoas e veículos automotores.

Portanto, a Tabela 6 apresenta a localização das minas estudadas, com base no sistema de projeção de coordenadas Universal Transversa Mercator (UTM). A partir das coordenadas apresentadas, a Figura 4 ilustra as posições das minas nas intermediações da cidade.

Tabela 6 – Localização das minas de estudo

Minas	Coordenadas (UTM)		Endereço (bairros)
	X	Y	
SG	593862,4	7509478,88	São Geraldo - Rua Dourados em frente ao nº 230 (frente da E.M. Rondônia)
JB	592699,0	7513133,00	São João Batista - Rua Eval Mury Glória nº. 196
MC	595504,1	7510508,73	Morada da Colina - Rua Jorge G. Pereira, ao lado do nº 60
AL	596142,9	7510954,34	Água Limpa - Rua Santa Luzia nº 621 (próximo à escada)

Fonte: próprio autor (2022)

Figura 4 – Mapa da localização das minas pesquisadas



Fonte: Google Earth (2021)

OBS: Em vermelho os limites do município de Volta Redonda.

Volta Redonda é uma cidade no interior do estado do Rio de Janeiro e está situada na microrregião do vale do Paraíba do Sul. Possui uma área total de 182.483km², densidade demográfica de aproximadamente 1.444,86 habitantes/km² e é considerada uma das cidades de maior Produto Interno Bruto (PIB) do estado. Isso se deve também ao diversificado polo metalomecânico instalado na região (IBGE, 2021). De uma forma geral, a vegetação presente engloba a formação de pastagens com gramíneas variadas e fragmentos de floresta estacional semidecidual onde sua grande maioria ocorre mais acentuadamente na região norte do município (SILVA; SILVA, 2011).

De acordo com IBGE (2021), o município apresenta 96.1% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 63.4% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 75.1% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). No entanto, se comparado com os outros municípios do estado, fica na posição 3 de 92 (esgotamento sanitário), 43 de 92 (arborização de vias públicas) e 3 de 92 (urbanização de vias públicas), respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 150 de 5570, 3492 de 5570 e 49 de 5570, respectivamente.

IBGE (2021) pontua ainda que a taxa de mortalidade infantil média na cidade de Volta Redonda é de 12.27 para 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 0.1 para cada 1.000 habitantes. Comparado com todos os municípios do estado, fica nas posições 56 de 92 e 63 de 92, respectivamente. Quando comparado a cidades do Brasil todo, essas posições são de 2512 de 5570 e 4734 de 5570, respectivamente.

Por outro lado, para a realização de um diagnóstico dos impactos ambientais por observação das características macroscópicas das nascentes foi utilizada a metodologia proposta por Gomes et al. (2005).

Tais pesquisadores elaboraram o Índice de Impacto Ambiental em Nascentes (IIAN), indicador que aponta o estado de conservação das nascentes. A aplicação do método envolve um levantamento de informações específicas, tidos como parâmetros macroscópicos (tabela 7) que caracterizam o local a ser pesquisado.

Tabela 7 – Exemplo de quantificação de parâmetros

Quantificação da análise dos parâmetros Macroscópicos (1) Ruim; (2) Médio; (3) Bom			
Cor da água	(1) Escura	(2) Clara	(3) Transparente
Odor	(1) Cheiro Forte	(2) Cheiro fraco	(3) Sem cheiro
Lixo ao redor	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem lixo
Materiais flutuantes	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem materiais flutuantes
Espumas	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem espumas
Oleos	(1) Muito	(2) Pouco	(3) Sem óleos
Esgoto	(1) Esgoto doméstico	(2) Fluxo superficial	(3) Sem esgoto
Vegetação (preservação)	(1) Alta degradação	(2) baixa degradação	(3) Preservada
Uso por animais	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detectado
Uso por humanos	(1) Presença	(2) Apenas marcas	(3) Não detectado
Proteção do local	(1) Sem proteção	(2) Com proteção (c/ acesso)	(2) Com proteção (s/ acesso)
Proximidade com residência ou estabelecimento	(1) menos de 50 m	(2) Entre 50 e 100 m	(3) mais de 100 m
Tipo de área	(1) Ausente	(2) Privada	(3) Parques ou APP

Fonte: adaptado de Gomes et al. (2005)

Dessa forma, foi também elaborada a Tabela 8 onde foram descritos os critérios para a análise de todos os parâmetros avaliados in loco, conforme IAN, contribuindo assim para melhor estabelecer valores aos mesmos.

Tabela 8 – Descrição dos parâmetros para cálculo do IAN in loco

Parâmetros	Descrição de usos
Cor da água	Recipiente transparente para visualização da cor (escura, clara, transparente)
Cheiro da água	Recipiente transparente para visualização do odor (forte, com odor, ausente)
Lixo na água	resíduos presentes na água (presente, provável, ausente)
Lixo ao redor da mina	Presença de resíduos (muito; até 3 unidades; ausente)
Espumas	Presença de espuma (muito visível; pouco visível; ausente)
Óleos	Presença de óleo (muito visível; pouco visível; ausente)
Esgotos ao redor da mina	Presença de algum emissário de água residual (visível; possibilidade; ausência)
Vegetação	Grau de preservação ao entorno (degradada; alterada; boa)
Uso (Animais)	Evidência como pegadas, fezes, esqueletos (constante, esporádico; ausente)
Uso (Pessoas)	Evidência como trilhas, irrigação (constante; esporádico; ausente)
Acesso	Condição do acesso à mina (fácil; médio; sem acesso)
Distância das residências	Distância em metros (menos de 50; entre 50 e 100; mais de 100)
Proteção do local	cercas no local (presente e fácil acesso; presente e difícil acesso; ausente)
Solo	Condições do solo (normal, médio, ruim)

*foi utilizada água mineral potável como “branco” para fins de comparação.

Fonte: adaptado de Gomes et al. (2005)

Leal et al. (2016) aponta em seus estudos que os parâmetros podem ser caracterizados como bom, médio e ruim, cujos valores podem ser indicados por 3, 2 e 1 respectivamente. Dessa forma, o somatório destes valores representa a percepção ambiental daqueles parâmetros observados.

Para a coleta de dados para os parâmetros “cor da água” e “cheiro da água” foi utilizado um recipiente transparente com água mineral e potável como padrão ou “branco”. A partir dele foi comparado com a água coletada das minas e, respeitando os critérios estabelecidos pela Tabela 8, foram feitas as devidas pontuações. Já os demais parâmetros foram coletados através da percepção e visualização do autor deste trabalho. Por fim, as análises macroscópicas foram registradas na mesma data em que foram coletadas as amostras de águas para análises químicas

pelo SAAE/VR.

Após a coleta de dados e estudos dos impactos nas minas do presente trabalho, os parâmetros foram organizados, tal como exposto na Tabela 7, e enquadrados em padrões de quantificação, o que lhes conferiu a classificação em termos de somatório em máximo (bom) e mínimo (ruim) dos pontos obtidos.

Com isso, foi possível montar uma tabela classificatória (Tabela 9) que indica o grau de preservação e a classe a qual cada nascente está enquadrada. Contudo, para a geração do IIAN foi aplicada a soma dos pesos de cada parâmetro avaliado em pesquisa de campo, o que permitiu classificar as nascentes em classes que representam o estado de conservação de acordo com os cenários avaliados onde a classe “A” é concebida como o melhor cenário e a classe “E”, o pior.

Tabela 9 – Classificação do grau de preservação das Minas

Classificação das Minas quanto ao grau de preservação – impactos macroscópicos		
Classe	Grau de preservação	Pontuação final
A	Ótimo	Entre 42 a 40 pontos
B	Bom	Entre 39 a 37 pontos
C	Razoável	Entre 36 a 34 pontos
D	Ruim	Entre 33 a 31 pontos
E	Péssimo	Abaixo de 30

Somatório dos 14 parâmetros da Tabela 7.

Fonte: adaptado de Gomes et al. (2005).

4.3.1. Percepção Ambiental sobre a qualidade da água das minas

Para avaliar a percepção ambiental dos moradores dos bairros onde se encontram localizadas as minas de água, foi aplicado um questionário baseado no índice de impacto ambiental das nascentes (IIAN) (Apêndice A), com um total de 30 questões. Destas, 3 questões relacionavam-se a aspectos pessoais (gênero, idade, escolaridade). As demais questões abordaram a relação do cidadão com a mina de água de seu bairro. Assim, o projeto foi submetido ao conselho de ética da UFF e aprovado com o Certificado de apresentação de apreciação de ética (CAAE) de nº 43030721.6.0000.5243.

As entrevistas foram realizadas em dias de semana e em horários alternativos, buscando captar a percepção de indivíduos de diferentes perfis e conduzida de forma que houvesse a atenuação de quaisquer riscos ou desconfortos ao entrevistado. Foram convidados moradores

do município de Volta Redonda que utilizam a água das quatro minas selecionadas.

Após o convite de participação à pesquisa ser aceito, sempre de forma anônima e sem registros, foi feita uma leitura do que representa este trabalho e, por fim, a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido cujo modelo foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFF (Apêndice B).

Nesse contexto, foi explicado a cada participante que esta pesquisa se tratava de um projeto de mestrado vinculado à Universidade Federal Fluminense, com a intenção de buscar maiores esclarecimentos a respeito daquelas águas de minas sem quaisquer interferências negativas que por algum motivo os participantes pudessem sofrer com relação a companhia de saneamento local ou de quaisquer outras autoridades públicas. Assim sendo, as entrevistas ocorreram de forma tranquila onde foi possível ouvir o entrevistado e de estar atento às suas observações. O tempo médio de cada entrevista foi de 10 minutos e, após o término, o autor se manteve disponível a sanar quaisquer esclarecimentos ou dúvidas que haviam sido postas no decorrer daquele momento.

A entrevista foi conduzida sem nenhum recurso fotográfico ou gravação, tendo o registro sido feito por escrito e arquivado em banco de dados. Para fins de sigilo, os entrevistados não foram identificados por nome e as residências foram selecionadas de forma aleatória. As entrevistas ocorreram na parte externa dessas residências. Em seguida, os participantes responderam às questões e assinalaram com “X” na resposta mais adequada de acordo com seu julgamento.

A análise dos dados ocorreu concomitantemente à coleta de dados, por meio do uso software Excel, onde foram tabuladas e assim organizadas as respostas dos entrevistados. Assim foi possível efetuar o cálculo da média, desvio padrão e do coeficiente de variação das respostas coletadas nos questionários. Este, por sua vez, é calculado a partir da divisão entre o desvio padrão e a média das respostas obtidas.

De posse dos resultados, este trabalho poderá auxiliar em ações políticas para aquela região bem como adotar procedimentos seguros na utilização daqueles recursos. Os participantes que aceitaram contribuir com a pesquisa, conforme recomendado pelo comitê de ética, precisaram assinar um Termo de Consentimento (Apêndice B), em duas vias, cujas respostas foram arquivadas.

É importante salientar que a execução destas ações não contou com fontes de financiamento. Os recursos necessários foram disponibilizados pela Universidade Federal Fluminense e pelos próprios pesquisadores (transporte e material de escritório).

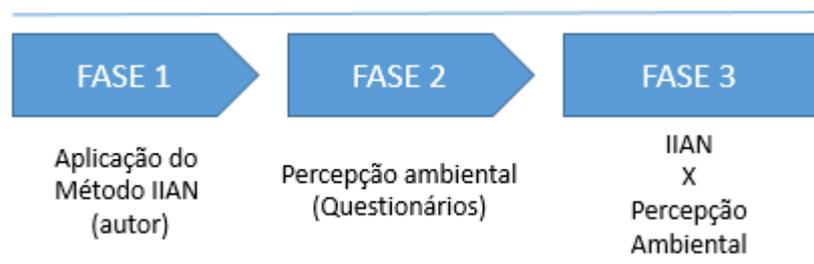
O número de entrevistas foi definido a partir da amostragem não probabilística, por

conveniência, participando da pesquisa aquelas pessoas que se dispuseram quando convidadas (MALHOTRA, 2001). Por fim, foram realizadas 87 entrevistas, onde as respostas começaram a indicar um padrão e, de acordo com Minayo (2004), já é satisfatório o número de entrevistas.

Após a realização das entrevistas, os dados foram tabulados e analisados com as frequências absolutas e relativas, além de média, desvio padrão e o coeficiente variabilidade, com o auxílio do software Microsoft Excel. Cabe destacar ainda que este projeto foi submetido à apreciação do comitê de ética da Universidade Federal Fluminense, via plataforma Brasil, e em 02 de junho de 2021 foi aprovado (Anexo B), sob o parecer N° 4.752.200, para que as entrevistas fossem executadas.

Portanto, de posse dos resultados da percepção ambiental, através da aplicação destes questionários, foi feito o cruzamento das respostas obtidas pelo índice de impacto ambiental de nascentes (IIAN) com o objetivo de se comparar o diagnóstico técnico realizado pela percepção do autor com o dos usuários daquela água conforme ilustrado pela Figura 5 abaixo:

Figura 5 – Fases e procedimentos realizados para o cruzamento de dados entre o método IIAN e a percepção ambiental



Fonte: próprio autor (2022)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização dos pontos de coleta

O bairro São Geraldo é considerado um dos bairros mais antigos de Volta Redonda e é dividido em duas áreas. A primeira, chamada parte baixa, concentra um aglomerado e lojas prestadoras de serviços como padarias, farmácias, bares, lojas de autopeças escolas municipais e estaduais. A segunda, chamada parte alta, é conhecida como Colina, onde situa-se um hospital público, uma praça de alimentação, bares e um público noturno, universitário e diversificado (PMVR, 2017).

A mina em estudo situava-se na parte baixa, localizando-se ao lado da escola Rondônia, na rua Dourados. De acordo com relato dos participantes entrevistados, suspeita-se que a água pode ter contribuído para casos de intoxicação em alguns usuários, alunos que frequentam a escola e outros. Por outro lado, a zona de captação de água está situada em uma propriedade particular e, de acordo com os entrevistados, isolada de fontes externas de poluição. Até a edição deste trabalho, não foi possível acessar ou registrar imagens desde local. Aparentemente a mina não oferece boas condições de higiene tendo sido, portanto, escolhida como um dos objetos de estudo deste trabalho. A Figura 6 ilustra a situação da mina em julho de 2021.

Figura 6 - Mina do bairro São Geraldo



Fonte: próprio autor (2021)

Segundo censo realizado pelo IBGE (2010), o bairro São João Batista, conta com cerca de 1500 moradores. A mina encontra-se em na Rua Eval Mury Glória, nº 196, disponível em

uma calçada de uma residência particular na qual se localiza um poço artesiano que a bombeia. A captação da água também ocorre no interior de uma propriedade particular, protegida e protegida de contaminações externas (Figura 7). A estrutura dessa mina permite que as pessoas possam armazenar a água em reservatórios ou a consumam no próprio local. No entanto, em abril de 2021 o proprietário resolveu suspender o uso da água por terceiros em virtude das complicações e frequente aglomeração em detrimento da pandemia mundial causada pelo novo coronavírus.

Figura 7 - Mina do bairro São João Batista (Julho 2021)



Fonte: próprio autor (2021)

A mina do bairro Morada da Colina (MC) localiza-se na rua Jorge Gonçalves Pereira nº 60, em uma estrutura de cimento revestida com azulejos e uma torneira, com ausência de lixo ou esgotamento sanitário a sua volta (Figura 8). A captação da água ocorre na parte alta do bairro e em propriedade particular a qual também não foi possível acessar. Ela vem de um local com vegetação, cai em uma caixa e desce para a torneira.

Figura 8 - Mina do bairro Morada da Colina (Julho 2021)



Fonte: próprio autor (2021)

A mina do bairro Água Limpa (AL) encontra-se na Rua Santa Luzia nº 621, em frente a um ponto de ônibus, apresentando uma estrutura de cimento com azulejos e uma torneira que até o fim de 2020 ainda abastecia os moradores daquela área (Figura 9).

Figura 9 - Mina do bairro Água Limpa (Maio 2020)



Fonte: próprio autor (2021)

De acordo com relatos dos moradores daquela localidade, a partir de um empreendimento envolvendo um conjunto habitacional na parte alta do bairro (Figura 10), o abastecimento de água foi interrompido. No entanto, ainda é desconhecido os reais motivos da água ter deixada de ser oferecida. Ao seu redor há bastante concentração de resíduos sólidos, conforme ilustrado pela Figura 9. Diante disso, foi possível notar que o uso e ocupação do solo na zona de captação desta mina é basicamente constituído por propriedades e residências particulares.

Figura 10 - Mina do bairro Água Limpa e conjunto habitacional que interrompeu o abastecimento de água à mina (Julho 2021)



Fonte: próprio autor (2021)

Importante destacar que o descarte inadequado provoca sérios prejuízos não somente aos recursos hídricos, mas também à saúde pública. Está associado ainda ao triste cenário socioeconômico de várias famílias excluídas socialmente que para sobreviver retiram materiais dos vazadouros para consumo próprio ou reciclagem (ABRELPE, 2015).

Cabe mencionar que o município de Volta Redonda, com cerca de 100 mil domicílios, tem uma capacidade considerável quanto a geração de resíduos. Estima-se que esteja na ordem de 713 toneladas por mês. O programa de coleta seletiva do município tem histórico de coleta

de 4,87% e aproveitamento de apenas de 1,6% do total de resíduos gerados. Diante deste cenário, é recomendável que sejam aprofundados aspectos logísticos da coleta seletiva do município para melhorar sua eficiência. Portanto, estudos de assistência técnica às cooperativas e também o estudo da possibilidade de implementação de uma planta industrial de reciclagem de resíduos sólidos no município seria fundamental para atingir estes objetivos (VALENTE, 2017).

5.2. Avaliação dos parâmetros físico químicos

Em função dos efeitos causados pelo novo coronavírus, da síndrome respiratória (SARS.Cov), causadora da COVID-19, diversas instituições foram obrigadas a restringir a circulação de pessoas no interior de suas instalações para conter a proliferação do vírus. Em janeiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) apontou a emergência de interesse internacional de um surto de um novo coronavírus na China que avançava em todos os continentes em diferentes culturas e nacionalidades. Dessa forma, foram impostas medidas de contenção e isolamento das comunidades para reduzir o crescimento exponencial do número de pessoas infectadas (THE LANCET, 2020).

Assim, não foi diferente com escolas e Universidades. Com isso, em virtude dos laboratórios de análises químicas da Universidade Federal Fluminense (UFF) também estarem fechados, as coletas e análises tornaram-se inviáveis no ano de 2020 e 2021. Buscando alternativas, foi enviado o primeiro Ofício (PGTA/UFF), conforme modelo (Anexo D), no dia 11 de fevereiro de 2021, solicitando apoio ao SAAE-VR nas análises das águas das minas escolhidas para este estudo. Dessa forma, com o auxílio de seus responsáveis técnicos e químicos, foi possível realizar o monitoramento e as análises químicas das minas MC (morada da colina), JB (João Batista), SG (São Geraldo) e AL (água limpa).

Assim, vale mencionar que o monitoramento de qualidade da água passou por um levantamento de informações de forma sistemática em pontos de amostragem previamente selecionados que possibilitaram o acompanhamento da evolução temporal de parâmetros bem como o apontamento de possíveis informações de quando e onde há mudanças e variações nas características daquele recurso. Com isso, este acompanhamento tornou-se uma ferramenta indispensável para o entendimento acerca dos fenômenos físicos, químicos e biológicos que compuseram a qualidade da água em um determinado período. Assim, estes dados ou parâmetros podem servir de base, junto aos tomadores de decisão, acerca das destinações, usos racionais, controle de poluição e impactos ambientais (SOARES, 2001).

Esses parâmetros podem ser entendidos como um conjunto de elementos variáveis e de acordo com a Resolução CONAMA N° 237/2005, podem ser definidos como substâncias ou outros indicadores representativos de qualidade ambiental da água. Para tanto, o conhecimento sobre o real estado de qualidade de uma determinada amostra de água geralmente é realizado através de análises de suas presenças e concentrações. Por outro lado, devido à grande quantidade de parâmetros de qualidade da água, também é exigido um elevado investimento para sua realização. Esta realidade acaba impossibilitando ou limitando o conhecimento sobre impactos ambientais como na determinação de um possível poluente em amostra de água.

Cabe mencionar também que na superfície e na região subterrânea, as condições litológicas impõem a qualidade de seus recursos hídricos em função das reações químicas com os minerais ali presentes bem como por processos como o de lixiviação. De acordo com HOUNSLOW (1995), a qualidade da água subterrânea é consequência da composição mineralógica das rochas com as quais a água entra em contato. Dessa forma, águas subterrâneas podem apresentar concentrações de sólidos dissolvidos maiores às das superficiais em função de seu longo período sob contato com as rochas. Isso permite que, ao passo que as águas se infiltram no solo, há a tendência de purificarem durante o trajeto subterrâneo, onde sofrerão variações de temperatura e podendo também manter por mais tempo suas características químicas e biológicas se comparadas com a água superficial. Cabe dizer também que a variação da qualidade da água subterrânea tende a ser menos intensa que das águas superficiais no médio e longo prazo.

Portanto, a primeira coleta na mina do bairro morada da colina (MC) foi realizada no dia 04 de março de 2021, às 8h25 da manhã. Nesta mesma data, a Mina do bairro Água Limpa (AL), não apresentou vazão. Naquele momento suspeitou-se que este fato ocorria em função da forte seca que estava sendo enfrentada na região fluminense nos meses que antecederam a coleta. Entretanto, no decorrer da pesquisa, descobriu-se que empreendimentos imobiliários na parte alta do bairro era o motivo mais plausível pela diminuição até a interrupção de sua vazão. As amostras da primeira coleta das minas São Geraldo (SG) e São João Batista (JB) ocorreram no dia 16 de março de 2021 no período da manhã. A coleta foi feita alguns dias após a última em função de problemas logísticos do próprio do SAAE-VR. As amostras da Mina JB foram coletadas às 8h35 da manhã e da mina SG, às 9h38. Já a segunda coleta das amostras de água das minas ocorreram nos dias 6 e 8 de julho de 2021, no período da manhã, entre 9h e 11h.

A partir dos resultados da primeira e segunda coletas, foi possível notar que todos os parâmetros das três minas analisadas estavam em conformidade com a portaria GM/MS N° 888 de 04 de maio de 2021 naquele momento. Por outro lado, a terceira coleta, que ocorreu nos dias

4 e 11 de fevereiro de 2022, apresentou desconformidades nos resultados dos parâmetros em duas das três minas. Isso prova como é imperativo que haja monitoramento de todos os parâmetros listados em legislação bem como na preservação da estrutura sanitária daquelas minas a fim de que se possa garantir sua qualidade ou corrigir possíveis anomalias químicas.

Um aspecto importante que deve ser considerado é a temperatura. Suas variações fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais podem apresentar variações sazonais ou diurnas. Vale mencionar que este parâmetro é fundamental no meio aquático e condiciona a influência de uma série de questões físico-químicas e, ao passo que aumenta entre 0° e 30, variáveis como viscosidade, tensão superficial, calor específico também aumentam enquanto condutividade térmica e pressão de vapor diminuem. Por outro lado, sua elevação em um corpo d'água também pode indicar a ocorrência de despejos industriais (CETESB, 2016).

Na primeira análise das amostras de água das três minas, a temperatura não apresentou grandes variações e apontaram valores entre 24° C e 25° C (Tabela 16). Vale lembrar que não existem valores de limites de temperatura para definição de classes de uso da água na legislação brasileira, somente para o caso de lançamento de efluentes, que não pode exceder 40°C (BRASIL, 2005).

Na segunda análise das amostras de água, a temperatura não apresentou grandes variações e apontaram valores de 25° C na amostra de São Geraldo e de 21,1° C em Morada da Colina. Já na Mina do São João Batista não foi possível realizar a medição da temperatura in loco pois a coleta da amostra foi realizada pelo autor com orientação dos profissionais do SAAE (Tabela 10). Isso ocorreu porque a mina encontra-se temporariamente desativada pelo proprietário em função das constantes aglomerações e queixas da vizinhança devido ao momento pandêmico vivido. Na terceira coleta as três minas também apresentaram temperaturas compatíveis com seu histórico de análises e não apresentaram grandes variações. A mina JB registrou 26,1°C, a mina MC apontou 24,5°C e a mina SG com 25,3°C.

Tabela 10 - Resultado das Temperaturas nas Minas em estudo

Temperatura (°C)				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
24,8	25	24,6	°C	-
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
-	25	21,1	°C	-
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
26,1	25,3	24,5	°C	-

Fonte: próprio autor (2021)

O trabalho realizado por Nolasco et al. (2020) analisou parâmetros físico químicos em amostras de água de uma nascente, do rio Jequitinhonha e da concessionária de abastecimento do município de Almenara, situado no nordeste do estado de Minas Gerais. Verificou-se que a temperatura da água das amostras variou entre 23°C e 25°C. Assim, embora a portaria GM/MS Nº 888 de 2021 não defina limites para temperatura, seu levantamento é fundamental pois este parâmetro influencia na quantidade de oxigênio dissolvido e também na troca de gases presentes no meio aquoso com a atmosfera, em tubulações de abastecimento urbano e outros (CETESB, 2016).

O trabalho desenvolvido por Do Nascimento (2020) analisou a qualidade da água em três estuários tropicais em diferentes níveis de urbanização entre os anos de 2006 a 2009 a partir dos dados registrados pela Agência Estadual de Meio Ambiente do Estado de Pernambuco (CPRH). Em seu trabalho foi constatado que os menores níveis de temperatura foram medidas nas estações chuvosas e, conseqüentemente, os maiores valores nas estações secas. O autor identificou ainda que houve relação direta da temperatura em fenômenos químicos e biológicos existentes nos estuários estudados cuja qualidade da água apresentou-se aquém do ideal.

Outro aspecto de potabilidade importante a ser considerado é o pH. A portaria GM/MS Nº 888, de 04 de maio de 2021, recomenda que seus valores para consumo humano esteja entre 6,0 e 9,5. Contudo, analisando os resultados das primeiras amostras coletadas (Tabela 17), é possível notar que as minas de SG e MC apresentaram pH bem acidificado e fora da faixa permitida. Assim estão em desconformidade com o recomendado pela Portaria. A Mina JB também apresentou resultado acidificado, porém dentro do que é considerado aceitável em legislação. Com isso, essa acidez pode indicar interferências humanas ou ser resultado de causas naturais por meio de decomposição de matéria orgânica (BRASIL, 2006).

Na segunda análise para pH, a mina do São João Batista apresentou índice de 6,1. A mina São Geraldo apresentou pH 5 e a da morada da colina um pH de 4,9. Na terceira análise o mesmo padrão foi observado. A mina SG apresentou pH de 5,1, a mina JB com 6,1 e a mina MC com 4,6 (Tabela 11). Cabe lembrar que águas que se precipitam em territórios tropicais, geralmente apresentam valores moderadamente ácidos, com o pH variando entre 4 e 6 e com teor médio de poucos mgL⁻¹ de sólidos totais (REBOUÇAS, 2002).

Tabela 11 - Resultado de pH nas minas em estudo

pH				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
6,2	5	4,4	-	6,0-9,5
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
6,1	5	4,9	-	6,0-9,5
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
6,1	5,1	4,6	-	6,0-9,5

Fonte: próprio autor (2021)

No trabalho realizado por Oliveira et al. (2021) para avaliar contaminação de nitrato e *Escherichia coli* em água subterrânea no município de Carapicuíba (SP), foram revelados resultados de pH ligeiramente ácidos e, portanto, fora do que recomendava a legislação. Já na pesquisa realizada por Rodrigues et al. (2019), onde avaliou-se fontes alternativas de captação de água em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, observou-se que todas as amostras estavam com condições permissíveis e dentro do que recomendavam os padrões de pH em lei.

A cor aparente, de acordo com a portaria GM/MS N° 888 de 2021, exige que a água esteja com valor máximo de 15 UC para que o padrão de potabilidade seja atingido. A mina JB foi a que apresentou maior índice e com valor igual 7. As minas SG e MC apresentaram valores iguais 0 (zero). Na segunda e terceira coleta, para cor aparente, nenhuma das três minas analisadas apresentaram valores conforme apontado na Tabela 12.

Tabela 12 - Resultado de Cor Aparente nas minas em estudo

Cor Aparente				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
7	0	0	UC	15
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
0	0	0	UC	15
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
0	0	0	UC	15

Fonte: próprio autor (2021)

No trabalho de Do Vale Peixoto (2021) foi analisada a qualidade da água de poços tubulares do lençol freático, na cidade de Paracuru no Estado do Ceará. Com alta disponibilidade de águas subterrâneas, a cidade, entretanto, carecia de um sistema de tratamento de esgoto. Contudo, entre outros parâmetros, nos 20 poços analisados entre o veraneio de julho a agosto de 2019, a cor aparente foi uma das variáveis que não sofreram interferências antrópicas e estavam em conformidade com os padrões legais.

A pesquisa de Cembranel et al (2019) realizou um estudo de caso acerca dos impactos de uma indústria metal mecânica na qualidade de águas subterrâneas na microbacia do Rio do Peixe, inserido na região oeste do estado de Santa Catarina. Na caracterização físico-química da água subterrânea, foram realizadas cinco coletas de amostras de dois litros cada, na saída do poço que se encontrava no pátio da empresa. Em função de altos índices de Fe e Mn em análises históricas daquela água, foi dada a necessidade de se investigar as razões daqueles altos índices pois aquele poço foi perfurado com o objetivo de fornecer água para consumo humano. Dessa forma, entre o período de dezembro de 2017 a abril de 2018, foram realizadas cinco leituras para cor aparente. A primeira em abril de 2017 indicou um índice de 121 UC. A segunda, em janeiro de 2018, apontou 32,8 UC. Na terceira, realizada em fevereiro de 2018, 46,53 UC. Em março de 2018, o índice subiu para 78 UC e, por último, em abril de 2018, a medida para cor aparente indicou 56,1 UC. Assim, naquele período, todas as amostras estavam em desconformidade ao que é exigido pelo padrão legal (15 UC).

A turbidez também é um importante parâmetro considerado no grau de potabilidade de água. De acordo com CETESB (2016), a turbidez de uma água aponta o grau de atenuação da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la onde a turvação da água é verificada por

absorção e espalhamento em função do comprimento de onda da luz. Vale lembrar que diversos impactos ambientais podem causar esse fenômeno. Tal como a erosão em margens dos rios em estações chuvosas, intensificadas pelo mau uso do solo ou pelo despejo de esgotos domésticos e diversos efluentes industriais. Além disso, a alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas que, por sua vez, pode suprimir a diversas formas de vidas aquáticas tal como o uso doméstico.

Assim a legislação recomenda que para a obtenção da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências de indicação microbiológica, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5 UT (unidades de turbidez), assegurando também toda a extensão do sistema de distribuição (BRASIL, 2021). No entanto, os resultados obtidos (Tabela 13) para todas as minas analisadas registraram índices abaixo do limite máximo sugerido em lei. A Mina JB indicou valor de 0,8 UT e as minas SG e MC o valor idêntico a 0.2 UT. Na segunda e terceira análise, as medidas de turbidez variaram entre 0,1 UT e 0,3 UT.

Tabela 13 - Resultado para Turbidez nas Minas em estudo

Turbidez				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
0,8	0,2	0,2	UT	5
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
0,3	0,2	0,1	UT	5
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
0,2	0,3	0,1	UT	5

Fonte: próprio autor (2021)

Vale lembrar que para fins de potabilidade é recomendado que a turbidez seja inferior a uma unidade (BRASIL, 2006). Também é relevante lembrar que a turbidez da água tende a mascarar a presença de possíveis organismos patogênicos que podem ainda estimular o crescimento de bactérias.

Na pesquisa realizada por Rodrigues et al. (2019), onde foram feitos levantamentos e análises químicas de fontes alternativas de captação de água para residentes do município de Visconde do Rio Branco, em Minas Gerais, seu diagnóstico indicou que nenhuma das amostras apresentou nível elevado de turbidez. O maior valor encontrado (Tabela 13) entre todas as amostras foi de 2,2 NTU. Portanto em conformidade com o que exige a legislação vigente (5,0

NTU).

Outro ponto importante a se considerar para os padrões de potabilidade da água é a alcalinidade. Esse parâmetro busca determinar a presença de íons que possam reagir e neutralizar ácidos. Seus principais componentes são os bicarbonatos que, dissolvem-se na água devido à sua passagem pelo solo, e os hidróxidos. Tanto os carbonatos quanto os hidróxidos podem ocorrer em águas onde há florações de algas eutrofizadas e em períodos de extrema insolação a ocorrência da fotossíntese em função da respiração é alta o suficiente para a retirada de gás carbônico e conseqüentemente elevação do pH a índices que podem chegar a 10 unidades (CETESB, 2016).

Contudo, nas três minas analisadas em primeira coleta, a alcalinidade total atingiu 53 unidades para mina JB, 14 para a mina SG e 12 para mina MC. A alcalinidade parcial não foi detectada nas três amostragens. Na segunda, a alcalinidade total apresentou 52 mg L⁻¹ na mina JB, 14 mg L⁻¹ na mina SG e 15 mg L⁻¹ na mina MC. Já na terceira coleta a mina JB apresentou 48 mg L⁻¹, a mina SG, 11 mg L⁻¹ e a mina MC, 10 mg L⁻¹, para alcalinidade. A legislação vigente não menciona valores máximos para este parâmetro (Tabela 14).

Tabela 14 - Resultado para Alcalinidade nas Minas em estudo

Alcalinidade				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
53	14	12	mg L ⁻¹	-
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
52	14	15	mg L ⁻¹	-
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
48	11	10	mg L ⁻¹	-

Fonte: próprio autor (2021)

O trabalho realizado por Nolasco et al. (2020) analisou parâmetros físico químicos em amostras de água de uma nascente (amostra 2), do rio Jequitinhonha (amostra 1) e da água fornecida pela concessionária estadual (amostra 3) no município de Almenara, situado no nordeste do estado de Minas Gerais. O trabalho indicou que as leituras de alcalinidade na amostra 3 apresentava o maior valor entre elas, seguida da amostra 1 e posteriormente da água amostra 2. Com isso, de acordo com Nolasco et al. (2020), a amostra 3 apresentou o maior valor

de alcalinidade devido à adição de sais alcalinos no processo de coagulação e floculação na estação de tratamento de água. É observado ainda que, embora este parâmetro não possua relevância quanto aos aspectos sanitários, altos índices de alcalinidade podem ocasionar um sabor desagradável a água.

A pesquisa realizada por Da Silva (2018) analisou dados da qualidade da água subterrânea de poços no bairro novo horizonte, em quatro zonas de coleta, na cidade de Macapá, estado do Amapá, consumidas pela população local, entre abril de 2016 a abril de 2017. Dentre as alterações nos parâmetros analisados, a alcalinidade foi um dos que também apresentou desconformidades em suas leituras, sobretudo nos períodos mais chuvosos.

Outro elemento fundamental para verificação do grau de potabilidade das águas são as taxas de Cloro que, por sua vez, pode ser encontrado nos estados líquido, sólido ou gasoso. Quando em contato com a água, em estado gasoso, é hidrolisado e forma íons de hipoclorito que é um dos principais atores na oxidação da matéria orgânica indesejada e a sua concentração é classificado como cloro residual livre que pode variar com a temperatura e pH e é fundamental para evitar o crescimento bacteriano (RODRIGUES; SCALIZE, 2019). Vale dizer ainda que, não sendo um elemento conservativo, o cloro é consumido no decorrer do tempo através de reações de substâncias presentes na água, especialmente em tubulações de ferro pelo processo de corrosão. Por outro lado, algumas destas reações podem oferecer subprodutos cancerígenos e danosos à saúde humana (SOARES et al., 2016).

Graças ao seu baixo custo, simplicidade de aplicação, o cloro destaca-se como o desinfetante mais utilizado em estações de tratamento de água, porém segundo a portaria GM/MS N° 888 de 2021, sua concentração deve estar entre de 0,2 mg L⁻¹ e 5 mgL⁻¹ (BRASIL, 2021). Contudo, em todas as amostras, das três coletas, este elemento não foi detectado (tabela 15).

Tabela 15 - Resultado para Cloro Residual nas minas em estudo

Cloro Residual				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
ND	ND	ND	mg L ⁻¹	0,2-5,0
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
ND	ND	ND	mg L ⁻¹	0,2-5,0
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
ND	ND	ND	mg L ⁻¹	0,2-5,0

Fonte: próprio autor (2021)

Na pesquisa realizada por Martins et al. (2017) onde avaliou-se a qualidade de água de fonte subterrânea em instituições localizadas na zona urbana de Lavras, interior de Minas Gerais, como alternativa ao uso irresponsável das águas superficiais, percebeu-se que todas as amostras estavam em acordo com os padrões recomendados para cloro perante a legislação vigente à época.

Outro parâmetro importante é a dureza da água. A partir de seus resultados é possível analisar a concentração de cátions multivalentes em solução. Entre eles, os mais frequentes são os de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e os de menor frequência são os de ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) (BRASIL, 2006). Assim, de acordo com os resultados obtidos entre as minas analisadas (Tabela 16), todas estão em conformidade com a portaria GM/MS N° 888 de 2021 que permite valor máximo de 500 mg L^{-1} . A mina JB e MC foram as que apresentaram maiores índices de dureza total com valor igual a 52 e 50 respectivamente, configurando uma dureza branda ou moderada (entre 50 mgL^{-1} e 150 mgL^{-1} de CaCO_3). Enquanto a mina SG, a menor, com valor igual a 9 mg L^{-1} e podendo estar inserida na categoria de dureza mole (abaixo de 50 mg L^{-1} de CaCO_3). Esta última chama atenção pelo seu valor destoante das demais e este fato pode estar relacionado ao tipo de solo, entretanto necessita de maiores informações (Tabela 16).

Na segunda coleta, para a Dureza, todas as três minas obtiveram resultados dentro dos limites estabelecidos em legislação (500 mg L^{-1}). A mina JB e SG com resultados iguais a 50 mg L^{-1} , enquanto a mina MC com valor igual 59 mg L^{-1} . O mesmo ocorreu na terceira coleta e todos as minas obtiverem limites permissíveis para este parâmetro.

Na pesquisa realizada por Junior et al. (2020) que avalia as condições de potabilidade de águas subterrâneas para consumo humano no município de Campina Grande, Paraíba, apenas quatro de suas 13 amostras apresentaram valores permissíveis para dureza total conforme orientava a legislação. No artigo realizado por Rodrigues et al. (2019), em um levantamento e análise de fontes alternativas de abastecimento de uma população em Visconde do Rio do Branco, Minas Gerais, todas as amostras de água coletadas e analisadas, foram classificadas como água branda. De acordo com seu estudo, essa classificação se dá para águas com concentrações de CaCO_3 inferiores ou iguais a 50 mg L^{-1} .

Tabela 16 - Resultado para Dureza Total nas Minas em estudo

Dureza Total				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
52	50	9	mg L ⁻¹	500
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
50	50	59	mg L ⁻¹	500
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
34	47	10	mg L ⁻¹	500

Fonte: próprio autor (2021)

Os cloretos podem ser classificados como ânions inorgânicos, presentes nas águas, e podem estar na forma de sais de sódio (NaCl), potássio (KCl) ou cálcio (CaCl). Vale mencionar que a entrada de cloretos no lençol freático ocorre porque não é absorvido na infiltração da água no solo e sua presença pode apontar a existência de substâncias de origem industrial ou efluentes salinos (POHLING, 2009).

De acordo com a portaria GM/MS Nº 888 de 2021, o valor máximo permitido para cloretos para consumo humano é de 250 mg L⁻¹ e, de acordo com os resultados obtidos, a mina SG foi a que apresentou maior índice de cloreto com valor igual a 66 mg L⁻¹, enquanto a Mina JB e MC apresentaram 10 mg L⁻¹ e 17,5 mg L⁻¹, respectivamente (tabela 17). Assim, de acordo com o laudo apresentado pelo SAAE-VR, todas as minas estão em conformidade com a legislação recomendada. O mesmo pode ser verificado na segunda coleta onde a Mina JB, a medida apontou 10 mg L⁻¹. Para as minas SG e MC os resultados foram de 66 mg L⁻¹ e 17,5 mg L⁻¹ respectivamente. Na terceira observou-se o mesmo. A mina JB apontou 12 mg.L⁻¹, a mina SG registrou 20 mg L⁻¹ e a mina MC indicou 14 mg L⁻¹.

Tabela 17 - Resultado para Cloretos nas Minas em estudo

Cloretos				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
10	65	17,5	mg L ⁻¹	250
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
10	66	17,5	mg L ⁻¹	250
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
12	20	14	mg L ⁻¹	250

Fonte: próprio autor (2021)

Ainda no trabalho realizado por Junior et al. (2020), apenas uma amostra apresentou índices aceitáveis para concentrações de cloreto. De acordo com as conclusões do autor, a água analisada em Campina Grande, na Paraíba, não estava recomendável para o consumo humano. Seu uso poderia causar prejuízos à saúde humana e seu manejo poderia provocar infertilidade do solo.

O dióxido de carbono, também conhecido como gás carbônico (CO₂), é uma substância química incolor, inodora e não inflamável a pressão e temperatura ambiente, presente na atmosfera e um dos requisitos de vida por ser componente fundamental na fotossíntese das plantas e respiração de organismos aeróbios. Sabe-se ainda que o CO₂ interage com a água das chuvas e pode reagir formando bicarbonatos e carbonatos (SERPA; MORBEE; TZIMAS, 2011). Dessa forma, por meio da alcalinidade dos bicarbonatos, é possível determinar o teor de CO₂ livre presente na água (APHA, 2013).

Dito isso, de acordo com a portaria GM/MS N° 888 de 2021, não há parâmetro limite para dióxido de carbono. As leituras para as minas JB indicaram uma concentração de 50 para Mina JB, 67 para SG e 47 para MC. Na segunda coleta, o dióxido de carbono livre obteve as leituras para a mina JB igual a 33 mg L⁻¹, e as minas SG e MC com resultados iguais a 67 mg L⁻¹ e 65 mg L⁻¹ respectivamente. Na terceira e última coleta, a mina JB indicou 54 mg L⁻¹, a mina SG registrou 39 mg L⁻¹, e a mina MC, uma concentração de 43 mg L⁻¹ para este parâmetro (tabela 18).

Tabela 18 - Resultado para Dióxido de Carbono nas Minas em estudo

CO₂ Livre				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
50	67	47	mg L ⁻¹	-
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
33	67	65	mg L ⁻¹	-
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
54	39	43	mg L ⁻¹	-

Fonte: próprio autor (2021)

Outro parâmetro analisado foi o da contagem de bactérias heterotróficas. Este informa sobre a qualidade bacteriológica da água de uma forma ampla através de microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes. O teste detecta bactérias ou esporos de bactérias de origem fecal e componentes da flora natural da água ou resultantes da proliferação de biofilmes no sistema de distribuição (GUERRA; OTENIO; SILVA 2006). No caso deste estudo, o resultado das análises apontou que este parâmetro está em conformidade com a portaria GM/MS N° 888 de 2021. Esta define um limite de 500 UFC/ml para bactérias heterotróficas, enquanto isso, a mina JB apontou a presença de 50 UFC/ml e SG e AL apresentaram ausência destas bactérias. Já na terceira coleta, a mina JB e MC apresentaram valores de 60 UFC/ml e 50 UFC/ml respectivamente, enquanto a mina SG permaneceu com este parâmetro ausente. Portanto estão dentro do que a legislação recomenda (Tabela 19).

Tabela 19 - Resultado para Bactérias Heterotróficas nas Minas em estudo

Bactérias Heterotróficas				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
50	Ausente	Ausente	UFC/mL	500
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
Ausente	Ausente	Ausente	UFC/mL	500
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
60	Ausente	50	UFC/mL	500

Fonte: próprio autor (2021)

No trabalho desenvolvido por Domingues et al (2017), para avaliar a contagem de

bactérias heterotróficas para consumo humano, foi observado que um elevado percentual de amostras UFC/ml, acima do limite estabelecido pela portaria do Ministério da saúde, favorece o aparecimento de doenças que podem prejudicar especialmente crianças e idosos.

Outro importante dado diz respeito ao grupo dos coliformes (Tabela 20). Nas duas primeiras coletas, este parâmetro manteve-se ausente. No entanto, na terceira coleta, foram apontadas contaminações nas minas JB e MC. A portaria GM/MS N° 888 de 2021 recomenda que é necessário que os coliformes fecais estejam ausentes em uma amostra de 100 ml. Porém, apenas a mina SG manteve-se ausente. As minas JB e MC indicaram a presença de 60 NMP e 9 NMP. Portanto acusando contaminação da água tornando-a imprópria para o consumo.

Vale ressaltar que o grupo dos coliformes também são conhecidos como termotolerantes e são bactérias exclusivas de origem fecal. Algumas delas são a *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Proteus* (BITTON, 2005). Os coliformes fecais são bactérias gram-negativas que podem fermentar a lactose em 44,5°C e podem formar colônias quando expostos em um meio gelatinoso que é utilizado para indicar grânulos de colônias bacterianas, também conhecido como Ágar (CABRAL, 2010).

No entanto, de acordo com BUMA (2017), o *Escherichia coli*, por ser o único do grupo coliforme de origem exclusivamente fecal, é o indicador mais confiável na indicação de contaminação por origem humana e animal. Isso ocorre porque as demais espécies podem ser isoladas no solo, em águas ricas em nutrientes ou em matéria orgânica em decomposição. Portanto a simples presença de coliformes termotolerantes nas águas não possibilita afirmar que a contaminação seja de origem fecal.

Tabela 20 - Resultado para Coliformes totais nas Minas em estudo

Coliformes Totais				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
Ausente	Ausente	Ausente	NMP	Ausência em 100 ml
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
Ausente	Ausente	Ausente	NMP	Ausência em 100 ml
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
60	Ausente	9	NMP	Ausência em 100 ml

Fonte: próprio autor (2021)

Então, na primeira e segunda coleta, nos resultados obtidos para as três minas de água analisadas foi apontada a ausência de coliformes totais, fecais ou *Escherichia coli* (Tabela 20). Dessa forma, esta variável está em conformidade com a portaria GM/MS N° 888 de 2021 que atribui, como limite máximo, sua ausência em 100 ml de amostra.

Entretanto, a terceira coleta, a mina JB indicou contaminação. De acordo com os resultados das análises químicas para *Escherichia coli* ou coliforme fecal, a mina JB registrou a presença de 2400 NMP em uma amostra de 100 ml (Tabela 21). Um valor acima dos limites de tolerância e, assim, configurando a água desta mina como imprópria para o consumo.

Tabela 21 - Resultado para *Escherichia coli* ou coliforme fecal nas minas em estudo

Escherichia coli ou coliforme fecal				
1ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
Ausente	Ausente	Ausente	NMP	Ausência em 100 ml
2ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
Ausente	Ausente	Ausente	NMP	Ausência em 100 ml
3ª Coleta				
Mina JB	Mina SG	Mina MC	Unidades	Limites
2400	Ausente	Ausente	NMP	Ausência em 100 ml

Fonte: próprio autor (2021)

A pesquisa realizada por Gurgel et al (2020), investigou a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em água de consumo de uma comunidade conhecida como Lago do limão, no município de Iraduba no Estado do Amazonas. Algumas de suas amostras apresentaram contaminação por bactérias do grupo coliforme e, de acordo com os autores desta obra, isto evidencia baixas condições de higiene do local ou baixa qualidade da água fornecida. Nesse trabalho afirmou-se que em uma das fontes de água utilizadas pela comunidade foi detectada contaminação fecal e isto poderia ser uma fonte potencial de disseminação de doenças para os domicílios que utilizam daquele recurso.

Ainda no trabalho de Do Vale Peixoto (2021), onde foi analisada a qualidade da água de 20 poços artesianos tubulares do lençol freático, na cidade de Paracuru, Estado do Ceará, que são predominantemente utilizadas para uso doméstico, foi constatado que aquelas águas estavam impróprias para o consumo. Com isso, análises químicas realizadas entre o veraneio

de julho a agosto de 2019, foi observado nas análises microbiológicas que 35% das amostras de água subterrâneas estavam contaminadas por bactérias heterotróficas, 90% com coliformes fecais e 15% com *Escherichia coli*. Assim, nas 40 amostras de água subterrâneas analisadas, 95% estavam impróprias para o consumo humano.

Até a segunda análise foi possível notar a ausência de bactérias heterotróficas, coliformes totais, *Escherichia coli* ou coliformes fecais nas três minas em destaque. Aqui, ainda cabe lembrar, a continuidade da interrupção do abastecimento de água da mina da Água Limpa.

5.3. Grau de conservação das Minas de água pelo método do índice de impacto ambiental (IIAN)

O trabalho de campo desta pesquisa, nos quatro bairros e suas respectivas minas, visou avaliar suas características ambientais por meio do IIAN, por observações do autor e com base nas descrições da Tabela 8. Isso resultou no somatório dos pontos de cada variável proposto pelo método IIAN. Assim, conforme resultados da Tabela 22, foi possível estabelecer o grau de conservação das minas de água em função das classes em que cada uma foi quantificada.

Tabela 22 – Classificação do grau de preservação das Minas

Quantificação e qualificação do grau de preservação das nascentes baseada no método IAAN.				
Parâmetros macroscópicos	Minas de água dos bairros			
	SG	JB	MC	AL
Cor da água	2	3	3	-
Cheiro da água	2	3	3	-
Lixo na água	2	3	3	-
Lixo ao redor da mina	1	3	2	1
Espumas	2	3	3	-
Óleos	2	3	3	-
Esgotos ao redor da mina	2	3	2	2
Solo	2	3	2	2
Vegetação	2	2	2	2
Uso (Animais)	1	3	2	1
Uso (Pessoas)	2	3	2	1
Proteção do local	2	3	2	1
Acesso	1	3	2	1
Distância das residências	2	3	3	2
Total	25	41	35	13
Classe	E	A	C	E

Fonte: próprio autor (2022)

A pesquisa de campo, por observação in loco, das características físicas das minas indicou que, de todas as quatro, apenas uma, nomeada como JB, no bairro São João Batista, foi classificada como em ótimo estado de conservação (classe A). Uma delas, a mina MC, foi enquadrada como razoável (classe C) e, por fim, duas delas, Minas SG e AL, foram classificadas como em péssimo estado de conservação. Portanto, metade das minas pesquisadas encontram-

se em situações críticas de conservação. Vale lembrar que a mina AL foi desativada recentemente em função de empreendimentos habitacionais na parte alta do bairro.

As variáveis que sofreram as menores pontuações foram aquelas influenciadas por interferência humana. São elas: uso por pessoas, proteção e facilidade de acesso à mina. Já os parâmetros que apontaram as maiores pontuações foram as de características físico-químicas da água, tais como: cor ou odor da água, presença ou não de lixo ou de matérias flutuantes, presença de esgotamento sanitário, espumas ou óleo.

É importante mencionar que o Brasil, historicamente, na maioria dos centros urbanos, sofre com a falta de um planejamento para a ocupação e expansão urbana. Enquanto a população aumenta, a demanda por água de qualidade e a quantidade de resíduos domésticos tendem a incidir sobre a qualidade de mananciais ou nascentes. Com isso, há a exigência de alternativas de abastecimento. Nesse caso, as minas de água ou a implantação ou instalação de ETEs (Estações de tratamento de Esgoto), bem como estratégias para recuperação das nascentes entram em foco (TUCCI, 2002; SANTOS, 2017).

Destaca-se ainda que muitas cidades não possuem este tipo de tratamento e, com isso, acaba sendo inevitável o despejo de rejeitos in natura nos rios ou lagos. Um dos fatores de sua ausência ocorre pelas dificuldades ainda encontradas por diversos municípios deficitários em ter acesso a recursos para investimentos na área ou pela escassez de recursos da União. Assim, diversas doenças podem ser transmitidas por meio de águas contaminadas e isso reflete em uma das principais causas de internações hospitalares em regiões desprovidas de sistemas de saneamento eficientes (KUWAJIMA, 2020).

Diversas atividades são realizadas nos bairros estudados no presente trabalho. No bairro São Geraldo (mina SG), há a presença de variados tipos de comércio e também a presença de unidades escolares. Os demais bairros são essencialmente ocupados por conjuntos residenciais. Durante as visitas aos bairros, foi possível notar uma preocupação geral com relação à manutenção das minas, pois em épocas de estiagem, sua água abastece boa parte das necessidades daqueles que moram em sua proximidade e também de moradores de bairros vizinhos.

Vale lembrar que a qualidade da água pode ser avaliada por suas características físicas, químicas e biológicas. Assim, o incremento de impurezas diversas é o que define sua qualidade, tanto por seus fundamentos como solvente universal quanto por sua capacidade de transportar partículas químicas (VON SPERLING, 2005). Em todas as minas visitadas foi possível notar ausência de cheiro, espumas, óleo ou lixo na água. Elas também apresentavam coloração transparente. Notou-se também que, aparentemente, os sistemas hidráulicos de esgotamento

passavam a uma distância segura à sua nascente e também da mina d'água.

No entanto, as minas SG e AL apresentaram diversos tipos de resíduos domésticos como plásticos, embalagens e outros em seu redor. A Mina SG, inclusive como já mencionado anteriormente, durante as visitas e entrevistas junto aos moradores, chamou a atenção pelos relatos de também ser fonte de uso de animais, como apoio para higiene de moradores de rua e também como fonte para captação de água para limpeza de automóveis particulares. Diversos participantes foram enfáticos em um de suas declarações sobre a mina: “A água possui um gosto salgado e animais bebem daquela água.”; outro entrevistado relatou: “Algumas pessoas usam a água para higiene pessoal ou para lavar carros.” Isso alimenta a discussão a respeito de uma melhor proteção e acesso àquela mina. Já a mina JB possui sua nascente e registro no interior de uma propriedade particular e isso a caracteriza como a mina com melhor proteção entre todas. A mina MC possui níveis de proteção semelhantes a SG e AL, até o momento em que a última estava ofertando água.

Vale mencionar que a observação em campo também foi considerada uma coleta de dados para conseguir informações sob determinados aspectos da realidade. De acordo com Lakatos (1996) este recurso possibilita ao pesquisador a identificar e obter provas a respeito de objetivos sobre os quais os indivíduos não possuem consciência científica, mas que orientam seu comportamento.

O trabalho realizado por Leal et al (2017) analisou quinze nascentes de água da bacia do córrego Itanguá, em Capão Bonito/SP, utilizando o método IIAN. Duas foram classificadas como Classe A (ótima), doze como Classe B (boa) e uma como classe C (razoável) e, portanto, configurando bom estado de conservação. Nessa pesquisa nenhuma mina d'água foi classificada como Classe D (ruim) ou péssima (E).

No entanto, no trabalho desenvolvido por Soares (2015), onde foram analisadas cinco nascentes na cidade de Garanhuns, no interior do estado de Pernambuco, todas as minas d'água apresentaram problemas. As que foram classificadas como razoável estavam com grau de preservação prejudicado em função de ocupações habitacionais irregulares, facilidade de acesso ou proximidade de estruturas lançadoras de esgotos.

5.4. Percepção ambiental dos entrevistados

Nesta etapa, ao todo, 87 participantes responderam um questionário (Apêndice B) sobre a sua percepção acerca daquelas quatro minas estudadas. A tabela 23 apresenta o número de participantes entrevistados em cada local.

Tabela 23 – Número de participações por bairro escolhido

Bairro	Número de participantes
São Geraldo	15
São João Batista	27
Morada da Colina	20
Água Limpa	25

Fonte: próprio autor (2021)

O perfil socioeconômico dos entrevistados demonstrou que a maioria possuía idade superior a 38 anos onde 56% eram mulheres e 44% respondido por homens. Já a escolaridade variou em cada bairro. Em São Geraldo 60% dos entrevistados possuía ensino superior completo. O mesmo foi verificado no São João Batista visto que 85% dos entrevistados representam pessoas com ensino superior completo, incompleto ou ao menos ensino médio. Em ambos os bairros, de uma forma geral, as pessoas possuíam boas condições socioeconômicas.

Entretanto, essa não foi a realidade na Água Limpa. Naquela área, 64% das pessoas entrevistadas possuía somente ensino fundamental incompleto. A maioria dos entrevistados neste bairro foi representado por mulheres, donas de casa e com poucas condições econômicas. Já a Morada da Colina, apesar de haver pessoas de diferentes localidades que buscam daquela água, demonstrou um perfil mais homogêneo. Naquele ponto 55% das pessoas entrevistadas possuía ao menos o ensino médio completo e baixas condições econômicas.

De acordo com Monteiro et al (2013), utilizar o perfil socioeconômico dos entrevistados em estudos de percepção ambiental é fundamental para facilitar ações de educação ambiental sobre assuntos específicos. Assim a aplicação do questionário partiu da premissa em ambientar o autor deste trabalho sobre a relação dos usuários de água de mina com os respectivos bairros. Portanto, baseado em um roteiro de perguntas, buscou-se junto a cada grupo, compreender as percepções em relação à importância, uso e manejo da água que consomem, bem como os seus direitos de garantia de qualidade, que são garantidos pela legislação vigente.

A Tabela 24 exibe as médias das respostas realizadas pelos entrevistados de cada parâmetro. Assim, com a somatória dos pontos, foi possível chegar à quantificação e qualificação do grau de preservação das minas baseadas nas percepções ambientais dos partícipes.

Tabela 24 – Quantificação e qualificação do grau de preservação das Minas baseada na percepção ambiental dos moradores dos bairros estudados

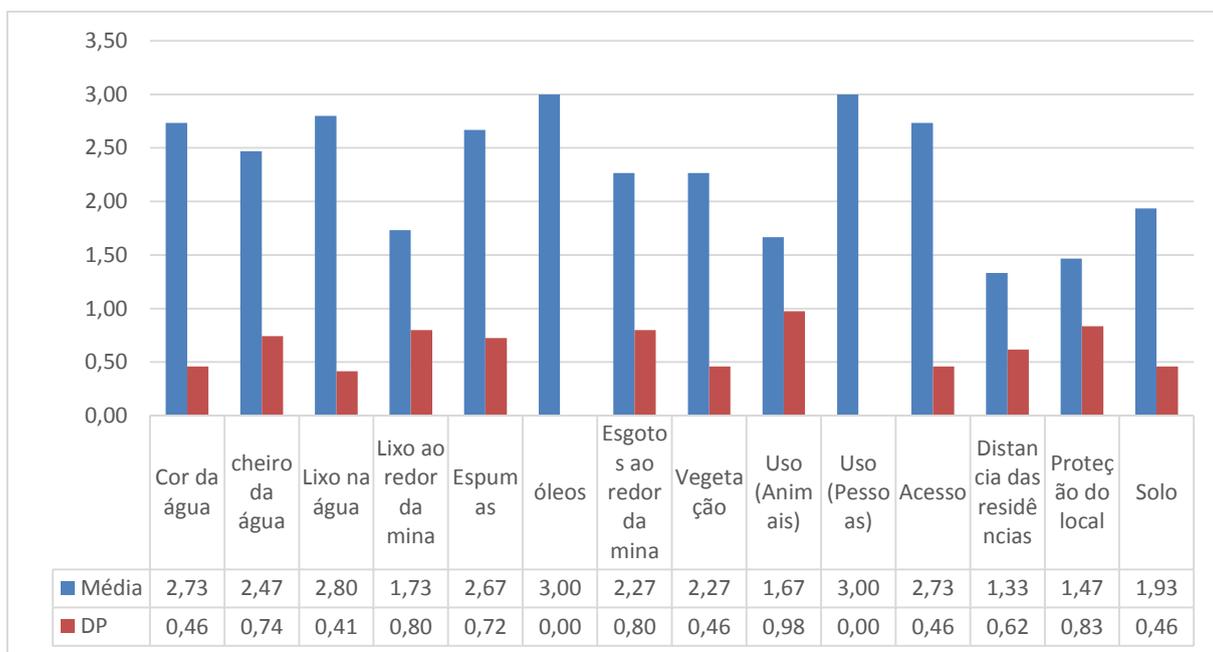
Parâmetros macroscópicos	Minas de água analisadas			
	SG	JB	MC	AL
Cor da água	3	3	3	3
Cheiro da água	2	3	3	3
Lixo na água	3	3	3	3
Lixo ao redor da mina	2	3	2	2
Espumas	3	3	3	3
Óleos	3	3	3	3
Esgotos ao redor da mina	2	3	2	2
Vegetação	2	2	2	2
Uso (Animais)	2	3	3	3
Uso (Pessoas)	3	3	3	3
Acesso	3	3	3	3
Distância das residências	1	2	3	2
Proteção do local	1	3	1	1
Solo	2	3	2	2
TOTAL	32	40	36	35
CLASSE	D	A	C	C

Fonte: próprio autor (2021)

Diante disso, com a análise da percepção ambiental dos participantes fundamentada na observação in loco das características físicas das minas presentes nos quatro bairros, foi possível classificar duas minas (50%), AL e MC, como grau de preservação razoável (Classe C). Uma delas (25%), Mina SG, como grau de preservação ruim (Classe D) e a Mina JB (25%) como grau de preservação ótima (Classe A). Portanto, de acordo com a percepção ambiental dos entrevistados, metade das Minas estudadas apresentaram condições ambientais razoáveis, uma ruim e outra Mina em ótimo estado. A Figura 11 ilustra a variação das médias e do desvio

padrão das pontuações de cada parâmetro indicado pelos 15 participantes do bairro São Geraldo. Ou seja, quantifica, em pontos percentuais, a variação das respostas fornecidas.

Figura 11 – Média e Desvio padrão (DP) das pontuações da Mina SG

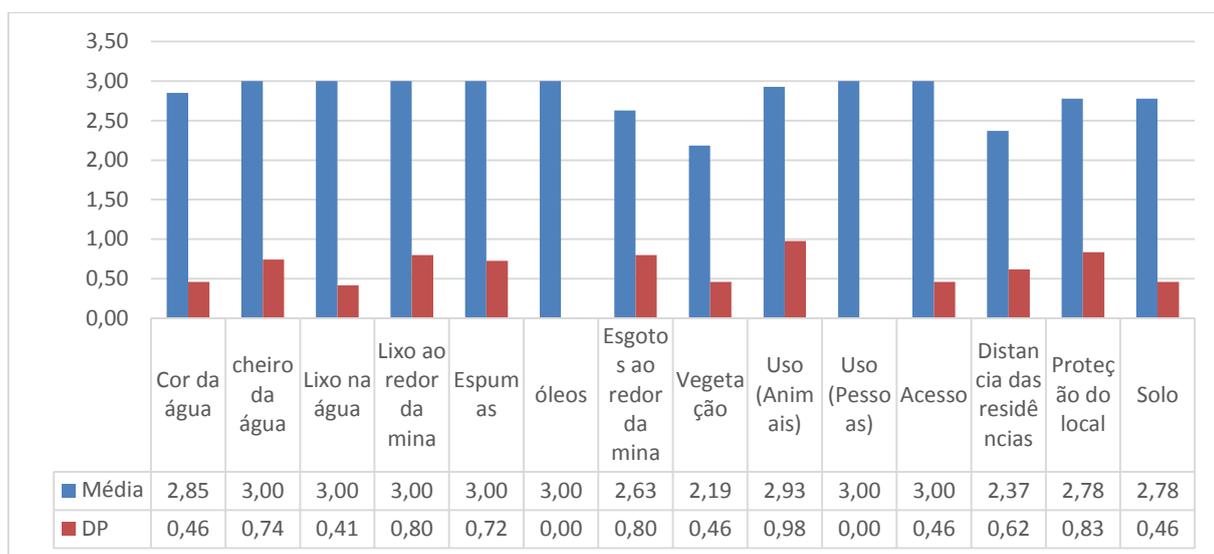


Fonte: próprio autor (2021)

Através da pesquisa in loco, com a contribuição dos entrevistados, percebeu-se que existe a consciência ambiental e preocupação com a preservação e qualidade da água daquelas minas. Durante a aplicação do questionário no bairro São Geraldo (Mina SG), muitos participantes citaram a má gestão ou abandono daquela mina. Foi relatado ainda que a água também é utilizada para fins de higiene de moradores de rua, outros utilizam para lavar roupa e até mesmo automóveis particulares.

Entrevistados do bairro São João Batista, além de muito conscientes, elogiaram bastante a qualidade daquela água. Muitas pessoas saem de outros bairros para armazená-la em recipientes. A nascente encontra-se no interior de uma propriedade particular na forma de um poço que é bombeado para a rua. Entretanto, em função da pandemia mundial, em abril de 2021, por pressão da vizinhança e para segurança das pessoas, o proprietário decidiu interromper o fornecimento de água. Os entrevistados revelaram que a aglomeração em torno da mina estava recorrente e, por consequência, algumas pessoas estavam perturbando a tranquilidade e boa convivência dos moradores próximos à mina. Abaixo é ilustrado pela Figura 12 a variação das médias e do desvio padrão para as 27 respostas obtidas em campo.

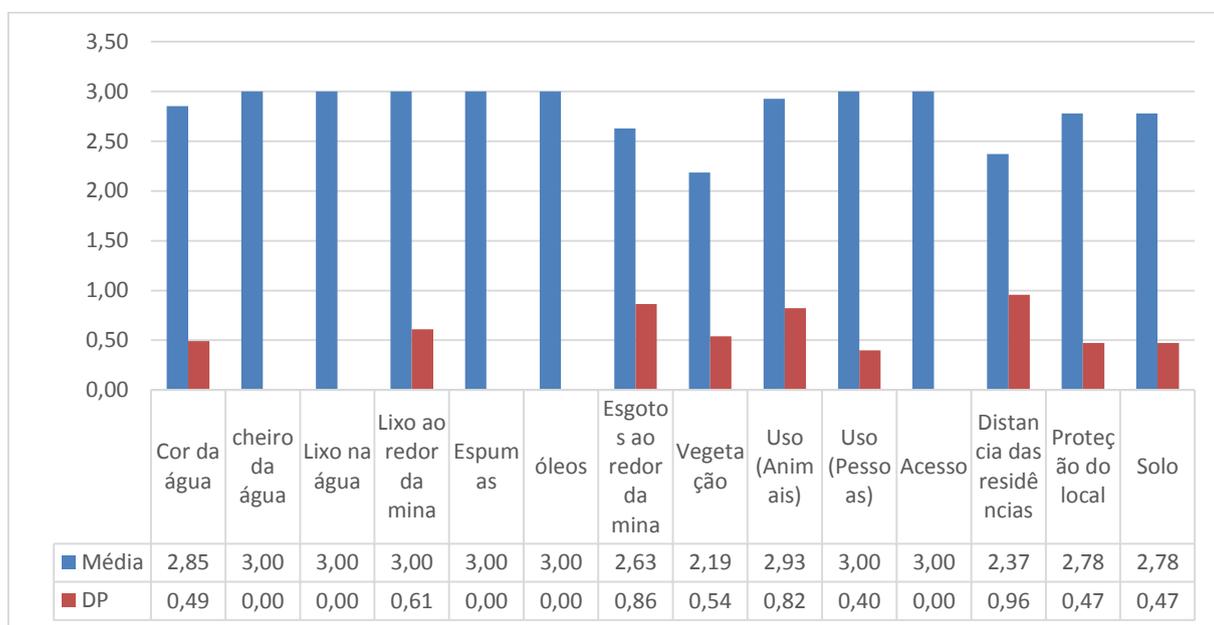
Figura 12 – Média e Desvio padrão (DP) das pontuações da Mina JB



Fonte: próprio autor (2021)

Já a mina do bairro Água Limpa, segundo os participantes, está com a vazão interrompida desde o início de 2021. Enquanto havia escoamento, algumas pessoas mencionaram um gosto adverso ao ingerir a água. Outros afirmaram que conhecidos chegaram a ter diarreia, supostamente, ao ingeri-la. Todavia, alguns também afirmaram que faziam uso diário e nunca houve problemas. No entanto, não há mais abastecimento de água por esta mina. De acordo com informações dos entrevistados, sua interrupção ocorreu em função de empreendimentos imobiliários na parte alta do bairro, como já mencionado anteriormente. Por consequência, a nascente daquela mina pode ter sido destruída à medida que avançaram as instalações daquele condomínio. Porém ainda não há como afirmar os verdadeiros motivos para o seu cessamento até o ponto de saída da mina. Na Figura 13 é possível notar a média das pontuações para cada parâmetro, assim como o desvio padrão entre as respostas dos 25 entrevistados naquele bairro.

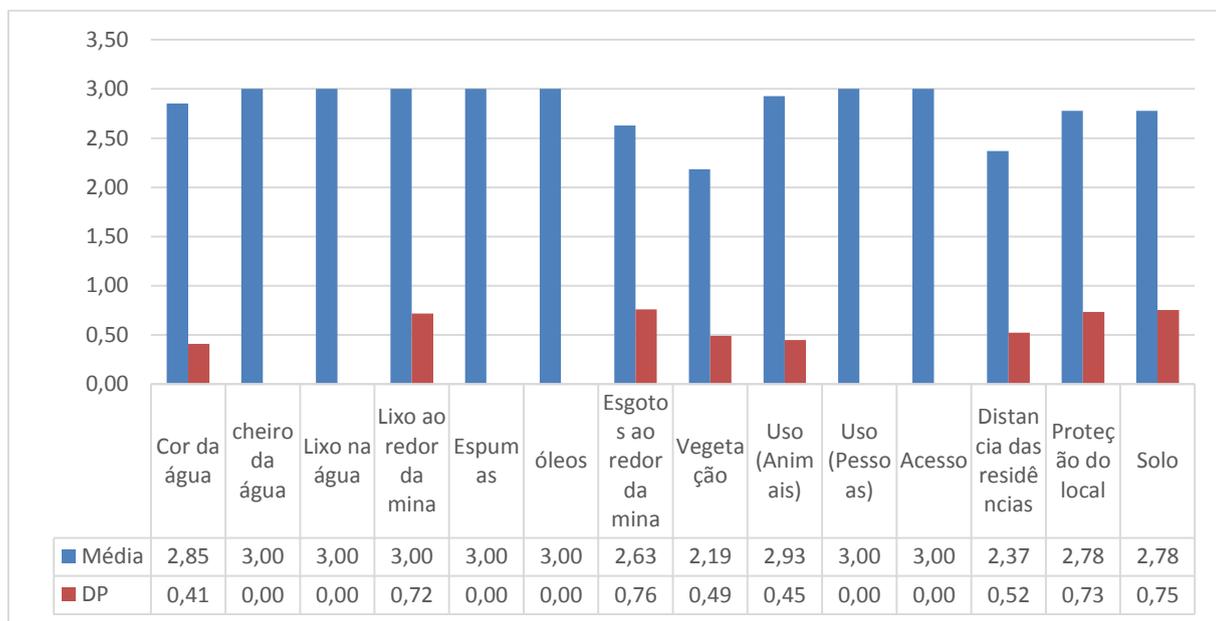
Figura 13– Média e desvio padrão (DP) das pontuações da Mina AL



Fonte: próprio autor (2021)

Por fim, a Mina do bairro Morada da Colina também se enquadrou positivamente no conceito dos entrevistados. Com isso, houveram muitos elogios quanto a qualidade da água e muitos deles a utilizam por mais de 20 anos. Muitos acreditam que ela é melhor do que a fornecida em suas torneiras. Também foram entrevistadas pessoas que se deslocam de outros bairros para armazenamento daquela em recipientes. Porém, de acordo com algumas respostas, há falta de cuidados com a gestão e limpeza da mina por parte dos setores responsáveis. Assim, pela Figura 14, é possível notar a média e o desvio padrão das pontuações dadas pelas 20 pessoas entrevistadas naquele bairro.

Figura 14 – Média e Desvio padrão (DP) das pontuações da Mina MC



Fonte: próprio autor (2021)

Vale destacar também que ao comparar os resultados da IAN, analisados pelo autor, com os obtidos com o questionário de percepção ambiental, percebe-se que houve pequena divergência na classificação do estado de conservação em duas minas (Tabela 25). As diferenças encontradas foram nas minas SG e AL. Os resultados do IAN apontaram as Minas SG e AL classificadas com grau de preservação péssima (Classe E), entretanto, no ponto de vista dos moradores daqueles bairros, classificaram como ruim (Classe D) e razoável (Classe C) respectivamente.

Tabela 25 – IAN x Percepção ambiental

Minas	IAN (autor)	Percepção ambiental
SG	E	D
JB	A	A
AL	E	C
MC	C	C

Fonte: próprio autor (2021)

Todos os parâmetros utilizados no questionário de percepção ambiental, também foram utilizados no IAN. Vale lembrar que aqueles bairros mais pobres foram os que apresentaram

menores índices de escolaridade e maiores concentrações de resíduos sólidos no entorno das minas. Esse foi o caso dos bairros Água Limpa e São Geraldo. Já os bairros Morada da Colina e João Batista, apresentaram as melhores classificações nos parâmetros envolvidos.

Além de apresentarem bons resultados quanto à qualidade da água, ambos estão inseridos em uma região mais privilegiada quando comparada às demais, ao passo que também apresentaram os melhores índices de escolaridade e de gestão de seus resíduos sólidos. Portanto, comparando as metodologias, é possível identificar dois resultados semelhantes e outros dois com classificação próxima quanto às suas classes.

O trabalho realizado por Torres (2016) investigou o impacto ambiental de vinte e uma nascentes e, tal como nesta pesquisa, nenhuma delas apresentou complicações com odor, óleos, esgotos, espumas ou presença de materiais flutuantes. Portanto enquadradas em classes bem pontuadas. Entretanto, enfatizou a importância em se proteger o local para que seja possível inibir o acesso a animais ou a disposição incorreta de lixo.

A análise realizada por Da Silva et al (2018) explorou dados da qualidade da água subterrânea de poços no bairro novo horizonte, em quatro zonas de coleta, na cidade de Macapá/AP, consumidas pela população local, no período de abril de 2016 a abril de 2017. No trabalho foi utilizado um questionário onde foi possível constatar o uso doméstico daquela água pelos residentes. De acordo com o autor, o interesse despertado por parte dos usuários agregou valor a pesquisa pois a situação sanitária local apresentava-se preocupante e a gestão pública local ainda não havia apresentado soluções plausíveis para o controle da qualidade daquele recurso. Contudo, o trabalho indicou que a água estava imprópria para o consumo devido a contaminação pelo grupo coliformes, apresentou medidas de segurança e recomendou a construção de fossas sépticas a fim de se conter os índices de doenças transmitidas pela água.

Na Tabela 26 é apresentada a média entre as respostas e o coeficiente de variação que, por sua vez, exibe a variabilidade ou divergência entre os pontos dados pelos entrevistados em relação à média em termos percentuais.

Tabela 26 – Resultado das médias e coeficiente de variação (CV) das respostas obtidas pelos entrevistados nas diferentes minas

		Cor da água	Cheiro da água	Lixo na água	Lixo ao redor da mina	Espumas	Óleos	Esgotos ao redor da mina
Mina SG	média	2,73	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,27
	CV(%)	16,75	30,13	14,79	46,09	27,14	0,00	35,24
Mina JB	média	2,85	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,63
	CV(%)	12,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,20
Mina AL	média	2,64	3,00	3,0	2,00	3,00	3,00	1,92
	CV(%)	18,56	0,00	0,00	29,95	0,00	0,00	44,90
Mina MC	média	2,80	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00
	CV(%)	14,66	0,00	0,00	34,20	0,00	0,00	37,03

Fonte: próprio autor (2021)

Com relação a Mina SG é possível notar uma variação relevante nos pontos atribuídos às variáveis “cheiro da água” (30,13%), “lixo ao redor da mina” (46,09%) e “esgoto ao redor da mina” (35,24%). Na Mina JB apenas a variável “esgotos ao redor da mina” (28,2%) gerou alguma divergência. Já na Mina AL, as variáveis que sofreram maior variação foram em relação ao lixo ao redor da mina e ao provável esgoto ao redor da mina, com 29,95% e 44,90% respectivamente. Enquanto a mina MC apontou um coeficiente de variação (CV) de 34,02% e 37,03% também para as variáveis lixo ao redor da mina e esgotos ao redor da mina.

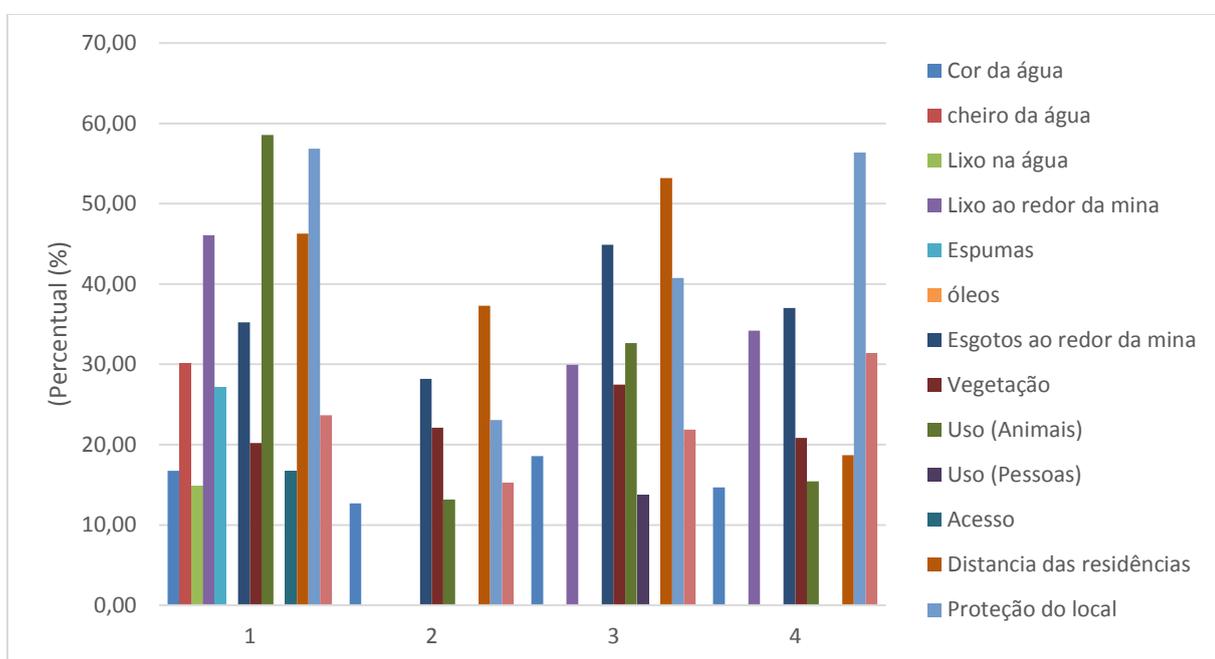
A Pesquisa realizada por Junior e Dalla Villa (2013) analisou a drenagem de oito nascentes no município de Umuarama, no interior do Paraná. No trabalho foi identificado elevado grau de degradação ambiental especialmente pela presença de esgotos domésticos e efluentes industriais. No presente trabalho não foi possível identificar a presença destas substâncias, porém os referidos autores alertam questões cruciais para a sustentabilidade do recurso hídrico. A falta de cobertura vegetal da área, ocupações irregulares e a falta de fiscalização e investimentos públicos são fundamentais para manutenção de minas e nascentes de água.

Para as demais variáveis, também permitiu a identificação de diferenças consideráveis entre as respostas dos entrevistados. Na Mina SG, as maiores distorções quanto ao coeficiente de variação (CV), foram para os parâmetros Uso por animais (58,55%), e proteção ao local da mina (56,85%). Para a Mina JB, a variável distância das residências (37,27%) obteve maior variação, visto que muitas pessoas se deslocam de maiores distâncias para ter acesso aquela água. Já a mina AL, apresentou maiores coeficientes para as variáveis distância da residência e

proteção do local com 53,19% e 40,74% respectivamente. Por fim a mina MC apontou a variável proteção do local como o dado de maior distorção entre as respostas com coeficiente de variação igual a 56,36%.

Na Figura 15 são apresentados os coeficientes de variação entre as quatro minas para todos os parâmetros por um modo mais didático. Para cada parâmetro pesquisado, as barras mais altas no gráfico indicam maiores índices percentuais de variabilidade entre as respostas obtidas pelo questionário.

Figura 15 – Coeficiente de variação dos parâmetros nas diferentes minas.



Fonte: próprio autor (2021)

Obs: SG (1), JB (2), AL (3) e MC (4).

No caso do parâmetro “cor da água”, nota-se que para todas as minas houve um coeficiente de variação abaixo de 20%. Isto indica a convergência das opiniões dadas pelos entrevistados envolvidos. Nos parâmetros “cheiro da água” e “lixo na água”, o coeficiente apontou variação apenas para a Mina SG, com valores abaixo de 30%, em ambos os casos. Nas respostas dadas quanto ao “Lixo ao redor da mina”, nota-se uma alta variação nas respostas dadas, com destaque ao bairro SG. Isso indica que cabe maior investigação sobre uma suposta contaminação. Para este parâmetro, apenas a mina JB foi unânime quanto à inexistência de lixo nas proximidades da mina.

Para a presença de “Espumas” na água, apenas a Mina SG apresentou divergência nas respostas com coeficiente de variação em aproximadamente 30% e ausência nas demais. Quanto à presença de óleo, todas as respostas indicaram pela sua inexistência nas quatro Minas. Com relação à presença ou não de esgotos ao redor da mina, em todas as minas pesquisadas houve alguma divergência. Em destaque para a Mina AL que ultrapassou a marca de 40% para o coeficiente de variação. Quanto ao uso ou não da água por animais, mais uma vez a Mina SG apontou o maior índice de variação com quase 60% de variação entre as respostas.

Quanto ao uso e acesso pelas pessoas, pela análise gráfica é possível notar boa linearidade entre as respostas dadas. No entanto, para os parâmetros “distância da mina às residências” ou aos níveis de “proteção do local”, percebe-se índices destoantes entre as respostas dadas. Ambos parâmetros registraram variações relevantes entre as respostas, com destaque para as Minas SG e AL, quanto a distância às residências de SG e MC quanto a proteção do local onde situam-se.

Por fim, o parâmetro solo foi o que gerou maiores dúvidas. Muitos entrevistados não conseguiam expressar uma opinião concreta sobre sua qualidade, no entanto a Mina MC foi a que demonstrou maior coeficiente de variação entre as respostas informadas. Assim, estas distorções apontadas pelo coeficiente de variação podem indicar pontos de partida para pesquisas mais aprofundadas.

A pesquisa realizada por Carvalho (2016) também aplicou questionários para identificar a percepção ambiental de usuários de águas de minas de água no parque estadual do Rio Doce em Dionísio/MG. Em seu trabalho percebeu-se o que os participantes também julgaram como fundamental a preservação ambiental e a aplicação de práticas de recuperação de nascentes. Pois tais medidas influenciam diretamente no bom andamento de atividades econômicas, meio ambiente e para a vida que sobrevive no entorno daquele recurso.

Já o estudo de caso realizado por Da Silva et al (2019), acerca da qualidade da água e a percepção ambiental na Foz do Rio São Francisco, aplicou questionários a 72 moradores da região e realizou análises da água fornecida pela companhia de abastecimento da região, encanada e em poços artesianos particulares. O trabalho revelou que 83% dos entrevistados consideravam a água ruim ou péssima. Isso porque, considerando as análises químicas que foram realizadas, este alto percentual poderia estar associado aos altos índices de ferro total encontrados e também pelas péssimas impressões de sabor, odor e cor da água.

Da Silva Lira et al (2022) identificou o tipo de abastecimento e monitoramento da qualidade de água para consumo humano no município de Coelho Neto, no Maranhão. O trabalho aplicou um questionário a 100 moradores com a finalidade de se avaliar o

entendimento sobre as questões relacionadas a qualidade da água. A maioria dos entrevistados afirmou estar consciente que consumia água sem tratamento adequado e não possuía meios ou fontes de pesquisa para informações a respeito da qualidade daquelas águas. O trabalho também concluiu a inexistência de dados sobre o registro da quantidade de poços particulares e também a necessidade, em caráter de urgência, de investimento em saneamento ambiental bem como na melhoria nas condições de monitoramento da qualidade da água e engajamento da população nas tomadas de decisão na gestão da água do município.

6. CONCLUSÃO

A utilização de fontes alternativas de abastecimento de água tem sido cada vez mais recorrente. O uso irresponsável das águas superficiais ou a falta de planos governamentais para proteção de nascentes e mananciais, juntamente com a atual escassez hídrica que vivemos, colocam as águas superficiais no centro do debate.

Assim, esta pesquisa focou em procedimentos metodológicos qualitativos de quatro minas de água do município de Volta Redonda/RJ, buscando interpretar seu estado de conservação ambiental tal como compreender a dinâmica do uso e manejo por parte das pessoas que usam daquela água. Portanto, este trabalho utilizou como ferramentas, os métodos conhecidos como Índice de Impacto Ambiental de Nascentes (IIAN), o questionário de percepção ambiental e os laudos das análises físico-química das águas cedidos pelo SAAE. Dessa forma, foi possível destacar os resultados dos parâmetros físico-químicos da água e também a conservação e qualidade das minas pesquisadas.

Utilizando a metodologia do IIAN, por observações in situ, as minas apresentaram os seguintes estados de conservação: SG (Classe E ou péssima), JB (Classe A ou ótima), AL (Classe C ou razoável), Morada da Colina (Classe C ou razoável). Com relação as respostas dos questionários aplicados aos usuários sobre as condições de preservação das minas de água foram obtidos resultados parecidos com o do IIAN, ratificando, portanto, seus resultados. São eles: SG (Classe D ou ruim), JB (Classe A ou ótimo), AL (Classe C ou razoável), Morada da Colina (Classe C ou razoável).

Cabe mencionar que algumas variáveis organolépticas e físicas apresentaram coeficientes de variação consideravelmente destoantes. Estes fatos podem influenciar e servir de base para estudos mais detalhados acerca das melhores estratégias de conservação ambiental daquelas minas.

As avaliações dos parâmetros físico-químicos, nas duas primeiras coletas, estão em conformidade com a portaria GM/MS N° 888 de 2021, utilizada pelo SAAE. Porém, na terceira e última análise, foram observados resultados acima dos limites permitidos pela legislação. Isso tornou impróprio o consumo daquelas águas e, conseqüentemente, um risco à saúde das pessoas que a consomem.

Assim, de acordo com os laudos de potabilidade do mês de janeiro de 2022, acusou a presença do grupo coliformes totais nas minas JB e MC e *Escherichia coli* ou coliforme fecal na mina JB. Isso demonstra a importância do monitoramento das águas pois assim possibilita tornar mais eficiente a gestão de recursos hídricos. Tal política, norteadada pelo Plano Nacional

de Recursos Hídricos, contém metas, políticas públicas e diretrizes que podem auxiliar a estabelecer critérios de conservação das minas de água bem como restringir ou neutralizar possíveis anomalias que prejudique à saúde das pessoas que fazem uso daquele recurso.

Vale destacar ainda que a pandemia dificultou a aplicação dos questionários e também a realização das análises químicas. Contudo, para um diagnóstico mais eficiente, sugere-se que sejam feitas análises das concentrações metálicas e orgânicas naquelas minas. Algumas destas análises são: Na, Cu, Fe, Mn, Zn, B, Al, CO, N, Nitrato, Nitrito e Amônia. Outro importante fato a se considerar é a necessidade de se adotar políticas de saneamento e de conservação das minas.

Conforme foi exposto neste trabalho, a percepção ambiental revelou que boa parte dos entrevistados também carece de instrumentos de informação mais efetivos quanto a qualidade da água que consomem. É recomendável também, um aprofundamento dos aspectos logísticos da coleta seletiva do município, onde se acredita que é possível melhorar a eficiência do trabalho especialmente naqueles bairros mais carentes.

Além disso, políticas de educação ambiental também possuem um papel muito importante, porque tem a capacidade de formar cidadãos mais participativos em assuntos relacionados às questões de responsabilidade socioambiental, como na preservação das minas, da mata ciliar, o descarte correto do lixo e também quanto à prestação dos serviços públicos básicos.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. *Modelos de recuperação ambiental*. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica, 2016. Disponível em: <http://books.scielo.org>

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores*. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/publicacoes/ods6/ods6.pdf>. Acesso em 10 Jun. 2020

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2015.

APHA - AMERICAN PUBLIC ASSOCIATIONS. *Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater*. 23rd Washington DC. 2013.

ARAÚJO, F. S. A Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e a Políticas Sociais de Lazer para os Trabalhadores. *Revista Licere*, Belo Horizonte v. 18, n. 3, p. 1-35, 2015.

BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. V. L.; PAREDES, F.; ELLIOTT, S.; AYUGA, J.G. Assessment of Caatinga response to drought using Meteosat-SEVIRI Normalized Difference Vegetation Index (2008–2016). *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 148, p. 235-252, Feb 2019. Elsevier BV. DOI. 10.1016/j.isprsjprs.2018.12.014.

BARRETO, S. R.; RIBEIRO, S. A.; PILZ, M. *Nascentes do Brasil: estratégias para a proteção de cabeceiras em bacias hidrográficas*. São Paulo: WWF – Brasil: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2010. 140p.

BEDÊ, E.D.A.T. *A Formação da Classe Operária em Volta Redonda*. Projeto Financiado pela Lei Municipal de Incentivo à Cultura. Volta Redonda, 2010.

BHATIA, R.; BATHIA, M. Water and poverty alleviation: the role of investments and policy interventions. *Water crisis: myth or reality*, p. 197-220, 2006.

BITTON, G. Microbial indicators of fecal contamination: Application to microbial. *Florida Stormwater Association*, p. 7., 2005.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. *Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares*. In: **Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas**, v. 5. p. 123-145, 2002.

BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução CONAMA n°357*, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.

BRASIL. *Lei Federal n°12.651 de 25 de maio 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.º 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 n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-

2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 30 de out. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria de Consolidação (2017). Portaria Nº 5, de 28 de setembro de 2017*. Anexo XX – dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 set. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. *Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento – SNIS. 25º Diagnóstico dos serviços de água e esgoto*. Brasília, DF, 2020.

BRASIL. – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE *Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006*. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente, *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n.61, 29 março 2006, seção 1, p. 150-151.

BRICKER, S.H; BANKS. V.J.; GALIK, G.; TAPETE, D.; JONES, R. Accounting for groundwater in future city visions. *Land Use Policy*, v.69 p. 618-630, 2017.

BUMA, E. L. L. *Identificação e distinção de fonte de poluição fecal na Bacia Hidrográfica Ribeirão João Leite por metodologias moleculares*. Dissertação. Universidade Federal de Goiás. 2017.

CABRAL, J. P. S. Water microbiology. Bacterial pathogens and water. *Environment Res. Public Health*. v. 7, p. 3657-3703, 2010.

CARVALHO, A. A. *Percepção ambiental de produtores rurais do entorno do Parque Estadual do Rio Doce (MG): Subsídios para a educação ambiental*. Belo Horizonte, 2016.

CBH-MPS – COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS MÉDIO PARAÍBA DO SUL, 2016. Disponível em: <http://www.cbhmedioparaiba.org.br/conteudo/atlas-CBH-MPS.pdf>. Acesso em: 25 de abr de 2020.

CEMBRANEL, A. S., DA SILVA, S. T., FRANCA, M. M., & POKRYWIECKI, T. S. Impactos de indústria metalomecânica e a qualidade da água sub-terrânea–estudo de caso. *Águas Subterrâneas*, v. 33, n. 4, 2019.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Variáveis de qualidade das águas*. 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 22 de Jun de 2021.

CETESB. - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Norma técnica L5 201, de janeiro de 2006. Contagem de bactérias heterotróficas: método de ensaio*. São Paulo: CETESB. 14 p. 2006.

CETESB- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Norma técnica L5 202, de janeiro de 2018. Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli -*

Determinação pela técnica de tubos múltiplos. 5ª Edição. São Paulo: CETESB. 29 p. 2018.

DA SILVA JUNIOR, U. J., GONÇALVES, R. M., DE OLIVEIRA, L. M. M., DA SILVA JUNIOR, J. A. (2021). Sensibilidade Espectral dos Índices de Vegetação: GNDVI, NDVI e EVI na Mata Ciliar do Reservatório de Serrinha II-PE, Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.73, p.17-35, 2021.

DA SILVA, L. P.; BARBOSA, J. P.; DA SILVA, G. A. Análise exploratória de dados da qualidade da água de poços amazonas na cidade de Macapá, Amapá, Brasil. *Águas Subterrâneas*, v. 32, n. 1, p. 43-51, 2018.

DA SILVA, K. R., LIMA, M. H. R., DE MELO MASSARANDUBA, W., OLIVEIRA, T. H. S., SANTOS, W. A., & Netto, A. D. O. A. Qualidade da Água e Percepção Ambiental: Estudo de Caso na Foz do Rio São Francisco. XII Encontro de Recursos Hídricos, Aracaju/SE. 2019

DA SILVA LIRA, R., GONÇALVES, M. F. Identificação do tipo de abastecimento e monitoramento da qualidade da água de consumo humano do município de Coelho Neto, Maranhão. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 4, p. e27711421771-e27711421771, 2022.

DE OLIVEIRA, A.F.; RODRIGUES, R. B; DA COSTA SILVA, M. E; DE FARIAS MARTINS, J. P. Avaliação da contaminação de nitrato e Escherichia coli em água subterrânea no município de Carapicuíba (SP). *Health Science Institute*. 38(2):107-16, 2021.

DE GOIS, G., de Oliveira-Júnior, J. F., DE SOUZA, R. F. D. P., DE FREITAS, W. K., DE BODAS TERASSI, P. M., & SOBRAL, B. S. Variabilidade pluviométrica e a aplicação do índice spi na região do Médio Paraíba do Sul-Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 27, 2020.

DO NASCIMENTO, R. C. M., COSTA, C. R., MAGAROTTO, M. G., SILVA-CAVALCANTI, J. S., & COSTA, M. F. Qualidade da água de três estuários tropicais expostos a diferentes níveis de urbanização. *Journal of Integrated Coastal Zone Management/Revista de Gestão Costeira Integrada*, v. 20, n. 3, p. 169-178, 2020.

DO VALE PEIXOTO, C. V. A; JOHANN, L. Avaliação da qualidade da água de poços tabulares do lençol freático na cidade de Paracuru-Ceará, Brasil. *Águas Subterrâneas*, v. 35, n. 1, 2021.

DINIZ, J. A. O., PAULA, T. L. F. D., GENARO, D. T., KIRCHHEIN, R. E., FREDDO FILHO, V. J., MOURÃO, M. A. A.; FRANZINI, A. S. *Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público*. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais.2021.

DIONISIO, H. A. F. Erosão hídrica: Suscetibilidade do solo. *Revista Eletrônica Thesis*, n.13, p.15-25, 2010.

DOMINGUES, V. O.; TAVARES, G. D.; STUKER, F.; MICHELOT, T. M.; REETZ, L. G. B.; DE MELLO BERTONCHELI, C., HORNER, R. Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano: comparação entre duas metodologias. *Saúde (Santa Maria)*, v.33, n.1, p.15-19. 2007.

FALCÃO, K. S.; LEITE, E. F. Avaliação do potencial natural à erosão hídrica na bacia do Rio Nioaque. *Revista Geoaraguaia*, v.8, n.3, p.79-97, 2018.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte-MG. *Geografias*, v.8, n.2, p. 08-23, 2012.

FLORES, Rafael Kruter; MISOCZKY, Maria Ceci. Dos antagonismos na apropriação capitalista da água à sua concepção como bem comum. **Organizações & Sociedade**, v. 22, p. 237-250, 2015.

GARCIA, J.; ROMEIRO, A. R. Pagamento por serviços ambientais em Extrema, Minas Gerais: avanços e limitações. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, v. 29, n. 01, p. 11-32, 2019.

GOMES, M. A.; LANI, J. L.; COSTA, L. M.; PONTES, L. M.; FIGUEREDO, N. A.; BARDALES, N. G. Solos, manejo e aspectos hidrológicos na bacia hidrográfica do Araújos. *Revista Árvore*, v. 36, n. 01, p. 93-102, 2012.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação de impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. *Revista Sociedade & Natureza*, v.32, n.17, p. 103-120, 2005.

GONÇALVES, B. V.; GOMES, L. J. Percepção ambiental de produtores rurais na recuperação florestal da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim - Sergipe. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, PR, v.29, p. 127-138, 2014.

GUERRA, N.M.M.; OTENIO, M.H.; SILVA, M.E.Z. Ocorrência de Pseudomonas aeruginosa em água potável. *Acta Scientiarum biological Sciences. Biology. Science*, v.28, p.13-18, 2006.

GURGEL, R.S.; DA SILVA, L.S.; SILVA, L.A. Investigação de coliformes totais e Escherichia coli em água de consumo da comunidade Lago do limão, Município de Iranduba-AM. *Brazilian Applied Science Review*, v. 4, n. 4, p. 2512-2529, 2020.

HÉNAULT-ETHIER, L.; DUSSAULT, M.; CABRERA, P.; LEFEBVRE, B. et al. *Les insectes au service de l'humain pour la gestion des résidus organiques*. Paris. *Vecteur Environnement*. Relatório técnico 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318883142_Entotechnologie_Les_insectes_au_service_de_l'humain_pour_la_gestion_des_residus_organiques. Acesso em: 21 maio 2021.

HIRATA, R. SUHOGUSOFF, A. V.; MARCELLINI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. *A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento*. São Paulo: Trata Brasil, 2019.

HOUNSLOW, A. *Water quality data: analysis and interpretation*. Boca Raton: Lewis Publishers: 1995. p.1-16; 45-62. . Pela falta de saneamento. São Paulo: Trata Brasil, 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em 20 Jul. 2021

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo demográfico 2000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo/censo>. Acesso em: 18 abr. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades - Volta Redonda*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/volta-redonda/panorama>>. Acesso em 29 Jul. 2021.

IKEMATSU, P.; FRANQUEIRO, N.; TAVARES, T. L. S.; FACCINI, L. G.; TERRELL, D.; CAVANI, A. C. M.; LONGO, M. H. C. Aspectos técnicos para priorização de recursos em recuperação e conservação de nascentes. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 01, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v0i0.28740>.

JÚNIOR, J. L. S.; DOS SANTOS, D. K. R., DE FIGUEIREDO, J. S. B., DA SILVA NETO, J. M., NETO, J. B., NETA, O. P.; ANDRADE, R. L. R. Condições de potabilidade de águas subterrâneas utilizadas para consumo humano no município de Campina Grande, Paraíba. *Brazilian Journal of Development*. v. 6, n. 8, p. 58870-58883, 2020.

JUNIOR, P.F.; DALLA VILLA, M.E. Análise macroscópica nas cabeceiras de drenagem da área urbana de Umarama, região noroeste-Paraná/Brasil. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 17, n. 1, p. 107-118, 2013.

KUWAJIMA, Julio Issao et al. Saneamento no Brasil: Proposta de priorização do investimento público. Texto para Discussão, 2020.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. *Técnicas de pesquisa*. 3ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

LAMB, J. C. *Water quality and its control*. New York: Wiley, 1985. p.1-32; 47-89; 106- 127; 142-160; 199-216.

LANCET, The. *COVID-19: protecting health-care workers*. Lancet (London, England), v. 395, n. 10228, p. 922, 2020.

LEAL, M. S.; TONELHO, K. C; DIAS, H. C. T.; MINGOTI, R. Caracterização hidro ambiental de nascentes. *Revista Ambiente & Água*, v.12, n.1, p. 146-155, 2017

LOPES, A.C. *A aventura da Cidade Industrial de Tony Garnier em Volta Redonda*. 1993. 235f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 1993.

MALHOTRA, N. Pesquisa de marketing. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARTINS, I. P.; PICCOLI, R. H.; VILELA, N. M. S.; THEBALDI, M. S. Qualidade de água de fonte subterrânea utilizada em instituições localizadas na zona urbana de Lavras/MG. *Conexão Ciência*, v. 12, n. 1, p. 126-130, 2017.

MARTINS, S.V. *Recuperação de Matas Ciliares*. Aprenda Fácil: Viçosa- MG. p. 143, 2001

MENEZES, J. M.; SILVA JUNIOR, G. C.; PRADO, R. B. Índice de Qualidade de Água (IQACCME) Aplicado à Avaliação de Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro. *Águas Subterrâneas*. s.l, v. 27, n. 2, p. 79-92, 2013.

MEYBECK, M.; HELMER, R. *An introduction to water quality*. In: CHAPMAN, D. (Org.). microbiológicas. 2ª Ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química – CRQ, 2003.

MINAYO, M. C. S. O desafio do conhecimento: Pesquisa qualitativa em saúde. Editora Hucitec, Rio de Janeiro, 2004.

MONTEIRO, M. M. G.; TETTO, A. F.; BIONDI, D.; SILVA, R. R. S. Percepção dos usuários em relação à arborização da Avenida Cândido de Abreu -Curitiba -PR. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 8, n. 2, p. 20-34, 2013.

NOLASCO, G. M., GAMA, E. M., REIS, B. M., REIS, A. C. P., GOMES, F. J. S., & Matos, R. P. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. *Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG*, v. 2, n. 2, p. 52-64, 2020.

OSTROM, E., Reformula Ting the commons. *Ambiente e Sociedade*. Campinas, ano V, nº.10, 2002.

PICKETT, S.T. Differential adaptation of tropical tree species to canopy gaps and its role in community dynamics. *Tropical Ecology*. v.24, p.68-84, 1983.

PMVR - PREFEITURA MUNICIPAL DE VOLTA REDONDA. Disponível em: <https://new.voltaredonda.rj.gov.br/8-interno/11-caracteristicas>. Acesso em: 13 jun de 2020.

POHLING, R. *Reações químicas na análise de água*. Fortaleza: Arte Visual, 2009.

RAMALHO, J. R.; SANTOS, R. S. P.; LIMA, R. J. C. Estratégias e desenvolvimento industrial e dinâmicas territoriais de contestação social e confronto político. *Revista sociologia & antropologia*. p. 175 – 200, 2013.

REBOUÇAS, A. *Água doce no mundo e no Brasil*. In: A. REBOUÇAS, B. BRAGA, J.G. RHODEN, A. C. I. A importância da água e da gestão dos recursos hídricos. *Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos*, n. 1, 2016.

RODRIGUES, Á. L.; MELO, L. P.; SOUZA, W. B.; LIMA, L. C.; SOUZA, D. C. Levantamento e análises das fontes alternativas de captação de água utilizadas no abastecimento de uma população rural de Visconde do Rio Branco–MG. *Águas Subterrâneas*, v. 33, n. 1, 2019.

RODRIGUES, M. F. S.; SCALIZE, P. S. Decaimento de cloro residual livre em águas distribuídas em redes de abastecimento. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 9, p. 16366-16375, 2019.

SAAE-VR – SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DE VOLTA

REDONDA, 2020. Disponível em: <http://www.saaevr.com.br/> Acesso em: 15 de junho de 2020.

SANTOS, I. J. A.; SILVA, J. A. G.; SILVA, J.; MENDES, T. R. M.; SOUZA, D. O.; SILVA, G. S. Levantamento dos impactos ambientais e medidas mitigadoras para a recuperação de áreas degradadas do Rio Estiva. *Ciências exatas e tecnológicas*, v. 04, n. 02, p. 111-124, 2017a.

SCALIZE, P. S.; LEITE, W. C. A.; RODRIGUES, J. M., DE SOUZA CORREA, M., VENUZO, S. B., LOMBARDI, R.; SANTOS, M. F. *Correlação entre os valores de DBO e DQO no afluente e efluente de duas ETES da cidade de Araraquara*. In: Exposição de Experiências Municipais em Saneamento (VIII), Caxias do Sul-RS. 34a. Assembleia Nacional da ASSEMAE, v. 13, 2004.

SERPA, J.; MORBEE, J.; TZIMAS, E. *Technical and Economic Characteristics of a CO₂ Transmission Pipeline Infrastructure*. Ed: Luxembourg, 51p., 2011.

SETTI, A. A. *A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia legal. 1994.

SILVA, E.A.; SILVA, L.A. Industrialização, urbanização, formação de classe em Volta Redonda (1942-1972): do fim do Estado Novo aos tempos da ditadura. *Revista Mundos do Trabalho*. v.3 n.5. p. 86-113, 2011.

Silva, S.M, da Silva, F.C, Vieira, A.O.S, Nakajima, J.N, Pimenta, J.A, & Colli, S. Composição florística e fitossociológica do componente arbóreo das florestas ciliares da bacia do rio Timbagi, Paraná; várzea do rio Bitumirim, Município de Ipiranga, PR. *Revista do Instituto Florestal*. v.4, p.192-198, 1992.

SILVA, V. L., Orlandi, C. R., Funck, L., Winhelmann, M. C., Schmitt, J. L., Fior, C. S., & Freitas, E. M. Heterogeneity of fern communities in riparian forest remnants from the South Brazilian Campos (Pampa). *Brazilian Journal of Biology*. 2019.

SOARES, A. B. Análise da problemática socioambiental de nascentes urbanas no município de Garanhuns-PE. Natal, 2015. F. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível: <http://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/12345689/19780>. Acesso em 29 de out de 2021.

SOARES, P. F. *Projeto e avaliação de redes de monitoramento de água utilizando o conceito de entropia*. 2001. 211f. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SOARES, S. S., Arruda, P. N., Lobón, G. S., & Scalize, P. S. *Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público*. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 37, n. 1, p. 119-130, jan./jun. 2016.

SPERLING, M.V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

TCHOUNWOU, P. B; YEDJOU, C. G; PATLOLLA, A.K; SUTTON, D. J. *Heavy Metals Toxicity and Environment*. v. 101. p. 133-164, 2012.

TORRES, F. T. P. Mapeamento e análise de impactos ambientais das nascentes do córrego Alfenas Ubá (MG). *Revista de Ciências Agroambientais*, v.14, n.1, p.45-52, 2016.

TUCCI, C. E. M. *Água no meio urbano*. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G.TUNDISI (Org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2ª VAZ, D. *Preservação e conservação das nascentes*. Curso de engenharia ambiental Unicaldas, 2004. p. 84.

VALENTE, D. B. Análise econômica da gestão de resíduos sólidos eletroeletrônicos no município de Volta Redonda-RJ. 2017.

VOGEL, H. F., ZAWADZKI, C. H., & METRI, R. Florestas ripárias: importância e principais ameaças. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 4, n. 1, 2009.

WANIELISTA, M.; KERSTEN, R.; EAGLIN, R. *Hydrology: water quantity and quality control*. 2d. Ed. New York: John Wiley and Sons Inc. p..169-170; 359-36, 1997.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE A PERCEPÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE MINA

1. Gênero

- F
- M
- Prefiro não dizer

2. Idade

- 01-18
- 18-27
- 28-37
- 38-47
- 48-57
- 58 ou mais

3. Escolaridade

- Sem escolaridade
- Ensino Fundamental Incompleto
- Ensino Fundamental Completo
- Ensino Médio Incompleto
- Ensino Médio Completo
- Ensino Superior Incompleto
- Ensino Superior Completo

4. Em qual bairro você mora? _____

5. Como você classifica a água desta Mina/Nascente?

- Ótima
- Boa
- Ruim
- Péssima

6. Com que frequência você utiliza essa água?

- Todos os dias
- de 2 a 5 vezes ao dia
- 1 vez na semana
- 2 vezes por mês
- Quando necessário
- Nunca, mas conheço pessoas que utilizam
- Nunca

7. Caso você não utilize esta água, quais seriam os motivos?

- Não confio na qualidade da água

- Conheço pessoas que passaram mal ao consumi-la
- Animais bebem dessa água
- Ela tem uma coloração suspeita
- Ela possui um cheiro suspeito
- Outro:

8. Para que você utiliza essa água?

- Beber
- Higiene ou Limpeza
- lavar alimentos
- Outro:

9. Em que condições está a Mina/Nascente para uso? *

- Encanada e em boas condições
- Encanada e em más condições
- Não está encanada ou em boas condições

10. Como você armazena a água da Mina/Nascente em casa?

- garrafas plásticas
- baldes
- potes reaproveitados
- reservatórios

11. Como você lava os recipientes que armazenam a água da Mina/Nascente?

- Somente com água
- Água e detergente
- Água, detergente e água sanitária
- Não lava

12. Você ferve a água antes de beber?

- Sim
- as vezes
- Nunca

13. Você ferve a água da mina antes de consumir?

- Sempre
- Às vezes
- Nunca

14. Você filtra a água da mina antes de consumir?

- Sempre
- Às vezes
- Nunca

15. Qual a cor da água? *

- Escura
- Clara
- Transparente

16. A água tem cheiro? *

- cheiro forte
- pouco cheiro
- sem cheiro

17. Tem lixo ao redor da Mina/Nascente? *

- Muito
- Pouco
- Não

18. Tem lixo na água? *

- Sim
- Não

19. Tem óleo na água? *

- Não
- Pouco/Provável
- Sim

20. Tem espumas na água? *

- Não
- Pouco/Provável
- Sim

21. Tem esgoto nas proximidades? *

- Sim - Nascentes próximas as casas
- Provável - A casa está no terreno acima e na direção da nascente
- Não - As residências estão distantes da nascente

22. Como é a vegetação nas proximidades? *

- não tem (apenas capim)
- Poucas espécies
- Muitas espécies

23. Tem mudas de plantas/árvores nas proximidades? *

- Sim
- Poucas espécies
- Não

24. Como está o solo/terreno perto da Mina/Nascente? *

- ruim - com rachaduras e buracos
- médio - poucas rachaduras e buracos
- normal

Não sei dizer

25. Pessoas fazem uso da água? *

- Não
- de vez em quando
- Sim

26. Animais fazem uso da água? *

- Sim
- Não
- de vez em quando
- Não sei dizer

27. A Mina/Nascente está protegida? *

- Não (não tem cerca)
- Sim (com cerca e fácil acesso)
- Sim (com cerca e difícil acesso)
- Não sei dizer

28. Qual a distância da Mina/Nascente às residências? *

- menos de 50m
- entre 50m e 100m
- mais de 100m

29. Qual a localização da nascente? *

- Desconhecido
- Propriedade particular
- Área pública ou de conservação

30. Você gostaria de acrescentar mais alguma experiência ou relato vivido por você ou por outras pessoas que você conhece sobre esta Mina/Nascente?

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Dados de identificação

Título do Projeto: **AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA.**

Pesquisador Responsável: Paulo Sérgio Neves Júnior

Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: Universidade Federal Fluminense

Telefones para contato do Pesquisador: (XX) XXXXXXXXXX

Outras formas de contato com o pesquisador: paulo_sergio@id.uff.br

Nome do participante:

O(A) Sr.^(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa: “AVALIAÇÃO AMBIENTAL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA”, de responsabilidade do pesquisador Paulo Sérgio.

Visto que o estudo de nascentes em bacias hidrográficas é uma importante ferramenta de gestão na conservação e preservação dos recursos hídricos visando a produção de água, este trabalho promoverá um estudo a fim de que se possa realizar uma classificação das nascentes em cinco níveis de conservação: ótimo, bom, razoável, ruim e péssimo. Assim os usuários poderão entender um pouco mais sobre a real situação da água daquela mina.

Gostaríamos de convidá-lo(a) a participar da pesquisa. Sua participação consistiria apenas em responder ao questionário proposto. Informamos que o único risco envolvido em sua participação seria o desconforto em respondê-lo, mas destacamos que a qualquer momento o(a) senhor(a) poderá desistir de participar ou se negar a responder a alguma pergunta. Destacamos que sua participação contribuirá para que a relação entre a saúde e a real condição da água seja conhecida para esse grupo de usuários.

Todos os participantes receberão informações sobre contatos do serviço público caso precisem de orientação de profissionais da área da saúde sobre como proceder em casos de possível intoxicação. Serão ainda orientados a procurar profissionais especializados na aplicação e manuseio seguros dos agrotóxicos.

O senhor(a) assinará duas vias deste termo, indicando que aceita participar da pesquisa nos termos apresentados aqui. Uma via ficará com o senhor(a) e outra será levada pelo pesquisador.

Obrigado pela participação!

Os Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) são compostos por pessoas que trabalham para que todos os projetos de pesquisa envolvendo seres humanos sejam aprovados de acordo com as normas éticas elaboradas pelo Ministério da Saúde. A avaliação dos CEPs leva em consideração os benefícios e riscos, procurando minimizá-los e busca garantir que os participantes tenham acesso a todos os direitos assegurados pelas agências regulatórias. Assim, os CEPs procuram defender a dignidade e os interesses dos participantes, incentivando sua autonomia e participação voluntária. Procure saber se este projeto foi aprovado pelo CEP desta instituição. Em caso de dúvidas, ou querendo outras informações, entre em contato com o Comitê de Ética da Faculdade de Medicina da Universidade Federal Fluminense (CEP FM/UFF), por e.mail ou telefone, de segunda à sexta, das 08:00 às 17:00 horas:

E.mail: etica.ret@vm.uff.br

Tel/fax: (21) 2629-9189

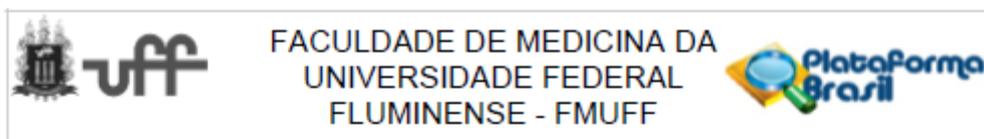
Eu, _____, declaro ter sido informado e concordo em ser participante, do projeto de pesquisa acima descrito.

_____/_____/_____
Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

Data:

ANEXO A – ULTIMA PÁGINA DO PARECER CONSUBSTANCIADO E APROVADO PELO COMITÊ DE ÉTICA DA UFF



Continuação do Parecer: 4.752.200

Protocolo APROVADO.

Observações:

- a cada 6 (seis) meses após a aprovação do projeto, deverão ser encaminhados relatórios parciais, através de Notificação na Plataforma Brasil, visando seu acompanhamento.
- o Relatório Final deve ser encaminhado após o encerramento do estudo, conforme instruções disponíveis na página do CEP.
- Caso o pesquisador precise fazer Emenda ao Projeto, é obrigatório o envio antecipado de Relatório Parcial via Notificação. A Emenda só poderá ser solicitada após aprovação da Notificação com relatório parcial.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1692877.pdf	25/05/2021 17:33:53		Aceito
Outros	cartarespostaaocp.docx	25/05/2021 17:32:01	Paulo Sérgio Neves Júnior	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetcomitedeeticaPS.docx	25/05/2021 17:24:29	Paulo Sérgio Neves Júnior	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	26/04/2021 17:39:42	Paulo Sérgio Neves Júnior	Aceito
Outros	anuenciaaa.pdf	31/03/2021 19:21:44	Paulo Sérgio Neves Júnior	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_consentimento.docx	22/01/2021 13:10:37	Paulo Sérgio Neves Júnior	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ANEXO B – MODELO DE OFÍCIOS PROTOCOLADOS AO SAAE PARA ACESSO AOS LAUDOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS REALIZADAS PELO SAAE



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Pólo Universitário de Volta Redonda
Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental
Avenida dos Trabalhadores, 420, CEP: 27225-125 Vila Santa Cecília, Volta Redonda, RJ
Telefone: (24) 2107-3766 – E-mail: vpt.vei@id.uff.br

Volta Redonda, 31 de maio de 2021.

Ofício VPT nº 001/2021

Para: Sr. Paulo Cesar de Souza
Diretor Executivo do Serviço de Abastecimento Autônomo de Água e Esgoto – SAAE VR

Assunto: Pesquisa de Mestrado no PGTA

Prezado Sr. Paulo Cesar de Souza

Solicito, por gentileza, em nome de Paulo Sérgio Neves Júnior, CPF 082.276.066-52, aluno do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, sob a matrícula M087.120.006 e orientado pela Prof. Dra. Danielle da Costa Rubim Messeder dos Santos, a execução de análises químicas e microbiológicas em 4 (quatro) minas de água do município de Volta Redonda, visto que são diariamente utilizadas por moradores daquela região, sendo tema de pesquisa da dissertação do referido aluno. Abaixo relacionamos os endereços das minas de estudo:

1. **Mina A** - Bairro São Geraldo – Rua Dourados em frente no 230 (frente da E.M. Rondônia)
2. **Mina B** - Bairro Água Limpa - Rua Santa Luzia, 621
3. **Mina C** – São João Batista, Rua Eval Mury Glória, 196
4. **Mina D** - Morada da Colina - Rua Jorge Gonçalves Pereira, 60

Atenciosamente,

Gilmar Clemente Silva
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental/UFF
Matrícula SIAPE: 1322646



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Pólo Universitário de Volta Redonda
Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental
Avenida dos Trabalhadores, 420, CEP: 27225-125 Vila Santa Cecília, Volta Redonda, RJ
Telefone: (24) 2107-3766 – E-mail: vpt.vei@id.uff.br

Volta Redonda, 09 de outubro de 2020.

Ofício VPT nº 002/2020

Para: Sr. Diretor Executivo do Serviço de Abastecimento Autônomo de Água e Esgoto
José Geraldo Matea
Assunto: Pesquisa de Mestrado

Prezado Sr.,

Venho por meio desta solicitar que o aluno Paulo Sérgio Neves Júnior, CPF 082.276.068-52, aluno regularmente matriculado no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal Fluminense, sob matrícula M087.120.006 e orientado pela Prof. Dra. Danielle da Costa Rubim Messeder dos Santos (SIAPE 1793140) possa ter acesso aos laudos das análises químicas de 2020 das minas de água do município de Volta Redonda, visto que sua linha de pesquisa relaciona-se às águas subterrâneas do referido município. Solicito ainda que o mesmo possa acompanhar as análises futuras das minas de água, o que seria de vital importância para o desenvolvimento de sua Dissertação de Mestrado.

Desde já agradeço a atenção e aguardo V. pronunciamento.

Atenciosamente,

Wellington Kiffer de Freitas
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental/UFF
Matrícula SIAPE: 2888061