



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**FERRAMENTAS DE CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS  
NA ZONA RURAL DE BARÃO DO GUAICUÍ, GOUVEIA (MG)**

Maria Tereza de Godoy Cordeiro

**MONOGRAFIA n° 526**

Ouro Preto, Outubro de 2024



**FERRAMENTAS DE CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA ZONA  
RURAL DE BARÃO DO GUAICÚ, GOUVEIA (MG)**

---



## **UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

### *Reitora*

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Cláudia Aparecida Marlière de Lima

### *Vice-Reitor*

Prof. Dr. Hermínio Arias Nalini Júnior

### *Pró-Reitora de Graduação*

Prof. Dr. Adilson Pereira dos Santos

## **ESCOLA DE MINAS**

### *Diretor*

Prof. José Alberto Naves Cocota Junior

### *Vice-Diretor*

Prof. Dr. Cláudio Eduardo Lana

## **DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

### *Chefe do Departamento*

Prof. Dr. Geraldo Magela Santos Sampaio

**MONOGRAFIA**

**Nº 526**

**FERRAMENTAS DE CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA  
ZONA RURAL DE BARÃO DO GUAICUÍ, GOUVEIA (MG)**

**Maria Tereza de Godoy Cordeiro**

*Orientadora*

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adivane Terezinha Costa

Monografia do Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para avaliação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 402, ano 2024/1.

OURO PRETO

2024

---

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C794f Cordeiro, Maria Tereza De Godoy.  
Ferramentas de conservação dos recursos hídricos na zona rural de Barão do Guaicuí, Gouveia (MG). [manuscrito] / Maria Tereza De Godoy Cordeiro. - 2024.  
126 f.

Orientadora: Profa. Dra. Adivane Terezinha Costa.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Geológica .

1. Geologia Ambiental. 2. Geoquímica ambiental. 3. Serviços ambientais. 4. Monitoramento ambiental. 5. Rios. 6. Protocolo de Avaliação Rápida de Rios. 7. Recursos hídricos. I. Costa, Adivane Terezinha. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 556

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Maria Tereza de Godoy Cordeiro**

**Ferramentas de Conservação dos Recursos Hídricos na Zona Rural de Barão do Guaicuí, Gouveia (MG)**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Geológica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Geóloga

Aprovada em 08 de outubro de 2024

### Membros da banca

- [Doutorado] - Adivane Terezinha Costa- Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)  
[Doutorado] - **Ana Maciel de Carvalho** (Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri)  
[Doutorado] - **Adriana Tropa de Abreu** (Universidade Federal de Ouro Preto)  
[Doutorado] - Louise Aparecida Mendes (Universidade Federal de Ouro Preto)

Adivane Terezinha Costa, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 21/10/2024



Documento assinado eletronicamente por **Adivane Terezinha Costa, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/10/2024, às 11:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0801042** e o código CRC **C52B0680**.



## Agradecimentos

---

Dedico este trabalho à minha família, Daniela, minha mãe, e Lillian, minha vó, mulheres que me inspiram, dão força e que me guiam nesse caminho da vida. Aos meus queridos irmãos, Tomio e Sofia, agradeço pelas vivências, trocas de conhecimento e crescimento conjunto.

A meu tio do coração, Vitor Roma, somente um agradecimento não é suficiente por todo suporte, vivências e companhias em momentos bons e difíceis. Sem você nada disso seria possível.

Agradeço, também, ao meu pai, Pedro, quem me deu as experiências iniciais ao mundo acadêmico e profissional nas geociências, as quais guardo com muito carinho. E meu avô, Antônio (*em memória*), quem me queria ver formada antes mesmo de me conhecer, a cada nova descoberta de suas façanhas me emociono e motivo em seguir pelo mundo das geociências.

Meus profundos agradecimentos à minha orientadora, Adivane Terezinha Costa, pelas trocas de conhecimento, dedicação e paciência ao longo deste processo. Ao PET Engenharia Geológica e a todos os petianos e amigos, agradeço todo apoio, acadêmico e financeiro, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os moradores do distrito de Barão do Guaicuí, agradeço o engajamento e apoio desde 2022, quando iniciamos as campanhas de campo. Em especial, meu agradecimento à Pierre e Ana, pelo abrigo no Jardim dos Orixás, aos ensinamentos que vão além da construção dessa monografia. À Mauro e família, pela disposição e dedicação nas empreitadas de campo. À Nice, pela disposição e dedicação na construção de discussões e projetos comunitários, além da comida impecável. A Pedro, Bruna e Afonso, pelas companhias, trocas de conhecimento e empreitadas de campo.

Agradeço a Ouro Preto, amigos e cidade, pelo acolhimento, trocas e ensinamentos. Em especial a Turma do Mato, por todo carinho e parceria, aprendo muito com vocês todos os dias. E a república Meninas Gerais, por todo carinho e acolhimento em tantos momentos da graduação. A Laura, Ana, Julia, Elaine e Faby, mulheres que me deram a força final que precisava, vocês foram mais que essenciais.

Agradeço à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), com destaque para servidores, professores e alunos do Departamento de Geologia (DEGEO), e ao Ministério da Educação pela disponibilização de recursos que viabilizaram a realização deste trabalho. Agradeço ao laboratório de Geoquímica Ambiental (DEGEO – UFOP) e laboratório de Bioprocessos (FCBS-UFVJM), pelas análises de qualidade e contribuição essencial ao projeto.

Meus sinceros agradecimentos a todos demais que contribuíram para a realização desta monografia, cada um de vocês desempenhou um papel valioso neste processo, e sou grata por toda colaboração ao longo desta jornada acadêmica.



# SUMÁRIO

---

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 LOCALIZAÇÃO.....	2
1.3 OBJETIVOS .....	3
1.3.1 Objetivos Específicos .....	3
1.4 JUSTIFICATIVA .....	4
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>5</b>
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.2 CAMPANHAS DE CAMPO .....	5
2.3 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	11
2.4 TRATAMENTO DE DADOS .....	12
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>16</b>
3.1 GEOMORFOLOGIA .....	16
3.2 HIDROGRAFIA E AQUÍFEROS.....	18
<b>4 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL E LOCAL .....</b>	<b>24</b>
4.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO.....	25
4.1.1 Serra do Espinhaço .....	25
4.2 ESTRATIGRAFIA.....	26
4.2.1 Complexo Basal.....	27
4.2.2 Supergrupo Rio Paraúna.....	27
4.2.3 Supergrupo Espinhaço.....	27
<b>5 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>31</b>
5.1 MONITORAMENTO HÍDRICO PARTICIPATIVO.....	31
5.2 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS E CÓRREGOS .....	33
5.3 GEODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS HÍDRICOS .....	34

5.4 GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS.....	39
5.5 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO EM ZONAS RURAIS .....	41
<b>6 GEODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS HÍDRICOS .....</b>	<b>44</b>
6.1 PROCESSO DE INVENTARIAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS HÍDRICOS .....	44
6.2 PROCESSO DE AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS HÍDRICOS .....	54
<b>7 MONITORAMENTO HÍDRICO PARTICIPATIVO.....</b>	<b>56</b>
7.1 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO.....	56
7.1 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS E CÓRREGOS .....	66
<b>8 RESULTADOS ANALÍTICOS.....</b>	<b>79</b>
8.1 ANÁLISE BACTERIOLÓGICA .....	80
8.2 ANÁLISE GEOQUÍMICA .....	83
<b>9 CONCLUSÃO.....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>98</b>

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1.1: Localização da área de estudo, com hidrografia e acessos.....	03
Figura 2.1: Ficha de Inventariação LIGs com inserção dos Serviços Ecosistêmicos Hídricos prestados. (Maciel 2022).....	07
Figura 2.2: Aplicação do PAR. A – Em rio Pardo Pequeno. B – Em rancho do Jardim dos Orixás.....	08
Figura 2.3: Encontros com a comunidade. A – Conversa em Jardim dos Orixás, com lideranças comunitárias. B – Conversa na sede da comunidade, com liderança comunitária. C – Conversa com moradores para reconhecimento e coleta de água. D – Coleta de água com comunidade.....	09
Figura 2.4: Coleta de água em campo. A – Amostragem de água para análise química, detalhe para utilização de filtro. B – Acidificação da amostra para análise química. C – Detalhe para membrana utilizada para filtragem; ao fundo, caixa de isopor utilizada para conservação das amostras pós coleta. D – Amostragem de água para análise bacteriológica.....	10
Figura 3.1: Mapa geomorfológico da região de estudo.....	16
Figura 3.2: Mapa hipsométrico (cores e rugosidade ao fundo), com curvas de nível.....	17
Figura 3.3: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco com divisões fisiográficas. (Palma 2007).....	18
Figura 3.4: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco com divisões fisiográficas. (CBH Rio das Velhas 2021).....	19
Figura 3.5: Delimitação das subbacias hidrográficas da área de estudo.....	20
Figura 3.6: Subbacias hidrográficas e áreas de requerimento pela mineração na área de estudo.....	21
Figura 3.7: Mapa Hidrogeológico da região de estudo. (retirado de Mapa Hidrogeológico do estado de Minas Gerais – Folha NE/ CPRM 2022).....	22
Figura 4.1: Mapa geológico simplificado com limites e coberturas do Cráton São Francisco (Leite 2013), com localização da área de estudo (em vermelho).....	24
Figura 4.2: Subdivisão estratigráfica do Supergrupo Espinhaço (Martins-Neto 1998).....	26
Figura 4.3: Mapa geológico local.....	29
Figura 5.1: Tipos de serviços ecosistêmicos, bens e processos relacionados a geodiversidade, segundo Gray (2013). (retirado de Silva 2016).....	36
Figura 6.1: Mapa de pontos inventariados.....	44
Figura 6.2: Poço encantado. A – Vista de cima. B – Poço do local.....	46

Figura 6.3: Acesso a cachoeira de Barão. A – Portão de acesso. B – Trilha para acesso.....	47
Figura 6.4: Cachoeira de Barão. A – Vista de frente da queda. B – Destaque para plantas aquáticas invasoras.....	48
Figura 6.5: Jardim dos Orixás. A – Cachoeira do Jardim, destaque para a canalização de abastecimento a direita, e para praia fluvial abaixo da queda, junto ao poço da cachoeira. B – Vista de frente da queda da cachoeira e poço.....	49
Figura 6.6: Jardim dos Orixás. A – Destaque para cristo. B – Lagoa construída por moradores, destaque para cristo a esquerda.....	50
Figura 6.7: Jardim dos Orixás. A – Casa sede do local, destaque para TEvap a esquerda. B – Limoeiro da TEvap.....	50
Figura 6.8: Encontro com rio Pardo Pequeno. A – Rio Mangabeiras a direita desaguando sobre rio Pardo Pequeno. B – Córrego Capão desaguando sobre rio Pardo Pequeno.....	52
Figura 6.9: Rio Pardo Pequeno. A – Praia fluvial, leito raso, vegetação nativa ao redor. B – Destaque para solo cascalhoso e mal selecionado na praia fluvial.....	52
Figura 6.10: Córrego Capão. A – Pontilhão sobre córrego Capão. B – Visão do córrego.....	54
Figura 7.1: Gráficos com resultados do Diagnóstico Participativo. A – Composição da população de Barão do Guaicuí. B – Local de residência em Barão do Guaicuí. C – Idade predominante da população. D – Gênero predominante da população amostrada.....	57
Figura 7.2: Gráficos com resultados do Diagnóstico Participativo. A – Percepção sobre a qualidade das águas de consumo humano de Barão do Guaicuí. B – Tratamentos de descarte de efluentes doméstico utilizados em Barão do Guaicuí.....	58
Figura 7.3: Visão de morros do distrito. A – Destaque para áreas de recarga nos topos de morros. B – Presença de quartzitos nos topos de morro.....	60
Figura 7.4: Jardim dos Orixás. A – Porteira de entrada na propriedade. B – Roda d’água para abastecimento.....	61
Figura 7.5: Limpeza caixa d’água 2 – Córrego Bandeirinha. A – Destaque para água de coloração escura. B – Destaque para concentração de sedimentos no fundo, pela coloração escura provavelmente há presença de minério de ferro.....	63
Figura 7.6: Limpeza caixa d’água 2 – Córrego Bandeirinha, destaque para presença de organismos aquáticos.....	63
Figura 7.7: Caixa d’água 2 – Córrego Matão. A – Visão externa da estrutura em cimento. B – Destaque para cerca e acesso fácil ao local.....	64

Figura 7.8: Construção de TEvap. A – Destaque para pneus utilizados na estruturação. B – Destaque para manta impermeável utilizada no local.....	65
Figura 7.9: Mapa dos locais de aplicação do PAR.....	66
Figura 7.10: Córrego Capão. A – Fundo de leito formado por areia e cascalho mal selecionado. B – Destaque para cascalhos e membrana de coleta amarronzada, indicando grande quantidade de sólidos em suspensão. C – Destaque para presença de algas e manchas de óleo.....	77
Figura 7.11: Particularidades de Barão do Guaicuí. A – Agrofloresta em margem do córrego Bixiga (ou Tamanduá), no ponto P02. B – TEvap ao lado da estação de trem, na sede de Barão do Guaicuí, ponto P01.....	78
Figura 7.12: Particularidades de Barão do Guaicuí. A – Drenagem encaixada em rocha, ponto P02. B – Presença de canalizações antigas não utilizadas atualmente, ponto P02.....	78
Figura 8.1: Pluviometria mensal (mm) da estação Gouveia (1843002), adaptada de INMET (2024). Destacado os meses de coleta de novembro/2022 em verde, e agosto/2023 em laranja.....	79
Figura 8.2: Distribuição geográfica dos resultados da análise bacteriológica das águas – Novembro/2022.....	81
Figura 8.3: Distribuição geográfica dos resultados da análise bacteriológica das águas – Agosto/2023..	82
Figura 8.4: Gráfico de concentração de elementos químicos – Zinco.....	86
Figura 8.5: Gráfico de concentração de elementos químicos – Ferro.....	86
Figura 8.6: Gráficos de concentração de elementos químicos. A – Manganês. B – Alumínio. C – Estrôncio. D – Magnésio.....	87
Figura 8.7: Gráficos de concentração de elementos químicos. A – Bário. B – Cálcio. C – Sódio.....	88
Figura 8.8: Mapas de concentração de elementos químicos. A – Ferro. B – Zinco.....	89
Figura 8.9: Mapas de concentração de elementos químicos. A – Manganês. B – Alumínio. C – Magnésio. D – Bário.....	90
Figura 8.10: Mapas de concentração de elementos químicos. A – Sódio. B – Cálcio. C – Estrôncio.....	91
Figura 8.11: Gráficos de concentração de elementos químicos. A – Chumbo. B – Cobre. C – Cromo. D – Níquel.....	93
Figura 8.12: Gráficos de concentração de elementos químicos. A – Rubídio. B – Cobalto. C – Arsênio.	94
Figura 8.13: Gráficos de correlação entre elementos químicos. A – Cr x Pb. B – Ni x Pb. C – Cu x Pb. D – Zn x Pb.....	95

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 2.1: Descrição das etapas de campo.....	06
Tabela 2.2: Amostragem de água realizadas em Barão do Guaicuí.....	11
Tabela 2.3: Categorias e pontuações dos parâmetros analisados (Sales 2022).....	13
Tabela 2.4: Categorização das condições ambientais do Protocolo de Avaliação Rápida (Sales 2022)...	14
Tabela 4.1:Tabela de padrão de potabilidade da água para substâncias químicas inorgânicas que representam risco a saúde humana, valores presentes na Portaria nº888 do Ministério da Saúde (2021).	40
Tabela 4.2: Tabela de padrão de qualidade de águas doces (classe 2), valores presentes na Resolução CONAMA nº357 (2005).....	41
Tabela 4.3: Tabela de padrão bacteriológico (somente com o parâmetro <i>Escherichia coli</i> ) de da água para consumo humano, presente na Portaria nº888 do Ministério da Saúde (2021).....	41
Tabela 6.1: Valoração dos critérios de geoconservação, de acordo com Brilha (2005), das LIGs inventariadas.....	54
Tabela 6.2: Resumo dos pontos amostrados com seus bens e processos promovidos.....	55
Tabela 7.1: Resultados do ponto P01- Sede de Barão do Guaicuí.....	68
Tabela 7.2: Resultados do ponto P02 – Ponte de Pedra.....	69
Tabela 7.3: Resultados do ponto P03 – Rancho do Jardim dos Orixás.....	71
Tabela 7.4: Resultados do ponto P04- Sede de Jardim dos Orixás.....	73
Tabela 7.5: Resultados do ponto P05- Encontro dos rios com Rio Pardo Pequeno.....	75
Tabela 7.6: Pontuações e categorias por trechos.....	76
Tabela 8.1: Amostragem de água realizadas em Barão do Guaicuí.....	80
Tabela 8.2: Resultados Amostra bacteriológica – Novembro 2022.....	80
Tabela 8.3: Resultados Amostra bacteriológica – Agosto de 2023.....	82
Tabela 8.4: Resultados Amostra – ICP-OES – Agosto de 2023.....	84
Tabela 8.5: Resultados Amostra – ICP-OES – Abril de 2024.....	85
Tabela 8.6: Resultados Amostra – ICP-MS – Agosto de 2023 e Abril de 2024.....	92

## LISTA DE SIGLAS

---

ANA – Agencia Nacional de Águas  
ASA – Área de Soltura de Aves  
CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica  
CPRM – Serviço Geológico do Brasil  
E – Leste  
E. Coli – Escherichia coli  
GB – Greenstone Belt – Cinturão de Rochas Verdes  
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICP-MS – Espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente  
ICP-OES – Espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
LIG – Lugar de Interesse Geológico  
LQ – Limite de Quantificação  
N – Norte  
O – Oeste  
ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável  
OMS – Organização Mundial da Saúde  
ONG – Organização Não Governamental  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PAR – Protocolo de Avaliação Rápida  
S – Sul  
SdE – Serra do Espinhaço  
TEvap – Tanque de Evapotranspiração  
UNICEF - Fundo Internacional de Emergência das Nações Unidas para a Infância  
USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

## RESUMO

---

Decorrente do crescimento populacional e atividades humanas, a questão da escassez hídrica vem se tornando cada vez mais recorrente na sociedade atual. Esse processo evidencia a necessidade e importância do monitoramento dos corpos hídricos, o controle de sua qualidade e a democratização do seu acesso. A importância da água, seus usos e saneamento é evidenciado pela ODS 6, um dos objetivos sustentáveis a serem alcançados até 2030 pela ONU, sendo tema de preocupação internacional pelas Nações Unidas. Quando o tema se insere às zonas rurais, as dificuldades e problemas relacionados a qualidade da água e saneamento intensificam-se, principalmente pela falta de atenção pública e acesso a tecnologias. Esse trabalho propõe estudo de geoconservação dos recursos hídricos, bem como o monitoramento hídrico participativo no distrito de Barão do Guaicuí, na zona rural de Gouveia (MG). Como métodos, foram realizados o inventário de Lugares de Interesse Geológico (LIGs) de potencial hídrico associando-os aos serviços ecossistêmicos, aplicação de protocolo de avaliação rápida de rios e córregos (PAR) e também o diagnóstico geoquímico e bacteriológico de amostras de água de consumo, para melhor entendimento das condições da mesma e como à qualidade das águas afeta a comunidade local e turistas, considerando que as águas da região não têm tratamento. Os resultados indicam que os locais inventariados dentro da Geoconservação e Serviços Ecossistêmicos, prestam serviços culturais, de conhecimento, regulação, suporte e provisão. O Protocolo de Avaliação Rápida de Rios e Córregos indica boa conservação dos recursos hídricos no geral, apesar da degradação. A população é majoritariamente acima de 50 anos e feminina, com boa percepção da qualidade da água. 54,6% usam fossas sépticas, 36,4% TEvap e 9,1% fossa seca. Análises de água mostram presença de *E. Coli*, anomalias de ferro e zinco, que se modificam sazonalmente. Os resultados mostram a boa conservação do local, sendo que ações antrópicas, como o descarte de esgoto nos rios, e requerimentos minerários, são indicadores das principais ameaças à manutenção da conservação ambiental das áreas. Pela cooperação da comunidade de Barão do Guaicuí o estudo se conclui mostrando que é possível a manutenção dos índices de conservação e preservação, através de ações de todos os portes, mostrando a importância da consciência individual e de grupo sobre os usos dos recursos hídricos locais.

**Palavras-chave:** Geoconservação; Serviços Ecossistêmicos; Monitoramento Hídrico Participativo; Hidrogeoquímica; Geologia Ambiental.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

---

### 1.1 APRESENTAÇÃO

Nos últimos 100 anos o uso da água aumentou e vem crescendo 1% ao ano (Unesco2021). Com o crescimento populacional essa taxa não tende a diminuir, sendo previsto que em 2050 haja 9,15 bilhões de pessoas no mundo. Assim, a escassez hídrica continua a ser um problema central nas discussões ambientais, seja por falta ou por má qualidade das águas.

Menos da metade da população mundial tem acesso a água potável (Unicef 2010). Quanto ao acesso a água tratada, 35% da população mundial não tem acesso, e 43% não conta com serviços adequados de saneamento básico. Diante desses dados, a UNICEF constata que dez milhões de pessoas morrem anualmente em decorrência a doenças intestinais transmitidas pela água (Cetesb2010).

Reservas de água superficial, em diversas localidades, não suprem a demanda necessária, seja por aumento do consumo ou diminuição da qualidade das mesmas, como o caso de locais impactados por atividade mineradora, desmatamento, entre outros. Países com boas reservas de água não fazem somente uso de água superficial, sendo, na maior parte dos casos, como no Brasil, as reservas subterrâneas tão importantes quanto.

O Brasil tem 13% das reservas mundiais de água doce subterrânea e 50% da América do Sul (Ana 2013). A necessidade desse bem mineral populariza o uso da água subterrânea, no entanto, esse deve ser precedido de minucioso estudo, visando não prejudicar gerações futuras, visto que sua recarga é mais lenta que a da água superficial.

Barão do Guaicuí, distrito de Gouveia (MG), possui cerca de 100 habitantes fixos com uma população flutuante de turistas, e é caracterizado por um povoado tipicamente rural que utiliza do turismo ecológico como fonte de renda. A região localiza-se dentro da bacia hidrográfica do rio São Francisco, dentro da divisão conhecida por Alto São Francisco. O principal afluente do rio São Francisco encontra-se na bacia do Rio das Velhas, a qual está inserida, desde sua nascente, em regiões mineradoras, com diversos conflitos entre atividades antrópicas e qualidade de água (CBH Rio das Velhas 2019).

Dentro da área de estudo, há a bacia do rio Mangabeiras, que possui uma bacia de contribuição de 13 km<sup>2</sup>, sendo um importante afluente do rio Pardo Pequeno, o qual é afluente do rio das Velhas, inserido a bacia do rio São Francisco. A bacia do rio Mangabeiras é proposta pela prefeitura de Gouveia como área de tombamento e encontra-se em uma área de conflito devido a requerimento mineral para extração de quartzitos. Seu curso segue até o antigo pontilhão da Estrada de Ferro local.

Os recursos hídricos são receptores de grande parte dos impactos gerados por ações antrópicas, como uso e ocupação inadequada dos solos, liberação de resíduos domésticos, atividade mineradora, desmatamento, entre outras. Essa relação é evidenciada pelo conflito entre os serviços e usos dos ecossistemas hídricos na região estudada. A utilização desenfreada dos recursos naturais torna urgente discussões sobre os impactos ao meio, principalmente no que tange o bem-estar humano e a qualidade ambiental, como evidenciado nos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) de número seis, proposta pela Agenda de 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU).

Dentro desse contexto, surgem ferramentas que quantificam e qualificam ambientes hídricos, sendo enfoque desse trabalho a aplicação da caracterização física e química de ambientes aquáticos a partir de análise química de águas fluviais utilizadas para consumo e aplicação de ferramentas do monitoramento hídrico participativo, o qual alinha a utilização de conhecimentos tradicionais sob um olhar holístico, de maior acesso e participação da comunidade, sobre a qualidade dos cursos d'água (Sales 2022). Para isso foram utilizadas as ferramentas de diagnóstico participativo, Protocolo de Avaliação Rápida de Rios e Córregos e a inventariação de serviços ecossistêmicos hídricos da geodiversidade local, possibilitando, assim, uma análise integrada, participativa e multidisciplinar dos ambientes hídricos.

## **1.2 LOCALIZAÇÃO**

A área de estudo corresponde ao distrito de Barão do Guaicuí (Figura 1.1), no município de Gouveia (MG). O acesso partindo de Ouro Preto ocorre a partir das rodovias BR-356, em direção à Belo Horizonte (MG), depois segue pela BR-040, em direção à Brasília, até a entrada de Paraopebas, onde segue-se em direção nordeste, para a cidade de Curvelo. Saindo da cidade, acessa-se a BR-259 sentido Gouveia, onde encontra-se a BR-367, chegando à entrada de Barão de Guaicuí. O acesso ao distrito é por estrada de terra e há placas de sinalização indicando a mesma. Todo percurso é devidamente sinalizado.



**Figura 1.1:** Localização da área de estudo, com hidrografia e acessos.

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho consiste em aplicar ferramentas de auxílio à proteção e conservação dos recursos hídricos, contribuindo para o tombamento da bacia do rio Mangabeiras e nascentes do rio Pardinho, situados no município de Barão do Guaicuí, Gouveia (MG).

#### 1.3.1 Objetivos Específicos

- Ampliar o conhecimento dos recursos hídricos da região para área acadêmica, comunidade local e órgãos públicos, buscando fortalecer o turismo ecológico em expansão;
- Colaborar para o planejamento territorial e conservação dos recursos hídricos da área a partir da delimitação das bacias de contribuição;
- Realizar diagnóstico socioambiental participativo da área de estudo;
- Realizar diagnóstico da qualidade das águas de nascentes, rios e cachoeiras utilizadas para consumo humano e lazer, utilizando métodos empíricos e quantitativos;

- Identificar, avaliar e georreferenciar lugares de interesses geológicos (LIGs) dos recursos hídricos com catalogação dos serviços ecossistêmicos;
- Identificar tecnologias sociais conservacionistas de saneamento da área.

#### **1.4 JUSTIFICATIVA**

A área de estudo está localizada no distrito de Barão do Guaicuí, pertencente ao município de Gouveia (MG), sendo conhecida por seu potencial turismo ecológico associado a rios, cachoeiras e beleza cênica única. A região está inserida na porção meridional da Serra do Espinhaço, apresentando afloramentos de quartzitos do Grupo Diamantina localizados principalmente nos altos de morro, comportando-se como aquíferos fraturados. Por suas particularidades, a região apresenta ampla área sendo requerida para mineração de quartzitos.

Caso autorizada, a implementação da mineração na região pode gerar grandes impactos socioambientais, como a desterritorialização local, visto que se trata de uma zona rural, onde há a produção e reprodução social de familiares carentes que dependem da agricultura de subsistência e tem como principal fonte de renda o turismo ecológico. Ressalta-se, também, os impactos que podem ser gerados aos recursos hídricos locais, como assoreamento e aumento da turbidez das águas à jusante da área requerida pela mineração, diminuição da vazão dos rios e dos níveis de água dos aquíferos, utilizados para abastecimento, consumo e desenvolvimento do turismo ecológico, em plena expansão no local.

Dessa forma, as ferramentas de proteção e conservação dos recursos hídricos aplicadas nesse trabalho contribuirão como auxílio na consolidação do tombamento da bacia do rio Mangabeiras, que vem sendo desenvolvido pela ONG Caminhos da Serra e pela Prefeitura de Gouveia.

## **CAPÍTULO 2**

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

---

Este trabalho contou com quatro etapas, sendo elas revisão bibliográfica, campanhas de campo, análise laboratorial e tratamento de dados. As etapas e metodologias seguidas estão descritas a seguir.

#### **2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para desenvolvimento do trabalho foi feito levantamento bibliográfico considerando as características geológicas e fisiográficas da área de estudo, tendo como principal fonte de consulta: mapa geológico da Folha SE-23-Z-A-III - Diamantina (2012), em escala 1:100.000, desenvolvido pela CODEMIG; Folha Topográfica Diamantina, na escala 1:100.000; e Mapa Hidrogeológico de Minas Gerais (2022) – Folha NE desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em escala 1:500.000.

De forma contínua ao estudo prévio do local, foram realizadas levantamento de estudos sobre os temas de monitoramento hídrico participativo; protocolo de avaliação rápida de rios e córregos; relação entre água superficial e subterrânea; geoquímica das águas; sistemas de tratamento de água e esgoto em zonas rurais; geodiversidade e serviços ecossistêmicos hídricos.

#### **2.2 CAMPANHAS DE CAMPO**

O trabalho contou com quatro campanhas de campo, as quais estão descritas na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1:** Descrição das etapas de campo.

Campo	Data	Atividade
1	Abril/2022	Reconhecimento da área; Contato com comunidade local; Inventariação da Geodiversidade e Serviços Ecossistêmicos Hídricos.
2	Novembro/2022	Amostragem para análise bacteriológica de período chuvoso;
3	Agosto/2023	Amostragem para análise bacteriológica e química de período seco; Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios e Córregos junto à comunidade; Coleta de relatos com lideranças comunitárias;
4	Abril/2024	Amostragem para análise química de período seco; Coleta de relatos com lideranças comunitárias;

### 2.2.1 Inventariação de Lugares de Interesse Geológico (LIG)

A inventariação de lugares de interesse geológico (LIG), considerou ambientes hídricos, como rios, córregos e cachoeiras, que fornecem serviços ecossistêmicos à comunidade. A atividade foi realizada em conjunto com as atividades de Maciel (2022), onde foi utilizada uma ficha de inventariação (Figura 2.1) e inserido exemplos presentes nos locais sobre os serviços ecossistêmicos associados à geodiversidade.

A inventariação da geodiversidade local contou com a ficha de inventariação desenvolvida e modificada por Lima (2020) e Maciel (2022), a qual é uma junção de diversas metodologias, dentre elas: Brilha (2005), Carcavilla *et al.* (2007), Ostanello (2012), Oliveira (2016) e Pereira (2010). A ficha possui metodologia própria para LIGs aplicados em rios e cachoeiras. Utilizou-se também as referências metodológicas de Gray (2012, 2013) e Garcia (2019), nas quais são apresentados métodos de inventariação e avaliação dos serviços ecossistêmicos hídricos, os quais foram o foco deste trabalho.

Importante salientar que o inventário foi realizado em período chuvoso, sendo assim, as drenagens encontravam-se com maior volume e fluxo d'água. Não houve chuva nos dias anteriores, apresentando céu azul e dias quentes.

INVENTÁRIO DOS CÓRREGOS, RIOS E CACHOEIRAS DO DISTRITO DE BARÃO DO GUAICUI, GOUVEIA - MINAS GERAIS					
<b>Informações Básicas</b>					
Código do Ponto	Data	UTM W	UTM S	Elevação (m)	Datum
Autor da Ficha					
<b>Localização da LIG</b>					
Nome da Cachoeira		Tipo de Propriedade		Descrição do Acesso	
		<input type="checkbox"/> Privada* <input type="checkbox"/> Pública		<input type="checkbox"/> Estrada asfaltada <input type="checkbox"/> Estrada de terra <input type="checkbox"/> Trilha	
*Proprietário: _____					
<b>Aspectos Visuais</b>					
Geomorfologia <input type="checkbox"/> Topo de encosta <input type="checkbox"/> Base de encosta <input type="checkbox"/> Meia encosta <input type="checkbox"/> Fundo de vale					
Outro: _____					
Estado de Conservação do Entorno: <input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Pésimo					
Características da Vegetação: <input type="checkbox"/> Arbórea <input type="checkbox"/> Arbustiva <input type="checkbox"/> Rupestre <input type="checkbox"/> Antrópica					
Preservação da Vegetação: <input type="checkbox"/> Preservada (vegetação natural), APP preservada. <input type="checkbox"/> Preservação parcial (presença de campos de pastagem / agricultura / residência), APP parcialmente degradada. <input type="checkbox"/> Degradada (urbanização/comercial/industrial), APP totalmente degradada. <input type="checkbox"/> Inexistente <input type="checkbox"/> Inexistentes					
Praia Fluvial (areia, seixo ou cascalho) no entorno do poço: <input type="checkbox"/> Grande extensão					
Observações sobre a fauna aquática: _____					
<b>Parâmetros Medidos</b>					
Alt. da Queda (m)	Prof. do Poço (m)	Área do Poço (m)	Temp (°C)	Turbidez	Ph
Condutividade					
<b>Infraestrutura e Potenciais Geoturisticos</b>					
Área Turisticamente: <input type="checkbox"/> Explorada <input type="checkbox"/> Em Desenvolvimento <input type="checkbox"/> Inativa					
Acesso (trilha, estrada): <input type="checkbox"/> Fácil <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Difícil					
Sinalização de Acesso: <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Média <input type="checkbox"/> Insuficiente <input type="checkbox"/> Inexistente					
Estacionamento: <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Médio <input type="checkbox"/> Precário <input type="checkbox"/> Inexistente					
Hospedagem: <input type="checkbox"/> Presente <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Inexistente					
Área de Camping: <input type="checkbox"/> Presente <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Inexistente					
Observações e/ou Comentários Importantes: _____					
<b>Descrição Geológica e Ambiental</b>					
Geologia Regional (SG, Gr, Fr...)					
Litológica ou Petrografia					
Estrutura geológica associada à formação da queda d'água					
Uso atual: <input type="checkbox"/> Turismo/Lazer <input type="checkbox"/> Irrigação <input type="checkbox"/> Abastecimento					
Outro: _____					
Estado de Proteção: <input type="checkbox"/> Nenhum <input type="checkbox"/> Procedimentos em andamento <input type="checkbox"/> protegido					
Proteção Integral: <input type="checkbox"/> Estação Ecológica <input type="checkbox"/> Reserva Biológica <input type="checkbox"/> Parque Nacional <input type="checkbox"/> Monumento Natural					
Situação em área de: <input type="checkbox"/> Reserva de fauna <input type="checkbox"/> Reserva de Desenvolvimento Sustentável <input type="checkbox"/> APA <input type="checkbox"/> Área de Relevante Interesse Ecológico <input type="checkbox"/> APP					
Uso Sustentável: <input type="checkbox"/> Floresta <input type="checkbox"/> Reserva Extrativista <input type="checkbox"/> Reserva de fauna					
<input type="checkbox"/> Reserva de Desenvolvimento Sustentável <input type="checkbox"/> APA <input type="checkbox"/> APP					
<b>Determinação de Valor Geocientífico</b>					
Importância geocientífica: <input type="checkbox"/> pedologia <input type="checkbox"/> paleontologia <input type="checkbox"/> hidrogeologia <input type="checkbox"/> geologia estrutural/tectônica <input type="checkbox"/> geologia de engenharia <input type="checkbox"/> petrologia <input type="checkbox"/> mineralogia/petrografia <input type="checkbox"/> sedimentologia <input type="checkbox"/> geomorfologia <input type="checkbox"/> estratigrafia <input type="checkbox"/> geologia econômica <input type="checkbox"/>					
Utilização: <input type="checkbox"/> Científica <input type="checkbox"/> Didática <input type="checkbox"/> Turística <input type="checkbox"/> Econômica					
Importância para fins educativos, ensino e pesquisa: <input type="checkbox"/> nenhuma <input type="checkbox"/> importância pela natureza, história e geografia local, turismo <input type="checkbox"/> importância para trabalhos de campo, ensino ou pesquisa					
Serviço Ecosistêmico Hídrico prestado pelo geossítio: _____					
Descrição geral do geossítio: _____					
Fotografias: _____					

**Figura 2.1:** Ficha de Inventariação LIGs com inserção dos Serviços Ecosistêmicos Hídricos prestados. (Maciel 2022)

## 2.2.2 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) de Rios e Córregos

A aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) de Rios e Córregos foi realizado em conjunto com a comunidade (Figura 2.2), a partir de treinamento prévio. A execução desta etapa seguiu a metodologia de Sales (2022).

A ordenação dos pontos monitorados encontra-se de acordo com a altura do trecho do córrego Capão (classe 3), cujo fluxo inicia-se a leste, em encontro com rio Braúnas, passa por toda sede do distrito de Barão do Guaicuí, perpassando a Cachoeira de Barão, e desagua no rio Pardo Pequeno, principal drenagem da região. O córrego do Bixiga é afluente do córrego Capão, desembocando antes de seu encontro com o rio Pardo Pequeno. O rio Mangabeiras é afluente direto do rio Pardo Pequeno, passando pela Trilha Verde, área de proteção ambiental, perpassando também a sede da propriedade do Jardim dos Orixás.

Os pontos foram monitorados em período seco, durante dois dias de campo, não houve chuva nos sete dias anteriores ao estudo, os dias eram de céu limpo, muito sol e pouca umidade.



**Figura 2.2:** Aplicação do PAR. A – Em rio Pardo Pequeno. B – Em rancho do Jardim dos Orixás.

### **2.2.3 Diagnóstico Socioambiental Participativo**

O diagnóstico participativo consistiu em um formulário online criado através do Google Forms, dividido em duas sessões. A primeira sessão contou com perguntas dos temas: Identificação Pessoal; Idade; Gênero; Participação em associações e ONGs; Disponibilidade de água; Descarte de efluentes domésticos; Doenças relacionadas ao uso da água para consumo. A segunda sessão contou com perguntas sobre as perspectivas holísticas das águas de Barão do Guaicuí para a comunidade, sendo elas referentes aos sentimentos que a água remete e o significado cultural e espiritual da água para os moradores do local.

Durante esta etapa de campo foi realizada a coleta de relatos de lideranças comunitárias (Figura 2.3\_A e Figura 2.3\_B) sobre as percepções sobre a qualidade das águas, e preservação de rios e córregos do distrito, além do entendimento do uso das águas e percepções holísticas sobre as mesmas. Também foi divulgado o formulário online, enviado as lideranças e ao grupo de WhatsApp dos moradores.

As conversas com a comunidade foram essenciais para definição das outras etapas de campo, sendo definidos os pontos de aplicação do PAR e locais de amostragem de água para análises laboratoriais (Figura 2.3\_C e Figura 2.3\_D).



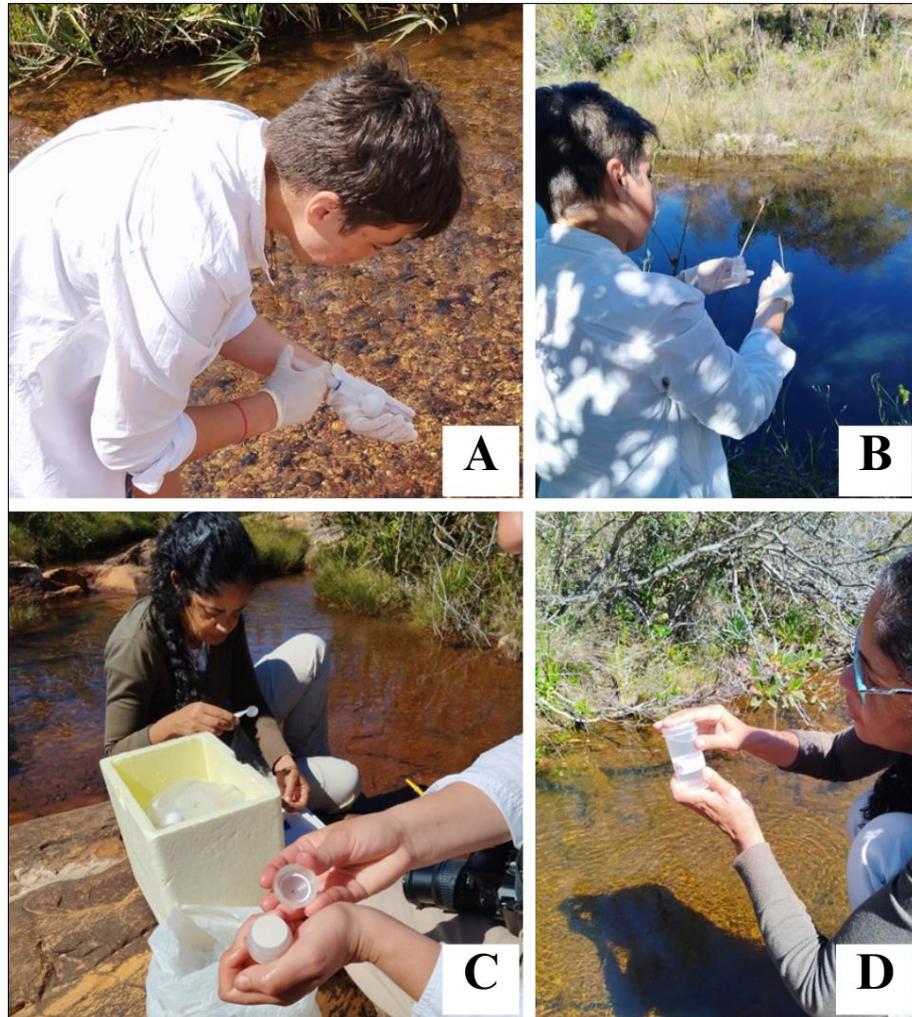
**Figura 2.3:** Encontros com a comunidade. A – Conversa em Jardim dos Orixás, com lideranças comunitárias. B – Conversa na sede da comunidade, com liderança comunitária. C – Conversa com moradores para reconhecimento e coleta de água. D – Coleta de água com comunidade.

### 2.2.4 Amostragem de água para Análises Laboratoriais

A coleta de amostras de água foi realizada em dez pontos distribuídos ao longo do distrito de Barão do Guaicuí, sendo selecionados locais em rios, córregos, bicas e caixas d'água. As águas locais são utilizadas para lazer e/ou captação para consumo humano, uso doméstico e irrigação. Foram realizadas coletas em dois períodos, podendo ser obtida, assim, uma análise sazonal dos parâmetros investigados.

Para análise bacteriológica foram coletados 100mL de água (Figura 2.4\_D). Sendo uma análise sensível, para coleta foi utilizada luva vinílica, as amostras foram conservadas refrigeradas (Figura 2.4\_C) e levadas para laboratório em menos de 24h.

Para análise química foram coletados 30mL de água (Figura 2.4\_A) dos locais definidos, sendo utilizada luva vinílica, filtro e membrana filtrante de 0,45  $\mu\text{m}$  (Figura 2.4\_C). As amostras foram acidificadas (Figura 2.4\_B) e mantidas conservadas a 4° C, para posterior análise em laboratório.



**Figura 2.4:** Coleta de água em campo. A – Amostragem de água para análise química, detalhe para utilização de filtro. B – Acidificação da amostra para análise química. C – Detalhe para membrana utilizada para filtragem; ao fundo, caixa de isopor utilizada para conservação das amostras pós coleta. D – Amostragem de água para análise bacteriológica.

## 2.3 ANÁLISES LABORATORIAIS

A Tabela 2.2 simplifica os dados amostrais coletados em Barão do Guaicuí, com as respectivas datas e laboratórios de análise.

**Tabela 2.2:** Amostragem de água realizadas em Barão do Guaicuí.

Tipo de análise	Quantidade de amostras	Data da coleta	Laboratório responsável	Data da análise
Bacteriológica	7	Novembro/2022	Laboratório de Bioprocessos (UFVJM)	Novembro/2022
Bacteriológica	9	Agosto/2023	Laboratório de Bioprocessos (UFVJM)	Agosto/2023
Análise ICP-OES	10	Agosto/2023	Laboratório de Geoquímica (UFOP)	Abril/2024
Análise ICP-OES	10	Abril/2024	Laboratório de Geoquímica (UFOP)	Abril/2024
Análise ICP-MS	10	Agosto/2023	Laboratório de Geoquímica (UFOP)	Julho/2024
Análise ICP-MS	10	Abril/2024	Laboratório de Geoquímica (UFOP)	Julho/2024

### 2.3.1 Análise Bacteriológica

A análise foi realizada em parceria com o laboratório de Bioprocessos, do Departamento de Farmácia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Foi utilizado o método COLIERT para detecção da presença de *Escherichia coli* em água. O método utiliza o indicador de nutriente ONPG, a presença de *E. coli* é observada a partir da mudança de coloração da amostra.

### 2.3.2 Análises Químicas

As análises foram realizadas em *Espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente* – ICP-OES (modelo “Agilent 725”) e *Espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente* – ICP-MS (modelo “Agilent 7700x”), no laboratório de Geoquímica Ambiental, do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Foram analisados os elementos: bário, cádmio, cobalto, cobre, cromo, molibdênio, níquel, estrôncio, escândio, titânio, vanádio, ítrio, zinco, arsênio, chumbo, alumínio, ferro, manganês, cálcio, potássio, magnésio, sódio,

fósforo e enxofre; e os elementos traço: cromo, cobalto, níquel, cobre, arsênio, selênio, rubídio, estrôncio, prata, cádmio, chumbo, bismuto e urânio.

A partir do aparelho utilizado para a análise foi definido, em laboratório, os limites de quantificação (*LQ*) de cada elemento químico.

## **2.4 TRATAMENTO DE DADOS**

Após as campanhas de campo, foi realizada a compilação, tratamento e análise dos dados coletados. As metodologias utilizadas para cada etapa de campo estão descritas a seguir.

Uma das perspectivas é de que o trabalho seja retornado à comunidade local, assim, se preocupou com a apresentação dos dados em linguagem acessível, com imagens, mapas e gráficos.

### **2.4.1 Inventariação e Valoração da Geodiversidade e Serviços Ecossistêmicos Hídricos**

A partir da inventariação foram compiladas e tabuladas as notas definidas para os três critérios de geodiversidade seguindo a metodologia de Brilha (2005), sendo eles: A) Critérios intrínsecos a LIG; B) Critérios relacionados com o uso da LIG; e C) Critérios relacionados a necessidade de proteção da LIG. Para cada critério é dada uma nota de 1 – 5, resultando no valor final da amostra. A quantificação de um geossítio torna possível a organização de ordens de prioridade das ações de conservação e preservação.

Junto aos dados coletados em campo sobre a geodiversidade, foram avaliadas as LIGs e levantados os serviços ecossistêmicos prestados por cada local. Sendo feita uma análise qualitativa dos aspectos abióticos dos ambientes hídricos propostos por Gray (2012, 2013) e a avaliação da biodiversidade, modelada pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MA, 2005). Sendo assim categorizados em: serviços de regulação, suporte, provisão, culturais e de conhecimento.

Os resultados da inventariação e caracterização das LIGs estão expostos no CAPÍTULO VI, e servem para um melhor entendimento das características e usos dos recursos hídricos da região. Em conjunto com as metodologias de monitoramento participativo, integram uma avaliação para perspectivas atuais e futuras sobre a conservação e preservação dos ambientes hídricos locais.

### **2.4.2 Protocolo de Avaliação Rápida de Rios e Córregos (PAR)**

Posterior à instrução e aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida das Águas (PAR) junto à comunidade, foram obtidos resultados de vinte parâmetros, como mostrado na Tabela 2.3. Os resultados contam com uma pontuação que atribui valor a percepção da qualidade dos corpos d'água analisados.

Por fim, é realizada uma média dos valores obtidos para cada um dos parâmetros e realizada a categorização das condições ambientais para cada trecho analisado. A classificação determina as seguintes situações (Tabela 2.4): Normal; Levemente alterado; e Severamente alterado.

**Tabela 2.3:** Categorias e pontuações dos parâmetros analisados (Sales 2022).

PARÂMETROS		CATEGORIAS E PONTUAÇÕES		
		Ótima	Boa	Péssima
1	Ocupação das margens do corpo d'água	10	5	0
2	Depósitos sedimentares no fundo do rio	10	5	0
3	Tipo de substrato	10	5	0
4	Alteração do canal do corpo d'água	10	5	0
5	Erosão	10	5	0
6	Lixo	10	5	0
7	Esgoto doméstico ou industrial	10	5	0
8	Substrato e habitats disponíveis	10	5	0
9	Presença de plantas aquáticas	10	5	0
10	Presença de mata ciliar	10	5	0
11	Presença da fauna	10	5	0
12	Oleosidade da água	10	5	0
13	Odor da água	10	5	0
14	Transparência da água	10	5	0
15	Características do fluxo das águas	10	5	0
16	Frequência de corredeiras	10	5	0
17	Presença de cianobactérias na água	10	5	0
18	Turbidez da água	10	5	0
19	Presença de materiais flutuantes	10	5	0
20	Aumento do assoreamento	10	5	0

**Tabela 2.4:** Categorização das condições ambientais do Protocolo de Avaliação Rápida (Sales 2022).

<b>Categorias/Classes das Condições</b>	<b>Faixas de Pontuação</b>
Situação natural	200 a 170 - Acima de 70%
Levemente alterado	169 a 100 (Entre 70 e 50%)
Severamente alterado	Abaixo de 99 (menos que 50%)

Em conjunto com a avaliação de pessoas da comunidade para cada trecho dos corpos d'água analisados, é realizada uma análise técnica pelo avaliador/responsável pelo projeto, com o qual os resultados foram comparados a fim de verificar-se há veracidade dos resultados e a eficiência da metodologia utilizada. Os resultados estão apresentados no CAPÍTULO VII.

### **2.4.3 Diagnóstico Participativo**

Com as respostas obtidas no formulário do Diagnóstico Participativo foi organizado um banco de dados a partir do qual foram confeccionados gráficos e textos indicando os resultados, que estão presentes no CAPÍTULO VII. O banco de dados e os gráficos foram gerados pelo software EXCEL versão 2013.

Os resultados foram descritos e interpretados em consonância às demais metodologias para uma análise mais completa sobre as percepções e usos dos recursos hídricos na localidade de estudo. A partir dos resultados é possível a discussão e indicação de métodos sustentáveis para tratamento de água e saneamento, que condizem com a realidade da comunidade.

### **2.4.4 Análise de Dados Bacteriológicos**

A partir dos resultados obtidos em laboratório foi gerado um banco de dados com as devidas localizações e toponímias. Para a análise quantitativa dos dados foram utilizadas as diretrizes, parâmetros e valores da Portaria nº888 do Ministério da Saúde (2021) e da Resolução CONAMA nº357/2005 para qualidade da água de, respectivamente, consumo humano e balneabilidade de cachoeiras, rios e córregos. Posteriormente foram confeccionados gráficos comparativos e mapas temáticos. Para o banco de dados e gráficos comparativos foi utilizado o software EXCEL versão 2013, e para a confecção dos mapas temáticos foi utilizada a plataforma QGIS. Todos resultados estão descritos e discutidos no CAPÍTULO XIII desse trabalho.

#### 2.4.4 Análise de Dados Químicos das Águas

A análise dos dados segue a mesma metodologia dos dados bacteriológicos, modificando somente as diretrizes, parâmetros e valores comparativos para a qualidade da água para consumo humano a partir Portaria nº888 do Ministério da Saúde (2021), e para balneabilidade a partir da Resolução CONAMA nº357/2005. Todos resultados estão descritos e discutidos no CAPÍTULO XIII desse trabalho. Posterior a análise das concentrações e comparação com legislações vigentes, foi investigada a correlação de Person entre os elementos químicos.

A análise por ICP-OES foi feita para vinte e quatro elementos químicos, todavia, entre eles, cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), molibdênio (Mo), níquel (Ni), escândio (Sc), titânio (Ti), vanádio (V), ítrio (Y), arsênio (As) e chumbo (Pb) não apresentaram concentrações acima do limite de quantificação ( $LQ$ ) para as amostras realizadas nas duas coletas. Os elementos potássio (K), fósforo (P) e enxofre (S) foram detectados na minoria das amostras, sendo assim, também não serão apresentados nos resultados.

A análise por ICP-MS foi feita para quinze elementos químicos, todavia, selênio (Se) e bismuto (Bi) não apresentaram concentrações acima do limite de quantificação ( $LQ$ ) para as amostras realizadas nas duas coletas. A prata (Ag), o cádmio (Cd) e o urânio (U) foram detectados na minoria das amostras, sendo assim, também não foram representados nos resultados. E os elementos químicos zinco (Zn) e manganês (Mn) já haviam sido apresentados na análise de ICP-OES.

Para melhor entendimento da interação entre esses elementos químicos em água, foi realizada a análise estatística da correlação de Pearson, que indica que as concentrações entre dois elementos, de diferentes fontes, crescem de forma linear na mesma proporção. Isso sugere uma capacidade de reatividade e formação de compostos, o que pode afetar a biodisponibilidade e toxicidade das águas de rios e córregos (Zhang & Wang, 2017).

A correlação de Pearson é representada pelo coeficiente  $R$ , que pode ter valor entre -1 e 1. O valor de  $R = -1$  indica uma correlação negativa perfeita, ou seja, quando uma variável aumenta, a outra variável diminui proporcionalmente. Já o valor de  $R = 1$  indica uma correlação positiva perfeita, ou seja, quando uma variável aumenta, a outra variável aumenta proporcionalmente.

Para a análise estatística, que não pode ter valor em texto ou zero, considerou-se que as concentrações abaixo dos valores de  $LQ$ , foi realizada a correção para concentração sendo igual ao valor de  $LQ$  do respectivo elemento dividido por dois.

### 3.1 GEOMORFOLOGIA

A principal unidade geomorfológica da área de estudo é a Serra do Espinhaço Meridional, caracterizada por relevos serranos e superfície estruturais elevadas de altitudes variando entre 750-1750 m em geral. Saadi (1995) defende que o termo “serra” esconde a realidade fisiográfica do Espinhaço, que seria melhor definido pelo termo “planalto”. A Serra do Espinhaço possui porções que podem atingir altitudes acima de 2000 m (IBGE2021).

A partir do mapa geomorfológico (Figura 3.1), unidades geomorfológicas presentes na área de estudo são os topos convexos e os planos coluvionares. A cobertura vegetal da região é caracterizada pelos domínios quartzíticos nos topos de morro, com espécies típicas de altitude e rupestres, pelo predomínio de cerrado nas porções mais baixas e, ao longo do curso dos rios e córregos por matas ciliares.

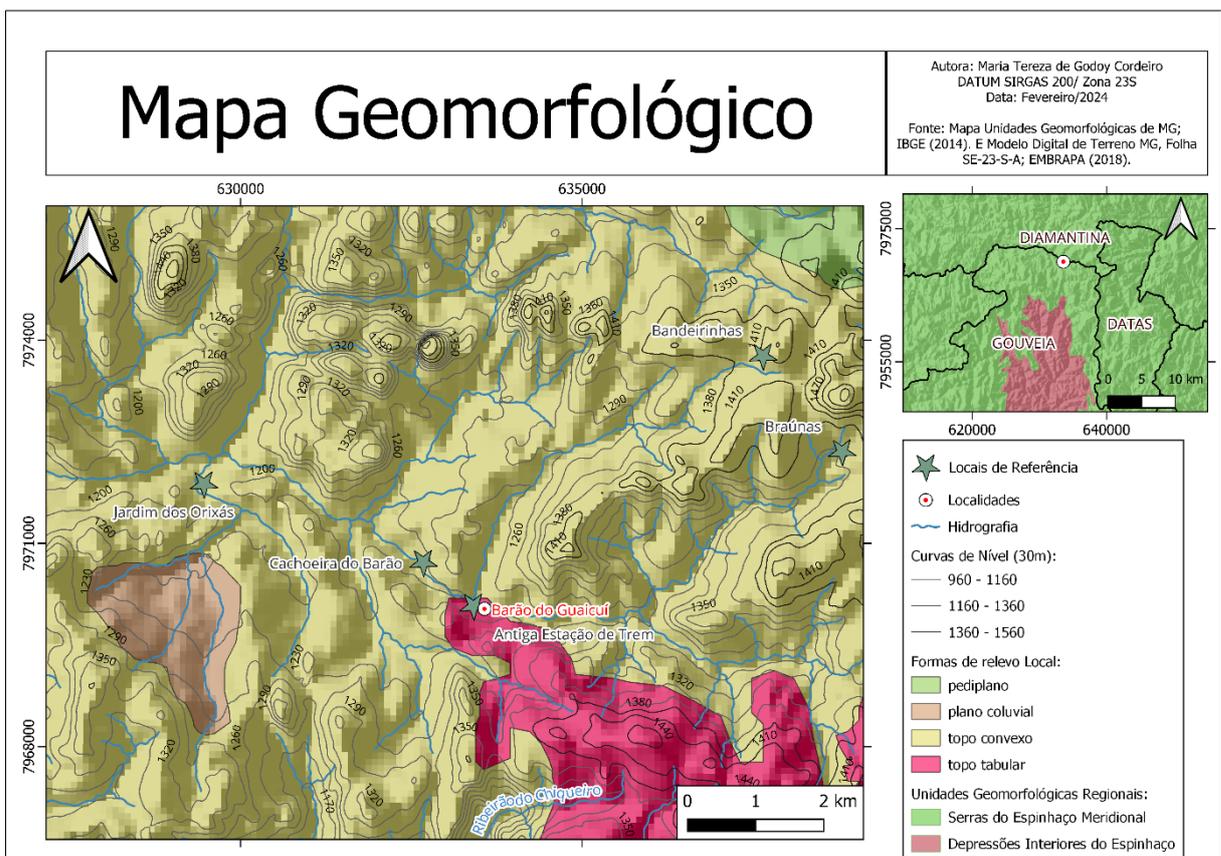
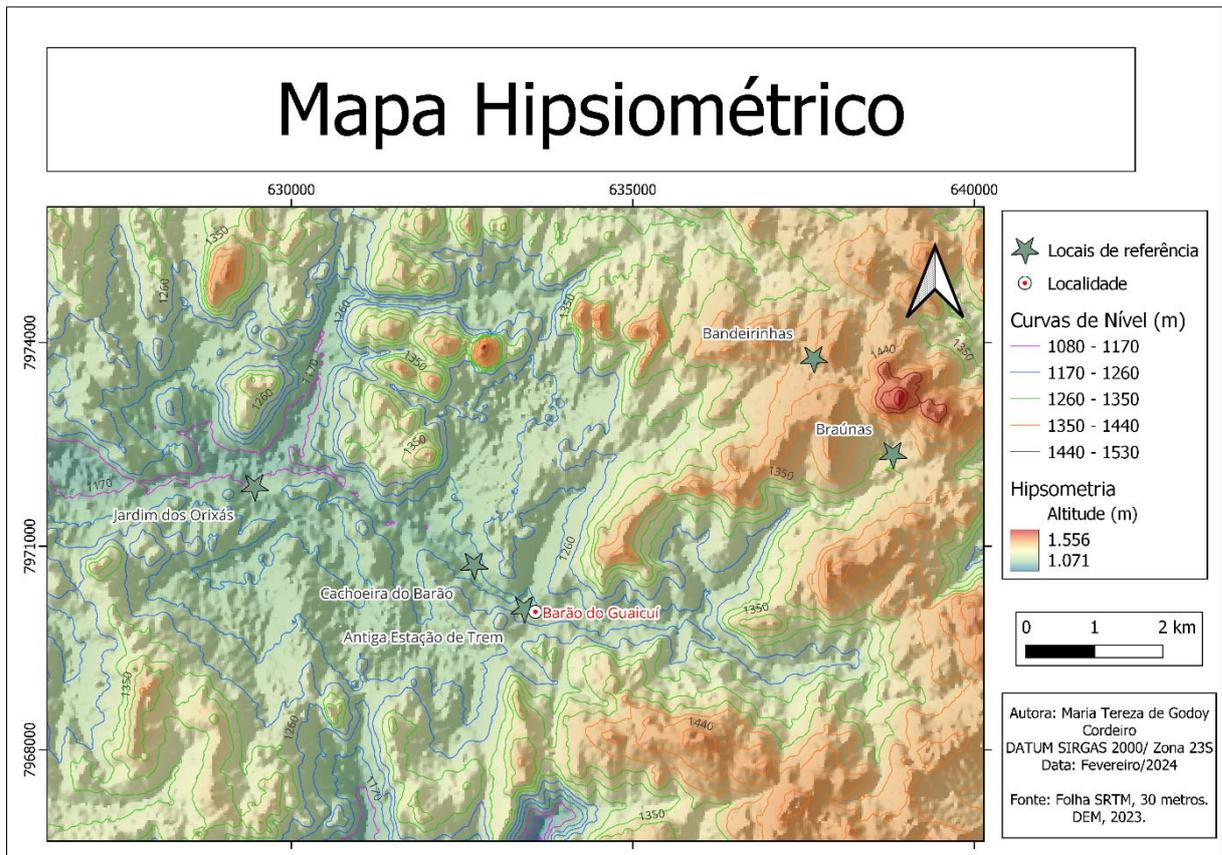


Figura 3.1: Mapa geomorfológico da região de estudo.

A partir do mapa hipsométrico (Figura 3.2), modificado da Folha SE-23-Z-A (Embrapa 2018) em SRTM, observa-se que alguns pontos na borda leste da área alcançam altitudes de 1350 – 1530 metros, o que condiz com as altitudes da Serra do Espinhaço Meridional. Todavia, há predominância de altitudes menos elevadas variando de 1170 à 1349 metros.



**Figura 3.2:** Mapa hipsométrico (cores e rugosidade ao fundo), com curvas de nível.

A partir do mapa é possível verificar que as curvas de nível, separadas em intervalo de 30 m, demarcam a concentração de linhas vermelhas nas regiões de borda, representando topos de morro, em altitudes entre 1440 e 1533 m, linhas laranjas e verdes mais ao centro do mapa, representando zonas de encostas em altitudes entre 1260 e 1440 m, e linhas azuis representando a altitude de base local, com valores entre 1071 e 1260 m.

Pela Resolução CONAMA nº303/2002, são consideradas áreas de preservação permanente (APP) topos de morros e montanhas, áreas delimitadas por curvas de nível correspondentes a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base topográfica. Devido à altura dos relevos serem maiores de 100m, o terço superior dessas feições são considerados topos de morro, sendo classificados como APPs. Essas regiões são importantes refúgios para mamíferos e outros animais, além de serem, em maioria, locais de recarga de águas subterrâneas (Oliveira *et al.*2021).

### 3.2 HIDROGRAFIA E AQUÍFEROS

A área de estudo equivale a delimitação do distrito de Barão do Guaicuí, sendo composta por seis subbacias locais, as quais são importantes afluentes do rio Pardo Pequeno (ou rio Pardinho, como conhecido localmente), o qual é afluente do rio das Velhas, inserido a bacia do rio São Francisco.

A bacia hidrográfica do rio São Francisco representa 8% do território brasileiro. Possui uma extensão de 2.863km e área de drenagem de mais de 639.219km<sup>2</sup>, estendendo-se desde o estado de Minas Gerais, com nascente na Serra da Canastra, até o Oceano Atlântico, com desemboque localizado na divisa dos estados de Alagoas e Sergipe (CBH São Francisco 2016).

A bacia integra duas regiões, Nordeste e Sudeste, percorrendo 505 municípios em seis estados brasileiros (Minas Gerais, Goiás, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe) (CBH São Francisco 2016). O comitê da bacia hidrográfica do rio São Francisco divide-a, para fins de planejamento, em quatro zonas ou regiões fisiográficas: Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco. A região de estudo insere-se na região do Alto São Francisco (Figura 3.3).

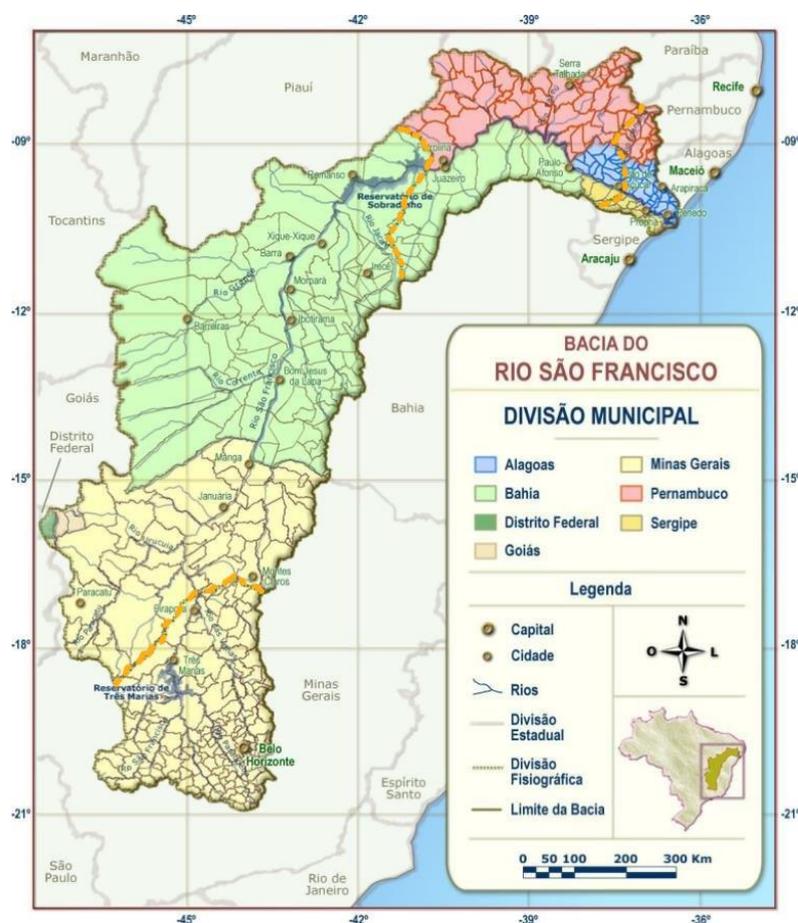
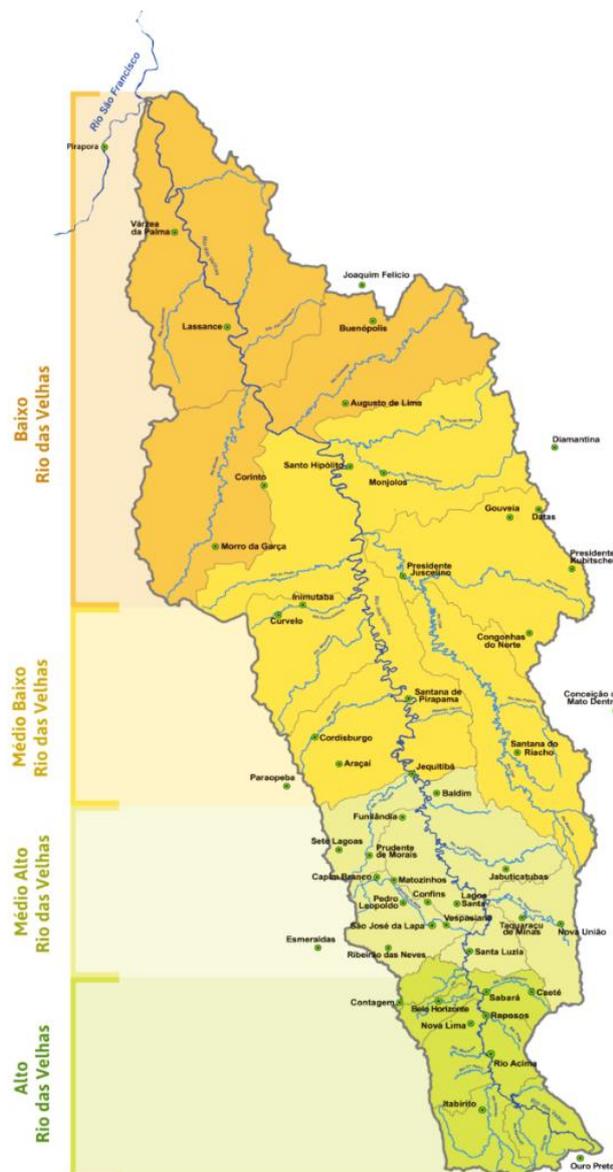


Figura 3.3: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco com divisões fisiográficas. (Palma 2007).

O principal afluente do rio São Francisco encontra-se na bacia do Rio das Velhas, a qual está inserida, desde sua nascente, em regiões mineradoras com diversos conflitos entre atividades antrópicas

e qualidade de água. A bacia hidrográfica do Rio das Velhas está localizada na região central do Estado de Minas Gerais, conta com 4.406.190 milhões de habitantes e está distribuída por 51 municípios (CBH Rio das Velhas 2021).

O Rio das Velhas possui extensão de mais de 806,84km de comprimento e a área de drenagem da bacia é de 29.173Km<sup>2</sup> (Camargos 2004). Sua nascente encontra-se no município de Ouro Preto, a uma altitude de aproximadamente 1.500m, e deságua no rio São Francisco no município de Várzea da Palma, numa altitude de 478m (Camargos2004). A bacia é dividida em quatro trechos, sendo eles: Alto, Médio Alto, Médio Baixo e Baixo Rio das Velhas (Figura 3.4).

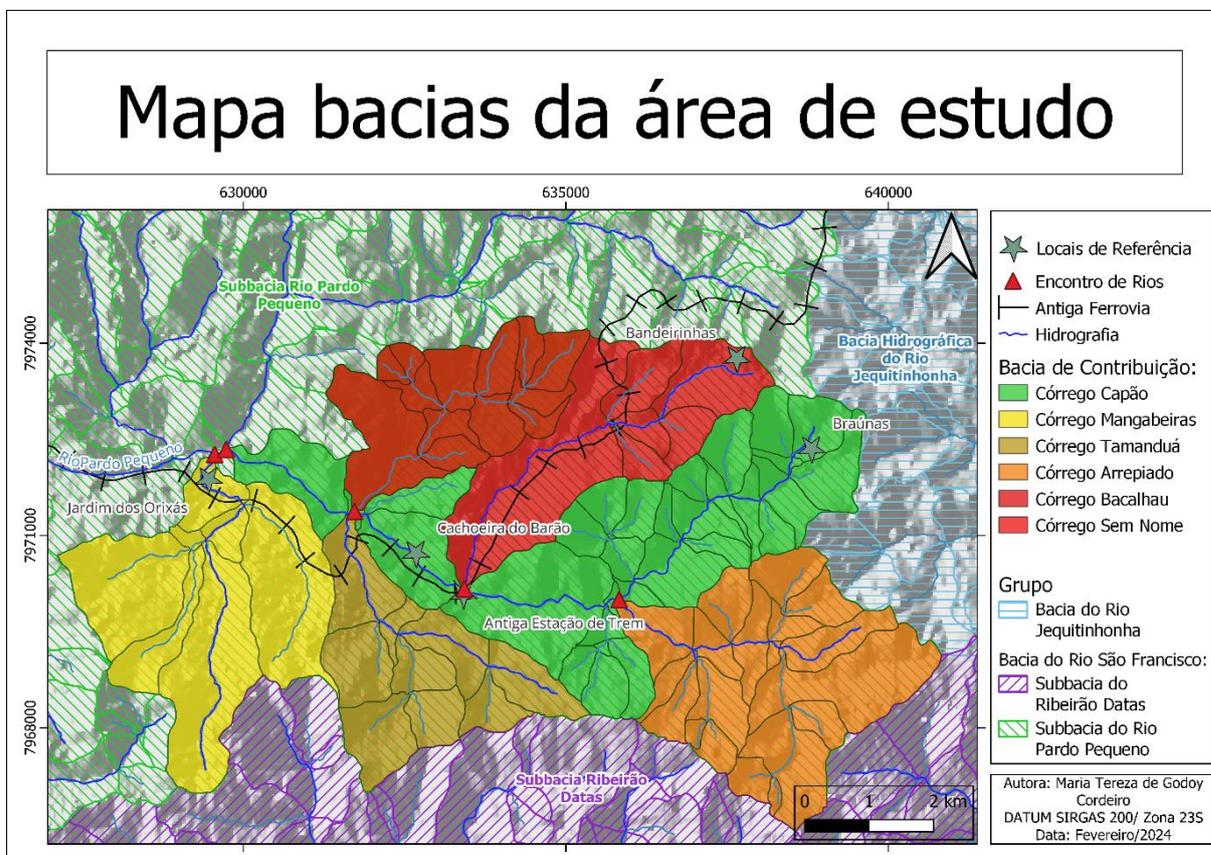


**Figura 3.4:** Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco com divisões fisiográficas. (CBH Rio das Velhas 2021).

A subdivisão do Médio Baixo rio das Velhas, que possui 23 municípios inseridos total ou parcialmente, entre os quais estão Gouveia, município do estudo. As bacias delimitadas para estudo,

como citada anteriormente são importantes afluentes do rio Pardo Pequeno, afluente do rio Pardo Grande em sua margem esquerda, que por sua vez é afluente do rio das Velhas em sua margem direita.

O rio Pardo Pequeno tem nascente na vertente oeste da serra do Espinhaço (Figura 3.5), especificamente na vertente da serra Tromba D'anta, a uma altitude aproximada de 1300m, localizada nas imediações do distrito de Guinda, Diamantina (MG) (Maciel 2022).



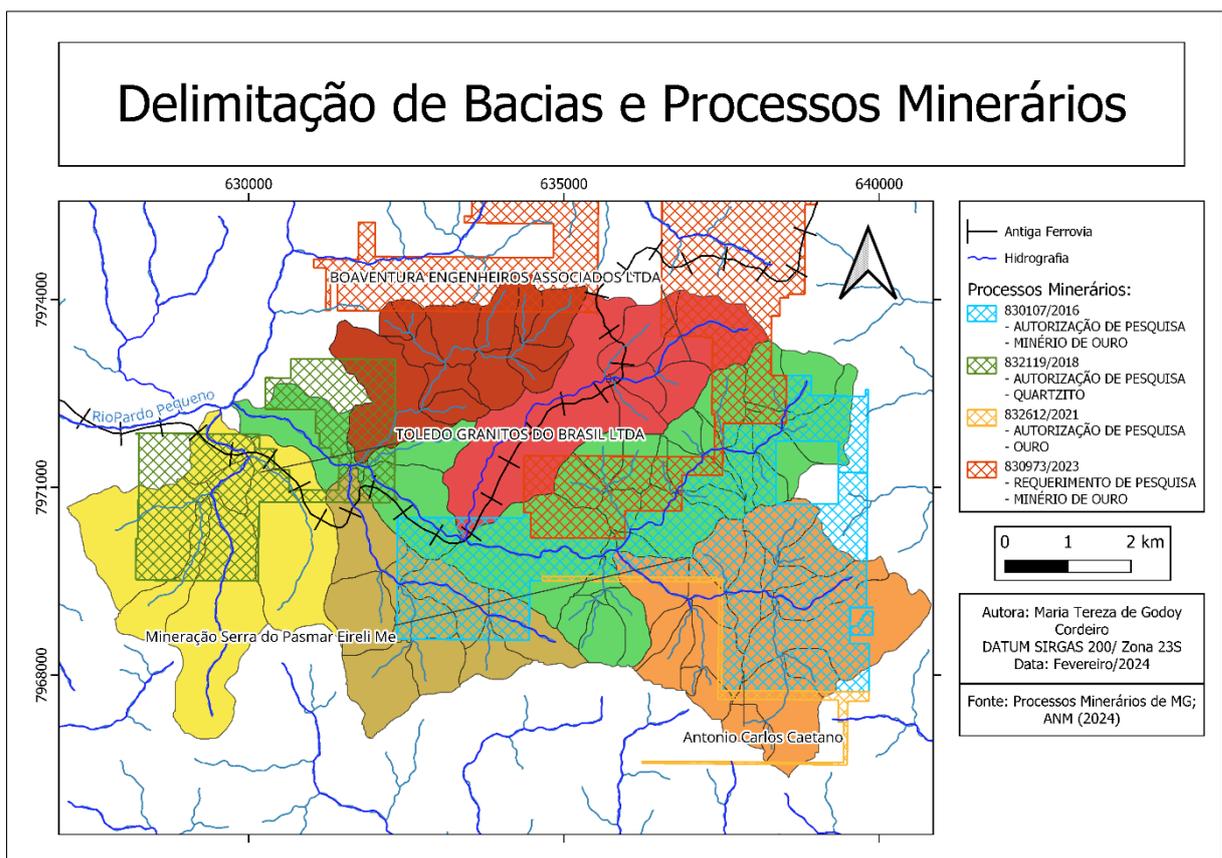
**Figura 3.5:** Delimitação das subbacias hidrográficas da área de estudo.

A delimitação das subbacias seguiu a hidronímia encontrada nas bases cartográficas utilizadas pela Agência Nacional das Águas (ANA), atualizadas em 2017 no sistema SNIRH, da Bacia do Rio São Francisco e do Rio Jequitinhonha. As principais drenagens da área de estudo são representadas pelos córregos Capão (conhecido localmente como rio Pardinho), Mangabeiras (conhecido localmente como rio Tamanduá), Tamanduá (conhecido localmente como córrego Bixiga), Arrepiado (conhecido localmente como rio Matão) e Bacalhau (conhecido localmente como rio Bandeirinhas).

O rio Mangabeiras perpassa próximo a Trilha Verde, unidade de conservação local, possui uma bacia de contribuição de 13 km<sup>2</sup> e está sendo proposta pela prefeitura de Gouveia como área de tombamento. Seu curso segue até o antigo pontilhão da Estrada de Ferro local, onde há pretensão de instalação de área de captação de água e descarte de efluentes de empresa mineradora de quartzitos

Toledo Granitos do Brasil LTDA. Observando a delimitação das áreas da bacia e do requerimento da mineradora (Figura 3.6), nota-se a influência que a extração de quartzitos pode acarretar na manutenção do rio Mangabeiras.

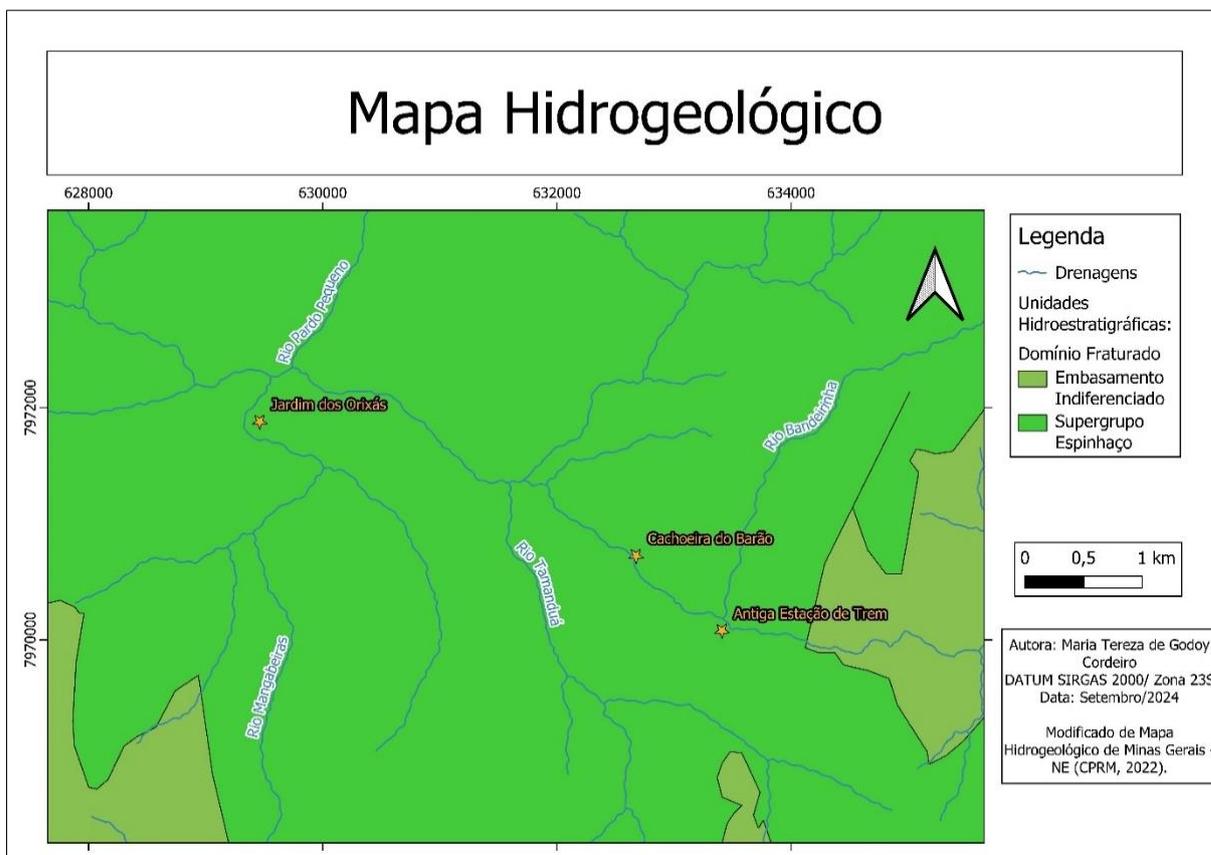
Há também outros três processos de requerimento mineralógico na região (Figura 3.6), sendo eles pedidos de extração de minério de ouro, associados a veios de quartzo, zonas de falhas regionais e contato entre rochas da Formação Galho do Miguel e Sopa-Brumadinho. Assim como o quartzito, a extração do ouro acarreta na remoção da cobertura quartzítica dos topos de morro associados a recarga do aquífero local.



**Figura 3.6:** Subbacias hidrográficas e áreas de requerimento pela mineração na área de estudo.

Em contexto geológico, como será melhor descrito no capítulo três, observa-se que a região delimitada para estudo consiste em grande parte por cobertura quartzítica da Formação Galho do Miguel, presente principalmente nas regiões de topo de morro, onde também se delimitam as áreas de recarga de água subterrânea. A presença dos quartzitos evidência o interesse econômico de mineradoras, mesmo local de ocorrência de aquíferos fraturados e rios encaixados, tornando sua retirada um problema.

A presença de aquíferos do tipo fraturado é confirmada pelo mapeamento mais recente da Companhia de Pesquisa dos Recursos Minerais - CPRM (2022). A região é classificada pelos domínios do Supergrupo Espinhaço e de Embasamento Indiviso (Figura 3.7), onde predominam aquíferos fissurais, livres e confinados, anisotrópicos e de extensão regional. No caso dos aquíferos sobre embasamento, a produtividade está associada ao desenvolvimento do manto de alteração, sendo que, quanto mais desenvolvido melhor sua capacidade de produção.



**Figura 3.7:** Mapa Hidrogeológico da região de estudo. (retirado de Mapa Hidrogeológico do estado de Minas Gerais – Folha NE / CPRM 2022).

O sistema aquífero quartzítico associado ao Supergrupo Espinhaço possui recarga pluvial, em áreas de afloramento ou sob cobertura detrítica e aluvial, e pelas águas superficiais, por percolação descendente através de drenagens controladas por fraturas (CPRM 2019). Em geral, apresentam baixa produtividade, boa qualidade e baixa mineralização. Tem vulnerabilidade alta à contaminação, para nível freático raso, visto a baixa capacidade de depuração de cargas contaminantes (CPRM 2019).

O sistema aquífero cristalino, associado ao embasamento formado por granito-gnaisses, apresentam, também, baixa produtividade, mas salinidade variável em função de influência climática. Em condições de extrema evapotranspiração apresentam água de alta condutividade, em torno de 2000

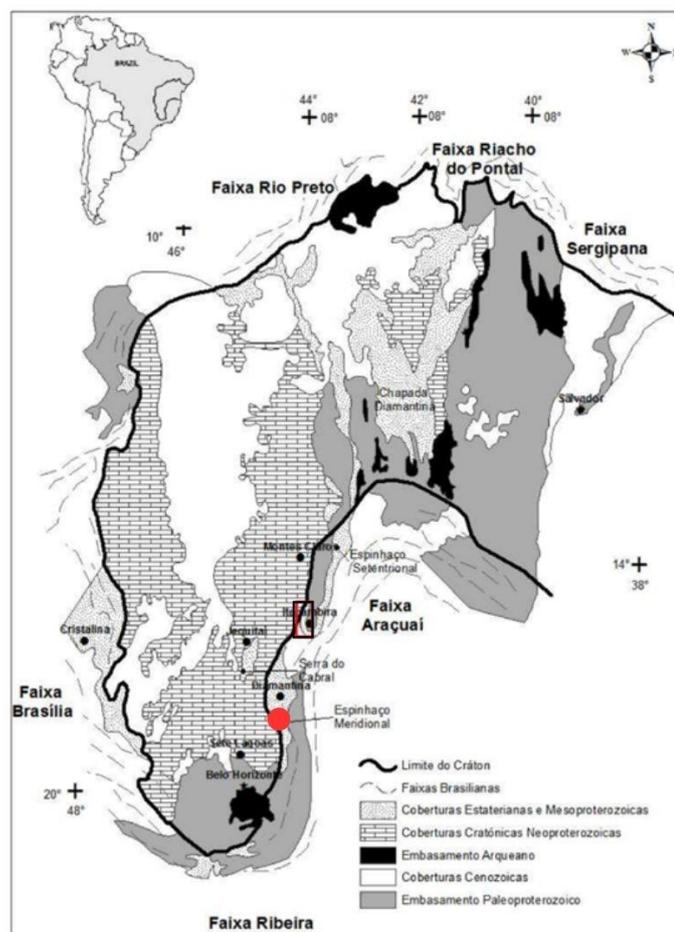
$\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo inadequada para consumo humano (CPRM 2019). Também apresentam elevada vulnerabilidade à contaminação, frente a nível freático raso, pela baixa capacidade de depuração de cargas contaminantes (CPRM 2019).

A remoção da cobertura quartzítica influencia diretamente a recarga de água subterrânea, podendo diminuir seu volume, e assim modificando o regime hidrogeológico da bacia. Essa modificação pode secar não só as nascentes do local de retirada, mas também afetar as nascentes de cabeceira do rio, além de expor outras rochas a oxidação podendo liberar elementos nocivos nas águas subterrâneas e superficiais (Souza *et al.* 2017).

## CAPÍTULO 4

### CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL E LOCAL

A área de estudo localiza-se no Orógeno Araçuaí Ocidental também denominado Espinhaço Meridional (Figura 4.1), inserida na faixa orogênica que limita a sudeste o Cráton São Francisco e a nordeste a Faixa Araçuaí. As principais unidades litoestratigráficas aflorantes são o embasamento cristalino, arqueano a paleoproterozóico, e as sequências metassedimentares clásticas do Supergrupo Espinhaço, paleo a mesoproterozóicas.



**Figura 4.1:** Mapa geológico simplificado com limites e coberturas do Cráton São Francisco (Leite 2013), com localização da área de estudo (em vermelho).

A seguir serão apresentadas as principais características dos modelos de estratigrafia de sequências, arcabouço estrutural e hipóteses da evolução das unidades litoestratigráficas que constituem a área delimitada para estudo.

## 4.1 CONTEXTO GEOTECTÔNICO

### 4.1.1 Serra do Espinhaço

Correspondente a uma faixa linear de mais de 1.200km em direção N-S, a Serra do Espinhaço (SdE) inicia-se na cidade de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, e estende-se até a região da Chapada Diamantina, na Bahia (Knauer 2007). Ao longo de seu percurso, a faixa desenvolve-se bordejando a leste o cráton São Francisco, onde localiza-se, em sua porção Meridional, o distrito de Barão do Guaicuí, local delimitado para estudo.

A Serra do Espinhaço representa uma bacia sedimentar desenvolvida sobre embasamento Transamazônico (Silva 1998). Denominada Bacia Sedimentar do Espinhaço, as histórias evolutivas mais reconhecidas pertencem à Uhlein *et al.* (1995), Dussin & Dussin (1995) e Alkmim *et al.* (2006, 2007), que remontam sua formação iniciada no Paleo e Mesoproterozóico, com rochas sedimentares sub-horizontais deformadas e metamorfizadas no final do Ciclo Brasileiro (cerca de 0,55 Ga, já no Neoproterozóico).

Almeida-Abreu (1995) define a geração da Bacia do Espinhaço a partir da ocorrência de um evento de rifteamento dividido em três fases distintas. A primeira etapa, por volta de 1,75 Ga, é marcada pelo início da fragmentação do supercontinente almagamado entre 2,1 e 1,8 Ga a partir de processos de distensão crustal, com intensa atividade termal evidenciada por forte vulcanismo e pelo arqueamento extensivo dos blocos crustais. A etapa subsequente é marcada por um momento de calmaria tectônica, com uma forte subsidência termal derivada da etapa anterior, evidenciado por um extenso período de deposição sedimentar. A terceira e última etapa, iniciada entre 1,71 e 1,7 Ga, é marcada pela retomada de extensão crustal, onde ocorre o ápice do aquecimento crustal, com a delaminação da litosfera, evidenciada pela ocorrência de intrusões kimberlíticas (ocorrências de diamantes) e presença de hemigrabens na região central da Serra do Espinhaço Meridional.

Há uma discrepância no entendimento de eventos e idades que ocasionaram o fechamento da Bacia do Espinhaço, todavia, infere-se que os eventos que seguem remontam a formação de uma margem passiva e posterior etapa orogênica (colisional) que reativa parcialmente as estruturas da fase rifte da bacia. A última etapa é inferida a partir do aumento da deformação e metamorfismo da zona externa a oeste, para a zona interna do orógeno a leste. A inversão positiva é datada em 0,65 a 0,5 Ga, associadas ao fim do Evento Brasileiro (Martins-Neto 1998) e com a geração de um cinturão de dobras e cavalgamentos com vergência para oeste. As feições e lineamentos tectônicos indicam subducção para

leste (Delgado *et al.* 2003), com um significativo sistema de falhas inversas, em direção N-S e mergulhos médios a altos preferencialmente para leste (Knauer 2007).

## 4.2 ESTRATIGRAFIA

Continuando a discussão iniciada no tópico anterior, entende-se que a Serra do Espinhaço é sustentada pelo Supergrupo Espinhaço, depositado em três fases de rifteamento. Além da unidade citada, outros dois conjuntos estratigráficos contextualizam os arredores da área delimitada para estudo, sendo importantes para melhor compreensão da geologia regional.

A evolução estratigráfica da área de estudo compreende o Complexo Basal, o Supergrupo Rio Paraúna e o Supergrupo Espinhaço (Figura 4.2). As unidades serão descritas a seguir.

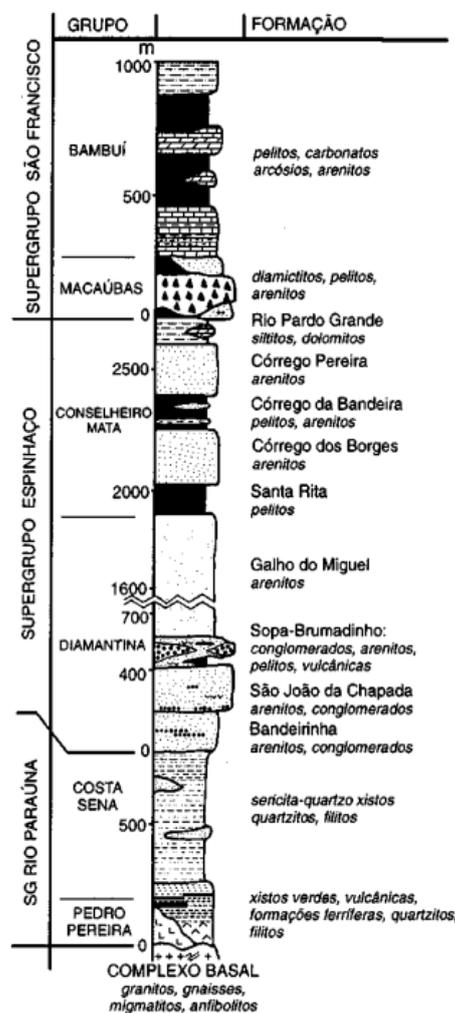


Figura 4.2: Subdivisão estratigráfica do Supergrupo Espinhaço (Martins-Neto 1998).

#### **4.2.1 Complexo Basal**

O Complexo Basal da região é representado pelo Complexo Gouveia, que ocupa a faixa mediana central da SdE Meridional (Almeida-Abreu 1995), e possuindo forma de um antigo anticlinal. A unidade apresenta rochas graníticas, gnaisses e migmatitos datados em 2,839 Ga, além da ocorrência de rochas metamórficas de baixo grau representando possíveis resquícios de um *Greenstone Belt* (GB), com idade de cristalização de 2,971 Ga (Machado *et al.* 1989). O metamorfismo dessas rochas é marcado em 1,8Ga, sendo decorrentes da orogenia Transamazônica. Fogaça *et al.* (1984) essas faixas de GB como pertencentes ao Grupo Pedro Pereira.

A unidade aparece no sudoeste da área de estudo e a leste, na delimitação da bacia do Rio Braúnas, perfazendo 5% da área (Figura 4.3). Sob o córrego Braúnas, a unidade ocorre como anticlinal com o Grupo Costa Sena.

#### **4.2.2 Supergrupo Rio Paraúna**

O Supergrupo Rio Paraúna concentra-se na região central da SdE Meridional (Fogaça 1984), sendo dividido em: Grupo Costa Sena e Grupo Pedro Pereira. Somente o primeiro é aflorante na área delimitada para estudo, compondo 10% da litologia aflorante, sendo somente esse descrito para o presente trabalho.

O Grupo Costa Sena refere-se litoestratigraficamente ao limite superior do Supergrupo Rio Paraúna, encontrando-se acima de sucessões vulcano-sedimentares pertencentes ao Grupo Pedro Pereira (Fogaça 1984).

##### **4.2.2.1 Grupo Costa Sena**

O Grupo Costa Sena é definido por sequências metassedimentares de idade Paleoproterozóica (~2,05 Ga, Machado *et al.* (1989)), sendo reconhecidas a Formação Barão do Guaicuí (unidade de base) e a Formação Bandeirinha. Somente a primeira unidade é aflorante na área de estudo, ocorrendo na parte sudoeste da bacia do rio Mangabeiras, contabilizando por volta de 20% da área (Figura 4.3).

A Formação Barão do Guaicuí representa uma sequência espessa de variados tipos de xisto, muitas vezes com ocorrências de cianita, clorita e quartzo (Knauer 2007). Fogaça (1984) ressalta a presença de sericita-xistos, e batizou a sequência com o nome do distrito encontrado, Barão do Guaicuí, área delimitada para estudo.

#### **4.2.3 Supergrupo Espinhaço**

O Supergrupo Espinhaço concentra-se na porção central da SdE Meridional, é uma unidade mais nova estratigraficamente, sendo depositada em bacia do tipo rifte-sag, posteriormente aos eventos de formação do Complexo Basal e do Supergrupo Rio Paraúna (Pflug 1968). Essa unidade é a que mais

contêm estudos e revisões sobre a estratigrafia e sua formação, mas as colunas ainda se baseiam nas propostas de Pflug (1968) e Schöll & Fogaça (1979), sendo essas ainda válidas (Knauer 2007).

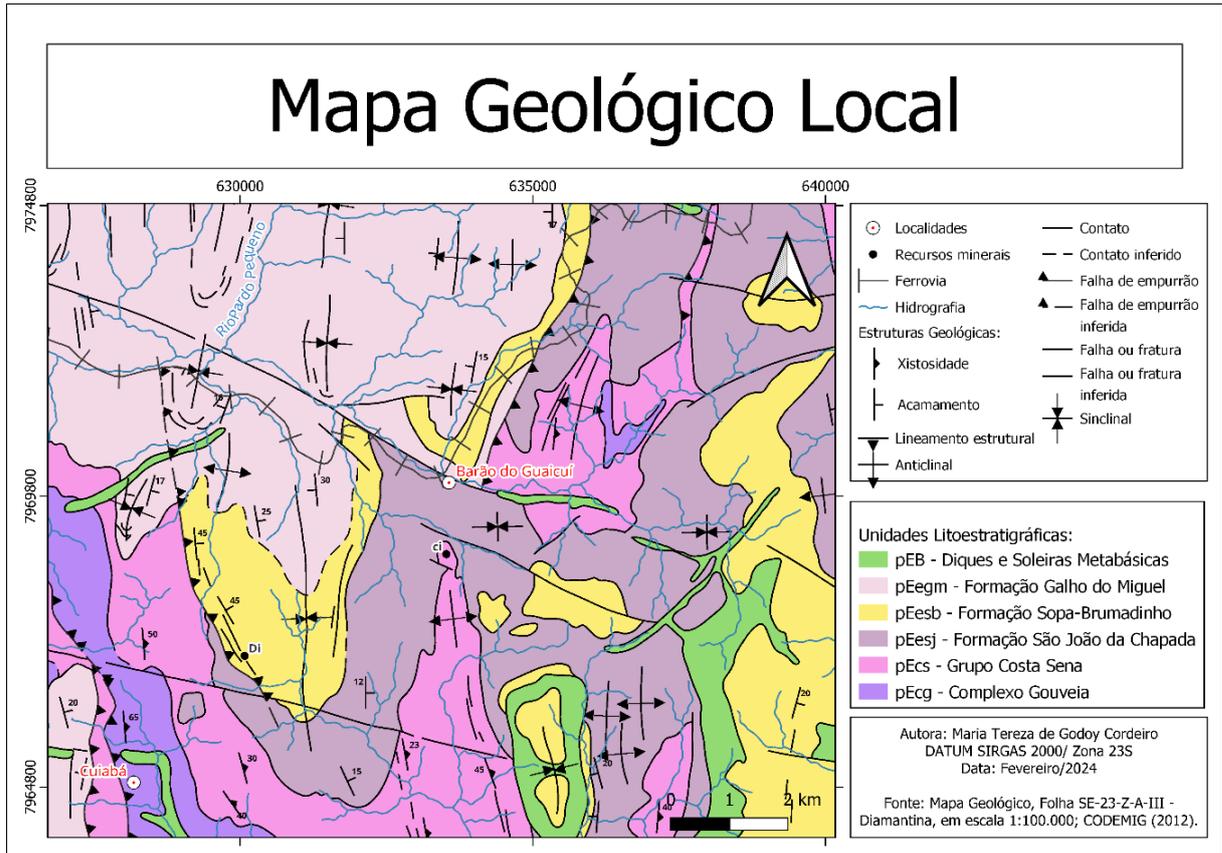
Pflug (1968) define o Supergrupo Espinhaço com a presença de oito formações divididas em dois Grupos: Diamantina e Conselheiro Mata. Esta definição foi alvo de diversas discussões e novos modelos estruturais, entre os mais notáveis estão os sugeridos por Scholl & Fogaça (1979), Knauer (1990) e Almeida-Abreu (1993). Almeida-Abreu (1993) ainda propunha a mudança do nome do Grupo Diamantina para Grupo Guinda para que se evitasse errôneas relações com o Grupo Chapada Diamantina presente no estado Baiano.

Dentre as unidades citadas, no território deste estudo são aflorantes rochas pertencentes ao Grupo Diamantina, o qual será descrito a seguir com suas referentes formações. Por existir mais de uma estruturação das unidades do Supergrupo Espinhaço, será mantida nesse trabalho as definições de Martins-Neto (1993).

#### **4.2.3.1 Grupo Diamantina**

O Grupo Diamantina inicialmente foi dividido em três formações, sendo elas, da base para o topo: São João da Chapada, Sopa-Brumadinho e Galho do Miguel, alvos do presente estudo (Figura 4.3). Posteriormente, Almeida-Abreu (1993) incluiu a Formação Bandeirinha como base do Grupo Diamantina, anteriormente classificada como parte do Supergrupo Rio Paraúna, sendo esse modelo também aceito e aderido por Martins-Neto (1995), como mostra em sua coluna estratigráfica (Figura 4.2).

Martins-Neto (1995) caracteriza o Grupo Diamantina por espessa sequência de sedimentos de origem continental, sendo compostas por unidades do Paleoproterozóico Superior (Knauer 1999), sendo posteriores ao Evento Transamazônico.



**Figura 4.3:** Mapa geológico local.

A Formação São João da Chapada concentra-se na região central da SdE Meridional (Pflug, 1968), estando presente em 25% da área de estudo (Figura 4.3), aflorando a sudeste e leste. A unidade apresenta contato inferior com discordância erosiva/angular com as Formações Barão do Guaicuí e Bandeirinha, e contato superior gradacional (Knauer 2007). Predominam rochas quartzíticas na base, seguido por intercalações de filitos hematíticos e xistos verdes, e quartzitos mais grosseiros, com finas filitos e quartzo-filitos, no topo.

Com contato gradacional discordante, segue-se a deposição da Formação Sopa-Brumadinho (Pflug 1968), que perfaz cerca de 15% da área de estudo. A unidade é caracterizada por espessuras que variam regionalmente, podendo chegar a 800m a leste de Barão do Guaicuí (Uhlein 1991). Afloram rochas quartzíticas de granulometria variada na base, com preservação de estruturas sedimentares primárias, como estratificações plano-paralelas, que definem um possível paleoambiente marinho raso decorrido de um rápido evento transgressivo (Dossin & Chaves 1990), e quartzitos em gradação de fino a grosso no topo. A unidade encontra-se, junto a Formação Galho do Miguel, como sinclinal sob a bacia do córrego Mangabeiras.

A Formação Galho do Miguel, encontra-se em 40% da área de estudo, aflorando no Norte (Figura 4.3). A unidade é composta por quartzitos de granulção fina à média (Uhlein 1991) com estruturas sedimentares primárias preservadas. A formação é a mais abundante na região de Diamantina

(Knauer 1999), possuindo espessuras que atingem 3.000m (Pflug 1968). Dossin (1983; 1985; 1997) classifica duas principais fácies a unidade, sendo a primeira caracterizada pela presença de estratificações cruzadas tabulares referentes a depósitos de natureza eólica e a segunda por estratificações cruzadas truncadas por ondas, características de ambiente marinho raso.

Por último, são encontrados dique e soleiras metabásicas, representando 5% da litologia aflorante no local. A unidade concentra-se a sul da área de estudo, principalmente sob a delimitação dos córregos Tamanduá e Arrepiado. A presença sob a bacia do córrego Mangabeiras é um importante indício da presença de minerais ferro-magnesianos no local, o qual serão discutidos ao longo do estudo.

#### 5.1 MONITORAMENTO HÍDRICO PARTICIPATIVO

Dentre os fatores que afetam a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos estão: crescimento populacional; processos de urbanização; políticas de segurança alimentar e energética; e processos macroeconômicos (como a globalização do comércio e aumento do consumo) (ONU 2015). Esses fatores podem ser determinantes para a escassez de recursos hídricos, sendo exemplificados pela persistência da pobreza, o acesso desigual ao abastecimento de água e serviços de saneamento, o financiamento inadequado e a informação deficiente sobre o estado dos recursos hídricos, seu uso e gerenciamento (Piccoli *et al.* 2016).

A água é um recurso disponível em quantidade e qualidade variadas no tempo e no espaço, independente das necessidades humanas (Figueirêdo *et al.* 2008). A escassez hídrica e a deterioração da qualidade das águas são situações comuns no Brasil e no mundo, requerendo uma gestão controlada para igualar a demanda da oferta hídrica. A partir da década de 90, as diretrizes para a gestão dos recursos hídricos em todo o mundo sustentam a importância da integração das questões relacionadas à água com as questões ambientais, da descentralização das ações e da participação da sociedade no planejamento e implementação de ações que garantam seus múltiplos usos, como apresentado na Declaração de Dublin (1992) e na Agenda 21.

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/1997) prevê em seu Art.1º - Fundamento VI a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, com atuação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Nesse contexto a participação social mostra seu papel e importância política, sendo mobilizadora de ações de preservação e sustentabilidade para o coletivo.

A participação comunitária é evidenciada, no Brasil, pela criação de Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), os quais possuem atribuições como: promover debates, arbitrar em primeira instância os conflitos sobre o uso dos recursos hídricos, estabelecer mecanismos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos, além de aprovar e acompanhar a execução do plano de recursos hídricos (Saito 2000). Observa-se, entretanto, que a participação comunitária nos Comitês vem sendo comprometida pelo desconhecimento dos problemas ambientais locais e regionais que se refletem sobre a quantidade e qualidade da água disponível. Sendo, esse fato, especialmente comprometedor para regiões de baixa renda e escolaridade (Figueirêdo *et al.* 2018).

O conhecimento e a compreensão das questões relacionadas ao meio físico e aos problemas socioambientais particulares de cada bacia hidrográfica é de extrema importância, além da participação de uma comunidade ativa na discussão e construção de medidas remediadoras. O conhecimento e reconhecimento de cada bacia deve basear-se em trabalhos técnico-científicos particulares dos locais. A vivência de cada membro da comunidade com os problemas ambientais também tem relevância aos projetos socioambientais participativos, visto que gera motivações pessoais com a preservação e conservação do meio. Somente o conhecimento e a compreensão permitem o engajamento, e a mudança de atitude pessoal e coletiva na busca por melhoria da qualidade ambiental.

Para assegurar a disponibilidade e qualidade das águas é preciso monitorar os cursos d'água com campanhas periódicas de avaliação dos mesmos, ressalta-se, também, a necessidade de métodos com precisão adequada e de baixo custo. Assim surgem os programas de Monitoramento Hídrico Participativo (USDA 2012; Sales 2022) englobando discussões de metodologias para a gestão participativa das águas e funcionando também como ferramenta para promoção da educação ambiental.

A educação ambiental dialoga com a gestão dos recursos hídricos e a saúde coletiva, com a implementação de ações que potencializam o senso crítico do ser humano enquanto indivíduo que pode influenciar o coletivo (Sales 2022). Devendo também, a educação ambiental, ser mediada por ações que condicionam, determinam e impactam favoravelmente a qualidade de vida das pessoas, orientada pelo controle e pela participação social.

United States Department of Agriculture - USDA (2012) realizou estudo de caso apresentando alguns passos para desenvolver um processo envolvendo parceiros da comunidade. De acordo com as instruções, definir um padrão de resultados a ser alcançado é muito importante, como, por exemplo, conseguir atingir 10% da população como parceiros do projeto. Outros passos imprescindíveis para execução do projeto são elaborar perguntas para guiar o trabalho, identificar indicadores diretos e indiretos, e desenvolvimento de um plano para coletar os dados. Se os critérios não forem estabelecidos anteriormente a execução, depois de obter os resultados, não se saberá se o projeto atingiu o objetivo.

Outro aspecto importante relacionado ao monitoramento de água com parceiros locais é estruturar um relatório resumido durante o desenvolvimento do projeto para analisar o programa e relatar as partes interessadas (USDA 2012). Ressalta-se que o uso de análises empíricas, como o Protocolo de Avaliação Rápida, quando obtidos pelos parceiros podem fornecer informações fundamentais para compor o relatório final. Recomenda-se, portanto, uma busca de integração e aliança entre os dados quantitativos e dados empíricos (Sales 2022).

De forma geral, a metodologia de monitoramento hídrico participativo engloba o uso de diversas ferramentas para um estudo integrado, participativo e multidisciplinar dos problemas e soluções socioambientais a ambientes localizados. No presente estudo serão utilizados outros métodos,

qualitativo, semi-quantitativo e quantitativo para o entendimento e reconhecimento dos elementos hídricos envolvidos no local, sendo eles o Protocolo de Avaliação Rápida, a inventariação da geodiversidade e dos serviços ecossistêmicos hídricos, análise geoquímica e bacteriológica das águas de consumo humano e identificação de tecnologias conservacionistas na área. As devidas relações e referências teóricas estão a seguir.

## 5.2 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS E CÓRREGOS

Os recursos hídricos são receptores de grande parte dos impactos gerados por ações antrópicas, como uso e ocupação inadequada dos solos, liberação de resíduos domésticos e industriais, atividade mineradora, desmatamento, entre outras. Frente a isso, a qualidade das águas torna-se tema de preocupação imediata, evidenciando a necessidade de monitoramento de corpos hídricos.

Diversos são os métodos de avaliação da qualidade da água, no entanto, muitos destes testes não fornecem respostas instantâneas, porque requerem uma sequência de ensaios laboratoriais, além de necessitarem de investimento financeiro. Nesse contexto, é desejável proporcionar um sistema de monitoramento complementar que seja capaz de responder rapidamente e a baixo custo (Xiao *et al.* 2015).

Os Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) são instrumentos que visam avaliar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, visto que eles podem ser utilizados em programas de manejo e conservação desses ambientes, baseando-se em parâmetros de fácil entendimento e utilização simplificada (Callisto *et al.* 2002). O uso do PAR, juntamente com outras análises da qualidade das águas, como químicas e bacteriológicas, pode levantar informações que possibilitem o planejamento do uso e a conservação da qualidade do recurso hídrico (Oliveira, Veloso & Rossoni 2021) de uma forma integrada.

Os PARs têm sua origem no Protocolo de Avaliação Visual de Habitat – *Visual-based Habitat Assessment* – que integra os Protocolos de Bioavaliação Rápida – *Rapid Bioassessment Protocols* (RBPs), desenvolvidos para atender à necessidade de reestruturação dos programas norte-americanos de monitoramento, com a função de suprir as demandas surgidas na década de 1980, que incluíam, por exemplo, os contaminantes tóxicos e poluição difusa (Barbour *et al.* 1999).

Os PARs, por definição, são ferramentas de rápida avaliação ambiental e reúnem métodos qualitativos e semi-quantitativos de um conjunto de parâmetros. Portanto, o PAR é uma ferramenta útil e acessível para o monitoramento dos recursos hídricos, avaliando, de forma holística, parâmetros físicos que determinam a qualidade do meio (Rodrigues & Castro 2008), sendo possível detectar alterações na dinâmica dos corpos d'água decorrentes da ação antrópica no ecossistema, influenciando a natureza dos corpos hídricos (Rodrigues *et al.* 2010).

Estudos e restauração de corpos d'água devem integrar, sempre que possível, valores ecológicos, econômicos e sociais, para que os serviços ecossistêmicos dos ambientes aquáticos sejam mantidos a longo prazo (Callisto *et al.* 2019). Assim, Callisto *et al.* (2019) caracteriza uma visão multidisciplinar para a conservação e uso de bacias hidrográficas.

Cairns Jr. *et al.* (1993) indica que a proteção dos ecossistemas depende da distinção dos efeitos das ações antrópicas dos processos naturais, categorizando a influência das ações humanas sobre os sistemas biológicos. Nesse contexto, vale ressaltar a importância de indicadores biológicos no PAR (Sales 2022).

A metodologia permite o envolvimento de comunidades locais em sua aplicação, visto sua simplicidade e baixo custo financeiro, o que permite autonomia e planejamento comunitário, fazendo parte das ferramentas de Monitoramento Hídrico Participativo (Sales 2022). O PAR pode ser adaptado a qualquer ambiente lótico, porém deve-se analisar as informações coletadas de maneira cuidadosa para não gerar informação incoerente ao ambiente estudado (Rodrigues & Castro 2008).

Outra importante característica do PAR é sua função como ferramenta de Educação Ambiental (EA), tendo poder de agir como mediador de ações para a promoção da qualidade ambiental e, por consequência, da saúde humana. Carvalho (2008) cita que "o projeto político pedagógico de uma EA crítica poderia ser sintetizado na intenção de contribuir para uma mudança de valores e atitudes, formando um sujeito ecológico capaz de identificar e problematizar as questões socioambientais e agir sobre elas". A participação social mostra seu papel político, fortalecendo-se a partir da construção coletiva.

As ações voltadas para a Educação Ambiental, incluindo a aplicação do PAR pelas comunidades, são ferramentas imprescindíveis para alcançar a sustentabilidade dos recursos hídricos e a sua gestão participativa. Fato que se conclui por suas diversas funções e a dimensão das esferas sociais que atingem.

Conclui-se que a aplicação do PAR a demais ferramentas de monitoramento hídrico é essencial, seja pelo seu baixo-custo, fácil entendimento e resultados positivos, mas principalmente por seu viés participativo e educacional. Sendo um método que proporciona engajamento e motivação pessoal e coletiva para conservação dos corpos d'água, aplicável aos mais diversos ambientes.

### **5.3 GEODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS HÍDRICOS**

A geodiversidade, equivalente a biodiversidade, é a diversidade abiótica do planeta, descrevendo, assim, a variedade das características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e hidrológicas, incluindo os seus conjuntos, associações, estruturas, sistemas e contribuições para a

paisagem (Gray 2013). Tanto a geodiversidade como a biodiversidade são dois elementos estruturais e dinâmicos da diversidade natural, com inter-relações complexas (Gray 2018).

A importância dos elementos abióticos não está só em moldar e estruturar a vida, como também em auxiliar as funcionalidades dos sistemas terrestres e marinhos, sendo atuantes na transformação, condução e dissipação de energia, até mesmo sem a intervenção biológica, portanto não devem ser vistos como veículo de apoio e sim como uma entidade própria (Serrano *et al.* 2007; Hjort *et al.* 2015). No entanto, o que se observa é que o próprio conceito de geodiversidade é contrastante ao termo biodiversidade.

As sociedades humanas estão inseridas nos ecossistemas, sendo preciso reconhecer que não só a manutenção das atividades humanas depende da geodiversidade e biodiversidade, como diversas características culturais derivam delas. O avanço da degradação ambiental e da crise hídrica, demonstram o impacto negativo da interferência humana sobre a geodiversidade e biodiversidade, sendo necessário que os estudos sobre a natureza considerem esses três sistemas e suas inter-relações.

A geodiversidade contém informações sobre o passado e o presente de determinado local e ambiente, possibilitando análises das inter-relações ambientais naturais e com viés na ação antrópica, assim, é possível fazer interpretações, também, sobre o estado futuro de um ambiente localizado (Silva *et al.* 2019). A conservação da geodiversidade recebe uma terminologia própria, a geoconservação (Burek & Prosser (2008) in Silva 2019).

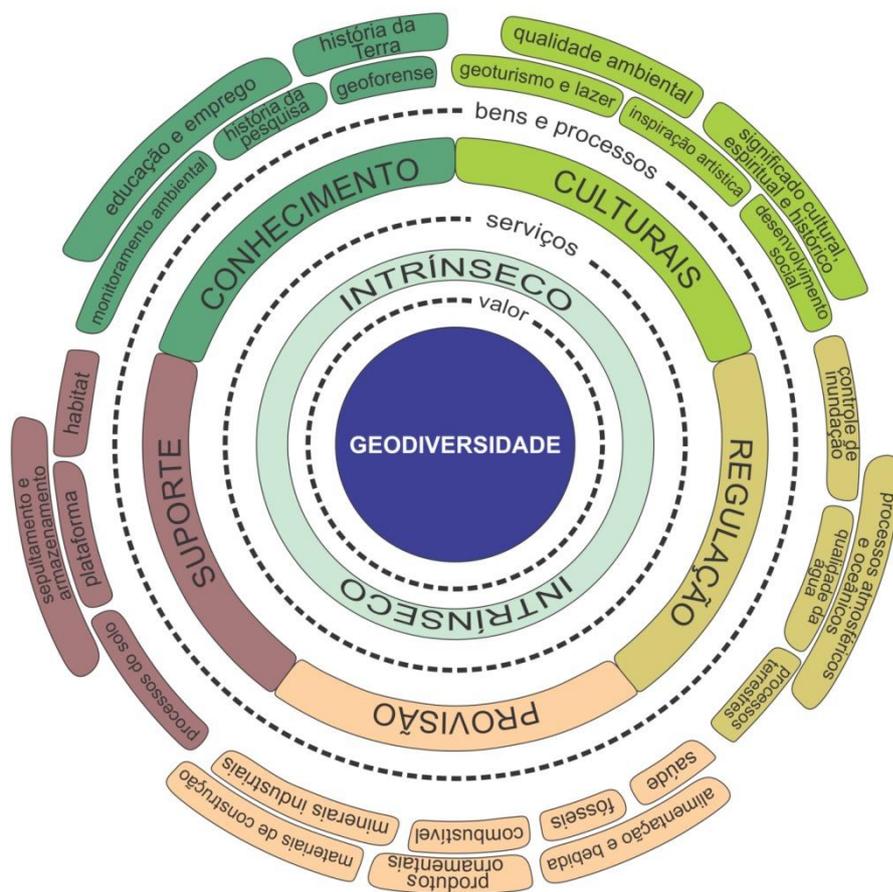
Com a ideia de se descrever a contribuição da natureza para a qualidade de vida no planeta, surge o conceito de serviços ecossistêmicos da geodiversidade. Sendo uma forma de estender as definições anteriormente feitas para a biodiversidade e integrá-las com a geodiversidade (Gray 2013).

Conhecida por “capital natural”, “serviços ambientais” ou “serviços ecossistêmicos”, a terminologia é definida como “benefícios para populações humanas que derivam, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas” (Costanza 1997). Para Haines-Young e Potschin (2013), os serviços ambientais são contribuições dos ecossistemas (natural ou modificado) que afetam diretamente ou indiretamente o bem-estar humano (Embrapa 2015). Gray (2018) indica que a divisão entre essas terminologias é confusa, sendo fato que natureza e biodiversidade são empregadas como sinônimos, e excluindo a geodiversidade.

As contribuições feitas por Gray (2004; 2013) estão entre as mais importantes no que se refere a avaliação qualitativa da geodiversidade. Inicialmente o autor divide seis valores da geodiversidade, assim como Brilha (2005), sendo eles: intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico educacional. Posteriormente, Gray (2011; 2013) revisa e surge com nova proposta, dando ênfase na relação entre a geodiversidade e serviços ecossistêmicos. Gray (2013) propõe, a partir da Avaliação Ecossistêmica do Milênio (2005), um sistema onde toda a geodiversidade apresenta valor intrínseco;

são listadas cinco categorias de serviços ecossistêmicos: regulação, suporte, provisão, cultural e conhecimento; e definidos vinte e cinco bens e processos (Figura 5.1).

Serviços de regulação da geodiversidade são os que regulam os processos, ciclos e funções do ecossistema, sendo compreendido por ter finalidade o controle natural das condições ambientais, seja do ar, água e solos. São eles: processos atmosféricos e oceânicos, o ciclo hidrológico e a química atmosférica, além de processos terrestres, como o ciclo do carbono, controle de inundação e qualidade da água (Silva 2016). Os serviços de provisão da geodiversidade são relacionados a garantia de abastecimento dos bens de consumo, como água e alimentos, sendo os de mais fácil compreensão pela sociedade, visto que muitas das vezes é associado valor monetário ao bem. Os serviços culturais da geodiversidade referem-se a bens imateriais associados a valores estéticos, recreativos ou religiosos. Os serviços de suporte da geodiversidade são os que criam condição para a geração dos demais serviços.



**Figura 5.1:** Tipos de serviços ecossistêmicos, bens e processos relacionados a geodiversidade, segundo Gray (2013). (retirado de Silva 2016).

A compreensão dos ambientes através da perspectiva dos benefícios proporcionados ao homem pode contribuir para proteção dos ecossistemas e fornecimento dos serviços. Os conceitos de serviços ecossistêmicos vinculam a conservação e o desenvolvimento, ao relacionar a saúde ambiental à saúde humana, segurança e bens necessários ao bem-estar humano. Muitos dos serviços ecossistêmicos

cruciais para o bem-estar humano estão relacionados ao ciclo da água, incluindo o abastecimento de água potável, a produção de peixes, a regulação de inundações e serviços de recreação (Valente *et al.* 2021). Esse subconjunto dos serviços ecossistêmicos relacionados à água vem ganhando espaço nas pesquisas científicas sobre recursos hídricos e gestão hídrica de territórios (Gaião 2021) e será o enfoque do presente trabalho.

Brauman *et al.* (2007) define os serviços hidrológicos a partir de ecossistemas sobre águas continentais, sendo eles: Suprimento de água para usos extrativos diversos; Suprimento de água in situ; Mitigação de danos relacionados a água; serviços culturais relacionados a água; e os serviços hidrológicos de suporte ao ecossistema. Considerando os conceitos anteriores, o conceito dos serviços ecossistêmicos hídricos está associado aos processos hidrológicos, cuja provisão pode ser garantida, mantida ou mesmo recuperada por intervenções para proteção e conservação desses processos (Embrapa 2017).

Mesmo com o enfoque dos serviços ecossistêmicos hídricos ganhando espaço na área científica, são escassos os trabalhos com temas e aplicações dos serviços hídricos aplicados a geodiversidade e geoconservação. São mais encontradas referências sobre metodologias de modelagem ambiental e de inventariação de ecossistemas sob influência antrópica com a aplicação de valoração e/ou pagamento dos/para os serviços ecossistêmicos fornecidos com objetivo de base argumentativa para conservação e monitoramento.

Taffarello *et al.* (2017) discursa sobre o método de *Adaptação Baseada em Ecossistemas* (EbA) hídricos, o qual pode contribuir para a melhor adaptação das pessoas aos impactos das mudanças climáticas, fortalecendo a resiliência dos ecossistemas e reduzindo a vulnerabilidade social. Para isso a autora defende o uso de metodologias envolvendo *Pagamentos para os Serviços Ecossistêmicos* (PSE), seu estudo revisa 16 iniciativas PES na Mata Atlântica brasileira e mostra que, em sua maioria, raramente há dados hidrológicos de base para as comparações técnicas da qualidade dos ambientes, e também são pouco incentivadas as estratégias de monitoramento hidrológico.

Teixeira (2020) também utiliza de indicadores de valoração monetária dos serviços ecossistêmicos, sendo que podem servir de base argumentativa para conservação dos ambientes. A autora faz um estudo de caso nas áreas úmidas costeiras na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis (SC), identificando os ambientes e os serviços fornecidos, sendo alguns deles: estoque periódico de água; retenção de pulsos de inundação e sedimentos; purificação da água; recarga de aquíferos e lençol freático.

Já Saad (2015) faz um estudo de caso em Extrema (MG), com a implementação de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) para duas estratégias de reflorestamento para redução de custos de tratamento de água e de dragagem, com enfoque na redução de fluxo de sedimentos e o reflorestamento de espécies nativas. A autora mostra a importância de projetos de manejo de águas, não só na melhoria de condições ambientais, mas principalmente na conservação de florestas nativas.

Hackbart (2016) faz estudo em 27 unidades territoriais da região do Vale do Paraíba, aplicando modelagem espacial entre a extração de bacias hidrográficas, campos antrópicos e silvicultura. A análise conta com 13 parâmetros físico-químico-biológicos, hierarquizados pelo *Random Forest*, aferindo suas relações com a quantidade de floresta e formulando índices de sete serviços hídricos presentes. Os resultados tornam possível o reconhecimento da dependência direta entre a quantidade de floresta, dos usos humanos e dos serviços fornecidos pela bacia.

Muñoz *et al.* (2017), faz um paralelo com os parques urbanos e sua importância para a qualidade ambiental e convívio social, analisando os diferentes serviços ecossistêmicos fornecidos por esses ambientes. Já Freire (2013) utiliza o método *Building Block* (BBM), o qual se baseia no processo de interação entre cientistas e comunidades de usos tradicionais, para isso realiza um estudo de caso no baixo curso do rio São Francisco com a participação de comunidades extrativistas e ribeirinhas para análise das perdas ecossistêmicas. Esses autores mostram que a incorporação do componente socioambiental na avaliação das perdas é essencial e fundamental para escolhas de decisão frente a estudos ambientais.

Machado *et al.* (2010) estuda as relações entre a floresta Amazônica e os serviços ecossistêmicos como condicionantes para a sustentabilidade geoambiental, concluindo que os serviços de regulação devem acompanhar a capacidade de suporte de cada elemento do ecossistema. A autora mostra a importância de monitoramento da perda ecossistêmica hídrica, como no caso de áreas frágeis como faixas dos diques marginais, das nascentes e dos declives acentuados, visto que podem gerar mudanças no ciclo hidrológico local. Sendo assim, Machado *et al.* sugere a necessidade de mais estudos a fim de quantificar a interferência dos impactos, analisando os reais riscos a sustentabilidade do ciclo hidrológico e suas funções aos seres vivos.

Albuquerque (2017) faz estudo de caso em bacias hidrográficas de Pernambuco em zonas de estresse hídrico, utilizando sistemas de informação geográfica e geoprocessamento interligados a modelos hidrológicos e climáticos, quantificando e avaliando serviços ambientais hidroclimáticos. Concluindo a eficiência do método, sendo facilmente replicável para outras regiões, sendo útil nas tomadas de decisão e adequação de políticas públicas relacionadas a quantidade e qualidade da água de bacias.

Assim, a inventariação e valoração de serviços ecossistêmicos hídricos da geodiversidade, mesmo que algo novo, mostra-se como ferramenta importante tanto na conservação quanto no monitoramento hídrico, sendo aplicável nos mais diversos locais, além de seu baixo-custo de execução e a possibilidade de participação ativa da comunidade em seu desenvolvimento. Sendo sua integração com outras metodologias de monitoramento de corpos hídricos essenciais para tomadas de decisão e desenvolvimento de políticas públicas participativas.

## 5.4 GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS

O estudo da geoquímica das águas, ou Hidrogeoquímica, tem como objetivo buscar relações nos elementos químicos que compõe a estrutura físico-química da água, sedimentos e processos e reações com ambientes aquáticos. A investigação dos parâmetros físico-químicos das águas superficiais contribui para a interpretação de possíveis fontes de aporte de sedimentos e elementos químicos, assim como os processos intempéricos que atuam no ambiente hidrológico (Almeida 2017), podendo indicar, também, os efeitos da ação antrópica sobre a sua qualidade e averiguar as interferências na disponibilidade hídrica (Batista & Gastmans 2015).

A dispersão química é o resultado de um conjunto de processos químicos, físicos e bioquímicos que remobilizam os elementos químicos em ambientes primários e/ou secundários (Rose *et al.* 1979). O contato das águas com solos e rochas promove a decomposição dos minerais primários, resultando na formação dos minerais secundários e liberação de seus elementos formadores para as águas. O dióxido de carbono é a fonte de acidez para muitas reações de intemperismo (Drever 1997). As águas doces superficiais são caracterizadas pela pH próximo a neutralidade, a natureza e abundância das espécies iônicas e moleculares dissolvidas estão relacionadas com a litologia local, e com grau de evolução e estabilidade dos solos, além de indicar a intensidade de lixiviação (Carvalho 1995).

Pensando na gestão integrada dos recursos hídricos, deve ser levado em consideração as interações existentes entre as águas superficiais e subterrâneas, tratando o recurso como único e parte de um sistema integrado, dinâmico e complexo (Winter *et al.* (1971) in Batista *et al.* 2015). Essa relação deve ser considerada em estudos de planejamento, recuperação e preservação dos recursos hídricos e ambientais, visto que as interferências em um destes meios podem acarretar consequências em todo o sistema.

As variações espaciais e temporais da composição química das águas superficiais, devido aos processos internos e externos aos corpos hídricos, demonstra a necessidade do monitoramento da qualidade das águas e seus diversos ambientes. A qualidade da água tem grande impacto na saúde pública, assim como é essencial para o equilíbrio e funcionamento dos ecossistemas (ANA 2017). A Organização Mundial da Saúde (OMS) mostra a importância do estabelecimento de padrões e critérios para a potabilidade da água, a partir do reconhecimento de doenças causadas pelo uso de água imprópria, como a diarreia, e outras transmitidas como a cólera, febre tifoide e leptospirose.

No Brasil, leis e políticas que buscam consolidar uma forma de valorização dos recursos hídricos vem surgindo desde o século passado (Cetesb 2010), dentre elas, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/1997), que dispõe sobre o direito de acesso a água de qualidade e a gestão descentralizada e participativa; a Resolução CONAMA nº 357/2005, que fixa os padrões de qualidade

para diferentes usos e classes; e a Portaria nº 2.914 de 12/12/2011, atualizada pela Portaria nº888 de 4/5/2021 do Ministério da Saúde, que define padrões de qualidade para a água potável.

Para o presente trabalho serão analisados os valores padrões de qualidade das águas para consumo humano a partir de comparação com as legislações Portaria nº888 do Ministério da Saúde (2021) e da Resolução CONAMA nº 357/2005. Serão considerados os padrões de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que representam risco a saúde humana, e para a presença de *Escherichia coli*, que representa presença de coliformes nas águas. Os valores das legislações vigentes estão a seguir (Tabela 4.1 e Tabela 4.2).

**Tabela 4.1:** Tabela de padrão de potabilidade da água para substâncias químicas inorgânicas que representam risco a saúde humana, valores presentes na Portaria nº888 do Ministério da Saúde (2021).

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido
Alumínio	mg/L	0,2
Antimônio	mg/L	0,006
Arsênio	mg/L	0,01
Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,003
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Ferro	mg/L	0,3
Fluoreto	mg/L	1,5
Manganês	mg/L	0,1
Mercurio Total	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,07
Selênio	mg/L	0,04
Sódio	mg/L	200
Urânio	mg/L	0,03
Zinco	mg/L	5

**Tabela 4.2:** Tabela de padrão de qualidade de águas doces (classe 2), valores presentes na Resolução CONAMA n°357 (2005).

Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido	Parâmetro	Unidade	Valor Máximo Permitido
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	Fósforo total	mg/L	0,02
Antimônio	mg/L	0,005	Lítio total	mg/L	2,5
Arsênio total	mg/L	0,1	Manganês total	mg/L	0,1
Bário total	mg/L	0,7	Mercúrio total	mg/L	0,0002
Berílio total	mg/L	0,04	Níquel total	mg/L	0,025
Boro total	mg/L	0,5	Prata total	mg/L	0,01
Cádmio total	mg/L	0,001	Selênio total	mg/L	0,01
Chumbo total	mg/L	0,01	Sulfeto total	mg/L	0,002
Cobalto total	mg/L	0,05	Urânio total	mg/L	0,02
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	Vanádio total	mg/L	0,1
Cromo total	mg/L	0,05	Zinco total	mg/L	0,18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3			

**Tabela 4.3:** Tabela de padrão bacteriológico (somente com o parâmetro *Escherichia coli*) de da água para consumo humano, presente na Portaria n°888 do Ministério da Saúde (2021).

Formas de abastecimento	Parâmetro	Valor Máximo Permitido
SAI	<i>Escherichia coli</i> (1)	Ausência em 100 mL
SAA e SAC	<i>Escherichia coli</i> (1)	Ausência em 100 mL

SAI – Solução Alternativa Individual de abastecimento de água para consumo humano. SAA – Sistema de Abastecimento de Água para consumo humano. SAC – Solução Alternativa Coletiva de abastecimento de água para consumo humano. (1) Indicador de contaminação fecal.

Para análise das condições de qualidade da água A Resolução CONAMA 357/2005 define que “para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA n° 274/2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.”

## 5.5 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO EM ZONAS RURAIS

A água é um recurso essencial à vida e ao desenvolvimento das comunidades humanas. Independente do estágio de desenvolvimento ou condição socioeconômica, deve atender às necessidades humanas em seus diversos aspectos: fisiológicos, econômicos e domésticos (ONU 1992). Dados do relatório da UNICEF e Organização Mundial da Saúde de 2019, indicam que oito em cada dez pessoas vivendo em áreas rurais não têm acesso a serviços básicos de tratamento de águas.

Ainda avaliando a discrepância do acesso a água de qualidade, UNICEF & OMS (2019) mostra que 25% dos países com desigualdades econômicas discrepantes entre a população, a cobertura de serviços básicos de tratamento de água para os grupos mais ricos é pelo menos duas vezes maior do que para os mais pobres. Já no quesito de saneamento básico, UNICEF & OMS (2019) revela que dois bilhões de pessoas no mundo ainda carecem de tratamento, dessas 70% vivem em zonas rurais.

No Brasil a realidade não é diferente, sendo que aproximadamente 31 milhões de habitantes morando na área rural e comunidades isoladas, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2013), e destes, somente 22% tem acesso a serviços adequados de saneamento básico. As pesquisas nacionais e internacionais mostram que a necessidade de atenção as desigualdades de acessibilidade a água e saneamento básico, e quando acessíveis, à qualidade dos mesmos.

Em regiões sem suprimento de água potável, é comum a utilização de águas captadas de poços, riachos, lagos e rios, para abastecimento de consumo humano e dessentação animal (Cangela 2014). Assim, a principal dificuldade de tratamento de água em zonas rurais está no controle da qualidade da mesma. Podendo ser essas fontes susceptíveis a diversos tipos de contaminação por microrganismos patogênicos, que colocam em risco a saúde dos consumidores (Wegelin 1994). Zaporozec & Miller (2016) ainda cita que o uso do solo, em zonas urbana, industrial e agrícola, pode resultar na poluição dessa fonte com substâncias químicas, metais pesados, nitratos, bactérias e vírus.

No intuito de evitar problemas de contaminação, faz-se necessário a busca por sistemas de tratamento de água alternativos, que possa atender as necessidades, com baixos custos de implantação e operação (Neves *et al.*, 2016). A escolha do tipo de tratamento deve levar em consideração tanto os fatores socioeconômicos da comunidade, quanto os fatores físico-químico-biológicos dos ambientes onde está inserida.

Dittgen (2021) ressalta a importância da participação da comunidade ao desenvolvimento de projetos de tratamento alternativos de saneamento em zonas rurais, mostrando a eficácia construção de dezesseis casas, um banheiro coletivo e sistema de saneamento ecológico na Comunidade Kaingang, da aldeia Gyró, localizada na área rural de Pelotas (RS) a partir de metodologia participativa de planejamento, assim como uma equipe multidisciplinar. A autora afirma que a aplicação de atividades paralelas ao desenvolvimento do projeto ajudou a criar maior integração, confiança e entendimento entre o grupo e a comunidade.

As tecnologias alternativas de baixo custo para tratamentos de água ainda são escassas, sendo encontrados trabalhos principalmente sobre a utilização de carvão aditivado, filtros de várias camadas (cascalho, areia e argila) e radiação solar. Também vale ressaltar a distinção entre a origem das águas tratadas, sendo os estudos realizados principalmente em reservatórios de água subterrânea.

Neves *et al.* (2016) propõe a implementação de um protótipo de baixo custo na zona rural do município de Araruna (PB), o sistema é constituído por um garrafão de água de 20L, uma placa de zinco e uma mangueira flexível cristal, a partir do sistema, a água passa por um período de seis horas

recebendo luz do sol, a radiação solar elimina poluentes bacteriológicos presentes nas águas. Importante ressaltar que a região utiliza de água subterrânea para consumo e o estudo não se refere a problemas de contaminação química das águas.

Nascimento *et al.* (2016), Moraes *et al.* (2020) e Silva *et al.* (2023) apresentam tratamentos alternativos a partir de carvão aditivado produzidos por caroços e frutas nativas de suas regiões, Norte e Nordeste, como solução sustentável a protótipos de tratamento de água alternativos. Os estudos mostram pontos positivos no aproveitamento de resíduos e baixo custo de aplicação, ressaltando, também, que utilizam de outros métodos de filtragem, cloração e/ou radiação solar em sua execução, apresentando protótipos eficientes na redução de componentes contaminantes nas águas.

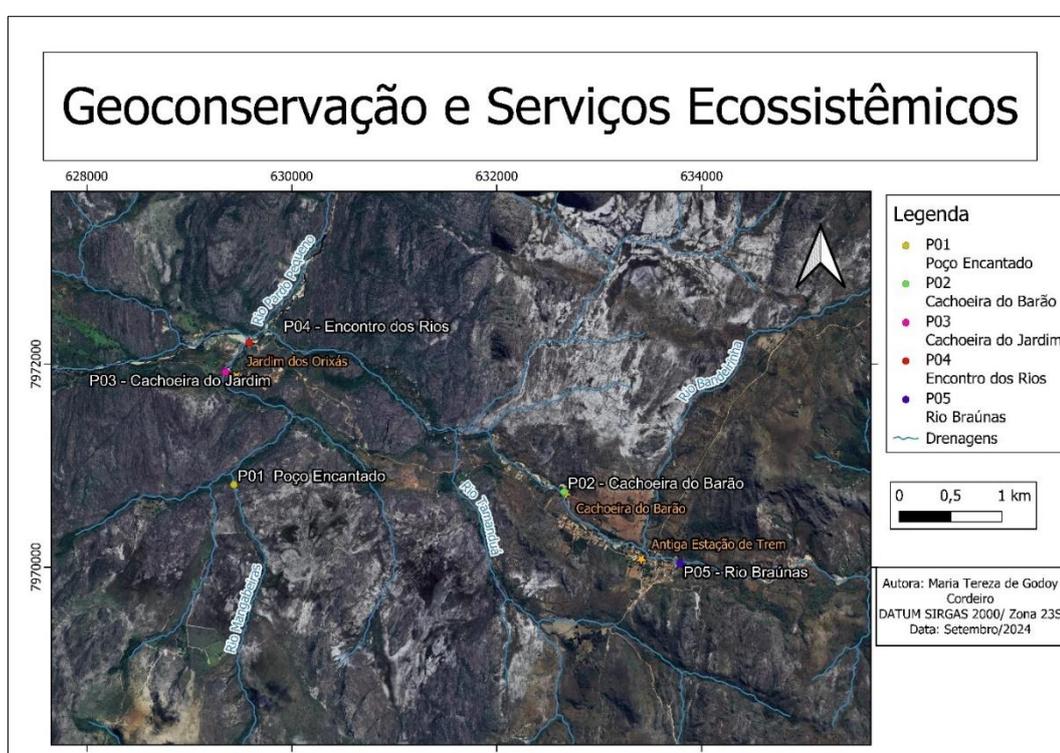
Candiotto (2019), em trabalho realizado em zona rural no Paraná, ressalta que a investigação sobre alternativas para fontes de abastecimento de água levou ao entendimento da necessidade de atenção ao lançamento de efluentes nos solos, sendo esse uma das principais causas de contaminação na região. Dentro do estudo, o autor aponta para a proteção de nascentes e plantio de mudas nativas no intuito da recuperação florestal ao entorno das fontes e construção de cisternas e reforma de calhas para acúmulo de água da chuva, como formas de sustentabilidade no local.

Quanto à tratamentos alternativos para esgoto, Silva (2017) ressalta que o enfoque deve estar na proteção dos recursos hídricos. No caso de áreas rurais e periurbanas, é muito importante as ações que diminuam os impactos dos resíduos, na tentativa de eliminar fontes de poluição difusa, como os esgotos domésticos (Silva 2017). De forma geral, os estudos sobre saneamento em zonas rurais indicam uso de Círculo de Bananeira e Fossas de Evapotranspiração (conhecido por TEvap – Tanque de Evapotranspiração), como os métodos mais eficazes e de menor custo (Barbosa *et al.* 2017; Silva 2017; Rodrigues-Maia 2023).

## GEODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS HÍDRICOS

### 6.1 PROCESSO DE INVENTARIAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS HÍDRICOS

Foram inventariados cinco lugares de interesse geológico (LIGs) sobre os recursos hídricos do distrito de Barão de Guaicuí. As LIGs são: P01 – Poço Encantado; P02 – Cachoeira de Barão; P03 – Cachoeira do Jardim dos Orixás; P04 – Encontro com rio Pardo Pequeno; e P05 – Rio Braúnas (1º pontilhão). A Figura 6.1 apresenta a localização das LIGs inventariadas.



**Figura 6.1:** Mapa de pontos inventariados.

O ponto P04 foi dividido em “\_A” – Encontro do Rio Pardo e Rio Mangabeiras e “\_B” – Encontro do Rio Pardo e Rio Braúnas, por se tratarem de diferentes drenagens, possibilitando, assim, uma análise mais individual das características e serviços prestados.

A seguir será descrita as principais características abióticas dos ambientes hídricos inventariados e seus respectivos serviços ecossistêmicos prestados, juntamente com suas funções e benefícios.

### **P01 – Poço Encantado:**

O Poço Encantado encontra-se nas coordenadas 629420 W / 7970817 S, a uma altitude de 1184 m. A cachoeira possui um poço relativamente pequeno (cerca de 16 m<sup>2</sup>), profundidade de 0,8 m e uma queda de aproximadamente 10 m. O local é afastado do centro da comunidade, não tendo acesso fácil, assim, a cachoeira encontra-se em excelente estado de conservação, com presença de vegetação natural no entorno, característica de cerrado, com vegetação arbórea e árvores de pequeno porte e caule retorcido. No poço encontra-se fauna aquática, com presença de peixes pequenos em toda sua extensão. Ao entorno, encontram-se blocos de rochas rolados, principalmente quartzitos, pertencentes a formação Galho do Miguel, variando em tamanho. Dentro das áreas da geologia, o local apresenta grande relevância para a hidrogeologia, estratigrafia, sedimentologia, geomorfologia e mineralogia/petrografia. Quanto aos bens e funções ecossistêmicas, o local apresenta importância cultural, de conhecimento, de suporte e regulação. Os serviços ecossistêmicos são exemplificados pela Figura 6.2, que apresenta o local mostrando o estado de boa conservação do poço, assim como a vegetação natural ao redor, evidenciando um habitat natural com nenhuma ou quase nenhuma modificação.



**Figura 6.2:** Poço encantado. A – Vista de cima. B – Poço do local.

### **P02 – Cachoeira de Barão:**

O ponto P02- Cachoeira de Barão, localizado nas coordenadas 632658 W/ 7970741 S, a uma altitude de 1166 m, representa o cartão postal do distrito de Barão do Guaicuí. A cachoeira possui uma queda de aproximadamente 10 m, profundidades de 2,8 m e área de poço com cerca de 622 m<sup>2</sup>, caracteriza-se como um local turisticamente explorado, em grande maioria pelo público que percorre pela Trilha Verde. A cachoeira apresenta sinais de degradação, como presença de lixo, marcas de fogueira, pontos de queimada da vegetação no entorno, todavia, ainda considerada em bom estado de conservação, pela presença de lixeiras e avisos de conscientização ambiental em seu acesso. O local configura-se por importante LIG devido a presença de zona de cisalhamento que marca o contato dos quartzitos de granulometria fina da formação Galho do Miguel com os quartzitos de granulometria média da formação Sopa Brumadinho. Esse movimento deformacional se evidencia pela presença de sigmoides no paredão da cachoeira. A área encontra-se dentro do parque nacional de proteção integral com uma grande relevância para a geologia estrutural/tectônica e hidrogeologia. Quanto aos bens e funções ecossistêmicas, a LIG ressalta sua importância pela sua natureza, história, geografia local,

turismo, trabalhos de campo, ensino ou pesquisa. Sendo observados os serviços cultural, de conhecimento, suporte e regulação.

A Figura 6.3 destaca evidências critérios de importância para geoconservação, assim como exemplifica os serviços culturais e de conhecimento. A Figura 6.4 traz exemplos sobre os serviços de suporte e regulação prestados pelo local, a boa conservação da cachoeira é importante para controle de inundação, evitando processos de erosão das margens, assim como a presença de plantas aquáticas invasoras, conhecidas como braquiaras, evidencia a presença de habitat natural modificado e a importância da qualidade da água, mantendo o bom funcionamento de ciclos bióticos e abióticos.



**Figura 6.3:** Acesso a cachoeira de Barão. A – Portão de acesso. B – Trilha para acesso.



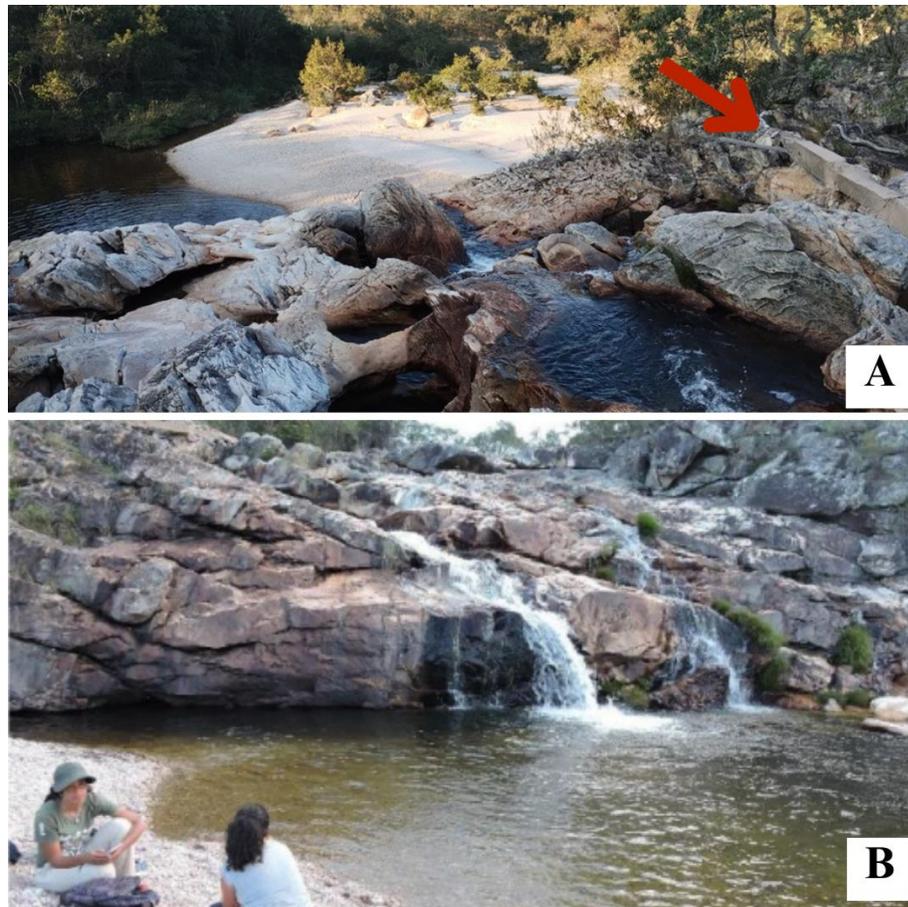
**Figura 6.4:** Cachoeira de Barão. A – Vista de frente da queda. B – Destaque para plantas aquáticas invasoras.

### **P03 – Cachoeira do Jardim dos Orixás:**

O ponto P03- Cachoeira do Jardim dos Orixás está localizada em propriedade particular denominada Jardim dos Orixás, sendo uma comunidade de realizações de cerimônias religiosas e destino para o turismo local. A cachoeira encontra-se em meia encosta, nas coordenadas 629369 W / 7971938 S, a uma altitude de 1165 m. Sua queda possui aproximadamente 5 m, profundidades de 1,8 m e área de poço com cerca de 356 m<sup>2</sup>, ao lado contrário à encosta, é visualizada uma praia fluvial, caracterizada por uma extensa faixa de sedimentos com a presença de blocos de quartzito. No entorno da drenagem há vegetação natural, arbustiva e árvores de pequeno porte. Historicamente, o local remonta a construção do garimpo na região, sendo um antigo local de dragagem de minério de ouro. A comunidade local canaliza a água da cachoeira para consumo humano e demais usos, também, no terreno, há presença de TEvap e agrofloresta em desenvolvimento. O local faz fronteira com área de parque nacional de proteção integral com uma grande relevância para a geologia estrutural/tectônica e hidrogeologia. Configura-se por ser um importante LIG pela sua natureza, história, geografia local, turismo, trabalhos de campo, ensino ou pesquisa. Sendo observados os serviços Culturais; Regulação; Suporte; Provisão e Conhecimento.

A Figura 6.5 destaca critérios de importância para geoconservação, assim como exemplifica a necessidade de conservação local que presta serviços de provisão, com abastecimento de água, culturais e de conhecimento, por ser local de turismo, lazer e realização de práticas religiosas, suporte e regulação, visto que a conservação tem relação direta a qualidade das águas e controle de inundação. A Figura 6.6

traz exemplos dos serviços culturais e de conhecimento, relacionados a práticas religiosas na propriedade. A Figura 6.7 traz exemplos sobre os serviços de provisão e regulação prestados pelo local, a boa conservação da cachoeira é importante para conservação de habitat natural e a importância da qualidade da água, mantendo o bom funcionamento de ciclos bióticos e abióticos, além de servir de abastecimento para consumo humano, irrigação e uso doméstico.



**Figura 6.5:** Jardim dos Orixás. A – Cachoeira do Jardim, destaque para a canalização de abastecimento a direita, e para praia fluvial abaixo da queda, junto ao poço da cachoeira. B – Vista de frente da queda da cachoeira e poço.



**Figura 6.6:** Jardim dos Orixás. A – Destaque para cristo. B – Lagoa construída por moradores, destaque para cristo a esquerda.

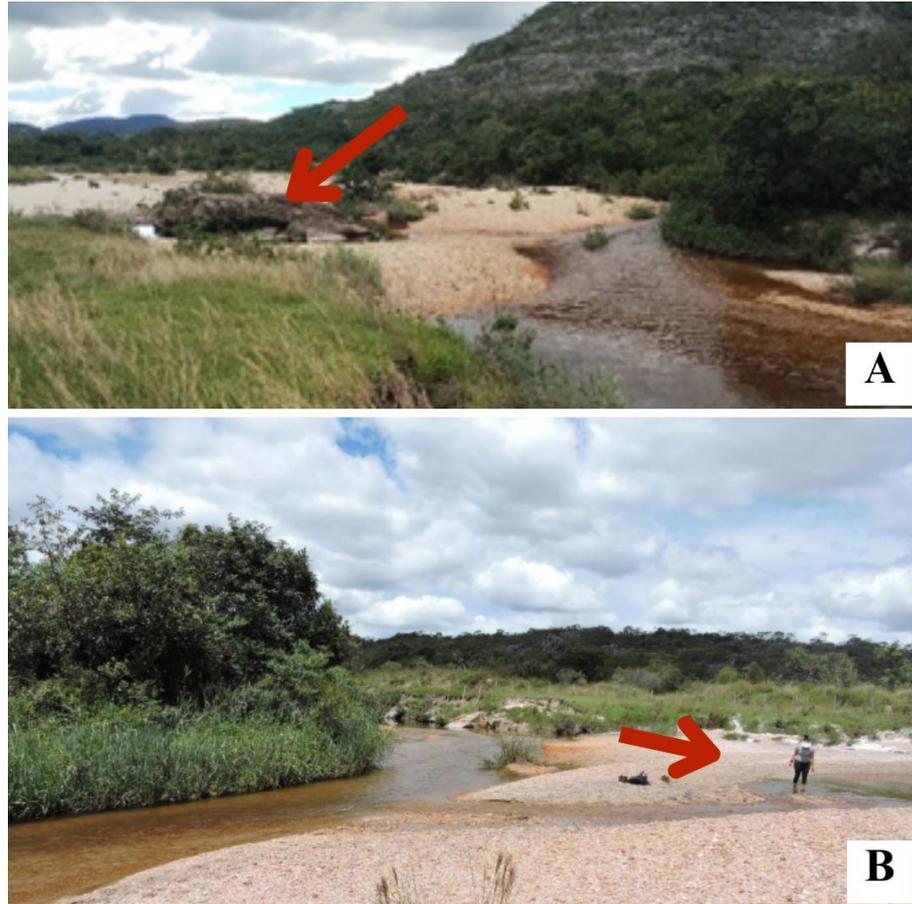


**Figura 6.7:** Jardim dos Orixás. A – Casa sede do local, destaque para TEvap a esquerda. B – Limoeiro da TEvap.

#### **P04 – Encontro dos rios:**

Os pontos P04\_A e P04\_B representam a mesma LIG, por ser tratar de uma extensa área de confluência entre drenagens locais e praias fluviais, localizado nas coordenadas 629608 W / 7972173 S, a uma altitude de 1161 m. O primeiro local inventariado identifica-se pelo encontro entre o rio Pardinho (ou Pardo Pequeno) e do rio Mangabeiras (também identificado como córrego Tamanduá localmente). O local caracteriza-se como ambiente geológico sedimentar, com presença de sedimentos mal selecionados carregados por ambos rios. Foi possível identificar a presença de sedimentos máficos arredondados provenientes do rio Pardo Pequeno por este possuir maior extensão. Ademais, foram identificados grãos ferruginosos, grãos angulosos e cristais bem formados de quartzo, evidenciando um possível veio regional. O segundo local, encontro entre o rio Pardinho e o córrego Capão, caracteriza-se pela maior presença de vegetação aquática entre outros organismos. O córrego Capão chega ao local após a passagem por todo centro do distrito, sendo assim, entende-se que o mesmo possui presença de microrganismos de esgoto e possui maior degradação. As praias fluviais nesse local aparecem com menos presença de cristais de quartzo e sedimentos máficos, em comparação a confluência anterior. A área apresenta afloramentos macroscópicos caracterizando uma área com uma grande relevância para a sedimentologia, hidrogeologia, estratigrafia e mineralogia/petrografia. No geral é possível identificar determina-se um importante LIG tanto pela sua natureza, geografia e local, quanto pela sua utilização nos trabalhos de campo, ensino ou pesquisa. Sendo observados os serviços Culturais; Regulação; Suporte; e Conhecimento.

As Figura 6.8 e Figura 6.9 destacam critérios de importância para geoconservação, traz exemplos sobre os serviços de suporte e regulação prestados pelo local, a boa conservação do local é importante para controle de inundação, evitando processos de erosão das margens, assim como a presença de algas evidencia a presença de habitat natural modificado e a importância da qualidade da água, mantendo o bom funcionamento de ciclos bióticos e abióticos.



**Figura 6.8:** Encontro com rio Pardo Pequeno. A – Rio Mangabeiras a direita desaguando sobre rio Pardo Pequeno. B – Córrego Capão desaguando sobre rio Pardo Pequeno.



**Figura 6.9:** Rio Pardo Pequeno. A – Praia fluvial, leito raso, vegetação nativa ao redor. B – Destaque para solo cascalhoso e mal selecionado na praia fluvial.

### **P05 – Rio Braúnas:**

O rio Braúnas foi caracterizado no ponto mais próximo ao encontro do mesmo com o Córrego Capão, antes desse perpassar todo o distrito de Barão até desaguar sobre o rio Pardo Pequeno. O local encontra-se nas coordenadas 633810 W/ 7970034 S, a uma altitude de 1208 m. Esse trecho do rio encontra-se abaixo de um grande pontilhão de ferro, também conhecido como Ponte do Braúna, localizado na sede do distrito. Há fácil acesso ao local, sendo utilizado para turismo e lazer da comunidade local, encontrando-se lixos domésticos nas margens e leito, além de serem observadas canalizações de descarte de efluentes domésticos, presença de algas na água e manchas de óleo. A drenagem tem largura de aproximadamente 4 m, com marcas de degradação na margem esquerda, há poços com profundidades de 1,4 m. Na margem direita, há formação de apresenta praia fluvial cascalhosa, apresentando cascalhos mal selecionados de quartzo e de rochas gnáissicas. A vegetação ao entorno não está totalmente preservada, mas ainda há vegetação natural, arbórea e arbustiva. São observadas marcas de enchente nas margens. O rio apresenta marcas de assoreamento e degradação ao longo de todo seu curso, sendo relatado pela comunidade a mudança das margens e leito ao longo do tempo. O local encontra-se em área de pública, com importância para a geologia estrutural/tectônica, sedimentologia, hidrogeologia, estratigrafia e mineralogia/petrografia. Configura-se por ser um importante LIG pela sua natureza, história, geografia local, turismo, trabalhos de campo, ensino ou pesquisa. São observados os serviços Culturais; de Regulação; Suporte; Provisão; e Conhecimento.

A Figura 6.10 destaca critérios de importância para geoconservação, relacionados à acesso e história de construção local, assim como exemplifica os serviços culturais e de conhecimento. O trecho traz exemplos sobre os serviços de regulação, suporte e provisão prestados pelo local, a boa conservação do córrego Capão é importante para controle de inundação, evitando processos de erosão das margens, assim como a presença de plantas aquáticas invasoras, manchas de óleo e presença de canalização de esgoto evidenciam a presença de habitat natural modificado e a importância da qualidade da água, mantendo o bom funcionamento de ciclos bióticos e abióticos, além da água do rio ser utilizada, em algumas moradias da sede para uso doméstico e irrigação.



**Figura 6.10:** Córrego Capão. A – Pontilhão sobre córrego Capão. B – Visão do córrego.

## 6.2 PROCESSO DE AVALIAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS HÍDRICOS

A Tabela 6.1 apresenta os resultados obtidos a partir da inventariação dos pontos amostrados.

**Tabela 6.1:** Valoração dos critérios de geoconservação, de acordo com Brilha (2005), das LIGs inventariadas.

Local	Critérios de Geoconservação			Nota Final
	A	B	C	
<b>P01</b> - Poço Encantado	25	18	16	19,66
<b>P02</b> - Cachoeira de Barão	29	21	16	22,00
<b>P03</b> - Cachoeira do Jardim	29	21	14	21,33
<b>P04</b> - Encontro com rio Pardo Pequeno	27	20	14	20,00
<b>P05</b> - Rio Braúnas	21	19	16	18,66

De acordo com a valoração, as LIGs inventariadas apresentam valores entre 21 e 29 no critério A, indicando locais com abundante ocorrência de elementos geológicos de interesse científico, cultural, lazer e, conseqüentemente, de preservação. O ponto P01 apresenta menor valor no critério B, por não

ter fácil acesso e encontrar-se afastado da comunidade, apresentando um local de alto grau de preservação. Por fim, de acordo com o critério C, as LIGs inventariadas apresentam necessidade de preservação, sendo locais situados em zona rural, sem qualquer tipo de proteção legal, com grande interesse mineiro e fragilidade por poderem ser destruídos por pequenas intervenções antrópicas. Os pontos P03 e P04 encontram-se em propriedade privada, no Jardim dos Orixás, o que é um diferencial visto a maior facilidade e controle de intervenções de conservação. Os pontos P01, P02 e P05 são locais públicos.

Por ser uma metodologia relativamente nova, houve dificuldade no processo de valoração dos serviços ecossistêmicos hídricos, sendo melhor explicado através de exemplos de bens e processos prestados, os quais se relacionam diretamente aos serviços prestados por cada LIG. A Tabela 5.1 apresenta os resultados obtidos nessa etapa do estudo.

**Tabela 6.2:** Resumo dos pontos amostrados com seus bens e processos promovidos.

Local	Bens e Processos	Serviços Ecossistêmicos
<b>P01</b> - Poço Encantado	Habitat natural; Área de recarga de aquífero subterrâneo; Monitoramento ambiental; Qualidade ambiental; Geoturismo e lazer; Significado cultural, espiritual e histórico; Qualidade da água.	Culturais; Regulação; Suporte; e Conhecimento.
<b>P02</b> - Cachoeira de Barão	Habitat natural; Monitoramento ambiental; Educação e emprego; Geoturismo e lazer; Significado cultural, espiritual e histórico; Desenvolvimento social; Controle de inundação.; Qualidade das águas.	Culturais; Regulação; Suporte; e Conhecimento.
<b>P03</b> - Cachoeira do Jardim	Habitat natural; Monitoramento ambiental; Educação e emprego; Geoturismo e lazer; Significado cultural, espiritual e histórico; Desenvolvimento social; Controle de inundação.; Qualidade das águas; Abastecimento para consumo, irrigação e uso doméstico.	Culturais; Regulação; Suporte; Provisão e Conhecimento.
<b>P04_A</b> - Rio Pardo/Rio Mangabeiras	Habitat natural; Monitoramento ambiental; Qualidade ambiental; Geoturismo e lazer; Significado cultural, espiritual e histórico; Controle de inundação; Processos de solo.	Culturais; Regulação; Suporte; e Conhecimento.
<b>P04_B</b> - Rio Pardo/Rio Braúnas	Habitat natural; Monitoramento ambiental; Qualidade ambiental; Geoturismo e lazer ; Significado cultural, espiritual e histórico; Controle de inundação; Processos de solo.	Culturais; Regulação; Suporte; e Conhecimento.
<b>P05</b> - Rio Braúnas	Habitat natural; Monitoramento ambiental; Qualidade ambiental; Geoturismo e lazer; Significado cultural, espiritual e histórico; Controle de inundação; Processos de solo; Controle de inundação; Abastecimento para irrigação e uso doméstico; Qualidade das águas.	Culturais; Regulação; Suporte; Provisão; e Conhecimento.

De forma geral, a dificuldade de aplicação de valores ocorre por não ser capaz de apresentar a totalidade das características ecossistêmicas dos pontos visitados. Também, como dificuldade, no caso da matriz de recursos hídricos, há as mudanças sazonais dos locais, que geram uma diversificação entre os usos dos mesmos ao longo dos anos, e a interrelação entre os rios e córregos, que são interdependentes e promovem, em conjunto, o bem-estar para a população local. Sendo assim, entende-se, que as drenagens de Barão do Guaicuí prestam serviços culturais, de conhecimento, regulação, suporte e provisão para a comunidade, possuindo valores de importância e relevância geológica intrínsecos, além de serem bem conservados. Ressaltando, assim, a necessidade da continuidade de preservação dos recursos hídricos locais.

### MONITORAMENTO HÍDRICO PARTICIPATIVO

---

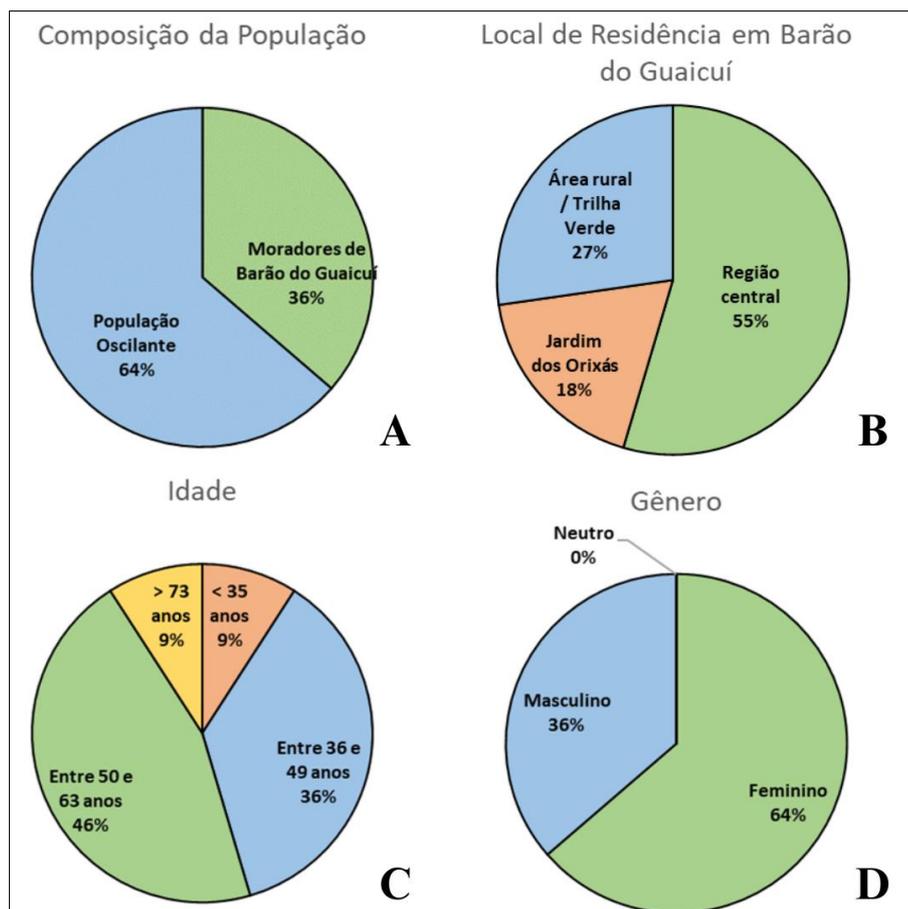
#### 7.1 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO

Pelo formulário online, foram obtidas onze respostas, o que indica um percentual de 11% da população do distrito de Barão do Guaicuí, que é de 100 pessoas oscilantes. Todavia, entre os correspondentes estão lideranças locais, as quais tornam viável a utilização dos dados obtidos para o diagnóstico socioambiental participativo.

A partir das respostas, a pesquisa indica que quatro pessoas residem em Barão do Guaicuí, as demais residem em Gouveia, Diamantina, Contagem, Ouro Preto e Belo Horizonte, e frequentam ou moraram temporariamente no local. Seis pessoas residem na região central do distrito, próximo à entrada principal, igreja e estação de trem; três pessoas residem na comunidade do Jardim dos Orixás e três residem em local mais afastado, nas proximidades da Trilha Verde.

Quanto a idade, 9,1% (1 pessoa) indicou idade menor que 35 anos, 36,4% têm idade entre 36 e 49 anos, 45,5% têm idade entre 50 e 63 anos, e 9,1% (1 pessoa) tem mais de 73 anos. Quatro pessoas, 36,4%, indicaram ser do sexo masculino e sete pessoas, 63,6%, indicaram ser do sexo feminino. Com esses resultados é possível caracterizar a população amostrada como majoritariamente de idade acima dos 50 anos e do gênero feminino.

Com esses resultados é possível caracterizar a população como majoritariamente oscilante (64% - Figura 7.1\_A), a maior parte instalada na região central do distrito (55% - Figura 7.1\_B), de idade acima dos 50 anos (55% - Figura 7.1\_C) e do gênero feminino (64% - Figura 7.1\_D).

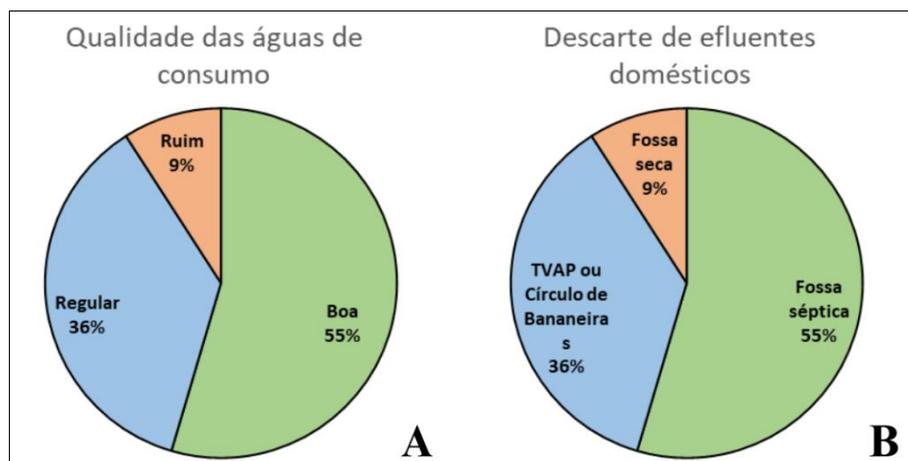


**Figura 7.1:** Gráficos com resultados do Diagnóstico Participativo. A – Composição da população de Barão do Guaicuí. B – Local de residência em Barão do Guaicuí. C – Idade predominante da população. D – Gênero predominante da população amostrada.

Das onze respostas, oito pessoas não participam atualmente de associações ou ONGs, as demais atuam na ONG Caminhos da Serra, Cátedra Unesco, Copasa.

A principal forma de disposição da água de consumo é através de encanamento a partir de rios, sendo também utilizada água encanada de nascentes e utilização de bica d'água. O tratamento mais utilizado para a água de consumo é o filtro simples, colocado nas residências para remoção de particulados superficiais. A maioria das pessoas indica uma boa qualidade das águas que consomem, sendo 54,5%, 36,4% indicam água de qualidade regular e 9,1% indica qualidade ruim (Figura 7.2\_A).

Quanto ao descarte de efluentes domésticos, 54,6% utilizam fossa séptica, 36,4% utilizam TEvap ou Círculo de Bananeiras, e 9,1% utiliza fossa seca (Figura 7.2\_B). Quanto as doenças relacionadas a consumo de água, como sintomas de diarreias e náusea, somente uma pessoa apontou a recorrência dos sintomas por pelo menos uma vez ao mês, as demais indicaram não apresentar sintomas.



**Figura 7.2:** Gráficos com resultados do Diagnóstico Participativo. A – Percepção sobre a qualidade das águas de consumo humano de Barão do Guaicuí. B – Tratamentos de descarte de efluentes doméstico utilizados em Barão do Guaicuí.

Em comentários extras, o público que respondeu ao formulário pontuou a inconstância do fluxo d'água, que afeta diretamente a disponibilidade do recurso nas casas. Pela água encanada do rio nem sempre vir límpida, possuindo coloração avermelhada e sedimentos finos assemelhando-se a minério de ferro, há pessoas que utilizam somente a água da Bica d'água (ou Água da Mina) para consumo. Também foi ressaltado a precariedade dos canos de captação e distribuição de água vinda das caixas d'água as residências, assim como a falta de tratamento de decantação, filtração e desinfecção, por falta de manutenção nas mesmas.

A perspectiva holística das águas de Barão do Guaicuí indica o valor cultural, espiritual e histórico para a comunidade, sendo citado como a água remete ao sentimento de vida, esperança, necessidade e sobrevivência, com significado de origem da vida, purificação, cultura e renascimento.

Presencialmente, ao longo dos campos, foi possível alguns momentos de conversa com moradores do distrito, sendo registrados alguns relatos com visões sobre conservação e importância dos recursos hídricos locais. Os relatos direcionaram, em grande parte, a construção de todo esse trabalho, desde a escolha dos pontos de coleta, quanto a importância da execução do mesmo. Os nomes dos moradores não serão expostos no trabalho, visando a privacidade dos mesmos.

Morador 01 relata histórias vividas que vão além do mundo material. Os relatos mostram que as percepções sobre a água, sua qualidade, e as conexões que temos com a natureza podem vir de diversas formas, não somente através do conhecimento formal. Também que para proteger e conservar a natureza não precisa ser nenhum especialista, mas que tem que sentir, que é necessário estar conectado com o lugar que se está inserido.

Em 2017, o mesmo relata “quando a gente chegou aqui, começamos a construir essa casa (sede da propriedade, centro de acolhimento, atendimento e cura). Um momento no meio da construção da cozinha eu saí aí pelo meio do mato, depois de almoço, e vi uma pedra, que de repente nessa pedra

apareceu um rosto, em forma de água assim, com olho, boca. Era um ser encantado daqui do lugar. E esse ser me falou “olha, você precisa de prestar atenção quando você for construir, pra você não construir em lugares que você não pode construir. Por exemplo aonde você está fazendo a sua casa, existe um rio subterrâneo, exatamente onde está sua cozinha, tem um rio correndo nuns quinze metros de profundidade.” Assim eu comecei a prestar mais atenção, comecei a observar uns lugares que tem esses rios.”

E então Morador 01 fala sobre sua percepção sobre a Serra do Espinhaço (Figura 7.3\_B) e as áreas de recarga d’água (Figura 7.3\_A): “Eu percebo que a Serra do Espinhaço é uma caixa d’água, que alimenta o rio São Francisco, o rio Jequitinhonha, o rio Cipó. É como se fosse uma esponja né, você vê esse tanto de pedra, montanhas, você vê que chove, e libera ali uns 30% de água pros rios e a outra parte ela absorve, pra quando não tem chuva ela começa a liberar pro rio não secar. Percebi isso tudo, hoje a nossa relação com o lugar, que a gente batizou com o nome do Jardim dos Orixás (Figura 7.4\_A).”

Relembra, então, de fala de Ailton Krenak, que diz "Os orixás são entidades que representam a força da natureza, e nossa relação com eles é uma relação de respeito e harmonia. Cada elemento natural carrega uma sabedoria ancestral.". Morador 01 completa dizendo que a escolha do nome da propriedade já traz muito significado consigo, e finaliza contando que “Então hoje, o Jardim dos Orixás é um defensor da natureza. Não somente dos 180he que tem, mas da região toda. A gente já plantou mais de 15 mil árvores nativas (...) com reflorestamento. Porque sabemos, hoje, que se você plantar árvore, você está plantando água. Se você tiver cortando árvore sem plantar, você está acabando com a água.” Ressalta-se que a propriedade tem uma parceria com a ONG Caminhos da Serra e com o Instituto Espinhaço que possibilitou o plantio das 15 mil árvores nativas citadas.



**Figura 7.3:** Visão de morros do distrito. A – Destaque para áreas de recarga nos topos de morros. B – Presença de quartzitos nos topos de morro.

Em outro momento, durante a construção da roda d'água (Figura 7.4\_B) que abastece as caixas d'água na sede da propriedade, Morador 01 conta que Pai João, que é uma Entidade Espiritual que se comunica com o mesmo, disse “olha aqui com muita atenção”, e então o morador conta que “eu abri uma samambaia ali, tinha uma fada, uma Yabá, chorando, fiquei encabulado, porque estava chorando?”, então Pai João disse “Ela me disse que está triste com a nossa chegada, que você está mexendo aqui, ela está com medo de você destruir isso aqui. Porque aqui é o lugar que ela habita, ela mora aqui.”. Então o morador relata que parou a construção por um momento, mas que concluiu a obra, e disse “Isso foi negociado, porque esses seres também sabem que nós precisamos da água. Nós somos merecedores, tanto quanto eles. Nós só não podemos ser depredadores, destruidores da natureza.”

Nesse contexto, a cosmovisão das águas é representada pelas Yabás que representam Orixás femininos na Umbanda, culto proveniente da mitologia Yorubá, trazida pelos escravos africanos da cultura Nagô-Yorubá. Esta crença traz em suas lendas, a expressão e arquétipo feminino como protagonista, representada pelas Yabás, sendo as mais cultuadas nos ritos: Iemanjá, Iansã, Oxum e Nanã, conhecidas também como as mães d'água (Pavei, et.al. 2020).



**Figura 7.4:** Jardim dos Orixás. A – Porteira de entrada na propriedade. B – Roda d’água para abastecimento.

Em conversa com Moradora 02, na sede do Jardim dos Orixás, foi relatada que a preocupação com o uso e preservação dos recursos hídricos de Barão do Guaicuí existia desde antes da mudança para a propriedade: “O sistema de levar a água, de cuidar da água por você mesmo, sem ter uma Copasa, dá muito serviço (...) tem que fazer manutenção, mangueira fica no sol, bicho pega, fura, você começa a entender várias coisas”. Continua contando que “É muito diferente, a vida, o consumo, o alimento, a primeira coisa que as pessoas observam quando chegam aqui é a que a água não tem cloro, a gente aquece com a luz solar, aí respira outro ar. A água que você cuida, cuida do que você come, você sabe o que colocou na planta (...) é uma outra vida, outra qualidade.” Também fala do desenvolvimento do projeto de construção do local como parque e área de conservação, cita o estatuto criado antes da mudança para o local, “Estamos muito preocupados em preservar tudo, em não destruir, em não chegar de qualquer jeito, porque já estava aqui, a nossa disposição.”

Moradora 02 cita, também, que “A gente teve muita dificuldade com a mineração quando chegou aqui, era muita tentação, oferecendo muito dinheiro para gente construir isso tudo e mais um pouco, tudo por causa de pedra”. Em conversa com Morador 01, o mesmo conta do Morro dos Cristais, inserido a montante do rio Mangabeiras, onde houve garimpo de diamante e ouro, mas sem abrangência para interesse de minerações maiores. O maior interesse na região é a extração ornamental, de blocos e

pedras de quartzito. Moradores contam, também, que a presença das dragas ao longo do rio Mangabeiras, rio Braúnas e córrego do Capão existiram até o ano de 1984.

Quando pergunto qual significado da água para Moradora 02, ela diz “vida, água é essencial” e conta mais sobre as mudanças vistas por seus próprios olhos no local desde quando chegou e de outros projetos que abrigam na propriedade. Como o projeto com o Instituto Espinhaço, conhecido como “Plantando água no cerrado”, o qual trouxe mudas nativas para serem plantadas na região. Na propriedade também há uma ASA – Área de Soltura de Aves, gerenciada pelo Instituto Estadual de Florestas e a Ong Caminhos da Serra, o qual capta e reabilita pássaros recolhidos do IBAMA, a mesma conta que “não tinha passarinho, hoje em dia já tem, com fruta, e a recuperação da floresta que fizemos aqui”. É citada a preocupação com a manutenção desses projetos, como o cuidado com a presença de animais domésticos, gato e cachorros, que podem afastar os animais nativos, mocós e tiús, assim como os reabilitados pelo último projeto.

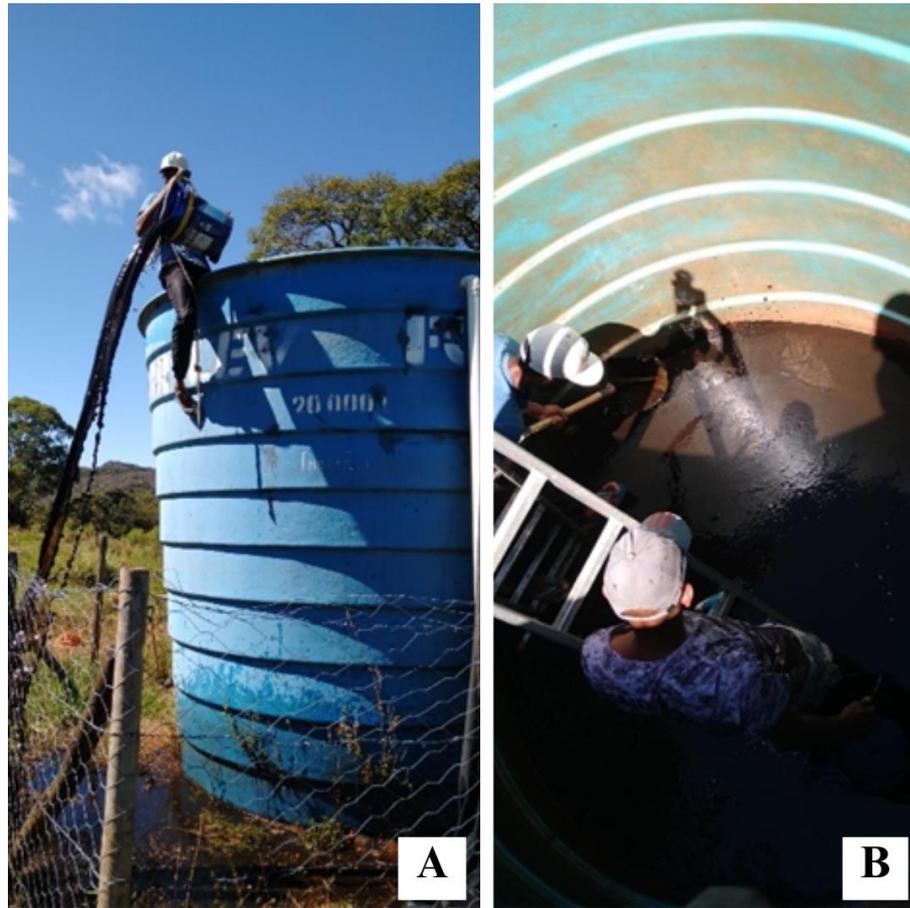
Moradora 03, em sua pousada localizada ao lado da estação ferroviária de Barão do Guaicuí, nos conta sobre a construção das duas principais caixas d’água na sede do distrito, mostrando as dificuldades vividas na zona rural sobre os investimentos e atenção da prefeitura. Comentando sobre o uso da água no local, moradora fala “a minha água que vem da coleta, lá das caixas, eu uso pra higienizar e lavar, nem pra fazer comida eu uso. Até porque tem dias que se eu lavar a roupa fica preta, então eu tenho garrafão e busco lá na mina”. A mina citada é conhecida também como fonte do Rica, que será citada ao longo do trabalho.

Quando pergunto sobre a ocorrência de sintomas relacionados a consumo de água, como diarreia e vômito, Moradora 03 cita que há um caso ou outro, e muitos que não são diagnosticados como doença, “até o próprio organismo vai combatendo né. Mas já teve casos aqui de diarreia, que acredito que só pode ser a água, principalmente nas chuvas.”

Moradora 03 acompanhou a instalação das caixas d’água que abastecem a sede, e indica a dificuldade do uso de pastilhas de cloro ou filtros, seja pela “água das caixas não é uma água que fica parada, é uma água corrente”, seja pelos componentes serem retirados ou perdidos. Em 2022 ocorreu a limpeza da caixa d’água (Figura 7.5\_A) que recebe água do córrego Bandeirinhas. A caixa possui uma estrutura simples, sendo composta por polietileno e capacidade de armazenamento de 20 mil litros, há filtro de malha fina no encanamento que abastece a mesma.

Moradora 03 conta do evento “A gente foi limpar lá, tiramos sapos, peixe, bichos lá de dentro (...) eles colocaram cano simples e fica retido aqui. Então a gente já pediu para prefeitura, depois você sabe que, não tem moral, porque tem um descaso”, indicando a falta de manutenção pela prefeitura de Gouveia. “Ainda tem risco, porque a região da caixa d’água é aberta, então aparece animal e contamina a água”. Pelas imagens e pelo relato dos moradores, nota-se o acúmulo de sedimentos de fundo, que, pela granulometria muito fina e coloração avermelhada a marrom escura, provavelmente há

concentrações de minério de ferro (Figura 7.5\_B), água de coloração turva, e também organismos aquáticos (Figura 7.6).



**Figura 7.5:** Limpeza caixa d'água 2 – Córrego Bandeirinha. A – Destaque para água de coloração escura. B – Destaque para concentração de sedimentos no fundo, pela coloração escura provavelmente há presença de minério de ferro.



**Figura 7.6:** Limpeza caixa d'água 2 – Córrego Bandeirinha, destaque para presença de organismos aquáticos (vermes e parasitas).

A caixa d'água 1 (Figura 7.7\_A e Figura 7.7\_B), referente ao córrego Matão (ou Arrepiado), foi construída posteriormente com a intervenção da prefeitura de Gouveia, tendo objetivo de suprir a demanda do distrito e apresentar água com mais qualidade. A estrutura da caixa é robusta, feita de concreto, no seu interior conta com três camadas, ou mais, intercaladas de areia, cascalho e carvão ativado, e conta com 30 mil litros. Moradora 03 relata que não houve manutenção na mesma após a construção, sendo que, provavelmente, partes dos componentes internos já tenham sido perdidos. A principal preocupação sendo a falta da camada de carvão ativado, que previne contra bactérias.



**Figura 7.7:** Caixa d'água 2 – Córrego Matão. A – Visão externa da estrutura em concreto. B – Destaque para cerca e acesso fácil ao local.

Importante ressaltar que as caixas d'água públicas, que abastecem as moradias da sede do distrito, não recebem nenhum tipo de tratamento, como a cloração, que consiste em utilizar produtos químicos à base de cloro que ajuda a diminuir a presença de micro-organismos patogênicos existentes na água. Sendo assim, o tratamento é individual de cada morador. O próprio encanamento que encaminha água para as casas pode ter avarias, sendo algo a ser discutido com os moradores. A maioria indaga a falta de manutenção e descaso do poder público.

Em projeto recente, entre os anos de 2022 e 2023, houve a construção de uma TEvap na sede de Barão do Guaicuí (Figura 7.8\_A e Figura 7.8\_B), ao lado da estação ferroviária antiga, no intuito de diminuir o descarte de esgoto no córrego Capão e uso de fossas sépticas. Morador 01 conta sobre o processo de construção “um dia eu fui consultar a comunidade de Barão, o que que eles achavam de a gente não deixar mais esgoto de as casas não ir pro rio. Não achou muito interessante não. (...)pensei, “ah, então não vou fazer essa fossa.”. Então, em chamado por Entidade Espiritual, o mesmo conta que

foi a cachoeira de Barão, “Ai Pai João disse “oh meu filho, você não quer beber a água, está fresquinha”, e eu disse “não, eu não vou beber a água Pai João, porque o esgoto de 26 casas está caindo no rio”, então Pai João diz “Procura o rio, o que ele acha, você procurou o que as pessoas achavam, procura o rio.”

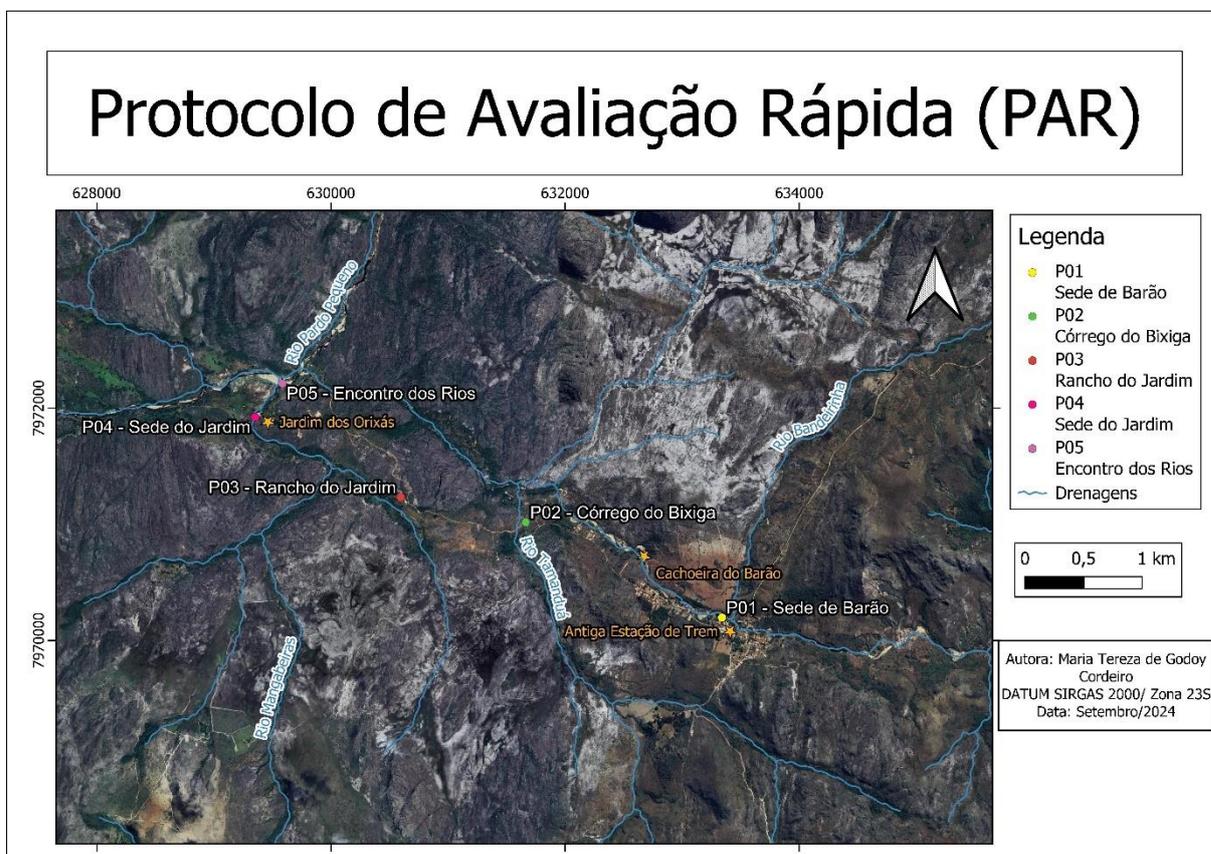
Após muita conversa, foi construída a TEvap, e então Morador 01 conta que, hoje, “Eu até mandei uma placa pra colocar lá na fossa, como se eu tivesse incorporado a mensagem do rio, com a escrita “Oi, tudo bem com você? Eu sou o rio Braúna e agradeço a você por essa iniciativa.””. A construção tem 25m de comprimento, 2,5m de largura e 2,5m de profundidade, lona impermeável (chamada geomembrana), 320 pneus de caminhão, 11 caminhões de entulho, 12 caminhões de terra estercada e 40 mudas de bananeira. A prefeitura de Gouveia deu a lona, o restante foi arrecadado pelos próprios moradores com apoio de ONG e associação de moradores. Havia medo da fossa não dar sustentação para as 26 casas da sede do distrito, todavia, a mesma permanece aguentando e daqui a alguns anos é programada a limpeza e manutenção da mesma, pelos próprios moradores, mostrando-se um método de muita eficácia no local.



**Figura 7.8:** Construção de TEvap. A – Destaque para pneus utilizados na estruturação. B – Destaque para manta impermeável utilizada no local.

## 7.1 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS E CÓRREGOS

Os pontos onde foram aplicados o PAR foram: P1 – Sede de Barão do Guaicui (Córrego Capão); P2 – Ponte de Pedra (Córrego Bixiga); P3 – Rancho do Jardim dos Orixás (Olho d'água e rio Mangabeiras); P4 – Sede Jardim dos Orixás (rio Mangabeiras); e P5 – Encontro dos Rios (Córrego Capão, rio Mangabeiras e rio Pardo). A distribuição geográfica dos pontos amostrados está na Figura 7.9.



**Figura 7.9:** Mapa dos locais de aplicação do PAR.

A seguir serão descritas as características dos trechos, pontuações médias de cada parâmetro, seu valor final e categoria que se encaixam. Ao longo da análise dos parâmetros, em campo, foram observados pontos a serem melhorados na Ficha de descrição e pontuação, esses serão descritos, também, a seguir.

**P01 - Sede de Barão do Guaicuí:** foram analisados dois trechos no local, sendo eles:

- T01 - Cachoeira de Barão: importante atração turística local, sendo local de fácil acesso e próximo a residências da sede do distrito. Há placas de preservação e lixeiras no local, todavia, é visto lixo doméstico jogado ao longo

da trilha de 150 m até o poço principal, além de pontos de fogueira, nas margens e praia fluvial a jusante. No alto da queda do poço é visto antiga construção de pedra, datada do tempo da escravidão, sendo antigo aqueduto/barragem. Há plantas aquáticas invasoras nas margens e vegetação arbustiva no entorno. São vistos blocos e matacões nas partes rasas do poço, identificados quartzitos e metaconglomerados. A cachoeira está inserida no Córrego Capão.

- T02 – Praia Fluvial a Jusante da Cachoeira: local no desemboque da Cachoeira de Barão, no local são observadas duas margens bem erodidas, com formação de um platô no alto, a esquerda, utilizado por turistas e visitantes locais, e formação de praia fluvial na beira do córrego. Nesse trecho há mais lixos domésticos e pontos de fogueira. A vegetação no entorno é feita por gramíneas em barranco formado essencialmente por areia avermelhada de granulometria fina a média.
- T03 - Pontilhão 1: local abaixo de pontilhão, próximo a desembocadura do rio Braúnas no córrego Capão, próximo a residências na sede do distrito. Esse trecho do córrego apresenta uma margem esquerda bem erodida, e praias fluviais na margem direita. Pela diferença de vazão na drenagem, são observados pequenos poços, que não passam de 4 m<sup>2</sup>, com profundidades máximas de 1,4 m. Os sedimentos observados nas praias têm granulometria de cascalhos a matacões, sendo observados cristais de quartzo, quartzitos e rochas máficas. A margem erodida corresponde, também, ao maior número de residências no local, sendo vistos diversos canos de descarte de efluentes domésticos diretamente no córrego. Vale ressaltar que nem todos são utilizados atualmente.

As pontuações do local foram de, respectivamente, 165, 150 e 115 (Tabela 7.1), sendo os valores mais baixos encontrados, classificados em condições de leve alteração do fluxo d'água.

**Tabela 7.1:** Resultados do ponto P01- Sede de Barão do Guaicuí.

Parâmetros		Trecho 01	Trecho 02	Trecho 03
1	Ocupação das margens do corpo d'água	10	10	0
2	Depósitos sedimentares no fundo do rio	5	5	5
3	Tipo de substrato	10	10	10
4	Alteração do canal do corpo d'água	5	5	5
5	Erosão	5	5	0
6	Lixo	5	5	5
7	Esgoto doméstico ou industrial	10	0	0
8	Substrato e habitats disponíveis	10	10	10
9	Presença de plantas aquáticas	10	10	5
10	Presença de mata ciliar	5	5	5
11	Presença da fauna	10	10	10
12	Oleosidade da água	10	10	0
13	Odor da água	10	10	10
14	Transparência da água	10	10	10
15	Características do fluxo das águas	5	5	0
16	Frequência de corredeiras	5	5	5
17	Presença de cianobactérias na água	10	10	10
18	Turbidez da água	10	10	10
19	Presença de materiais flutuantes	10	10	10
20	Aumento do assoreamento	10	5	5
		165	150	115

**P02 – Córrego do Bixiga (Ponte de Pedra):** foi analisado dois trechos do local, sendo eles:

- T01 - Montante da ponte: a Ponte de Pedra é um local de referência, sendo caminho de direção a comunidade do Jardim dos Orixás, e início dos locais mais afastados da sede do distrito de Barão do Guaicuí. Ao redor são vistas áreas desmatadas, mas também áreas de reflorestamento e agrofloresta. Com construções de pelo menos 30% de materiais ecológicos, presença de aquecedores solares e TEvaps. O córrego Bixiga (visto na literatura como córrego Tamanduá) tem em média 1,5 m de largura e menos de 1,5 m de profundidade, a drenagem é encaixada em quartzitos, não sendo visto poços para acúmulo de sedimentos e organismos. São observados pequenos peixes, mas não há plantas ou musgos. Só há vegetação arbustiva ao redor. Em conversa com a comunidade local, o trecho apresenta histórico de pastagem e descarga de efluentes domésticos, encontrando-se antigas canalizações ao

longo do córrego, atualmente a água do trecho é bombeada para algumas residências para uso doméstico e irrigação.

- T02 - Jusante da ponte: nesse trecho, o córrego segue de encontro ao córrego Capão, perpassando mais residências no caminho. A drenagem segue os mesmos padrões anteriores, sendo observadas mais estruturas de canalização e construções de pontes antigas. Acredita-se que o córrego segue recebendo maior quantidade de sedimentos e efluentes ao longo de seu fluxo, tendo maior perda ecossistêmica em sentido a jusante.

As pontuações do local foram de, respectivamente, 175 e 170 (Tabela 7.2), sendo valores classificados em situação natural, todavia, próximos a uma leve alteração das condições naturais, sendo necessária atenção ao futuro manejo e conservação da drenagem nesses trechos.

**Tabela 7.2:** Resultados do ponto P02 – Ponte de Pedra.

Parâmetros		Trecho 01	Trecho 02
1	Ocupação das margens do corpo d'água	5	5
2	Depósitos sedimentares no fundo do rio	10	10
3	Tipo de substrato	10	10
4	Alteração do canal do corpo d'água	10	10
5	Erosão	10	10
6	Lixo	5	5
7	Esgoto doméstico ou industrial	10	5
8	Substrato e habitats disponíveis	5	5
9	Presença de plantas aquáticas	5	5
10	Presença de mata ciliar	5	5
11	Presença da fauna	10	10
12	Oleosidade da água	10	10
13	Odor da água	10	10
14	Transparência da água	10	10
15	Características do fluxo das águas	10	10
16	Frequência de corredeiras	10	10
17	Presença de cianobactérias na água	10	10
18	Turbidez da água	10	10
19	Presença de materiais flutuantes	10	10
20	Aumento do assoreamento	10	10
		175	170

**P03 - Rancho do Jardim dos Orixás:** foram analisados dois trechos no local, sendo eles:

- T01 - Nascente do Rancho: nascente pontual, com presença de mata ciliar densa de árvores de médio porte. Local com presença de matéria orgânica. Água sem odor, transparente, não são vistos peixes ou demais organismos. Existe canalização para utilização da água para consumo humano, irrigação e uso doméstico. São observadas plantação de hortaliças e árvores frutíferas; e agrofloresta em desenvolvimento. O descarte de esgoto é feito em fossa seca, todavia há indicação de uso de TEvap em desenvolvimento. Os moradores do local pretendem utilizar o mesmo para comércio a quem passa pela Trilha Verde, que pode ser acessada facilmente. A nascente é um “olho d’água”, seu fluxo segue para rio Mangabeiras, em local de encontro com o trecho T02.
- T02 - Trecho do rio Mangabeiras em pequeno açude: local pode ser acessado através do Rancho, passando por trilha de aproximadamente 300 m. Ao chegar no local é observado pequeno açude, o qual aumentou o nível d’água do período seco para o chuvoso, a água é transparente, sem odor, mais, ao coletar com filtro há grande concentração de sólidos em suspensão. Há musgo, algas e peixes no fundo. Ao redor ocorre vegetação de arbustivas e árvores de pequeno porte. Conversando com moradores, é indicada a existência de antigo garimpo de cristais de quartzo a montante, a jusante o rio Mangabeiras desagua na sede do Jardim dos Orixás, pela cachoeira da propriedade. Em alguns períodos chuvosos aparecem cristais de quartzo de tamanho considerável no local, provavelmente provenientes de antigo garimpo.

As pontuações do local foram de, respectivamente, 195 e 190 (Tabela 7.3), sendo classificados como em situação natural. Os moradores do local mostram-se interessados em utilizar o local como comércio ao turismo proveniente da Trilha Verde, continuando projetos de agrofloresta e utilização de TEvap, mantendo o manejo e conservação do ambiente.

**Tabela 7.3:** Resultados do ponto P03 – Rancho do Jardim dos Orixás.

Parâmetros		Trecho 01	Trecho 02
1	Ocupação das margens do corpo d'água	10	10
2	Depósitos sedimentares no fundo do rio	10	10
3	Tipo de substrato	10	10
4	Alteração do canal do corpo d'água	10	10
5	Erosão	10	5
6	Lixo	10	10
7	Esgoto doméstico ou industrial	10	10
8	Substrato e habitats disponíveis	10	10
9	Presença de plantas aquáticas	10	10
10	Presença de mata ciliar	10	10
11	Presença da fauna	10	10
12	Oleosidade da água	10	5
13	Odor da água	10	10
14	Transparência da água	10	10
15	Características do fluxo das águas	10	10
16	Frequência de corredeiras	5	10
17	Presença de cianobactérias na água	10	10
18	Turbidez da água	10	10
19	Presença de materiais flutuantes	10	10
20	Aumento do assoreamento	10	10
		195	190

**P04 - Sede do Jardim dos Orixás:** foram analisados três trechos no local, sendo eles:

- T01 - Cachoeira do Jardim dos Orixás: local 150 m da sede da propriedade. A cachoeira tem uma queda de aproximadamente 5 m, profundidades de 1,8 m e área de poço com cerca de 356 m<sup>2</sup>, ao lado contrário à encosta, é visualizada uma praia fluvial. Há vegetação natural, arbustiva e árvores de pequeno porte no entorno. Moradores do local descrevem que o local é antiga área de dragagem para busca de minério de ouro. No topo da cachoeira há captação de água que é levada para casa sede, na margem esquerda há moinho construído pelos próprios moradores. A água é transparente, não possui odor, são observados pequenos peixes e algas aparecem em períodos mais secos. O rio que perpassa a cachoeira é o rio Mangabeiras.
- T02 - Montante da Cachoeira: rio com uma média de 2 a 3 m de largura, com profundidade de 1,5 a 2 m de profundidade. Drenagem encaixada em quartzitos, presença de alguns poços em sua extensão, com margens mais erodidas e praias fluviais de pouca extensão. Há presença de cascalhos no

fundo do leito, e peixes. Há vegetação natural, arbustiva e árvores de pequeno porte no entorno. A água é transparente, não possui odor.

- T03 - Jusante da Cachoeira: nesse trecho do rio Mangabeiras, após a desembocadura da cachoeira, a drenagem erosão na margem esquerda e formação de praias fluviais ao longo de todo seu curso. Nesse local a profundidade do rio diminui, não ultrapassando 0,7 m. Em conversa com os moradores, nesse local ocorreu muita atividade de dragagem, sendo refletido em maior assoreamento do leito nesse trecho. É observado acúmulo de sedimentos finos a grossos, e matéria orgânica no fundo do leito. No entorno resiste mata ciliar natural, provavelmente já modificada.

As pontuações do local foram de, respectivamente, 195, 200 e 185 (Tabela 7.4), indicando trechos em situação natural. Observa-se um valor menor para o T03, referente ao trecho a jusante do poço da cachoeira, essa pontuação deve-se pela maior erosão das margens nesse local, derivada não só do tempo, mas de antiga atividade de dragagem que ocorria no local. O leito apresenta acúmulo de sedimentos finos e vegetação, pelo assoreamento pontual, a vazão nesse trecho também diminui.

Os moradores do local mostram-se interessados em utilizar o local como ponto turístico, podendo apresentar ensinamentos e vivências espirituais, agrofloresta, manejo e conservação do solo e água superficial, TEvaps e ecoturismo. Também há projetos vinculados a outras entidades, acadêmicas e públicas, mostrando-se um local de experiência de uso sustentável de habitat natural.

**Tabela 7.4:** Resultados do ponto P04- Sede de Jardim dos Orixás.

Parâmetros		Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3
1	Ocupação das margens do corpo d'água	10	10	10
2	Depósitos sedimentares no fundo do rio	10	10	5
3	Tipo de substrato	10	10	5
4	Alteração do canal do corpo d'água	5	10	10
5	Erosão	10	10	5
6	Lixo	10	10	10
7	Esgoto doméstico ou industrial	10	10	10
8	Substrato e habitats disponíveis	10	10	10
9	Presença de plantas aquáticas	10	10	10
10	Presença de mata ciliar	10	10	10
11	Presença da fauna	10	10	10
12	Oleosidade da água	10	10	10
13	Odor da água	10	10	10
14	Transparência da água	10	10	10
15	Características do fluxo das águas	10	10	10
16	Frequência de corredeiras	10	10	10
17	Presença de cianobactérias na água	10	10	10
18	Turbidez da água	10	10	10
19	Presença de materiais flutuantes	10	10	10
20	Aumento do assoreamento	10	10	10
		195	200	185

**P05 - Encontro com rio Pardo Pequeno:** foram analisados três trechos no local, sendo eles:

- T01 - Rio Mangabeiras: local de desemboque da drenagem sobre o rio Pardo Pequeno. O rio Mangabeiras apresenta margens bem escavadas no trecho, com presença de sedimentos finos a grossos no fundo. No local a drenagem apresenta largura de 1 a 2m e profundidade variando de 0,5 a 1,5 m. A água é transparente, sem presença de matéria orgânica. Ao entorno há vegetação nativa. Na desembocadura há um grande bloco de rocha máfica que direciona o fluxo do rio. Há praia fluvial a direita, durante e após encontro. Nos sedimentos são vistos grãos de quartzo, quartzito, plagioclásio, mica e minerais máficos. Local é descrito como antigo ponto de dragagem no rio.
- T02 - Poço – Rio Pardo Pequeno: após encontro com rio Mangabeiras e córrego do Capão, o rio segue seu fluxo normal, com característica de rio

meandrante. A margem a direita encontra-se erodida e a esquerda formações de extensas praias fluviais com sedimentos mal selecionados. No entorno há vegetação nativa. A água no local é transparente e de vazão relativamente alta.

- T03 - Córrego Capão: local de desembocadura da drenagem sobre o rio Pardo Pequeno. O córrego Capão chega ao local após perpassar toda a sede do distrito de Barão, carreando, com ele, matéria orgânica e lixos domésticos que podem ser vistos pontualmente no local, como latas e sacos de biscoito. O local é formado por grande poço, com aproximadamente 6 m<sup>2</sup>, e profundidade de 2 a 3 m, água apresenta uma coloração mais turva que o rio Mangabeiras, no leito são observadas algas e matéria orgânica no fundo. Drenagem apresenta menor vazão que o rio Mangabeiras, acumulando maior quantidade de sedimentos finos e médios. A praia fluvial formada no local apresenta maior presença de areia fina a média, com vegetação de menor porte ao redor. Córrego encontra-se encaixado em rocha.

As pontuações do local foram de, respectivamente, 185, 180 e 185 (Tabela 7.5), sendo um local altamente preservado e ainda com acesso restrito, mantendo-o conservado.

**Tabela 7.5:** Resultados do ponto P05- Encontro dos rios com Rio Pardo Pequeno.

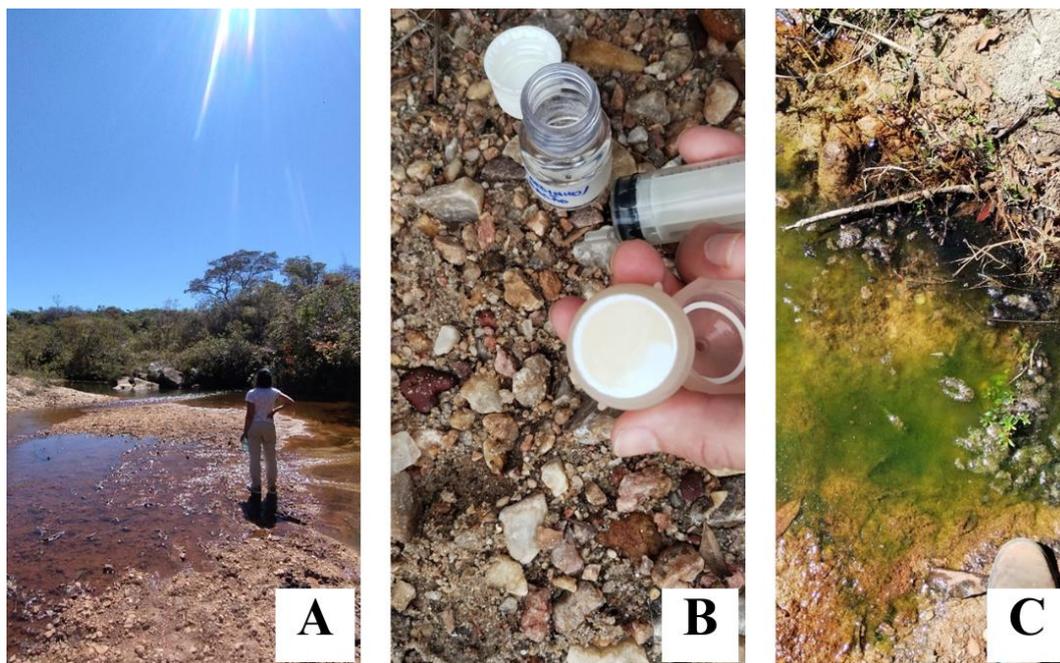
Parâmetros		Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3
1	Ocupação das margens do corpo d'água	10	10	10
2	Depósitos sedimentares no fundo do rio	10	10	10
3	Tipo de substrato	10	10	10
4	Alteração do canal do corpo d'água	10	10	10
5	Erosão	10	10	10
6	Lixo	10	10	10
7	Esgoto doméstico ou industrial	10	10	10
8	Substrato e habitats disponíveis	10	10	10
9	Presença de plantas aquáticas	10	5	10
10	Presença de mata ciliar	10	10	10
11	Presença da fauna	5	5	5
12	Oleosidade da água	10	10	10
13	Odor da água	10	10	10
14	Transparência da água	10	10	10
15	Características do fluxo das águas	5	5	5
16	Frequência de corredeiras	10	10	10
17	Presença de cianobactérias na água	10	10	10
18	Turbidez da água	10	10	10
19	Presença de materiais flutuantes	10	10	10
20	Aumento do assoreamento	5	5	5
		185	180	185

De forma geral, os córregos e rios amostrados nessa etapa indicam drenagens em situação natural, ou seja, em ótimas condições de conservação e preservação. Os resultados observados por trecho são apresentados na Tabela 7.6.

**Tabela 7.6:** Pontuações e categorias por trechos.

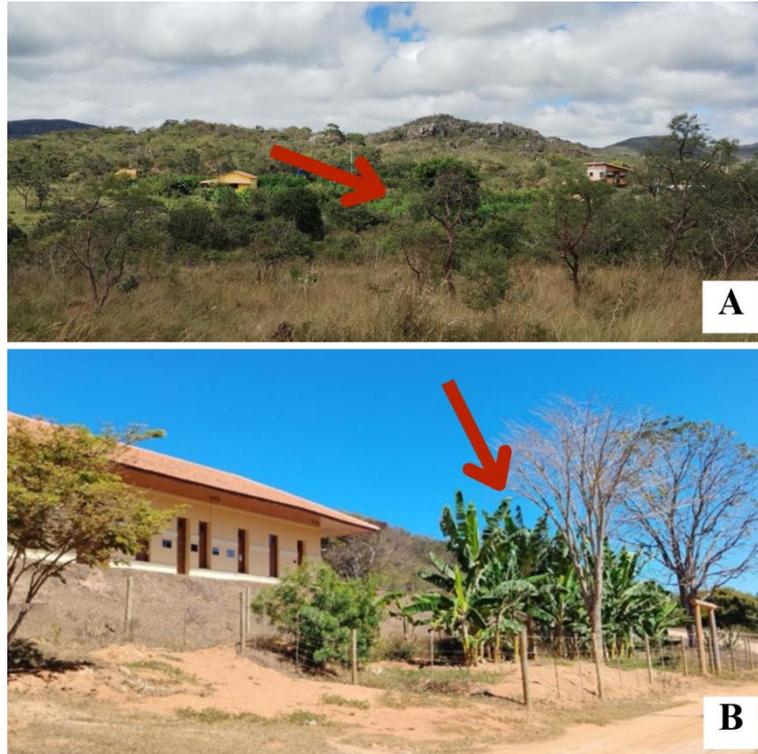
Drenagens e trechos		Nota	Categoria
<b>P01 – Sede de Barão do Guaicuí</b>	T01	165	Levemente alterado
	T02	150	Levemente alterado
	T03	115	Levemente alterado
<b>P02 – Córrego Bixiga (Ponte de Pedra)</b>	T01	175	Situação Natural
	T02	170	Situação Natural
<b>P03 – Rancho do Jardim dos Orixás</b>	T01	195	Situação Natural
	T02	190	Situação Natural
<b>P04 – Sede do Jardim dos Orixás</b>	T01	195	Situação Natural
	T02	200	Situação Natural
	T03	185	Situação Natural
<b>P05 – Encontro dos Rios (Rio Pardo Pequeno)</b>	T01	185	Situação Natural
	T02	180	Situação Natural
	T03	185	Situação Natural

Somente o ponto P01 – Sede de Barão do Guaicuí, referente a trechos do córrego do Capão, desde a montante no encontro do rio Braúnas com o córrego, passando pela sede do distrito, cachoeira de Barão, e seguindo até o encontro do rio Pardo Pequeno, encontra-se em situação de leve alteração antrópica, caracterizado pelas evidências de: modificação no fundo do rio, com aumento de areia ou lama, caracterizado; grande quantidade de sólidos em suspensão (Figura 7.10\_B); erosão nas margens, com desmoronamento de barranco; presença de lixo doméstico nas margens; presença de canalizações de esgoto doméstico; modificação na mata ciliar nativa; oleosidade visível na água (Figura 7.10\_C); modificação no fluxo das águas, com presença de substrato exposto (Figura 7.10\_A); presença de corredeiras que não favorecem criação de habitats como poços; e, por fim, aumento do assoreamento no canal e nas margens do córrego.

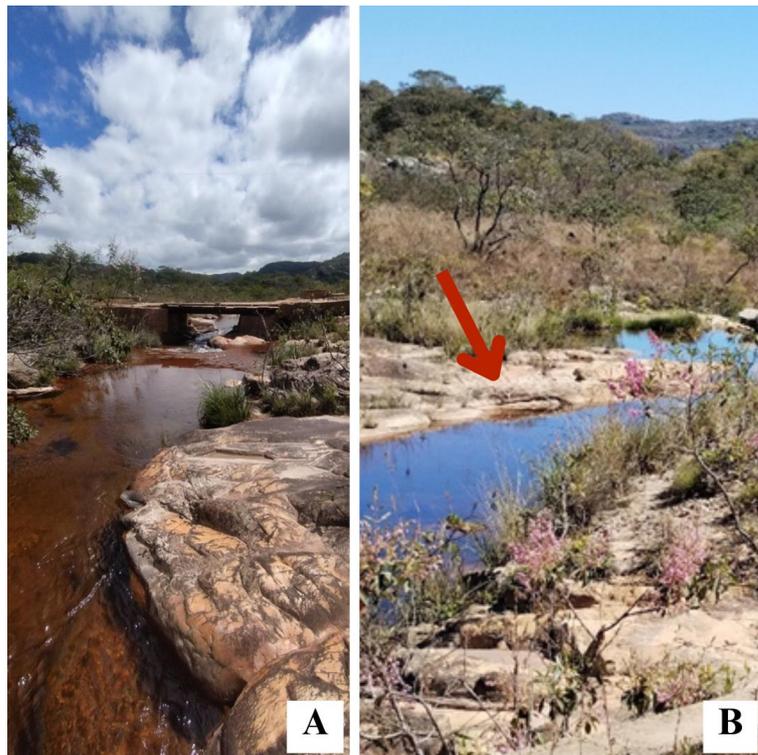


**Figura 7.10:** Córrego Capão. A – Fundo de leito formado por areia e cascalho mal selecionado. B – Destaque para cascalhos e membrana de coleta amarronzada, indicando grande quantidade de sólidos em suspensão. C – Destaque para presença de algas e manchas de óleo.

A metodologia seguida no presente trabalho, como já dito anteriormente, seguiu os critérios pontuados por Sales (2020), o qual foi implementado no distrito de Santo Antônio do Leite, em Ouro Preto (MG), conta com características que não se encaixam totalmente ao local de estudo desse trabalho, assim, sendo necessária uma reavaliação da ficha de avaliação. Alguns pontos de observação são a presença de muitos trechos com drenagem encaixada em rochas (Figura 7.12\_A e Figura 7.12\_B), uso da água para consumo, lazer e turismo, presença de TEvaps (Figura 7.11\_A) e agroflorestas (Figura 7.11\_A), presença de barramentos antrópicos, variações sazonais nos leitos e margens das drenagens, fauna aquática específica local. Assim, para estudo futuro, é indicado a revisão da ficha, com exclusão e inclusão de termos específicos para as características dos ambientes hídricos de Barão do Guaicuí.



**Figura 7.11:** Particularidades de Barão do Guaicuí. A – Agrofloresta em margem do córrego Bixiga (ou Tamanduá), no ponto P02. B – TEvap ao lado da estação de trem, na sede de Barão do Guaicuí, ponto P01.



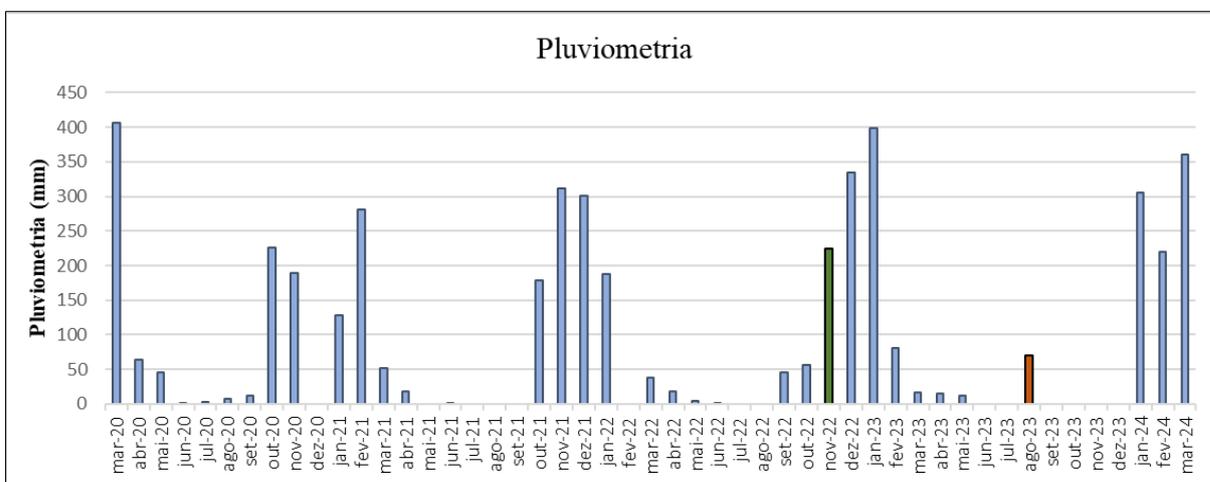
**Figura 7.12:** Particularidades de Barão do Guaicuí. A – Drenagem encaixada em rocha, ponto P02. B – Presença de canalizações antigas não utilizadas atualmente, ponto P02.

## CAPÍTULO 8

### RESULTADOS ANALÍTICOS

O clima na região do distrito de Barão do Guaicuí é caracterizado por duas estações do ano bem definidas, sendo elas um período chuvoso entre os meses de outubro e abril, e um período seco entre os meses de maio a setembro.

A partir dos dados do INMET, da estação pluviométrica de Gouveia, de código: 1843002, é possível identificar os dois períodos no gráfico da Figura 8.1, onde é apresentada a pluviometria em milímetros. É observado, também, um período chuvoso anormal no mês de agosto de 2023, e um período seco entre os meses de outubro e dezembro do mesmo ano. Todavia faltam dados do mês de abril de 2024, quando foi realizada a amostragem de período chuvoso.



**Figura 8.1:** Pluviometria mensal (mm) da estação Gouveia (1843002), adaptada de INMET (2024). Destacado os meses de coleta de novembro/2022 em verde, e agosto/2023 em laranja.

A identificação, as drenagens associadas e o uso da água dos pontos amostrados, estão descritos na Tabela 8.1.

**Tabela 8.1:** Amostragem de água realizadas em Barão do Guaicuí.

Identificação		Drenagem	Uso da água
Px	Rio Pardo Pequeno	Rio Pardo Pequeno	Lazer e recreação
P01	Cachoeira do Jardim dos Orixás	Rio Mangabeiras	Consumo, irrigação, uso doméstico
P02	Nascente do Rancho do Jardim	Olho d'água	Consumo, irrigação, uso doméstico
P03	Córrego do Bexiga (Ponte de Pedra)	Córrego Tamanduá	Irrigação e uso doméstico
P04	Cachoeira do Barão	Córrego Capão	Lazer e recreação
P05	Caixa d'água 1/ Rio Matão	Córrego Arrepiado	Consumo humano
P06	Caixa d'água 2/ Rio Bandeirinha	Córrego Bacalhau	Consumo humano
P07	Fonte do Rica	Olho d'água	Consumo humano
P08	Rio Mangabeiras (Rancho)	Rio Mangabeiras	Lazer e recreação
P09	Rio Braúnas / Córrego Capão	Córrego Capão	Lazer e recreação

## 8.1 ANÁLISE BACTERIOLÓGICA

Em novembro de 2022, foram coletadas sete amostras de água retiradas de locais de abastecimento ou canalização para consumo humano, irrigação e uso doméstico. Entre as sete amostras, em período chuvoso, todas resultaram com a presença de *E. coli* (Tabela 8.2). Os resultados podem ser vistos na Figura 8.2.

A presença de *E. coli* em período chuvoso é associada ao escoamento superficial. Durante as chuvas, o escoamento pode carrear poluentes, incluindo resíduos fecais, para cursos d'água, resultando na contaminação microbiana (Silva & Costa 2019).

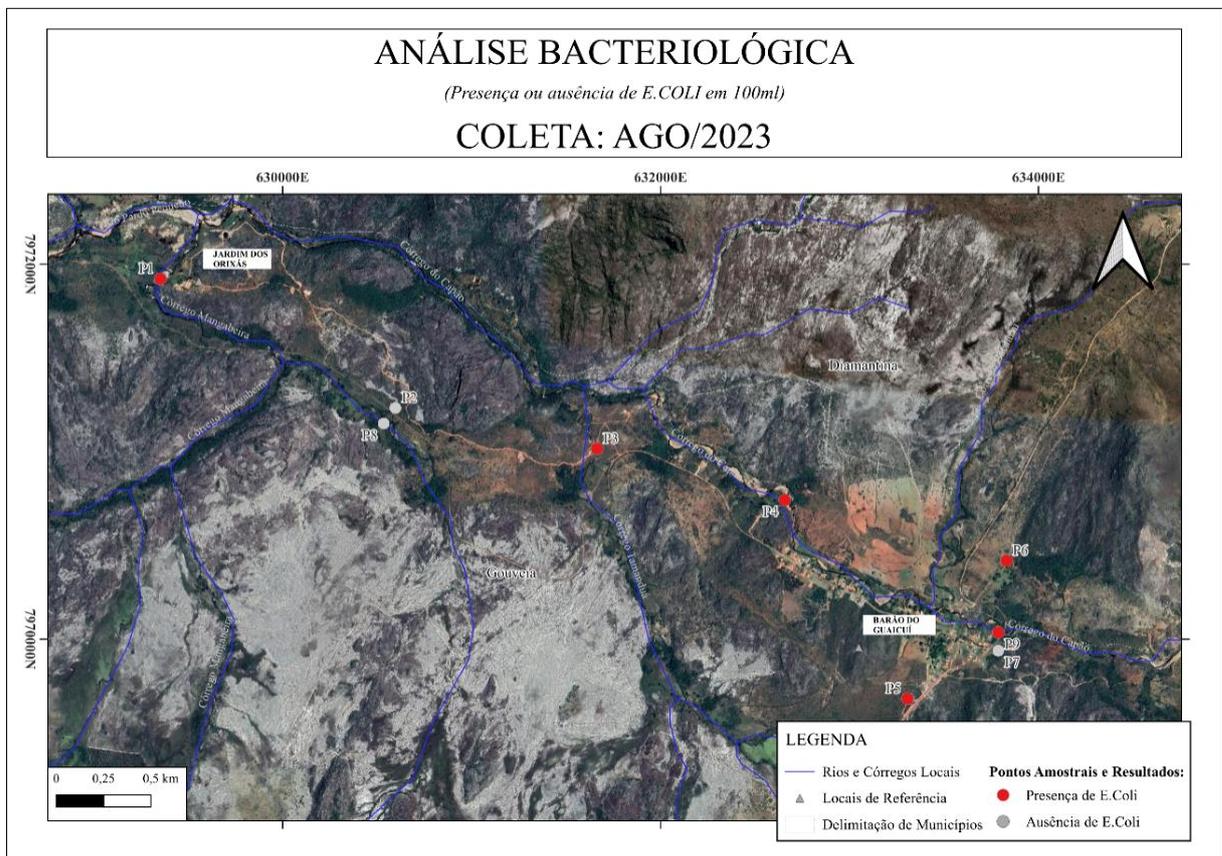
**Tabela 8.2:** Resultados Amostra bacteriológica – Novembro 2022

NOVEMBRO DE 2022			
Pontos Amostrados	Local	Presença de <i>E. coli</i> em 100mL	Valor Máximo Permitido
P1	Cachoeira do Jardim dos Orixás	Presente	Ausência em 100 mL
P2	Nascente do Rancho do Jardim	Presente	Ausência em 100 mL
P3	Córrego do Bixiga (Ponte de Pedra)	Presente	Ausência em 100 mL
P4	Cachoeira do Barão	Presente	Ausência em 100 mL
P5	Caixa d'água 1 / Rio Matão	Presente	Ausência em 100 mL
P6	Caixa d'água 2 / Rio Bandeirinha	Presente	Ausência em 100 mL
P7	Fonte do Rica	Presente	Ausência em 100 mL



**Tabela 8.3:** Resultados Amostra bacteriológica – Agosto de 2023

AGOSTO DE 2023			
Pontos Amostrados	Local	Presença de <i>E. coli</i> em 100mL	Valor Máximo Permitido
P1	Cachoeira do Jardim dos Orixás	Presente	Ausência em 100 mL
P2	Nascente do Rancho do Jardim	Ausente	Ausência em 100 mL
P3	Córrego do Bixiga (Ponte de Pedra)	Presente	Ausência em 100 mL
P4	Cachoeira do Barão	Presente	Ausência em 100 mL
P5	Caixa d'água 1 / Rio Matão	Presente	Ausência em 100 mL
P6	Caixa d'água 2 / Rio Bandeirinha	Presente	Ausência em 100 mL
P7	Fonte do Rica	Ausente	Ausência em 100 mL
P8	Rio Mangabeiras (Rancho)	Ausente	Ausência em 100 mL
P9	Rio Braúnas / Córrego Capão	Presente	Ausência em 100 mL



**Figura 8.3:** Distribuição geográfica dos resultados da análise bacteriológica das águas – Agosto/2023.

Nos pontos P3, P4 e P9 era esperada a presença de *E. coli* devido ao grande número de residências que os córregos Capão e Bixiga perpassam, sendo visível encanamentos para descarte de efluentes direcionados as drenagens. Esses córregos apresentam água sem coloração ou cheiro específico, porém, há presença de musgos e algas, e possuem manchas de óleo em superfície. Os pontos P2 e P7 são locais de nascentes, cuja água é utilizada para consumo, sendo assim, o resultado de ausência

de *E.coli*, em período seco é um importante elemento para continuar conservando os locais. O ponto P1, P5 e P6 são de importante avaliação, devido serem locais que abastecem grande parte da população de Barão do Guaicuí, os resultados mostram a importância de manutenção e manejo desses locais, visto que apresentaram presença de *E.coli* nos dois períodos monitorados. O ponto P8 somente foi analisado em período chuvoso, sendo um importante ponto para monitoramento do ponto P1, visto que o fluxo segue para esse. Pelo resultado ausente de *E. Coli* no mesmo, é possível identificar que a água não chega à Cachoeira do Jardim dos Orixás com a bactéria, sendo acumulada ao longo do trecho entre os dois pontos, necessitando ser investigado, seja de algum animal / moradia a montante do ponto ou derivado de outros afluentes.

Alguns projetos foram implementados no distrito, pelos moradores, ONGs e prefeitura de Gouveia, para diminuir a contaminação das águas e melhorar a conservação do córrego Capão, na sede de Barão do Guaicuí. Eles foram: limpeza da caixa d'água; construção de caixa d'água em cimento com filtros de areia, cascalho e carvão; construção de TEvap. Esses eventos foram citados anteriormente, ao longo dos relatos dos moradores, no capítulo anterior.

Os métodos de descontaminação de águas com presença de *E. Coli* em zonas rurais mais indicados são a filtração com carvão ativado, fervura da água antes do consumo, desinfecção solar, a exposição de água na luz solar pode inativar o microrganismo; cloração, adição de cloro elimina patógenos em água.

As principais dificuldades encontradas em Barão do Guaicuí, assim como em outros locais inseridos em zona rural, são o acesso limitado a tecnologias avançadas, o descaso da prefeitura na aplicação e manutenção de métodos de abastecimento e tratamento de águas de consumo, assim como tratamento de esgoto. De forma geral, a comunidade mostra-se engajada em melhorar a qualidade das águas da região, e também mostra preocupação com a presença de microrganismos, utilizando cloração nas caixas d'água particulares ou utilizando fontes mais seguras para o uso, como a Fonte do Rica.

## **8.2 ANÁLISE GEOQUÍMICA**

### **8.2.1 Análise ICP-OES**

O resultado da análise química dos elementos, em agosto de 2023 apresentou valores próximos dos limites de referência para ferro (Fe), sendo eles os pontos P06 – Caixa d'água 2 e P08 – Rio Pardinho/Córrego do Capão. Os resultados são apresentados na Tabela 8.4.

**Tabela 8.4:** Resultados Amostra – ICP-OES – Agosto de 2023.

AGOSTO DE 2023										
Identificação		Ba (mg/L)	Sr (mg/L)	Zn (mg/L)	Al (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)
Px	Rio Pardo Pequeno	0,002	0,002	<LQ	<LQ	0,07	0,005	0,653	0,23	0,277
P01	Cachoeira do Jardim dos Orixás	0,001	0,001	<LQ	0,013	0,057	<LQ	0,404	0,174	0,160
P02	Nascente do Rancho do Jardim	0,001	<LQ	<LQ	0,039	0,112	0,007	0,237	<LQ	0,132
P03	Córrego do Bexiga (Ponte de Pedra)	0,003	0,002	<LQ	<LQ	0,057	0,031	0,543	0,238	0,194
P04	Cachoeira do Barão	0,003	0,003	<LQ	0,017	0,128	0,011	0,603	0,274	0,46
P05	Caixa d'água 1/ Rio Matão	0,001	0,002	<LQ	0,019	0,021	<LQ	0,626	0,31	0,246
P06	Caixa d'água 2/ Rio Bandeirinha	0,001	0,0007	<LQ	<LQ	0,278	<LQ	0,246	<LQ	0,184
P07	Fonte do Rica	0,004	0,0004	0,007	0,018	<LQ	<LQ	0,22	<LQ	0,175
P08	Rio Mangabeiras (Rancho)	0,001	0,002	<LQ	<LQ	0,09	<LQ	0,773	0,484	0,194
P09	Rio Braúnas / Córrego Capão	0,004	0,003	0,017	<LQ	0,267	0,013	0,523	0,281	0,414
LQ		0,001	0,0003	0,006	0,013	0,007	0,002	0,022	0,02	0,048
Portaria nº888 - Ministério da Saúde		0,7		5	0,2	0,3	0,1			200
Conama 357/2005		0,7		0,18	0,1	0,3	0,1			

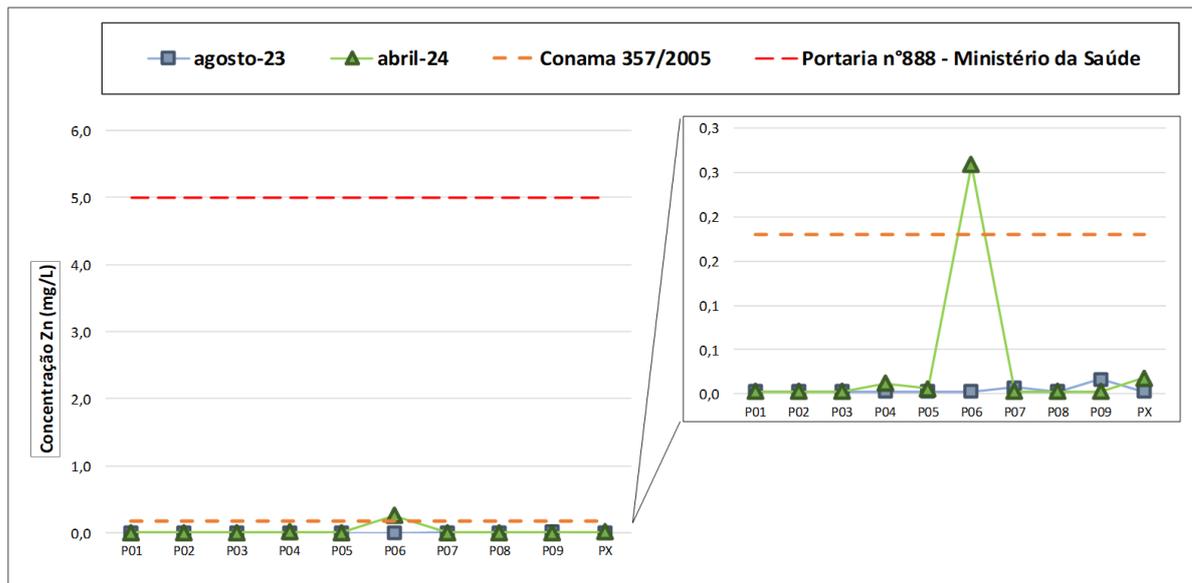
A coleta realizada em abril de 2024 apresentou duas amostras com valores de concentração de ferro (Fe) acima dos limites de referência de potabilidade e qualidade das águas superficiais das legislações vigentes, sendo eles os pontos P02 – Nascente do Rancho e P09 – Rio Pardiniho/Córrego do Capão. O ponto P03 – Córrego do Bixiga apresentou concentração de ferro próxima aos limites de referência, sendo necessária atenção. O ponto P06 – Caixa d'água 2 apresentou concentração de zinco (Zn) acima do valor de referência da resolução CONAMA nº357 (2005). Os resultados são apresentados na Tabela 8.5.

**Tabela 8.5:** Resultados Amostra – ICP-OES – Abil de 2024

ABRIL DE 2024										
Identificação		Ba (mg/L)	Sr (mg/L)	Zn (mg/L)	Al (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)
Px	Rio Pardo Pequeno	0,002	0,002	0,01779	0,014	0,075	0,009	0,918	0,186	0,376
P01	Cachoeira do Jardim dos Orixás	0,002	0,001	<LQ	0,036	0,167	0,005	0,928	0,208	0,186
P02	Nascente do Rancho do Jardim	0,001	<LQ	<LQ	0,056	0,539	0,014	0,272	<LQ	0,119
P03	Córrego do Bexiga (Ponte de Pedra)	0,004	0,001	<LQ	<LQ	0,202	0,033	0,525	0,185	0,189
P04	Cachoeira do Barão	0,004	0,003	0,01201	0,012	0,108	0,018	0,931	0,248	0,398
P05	Caixa d'água 1/ Rio Matão	0,001	0,002	0,00632	0,030	0,059	0,003	0,683	0,224	0,182
P06	Caixa d'água 2/ Rio Bandeirinha	0,002	0,003	0,258	0,046	0,103	0,006	2,581	0,121	1,308
P07	Fonte do Rica	0,003	<LQ	<LQ	0,030	0,009	<LQ	0,192	<LQ	0,113
P08	Rio Mangabeiras (Rancho)	0,003	0,003	<LQ	<LQ	0,082	0,023	0,964	0,557	0,243
P09	Rio Braúnas / Córrego Capão	0,004	0,003	<LQ	0,014	0,309	0,024	0,633	0,267	0,362
LQ		0,001	0,0003	0,006	0,011	0,007	0,002	0,022	0,02	0,048
Portaria nº888 - Ministério da Saúde		0,7		5	0,2	0,3	0,1			200
Conama 357/2005		0,7		0,18	0,1	0,3	0,1			

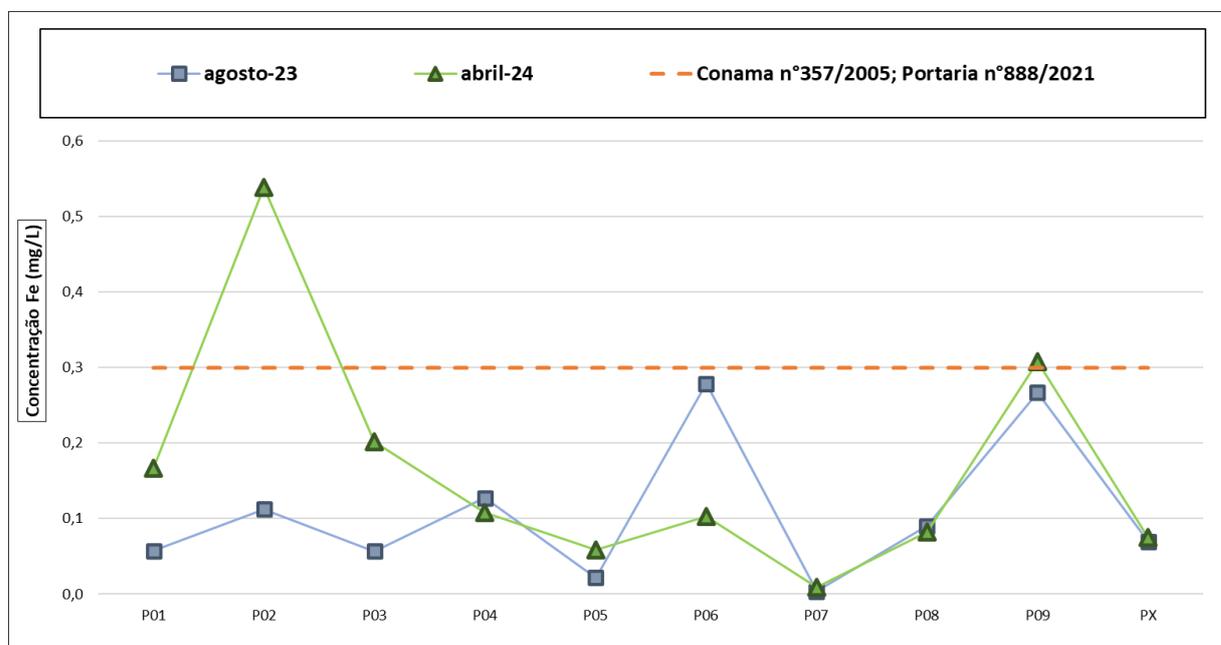
A seguir serão apresentados os gráficos de concentrações obtidas para cada elemento analisado, possibilitando, assim, uma melhor visualização dos resultados e comparação entre as duas coletas realizadas. Os elementos Zn e Fe, que apresentam concentrações que ultrapassam os limites de referência, apresentam o valor da resolução Conama nº357/2005 e da Portaria nº888 do Ministério da Saúde (2021).

O ponto P06 apresenta concentração com valor anômalo para o elemento Zn em período chuvoso, com valor de 0,258 mg/L, encontrando-se, proporcionalmente acima dos demais resultados (Figura 8.4). A concentração de Zn no ponto P06 está abaixo do valor máximo estabelecido para potabilidade pela Portaria nº888, de 5,0 mg/L, porém, acima do valor de referência da resolução CONAMA nº357 (2005), de 0,18 mg/L.



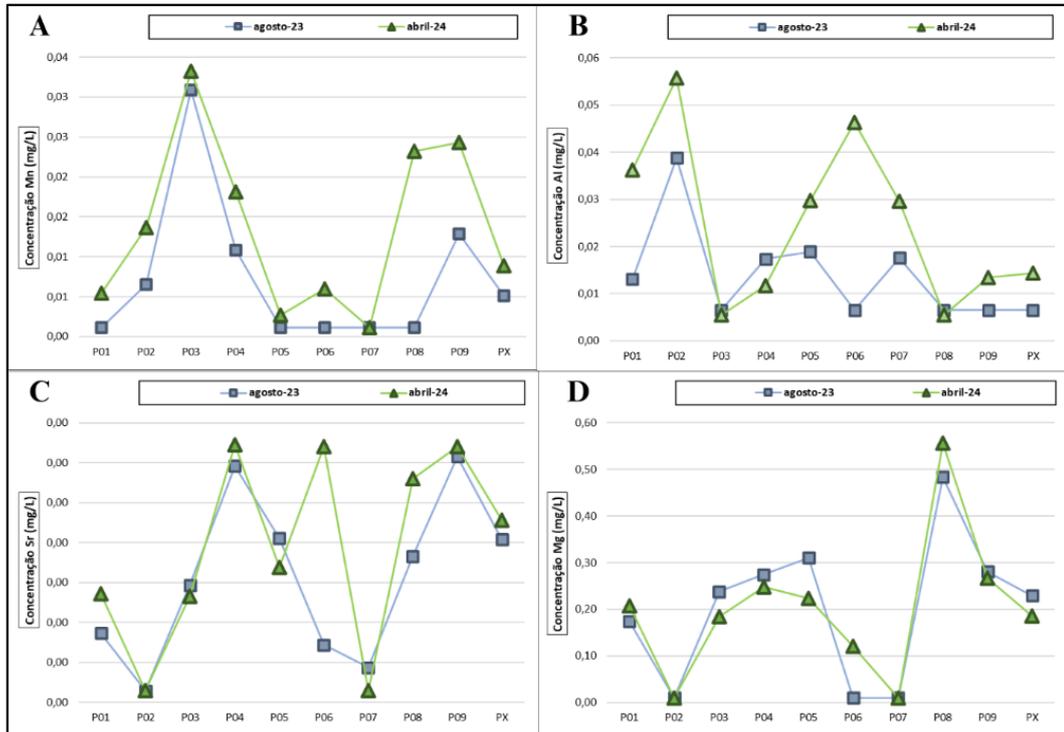
**Figura 8.4:** Gráfico de concentração de elementos químicos – Zinco.

As concentrações de Fe em período seco, nos pontos P06 e P08, de respectivamente, 0,28 e 0,27 mg/L, apresentam valores próximos ao limite de referência para potabilidade da portaria nº888 do Ministério da Saúde (2021) e da resolução CONAMA nº357 (2005), ambos de 0,30 mg/L. Em período chuvoso, as amostras dos pontos P02 e P09 apresentaram concentrações de Fe de 0,539 mg/L e 0,308 mg/L, acima dos limites estabelecidos pelas legislações (Figura 8.5). O ponto P03 apresentou concentração de Fe de 0,202 mg/L, próxima aos limites de referência.



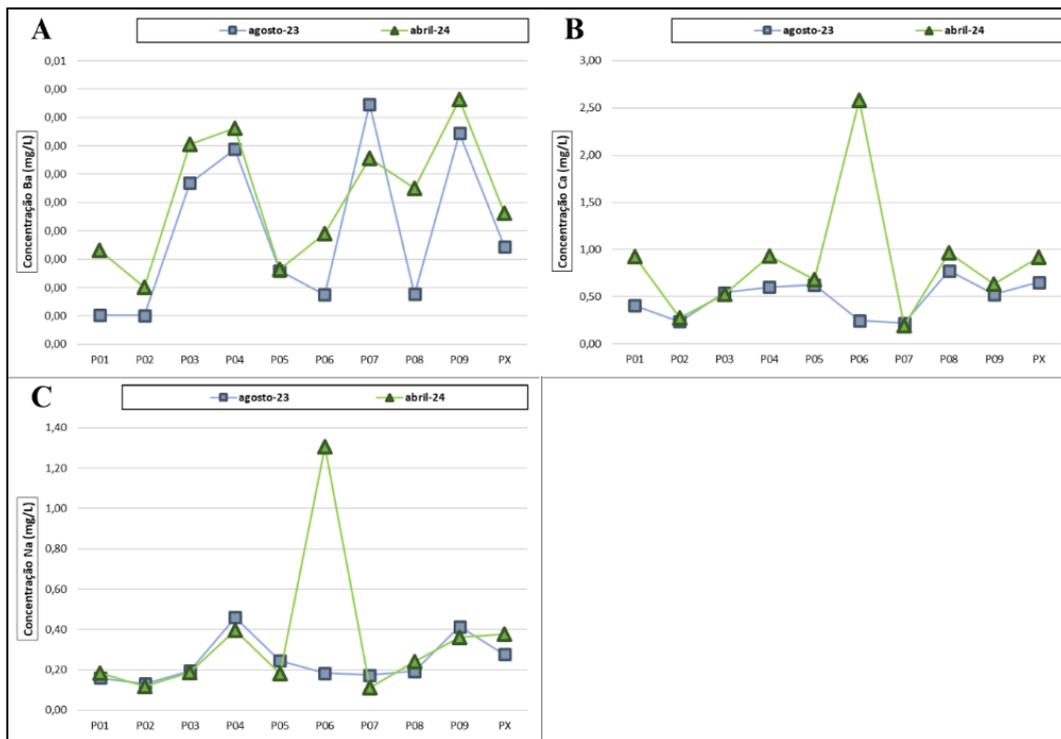
**Figura 8.5:** Gráfico de concentração de elementos químicos – Ferro.

Há ocorrência de concentrações muito baixas de Mn, Al, Sr e Mg em todos os pontos de forma irregular entre os períodos seco e chuvoso. Os gráficos de concentração estão apresentados na Figura 8.6.



**Figura 8.6:** Gráficos de concentração de elementos químicos. A – Manganês. B – Alumínio. C – Estrôncio. D – Magnésio.

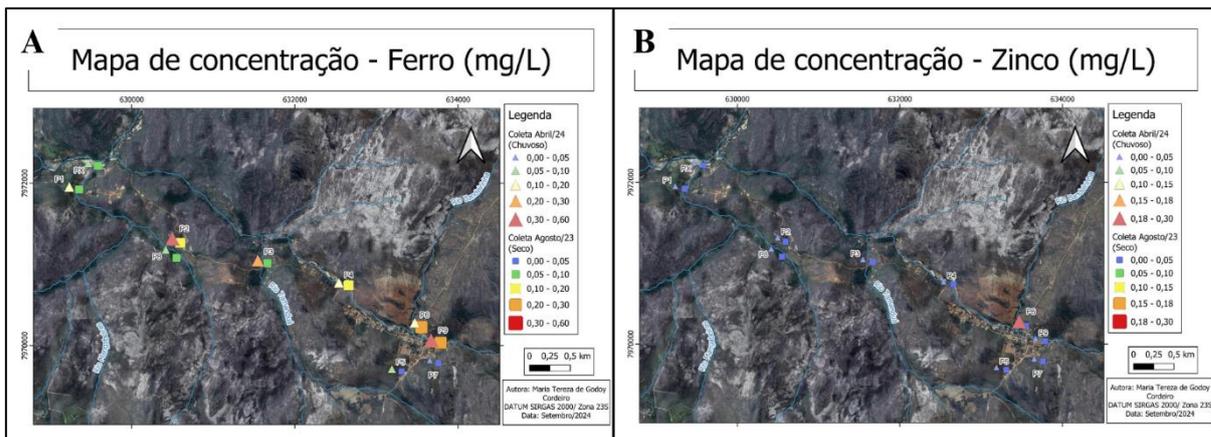
Há ocorrência de concentrações muito baixas de Ba, Ca e Na em todos os pontos entre os períodos seco e chuvoso. Os elementos Ca e Na apresentam as maiores concentrações no ponto P06 em período chuvoso. Os gráficos de concentração estão apresentados na Figura 8.7.



**Figura 8.7:** Gráficos de concentração de elementos químicos. A – Bário. B – Cálcio. C – Sódio.

A maioria dos pontos amostrados apresentam concentrações relevantes de Fe (Figura 8.8\_A), mas somente os pontos P02 e P08 ultrapassam os limites permitidos pelas legislações, em período chuvoso (triângulos vermelhos no mapa). As concentrações mais altas, em período seco, se concentram na sede do distrito, nos pontos P04, P06 e P08, mas também ocorre uma concentração média (quadrado amarelo no mapa) no ponto P02. O ponto P07, conhecido por Fonte do Rica, apresenta baixas concentrações de Fe em ambos períodos, indicando um bom local para captação de água de consumo.

Para o Zn, a concentração ultrapassa os limites de balneabilidade pela legislação somente no ponto P06 em período chuvoso (triângulo vermelho no mapa - Figura 8.8\_B). Os demais pontos apresentam baixas concentrações para Zn, tanto em período seco (quadrado azul) quanto em período chuvoso (triângulo azul).



**Figura 8.8:** Mapas de concentração de elementos químicos. A – Ferro. B – Zinco.

Em período chuvoso, o nível de ferro aumenta devido maior infiltração de água no solo, carreando material para as águas superficiais, ocorre também, maior ocorrência de erosão nas margens e a própria movimentação do fundo do rio que gera aparição de íons em suspensão. O elemento ferro tem mais de um estado de oxidação, sendo o íon ferroso ( $Fe^{+2}$ ) o mais solúvel e frequente na natureza. Em ambientes redutores, o ferro sofre complexação, passando para estado coloidal. Nessa situação, o ferro permanece na água e em níveis de concentração elevada, não sendo filtrado nem em membranas de  $0,45 \mu m$  (Moruzzi e Reali, 2012), ou seja, nas amostras de água.

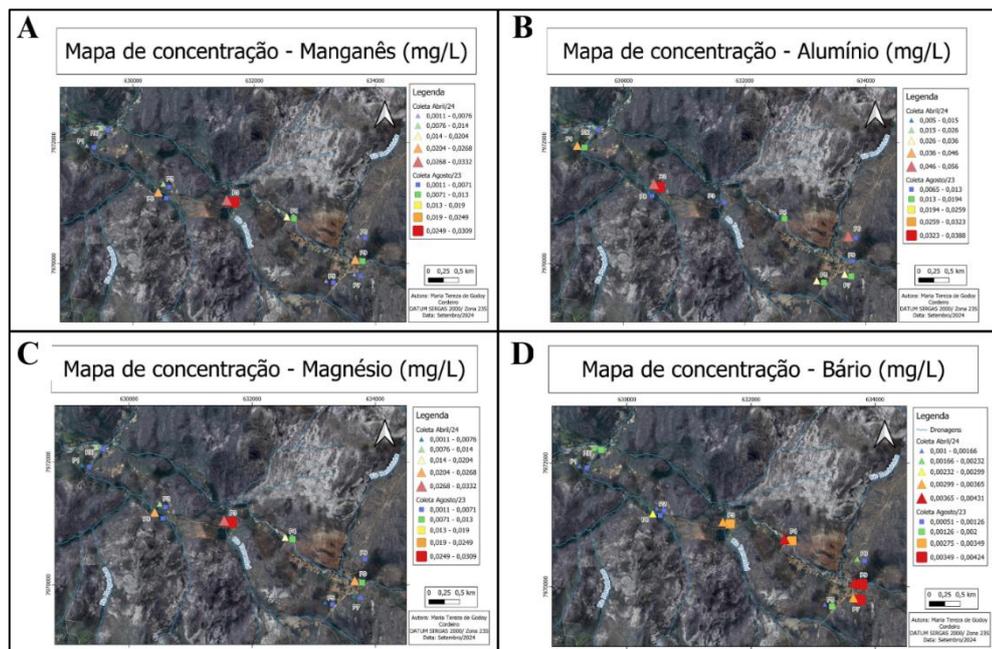
Há presença de litologias com presença de minerais ferromagnesianos no local, sendo objeto de estudo para entendimento da dinâmica sazonal local. As principais doenças associadas a consumo de água com excesso de ferro são: distúrbios gastrointestinais; hemacrose; danos ao fígado e problemas cardiovasculares. A cor e sabor da água com presença de metais pode ser alterada, podendo causar irritações de pele e impactos na saúde dental.

O zinco é moderadamente solúvel em água, podendo aumentar de solubilidade em águas ácidas ou com presença de certos ácidos naturais ou contaminantes industriais. O zinco existe em diferentes estados de oxidação, estando disponível na natureza principalmente como íon ( $Zn^{+2}$ ), que pode interagir com outros compostos formando carbonatos ou sulfatos. Também pode ligar-se a matéria orgânica dissolvida e partículas sólidas, aumentando a sua biodisponibilidade e potencial de toxicidade. Sendo um dos metais mais pesados, o zinco tende a se acumular no fundo dos rios, mas com a movimentação das águas, como em períodos chuvosos, tende a ser transportado por correntes e acumulados junto a sedimentos no fundo de poços. Altas concentrações de zinco em água podem causar sintomas gastrointestinais como náusea, vômito, cólicas abdominais e diarreias. A exposição prolongada a contaminação pode levar a deficiências de absorção de cobre, podendo resultar em anemia e alterações no sistema nervoso.

A seguir são apresentados os mapas de concentração dos elementos químicos Mn (Figura 8.9\_A), Al (Figura 8.9\_B), Mg (Figura 8.9\_C), Ba (Figura 8.9\_D), Na (Figura 8.10\_A), Ca (Figura

8.10\_B) e Sr, (Figura 8.10\_C), com as respectivas localidades onde foram encontradas, em período chuvoso e seco. Como nenhuma das concentrações ultrapassa os valores máximos estabelecidos pelas legislações, nesses gráficos a escala segue o padrão de vermelho para maiores valores e azul para os menores valores.

O ponto P02 apresenta os menores valores de concentração para Ba, Na e Ca, e os maiores valores para Al e Mn, entende-se que o local, que é uma nascente de água possivelmente muito pura, está inserido em zona de dique ou soleira, apresentando valores anômalos para o Fe, em período chuvoso, pela presença de rochas máficas. Por fim, o ponto P04, conhecido como Fonte do Rica, apresenta os menores valores para os elementos Mn, Mg, Al, Ba, Na e Ca, mostrando ser um local com poucas mineralizações e outras possíveis fontes de contaminação, sendo bom para consumo de água na sede do distrito.



**Figura 8.9:** Mapas de concentração de elementos químicos. A – Manganês. B – Alumínio. C – Magnésio. D – Bário.

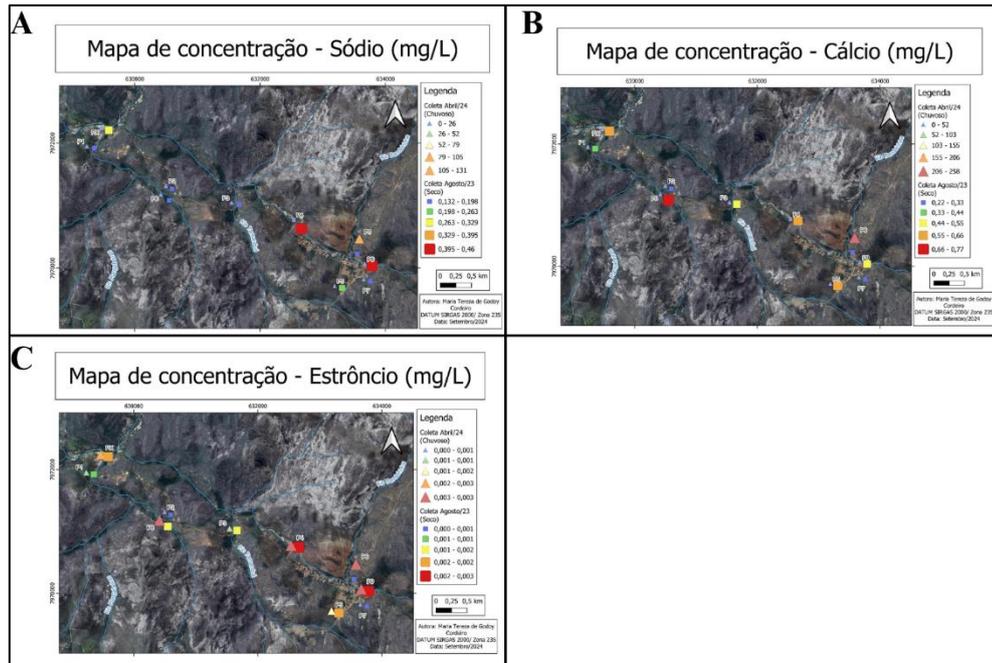


Figura 8.10: Mapas de concentração de elementos químicos. A – Sódio. B – Cálcio. C – Estrôncio.

### 8.2.2 Análise ICP-MS

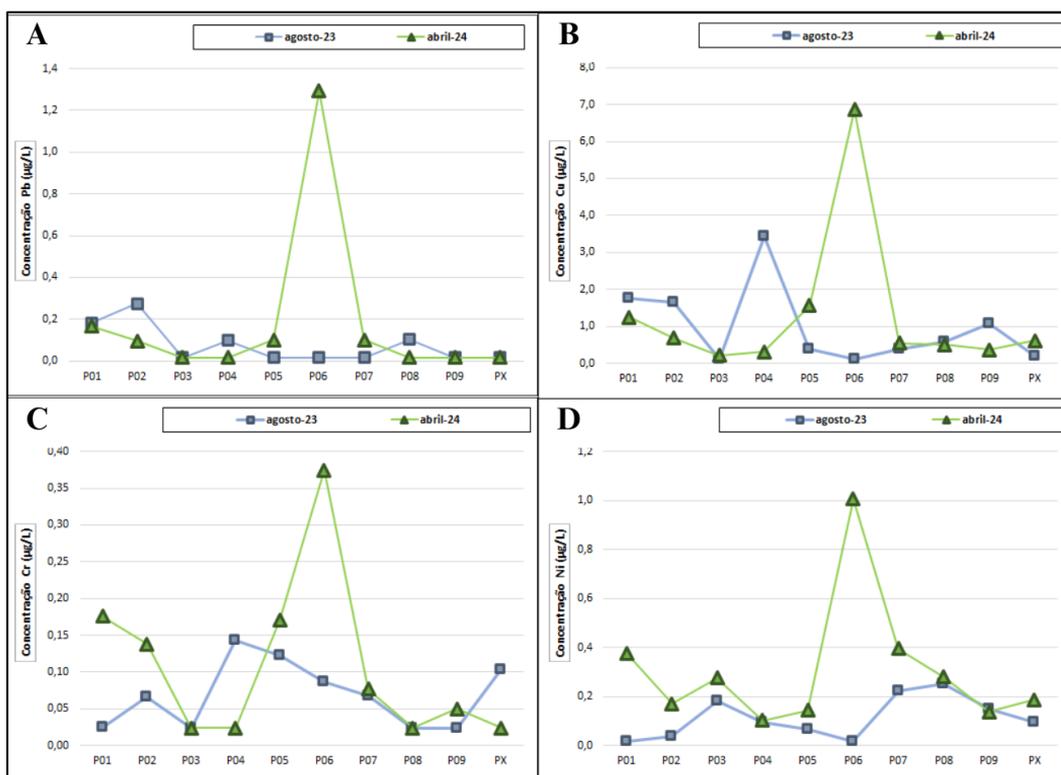
O resultado da análise química dos elementos para os meses de Agosto de 2023 e Abril de 2024 não apresentaram amostras com concentrações acima dos limites de referência para qualidade das águas superficiais pela resolução CONAMA nº357 (2005) e para potabilidade pela Portaria nº888 do Ministério da Saúde (2021). Os resultados são apresentados na Tabela 8.6.

**Tabela 8.6:** Resultados Amostra – ICP-MS – Agosto de 2023 e Abril de 2024.

Identificação		AGOSTO DE 2023							ABRIL DE 2024						
		Cr (µg/L)	Co (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	As (µg/L)	Rb (µg/L)	Pb (µg/L)	Cr (µg/L)	Co (µg/L)	Ni (µg/L)	Cu (µg/L)	As (µg/L)	Rb (µg/L)	Pb (µg/L)
Px	Rio Pardo Pequeno	0,10	0,11	0,09	0,19	0,04	0,39	<LQ	<LQ	0,19	0,19	0,61	0,08	0,58	<LQ
P01	Cachoeira do Jardim dos Orixás	<LQ	0,05	<LQ	1,75	0,04	0,23	0,18	0,18	0,26	0,38	1,25	0,14	0,37	0,17
P02	Nascente do Rancho do Jardim	0,07	0,43	0,04	1,64	0,61	0,08	0,28	0,14	0,99	0,17	0,69	0,21	0,06	0,10
P03	Córrego do Bexiga (Ponte de Pedra)	<LQ	0,53	0,18	0,11	0,04	0,19	<LQ	<LQ	0,70	0,28	0,21	0,06	0,18	<LQ
P04	Cachoeira do Barão	0,14	0,15	0,10	3,44	0,04	0,86	0,10	<LQ	0,24	0,10	0,31	0,07	0,78	<LQ
P05	Caixa d'água 1/ Rio Matão	0,12	0,03	0,07	0,37	<LQ	0,14	<LQ	0,17	0,06	0,14	1,56	0,05	0,14	0,10
P06	Caixa d'água 2/ Rio Bandeirinha	0,09	0,04	<LQ	0,10	0,03	0,34	<LQ	0,37	0,18	1,01	6,87	0,15	1,14	1,29
P07	Fonte do Rica	0,07	0,09	0,22	0,40	0,03	0,21	<LQ	0,08	0,10	0,40	0,54	0,04	0,03	0,10
P08	Rio Mangabeiras (Rancho)	<LQ	0,08	0,25	0,58	<LQ	0,32	0,10	<LQ	0,97	0,28	0,51	0,04	0,14	<LQ
P09	Rio Braúnas / Córrego Capão	<LQ	0,21	0,15	1,08	0,04	0,91	<LQ	0,05	0,33	0,14	0,36	0,07	0,85	<LQ
<b>LQ</b>		<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,04</b>

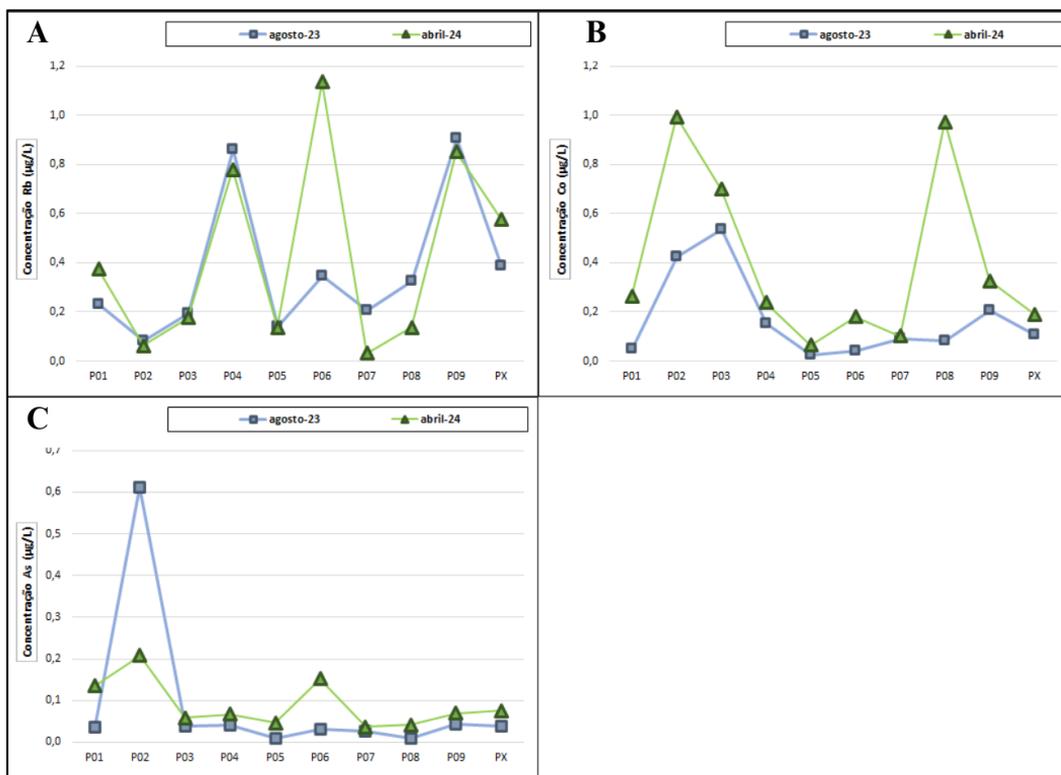
Mesmo sem haver valores significativos na análise por ICP-MS, foi realizada as etapas de análise e discussão dos resultados, visto que é possível identificar o comportamento sazonal das concentrações químicas e possíveis correlações. A seguir serão apresentados os gráficos de concentrações obtidas para cada elemento analisado, possibilitando, assim, uma melhor visualização dos resultados e comparação entre as duas coletas realizadas.

Os elementos Pb, Cu, Cr e Ni (respectivamente, Figura 7.14\_A, Figura 7.14\_B, Figura 7.14\_C e Figura 7.14\_D) apresentam comportamento semelhante, sendo as maiores concentrações encontradas no P06 em período chuvoso, com valores bem acima das demais amostras.



**Figura 8.11:** Gráficos de concentração de elementos químicos. A – Chumbo. B – Cobre. C – Cromo. D – Níquel.

Os elementos Rb, Co e As (respectivamente, Figura 7.15\_A, Figura 7.15\_B e Figura 7.15\_C) apresentam comportamento difuso ao longo dos períodos. Para o elemento químico Rb as maiores concentrações de período chuvoso estão em P04, P06 e P09, com valores de 0,78; 1,14 e 0,85 µg/L. Em período seco, a concentração de Rb, permanece nos pontos P04 e P09, com valores de 0,86 e 0,91 µg/L. Para o Co, as maiores concentrações são encontradas nos pontos P02 e P08 em período chuvoso, com valores de 0,99 e 0,97 µg/L. Em período seco, o ponto com maior concentração de Co é o P03, com valor de 0,53 µg/L. A maior concentração do elemento químico As, está no ponto P02 em período seco, com valor de 0,21 µg/L.



**Figura 8.12:** Gráficos de concentração de elementos químicos. A – Rubídio. B – Cobalto. C – Arsênio.

### 8.2.3 Correlações entre elementos químicos

Os elementos químicos analisados têm suas fontes naturais em rochas sedimentares, metamórficas e ígneas, sendo associados, em grande parte, a zonas mineralizadas, sendo que as concentrações podem aumentar, nas águas superficiais, por ação antrópica. Sr, Ca, K, Na e P são comumente encontrados na composição de fertilizantes e corretivos de solo, utilizados na agricultura, sendo que podem ser liberados nos rios através da lixiviação de solos.

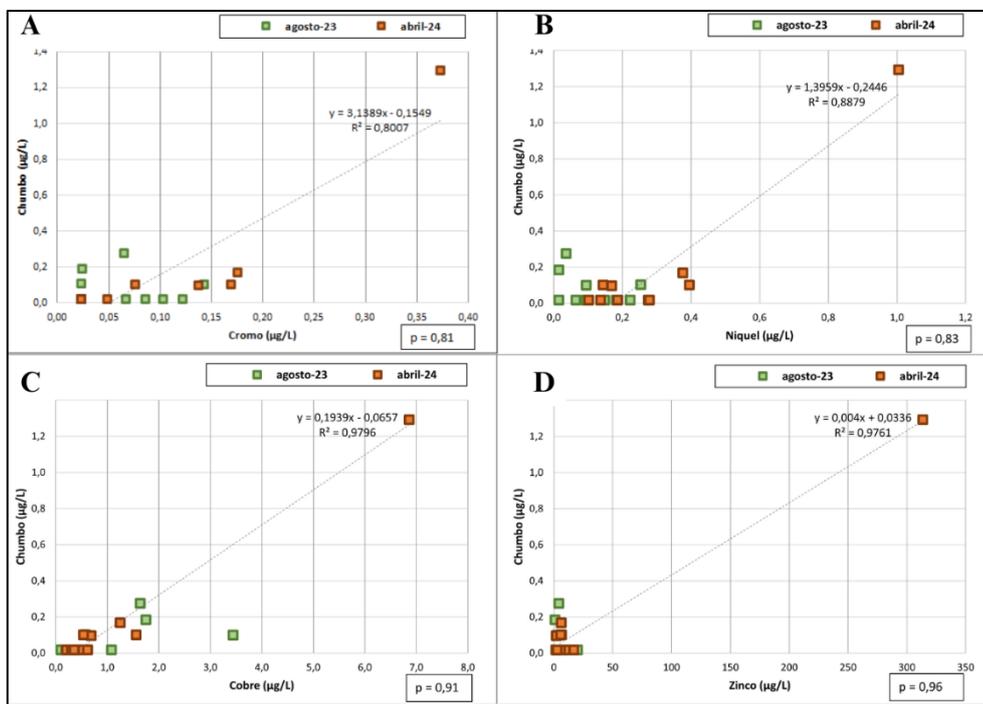
Associando a área de estudo, é possível identificar três principais grupos com suas respectivas fontes geológicas, sendo eles:

- Fe, Mn, Al, Mg, Na, Cr, Co, Ni, Cu e As são associados a rochas máficas e ultramáficas, como o caso da ocorrência de diques e soleiras.
- Ba, Sr, Zn, Ca, P e S são relacionados a rochas sedimentares clásticas e químicas, como o caso dos quartzitos e metaconglomerados das Formações Galho do Miguel e Sopa-Brumadinho.
- Por fim, Na, K e Rb são associados a granitos, como o embasamento local, Complexo Gouveia.

A análise revelou correlações positivas elevadas, superiores a 0,8, entre os elementos químicos Cr x Pb (Figura 8.13\_A), Ni x Pb (Figura 8.13\_B), Cu x Pb (Figura 8.13\_C) e Zn x Pb (Figura 8.13\_D). Essas correlações significativas podem ser atribuídas à reatividade desses metais, que têm a capacidade de formar compostos por meio de reações químicas específicas.

Além da formação de compostos, também ocorre o efeito de competição entre elementos, como a relação entre Ca e K com o Sr. A absorção de um desses elementos por organismos aquáticos pode aumentar a concentração de Sr livre na água, potencializando a toxicidade desse último (Liu et al., 2020).

Outro fenômeno relevante é o processo de complexação, no qual muitos desses metais se ligam à matéria orgânica, alterando sua biodisponibilidade e toxicidade na água; um exemplo é o cobre (Cu) (Fitzgerald et al., 2019). Além disso, reações de redução e oxidação podem modificar a presença de elementos, como o cromo, que é reduzido de sua forma hexavalente para trivalente em ambientes redutores, como sedimentos, alterando sua toxicidade (Wang et al., 2020). Os elementos zinco (Zn) e níquel (Ni) também podem passar por reações redox que influenciam sua solubilidade e toxicidade em águas superficiais (Morrison et al., 2018).



**Figura 8.13:** Gráficos de correlação entre elementos químicos. A – Cr x Pb. B – Ni x Pb. C – Cu x Pb. D – Zn x Pb.

## CAPÍTULO 9

### CONCLUSÃO

---

A utilização de diversas ferramentas para o monitoramento hídrico do distrito de Barão do Guaicuí demonstra a importância da análise qualitativa e quantitativa na avaliação do estado de conservação e preservação dos rios e córregos locais. As análises qualitativas-quantitativas, realizadas em conjunto com a comunidade local, do inventário de LIGs e serviços ecossistêmicos hídricos, protocolo de avaliação rápida de rios e córregos (PAR), e o diagnóstico participativo indicaram as percepções frente aos recursos hídricos locais.

Podendo ser citado, resumidamente, áreas de maior preservação dos recursos hídricos relacionadas a topo de planície, em regiões de menor acesso, onde ocorre os processos de recarga de água de aquíferos, sendo importantes locais de conservação. Esses locais são, também, visados por mineradoras de quartzito na região, pela presença da Formação Galho do Miguel. Os locais de maior degradação dos recursos hídricos são relacionados a proximidade de residências e locais de antigos garimpos, os quais observam-se presença de lixo, descarga de efluentes domésticos, presença de musgo e algas na água, margens erodidas, regiões de assoreamento.

Apesar das marcas de degradação ao longo do tempo, o resultado do PAR indica que a maioria dos trechos monitorados estão em condição levemente alterada e situação normal, indicando uma boa conservação do local. No diagnóstico participativo, os resultados possibilitam caracterizar a população como majoritariamente de idade acima dos 50 anos e do gênero feminino. A maioria das pessoas indica uma boa qualidade das águas que consomem. Quanto ao descarte de efluentes domésticos, 54,6% utilizam fossa séptica, 36,4% utilizam TEvap ou Círculo de Bananeiras, e 9,1% utiliza fossa seca. Quanto as doenças relacionadas a consumo de água, como sintomas de diarreia e náusea, somente uma pessoa apontou a recorrência dos sintomas por pelo menos uma vez ao mês, as demais indicaram não apresentar sintomas.

As análises bacteriológicas mostraram a presença de *E. Coli* em todos sete pontos amostrados em novembro de 2022, já em agosto de 2023, seis das nove amostras apresentaram a bactéria. As análises químicas de elementos maiores, menores e traços mostraram presença de ferro e zinco em concentrações acima dos limites estabelecidos pela legislação nos pontos amostrados. Há valores anômalos nos pontos referentes a caixa d'água que recebe água do córrego Bandeirinha (ou Bacalhau) e na cachoeira de Barão do Guaicuí, ou seja, valores muito acima do restante das amostras. Valores anômalos podem ter origem em ações antrópicas pontuais, atividades mineradoras ou industriais. Em período chuvoso, o ponto referente ao Rancho do Jardim dos Orixás apresenta os menores valores de concentração para os

elementos Ca, Na, K, Mg, Sr e Ba, todavia, apresenta concentração de ferro acima dos limites de concentração, além de concentrações de Al e Mn, entende-se que o local, que é uma nascente de água possivelmente muito pura, está inserido em zona de dique ou soleira, apresentando valores anômalos para esses elementos pela presença de rochas máficas.

Os resultados mostram a boa conservação do local, sendo que ações antrópicas, como o descarte de esgoto nos rios, extração de rochas ornamentais e garimpo são ameaças ao habitat natural. Pela cooperação da comunidade de Barão do Guaicuí o estudo se conclui mostrando que é possível a manutenção dos índices de conservação local, com ações individuais, comunitárias e públicas. O resultado mostra a importância da consciência individual e de grupo sobre os usos dos recursos hídricos locais.

Pelo trabalho é possível observar o grande potencial da região para o plantio de agroflorestas e turismo ecológico, que auxiliam na economia local. Algumas recomendações para a região é a disseminação do uso de TEvaps, que diminuem o uso de fossa séptica, diminuindo fontes de contaminação de solos, rios e córregos. O plantio de agroflorestas, tanto em regiões de morro quanto próximas aos rios, também se mostra importante na reconstrução das matas ciliares.

As contaminações microbianas e a presença de ferro e zinco nas águas, principalmente nas caixas d'água, mostra a necessidade de monitoramento e investimento pelos órgãos públicos locais. Sendo necessário mais estudos para o entendimento das dinâmicas entre as águas superficiais e profundas do local, assim como a vulnerabilidade do aquífero e as fontes de contaminação, podendo manter a boa conservação dos recursos hídricos da região.

O conhecimento tradicional dos moradores mostra a importância dos recursos hídricos nos quesitos culturais, socioambientais, econômicos e religiosos. De forma geral, as trocas de conhecimento com moradores mostram a importância da disseminação do conhecimento para manter a conscientização ambiental, já afluída na população local, principalmente na continuidade de projetos já existentes. Em conjunto com a comunidade, poder público, ONGs e demais instituições é possível manter a conservação dos recursos hídricos de Barão do Guaicuí para as gerações futuras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ALBUQUERQUE, F.A. 2017. *Avaliação de serviços hidroclimáticos em bacias hidrográficas de Pernambuco*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/41025>
- ALKMIM F.F., PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., CRUZ, S.C.P. 2007. Sobre a evolução do Orógeno Araçuaí-Congo Ocidental. *Geonomos*, 15(1):25-43.
- ALKMIM, F.F., MARSHAK, S., PEDROSA-SOARES, A.C., PERES, G.G., CRUZ, S., WHITTINGTON, A. 2006. Kinematic evolution of the Araçuaí–West Congo orogen in Brazil and Africa: nutcracker tectonics during the Neoproterozoic assembly of Gondwana. *Precambrian Res.* 149, 43–64.
- ALMEIDA ABREU, P. A. 1993. *A evolução geodinâmica da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brasil*. Diss. Doutorado. Freiburg (Alemanha) Univ. Freiburg, Geol. Inst. 150 p.
- ALMEIDA-ABREU, P.A. 1995. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais: o rifte, a bacia e o orógeno. *Geonomos*, 3(1): 1-18.
- ANA. 2013. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013*. Brasília: 432 p.
- BARBOSA. 2017. *Tópicos em Sustentabilidade & Conservação* / organizadores: Bruno Corrêa Barbosa ... [et al.]. – Juiz de Fora, MG: Edição dos autores, 2017. 107 p.: il. 21 x 29,7 cm. ISBN: 978-85-92704-01-8
- BARBOUR, M. T. *et al.* 1999. Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish. *Washington: Environmental Protection Agency*, cap. 5, v. 2.
- BRASIL. 2005. *Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente*. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfcd\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf). Acesso em: 05 de janeiro de 2023.
- BRAUMAN, K.A., DAILY, G.C., DUARTE, T.K., MOONEY, H.A. 2007. The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 32, 6.1–6.32.
- BRILHA, J. 2005. *Patrimônio Geológico e Geoconservação – A conservação da natureza na sua vertente geológica*. Palimage Editores, Viseu, 190p. ISBN: 972-8575-90-4

- BRILHA, J. 2015. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. *Geoheritage*. 8:119–134.
- BUREK, C. V., PROSSER, C. D. 2008. *The history of geoconservation: an introduction*. In: C. V. BUREK & C. D. PROSSER (Ed.): The history of geoconservation: 1-5. The Geological Society, London. DOI: <https://doi.org/10.1144/SP300.1>.
- CAIRNS Jr., J.; PRATT, J. R. 1993. *A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates*. In: *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates* (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, ed.), pp. 10-27, New York: Chapman & Hall.
- CALLISTO, M., FERREIRA, W., MORENO, P., GOULART, M.D.C.; PETRUCIO, M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*. 14(1): 2002. p.91 - 98. 52.
- CAMARGOS, L. M.M. 2004. *Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio das Velhas: resumo executivo dezembro 2004*. Belo Horizonte : Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2005.
- CARCAVILLA L.U., MARTINEZ, J.L., VALSERO, J.J.D. 2007. *Património geológico e geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación com los espacios naturales protegidos*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 360p.
- CARPENTER, S. R., et al. (1998). Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559-568.
- CARVALHO, I. G. 1995. *Fundamentos da geoquímica dos processos exógenos*. Salvador, Bureau Gráfica e Editora Ltda. 239p.
- CARVALHO, I. C. M. 2008. *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico*. 4. ed. São Paulo: Cortez.
- CBH Rio das Velhas. 2021. *Apresentação*. <https://cbhvelhas.org.br/apresentacao>.
- CBH Rio Das Velhas. 2021. *Atualização do Plano Diretor de Recursos Hídricos*. <https://cbhvelhas.org.br/plano-diretor-cbh-velhas>.
- CBH Rio das Velhas. 2019. *Conheça e preserve: Pelos trilhos de Barão de Guaicuí*. Disponível em: <<https://cbhvelhas.org.br/noticias/conheca-e-preserve-pelos-trilhos-de-barao-de-guaicui/>>. Acesso em: 29 de maio de 2023.
- CODEMIG. 2012. *Folha Diamantina - SE.23-Z-A-III*, Escala 1:100.000.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., GROOT, R., FABER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN

- BELT, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387:253–260.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2019. *Mapa Hidrogeológico: Águas do Norte de Minas*. Belo Horizonte, MG.
- DOSSIN, I.A., UHLEIN, A., DOSSIN, T.M. 1984. Geologia da Faixa Móvel Espinhaço em sua porção meridional, MG. Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro: *Anais, Sociedade Brasileira de Geologia 2*, pp. 3118–3132.
- DOSSIN, I.A., DOSSIN, T.M., CHAVES, M.L.S.C. 1990. Compartimentação Estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais - os Grupos Diamantina e Conselheiro Mata. *Rev. Bras. Geosci.* 20, 178–186.
- DOSSIN, I.A., GARCIA, A.J.V., UHLEIN, A., DARDENNE, M.A., DOSSIN, T.M. 1987. Fácies eólicas na Formação Galho do Miguel. Supergrupo Espinhaço (MG). Simpósio sobre Sistemas Depositionais no Pre-Cambriano, Ouro Preto: *Atas, Sociedade Brasileira de Geologia*, pp. 85–96.
- DUSSIN, I.A., DUSSIN, T.M. 1995. Supergrupo Espinhaço: Modelo de evolução geodinâmica. *Geonomos* 3, 19–26.
- EMBRAPA. 2019. *Marco referencial em serviços ecossistêmicos* / FERRAZ, R.P.D., PRADO, R.B., PARRON, L.M., CAMPANHA, M.M. editores técnicos. Brasília, DF : Embrapa, 2019. P. 160. ISBN 978-85-7035-909-4
- EMBRAPA TERRITORIAL. 2018. *Satélites de Monitoramento*. Campinas, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento> >. Acesso em: 13 ago. 2023
- FITZGERALD, J., et al. 2019. Impact of Organic Matter on the Bioavailability of Metals in Aquatic Systems. *Environmental Science & Technology*, 53(15), 9025-9033.
- FOGAÇA, A.C.C., ALMEIDA-ABREU, P. A., SCHORSCHER, H. D. 1984. *Estratigrafia da seqüência supracrustal arqueana na porção mediana central da Serra do Espinhaço, MG*. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 33, Atas 6, p. 2652-2667
- FREIRE, R.R. 2013. *Integridade ambiental de corpos d'água: degradação ambiental, funções ecossistêmicas e perda de serviços ecossistêmicos no baixo São Francisco*. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.
- GAIÃO, L.M. 2017. *MODELAGEM E VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS HÍDRICOS E DA GEODIVERSIDADE ASSOCIADA NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG*. Tese (Doutorado em Engenharia Geológica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

- GARCIA MGM. 2019. Ecosystem services provided by geodiversity: Preliminary assessment and perspectives for the sustainable use of natural resources in the coastal region of the State of São Paulo, Southeastern Brazil. *Geoheritage*, 11: 1257–1266
- GARCIA, J., RIBEIRO-ROMERO, A. 2019. Modelagem econômico-ecológica como apoio para a avaliação dos serviços ecossistêmicos em bacias hidrográficas. *Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica*, 2019, Vol. 29, p. 33-52, <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/354353>.
- GRAY, M. 2004. *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. John Willey & Sons.
- GRAY, M. 2012. Valuing Geodiversity in an “Ecosystem Services” Context. *Scottish Geographical Journal*, 128(3-4), 177–194. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14702541.2012.725858>>. Acesso em 17 de março de 2021.
- GRAY M. 2013. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature (2 ed.)*. Chichester, John Wiley & Sons, 495 p.
- GRAY, M. 2018. The confused position of the geosciences within the “natural capital” and ecosystem services” approaches. *Ecosystem Services*, 34, 106–112. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.10.010>>. Acesso em 17 de março de 2021.
- GRAY, M. 2019. Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society. *International Journal of Geoheritage and Parks*. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.11.001>>. Acesso em 17 de março de 2021.
- HACKBART, V. C. S. 2016. *Serviços ecossistêmicos hídricos em paisagens fragmentadas: um caminho para a conservação da mata atlântica*. 130p. Tese (doutorado) – instituto de biociências da universidade de são Paulo. Departamento de ecologia. São Paulo 2016
- HANNAFORD, M.J.; BARBOUR, M.T.; RESH, V.H. 1997. Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 16, n. 4, 1997. p. 853-860.
- HJORT, J.; GORDON, J.E.; GRAY, M.; HUNTER Jr, M.L. 2015. Why geodiversity matters in valuing nature’s stage. *Conservation Biology*, 29(3): 630-639. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/cobi.12510>>. Acesso em 17 de março de 2021.
- Ho, L. Q., et al. 2016. Toxic cyanobacteria in freshwater: a review of their ecological and human health impacts. *Frontiers in Microbiology*, 7, 302.
- KRENAK, Ailton. *Ideias para Adiar o Fim do Mundo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

- KNAUER, L.G. 1999. *Aspectos estratigráficos e estruturais das unidades proterozóicas da Serra do Espinhaço Meridional e suas implicações para a caracterização do Evento Uruçuano*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 226 p.
- KNAUER, L.G. 2007. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos*, 15(1): 81-90.
- LIMA, J. P. 2020. *Geoconservação: inventário e análise de Lugares de Interesse Geológico da zona de amortecimento na porção Sudoeste do Parque Nacional da Serra do Gandarela, Minas Gerais*. Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais.
- LIU, Y., et al. 2020. Heavy metal accumulation and toxicity in aquatic organisms: A review. *Environmental Pollution*, 262, 114297.
- LOURENÇO, G., DRUMMOND, I. & CARNEIRO, J. 2022. *Relatório sobre área de tombamento na região de Barão de Guaicuí, Minas Gerais*. Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais.
- MACHADO, A. L. S.; PACHECO, J. B. 2010. Serviços ecossistêmicos e o ciclo hidrológico da bacia hidrográfica amazônica-the biotic pump. *Revista Geonorte*, v. 1, n. 1, Ano 01, p. 71-89, 2010.
- MACHADO, N., SCHRANK, A., ABREU, F.R., KNAUER, L.G. & ALMEIDAABREU, P.A. 1989. *Resultados preliminares da geocronologia U-Pb na Serra do Espinhaço Meridional*. Belo Horizonte, SBG/MG, Bol. 10, p. 171- 174.
- MACIEL, M. G. 2022. *Geoconservação da área de tombamento da bacia do rio Mangabeiras, Barão do Guaicuí, Gouveia – MG*. Universidade Federal de Ouro Preto. Minas Gerais.
- MARTINS-NETO, M. A. 1993. *The sedimentary evolution of a Proterozoic rift basin - The basal Espinhaço Supergroup, southern Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brazil*. Diss. Doutorado. Freiburg (Alemanha). Univ. Freiburg, Geol. Inst.
- MARTINS-NETO, M. A. 1998. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: registro de uma bacia rifte-sag do Paleo/Mesoproterozóico. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, SP, v. 28, n. 2, p. 151-168, 1998.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. *Conceptual Framework*. In: *Ecosystems and Human Wellbeing: A Framework for Assessment*. Island Press, p. 1-25.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2021. *Portaria Gm/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021*. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_07\\_05\\_2021.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html). Acesso em: 04/12/2022
- MORAES, B. S., ORQUIZ, M. R., VARGAS, J. R. N., BRAVO, M. S., CASTRO, F. B. 2020. *TECNOLOGIA ALTERNATIVA E SUSTENTÁVEL PARA TRATAMENTO DE ÁGUA NO*

- MEIO RURAL. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9, 980–995.  
<https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020980-995>
- MORENO, P.; BARBOSA, F.A.R. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups. Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 61:259-266.
- MORRISON, G. R., et al. 2018. Redox Behavior of Metals in Surface Water. *Water Research*, 139, 119-129.
- MUÑOZ, A.M.M., FREITAS, S.R. 2017. IMPORTÂNCIA DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NAS CIDADES: REVISÃO DAS PUBLICAÇÕES DE 2003 A 2015. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS* Vol. 6, N. 2. P.89-104.
- OLIVEIRA C.K.R. 2016. *Proposta de Classificação de Relevância de Quedas d'água como Subsídio à Conservação*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 129p.
- NASCIMENTO, R.G. ET AL. 2016. *ESTUDO DO CARVÃO ATIVADO DO MESOCARPO DO COCO (Cocos nucifera L.) E DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA NO TRATAMENTO DE ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO*. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB – 21 a 24/11/2016.
- OLIVEIRA, E. S.; VELOSO, J. H. P; ROSSONI, H. A. V. 2021. Aplicação do protocolo de avaliação rápida (PAR) na caracterização da qualidade ambiental de trechos do rio Piumhi, Minas Gerais - Brasil. *Revista For Science*, Formiga, v. 9, n. 2, p. 1-17.
- OLIVEIRA, M.G.V. 2021. *Estudo Geofísico em uma Área na Zona de Recarga do Sistema Aquífero Guarani*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista.
- ONU. Programa da Década da Água da ONU-Água sobre Advocacia e Comunicação (UNW-DPAC). 2015. *O Direito Humano à Água e Saneamento*. [8p]. Disponível em: <[http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human\\_right\\_to\\_water\\_and\\_sanitation\\_media\\_brief\\_por.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf)> Acesso em: 24 de nov. 2020. 54
- ONU, 2018. *Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: Relatório-Síntese 2018 sobre Água E Saneamento. Resumo Executivo*. Disponível em: [https://www.unwater.org/app/uploads/2018/11/UN-Water\\_SDG6\\_Synthesis\\_Report\\_2018\\_Executive\\_Summary\\_BRZ.pdf](https://www.unwater.org/app/uploads/2018/11/UN-Water_SDG6_Synthesis_Report_2018_Executive_Summary_BRZ.pdf)>. Acesso em: 05 de abril de 2022.
- OSTANELLO M.C.P. 2012. *Patrimônio geológico do Parque Estadual do Itacolomi (Quadrilátero Ferrífero, MG): inventariação e análise de lugares de interesse geológicos e trilhas geoturísticas*.

- Dissertação de Mestrado. Departamento de Geologia, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 204p.
- PARRON, L.M., GARCIA, J.R., OLIVEIRA, E.B. de, BROWN, G.G., PRADO, R.P. (eds.). 2015. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. *Embrapa Florestas*, 370 p.
- PATERNIANI, J. E. S., SILVA, M. J. M., RIBEIRO, T. A. P., BARBOSA, M. 2011. *Pré-filtração em pedregulho e filtração lenta com areia, manta não tecida e carvão ativado para polimento de efluentes domésticos tratados em leitos cultivados*. Saneamento e Controle Ambiental - Eng. Agríc. 31 (4), 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000400018>
- PEREIRA R.G.F.A. 2010. *Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)*. Tese de Doutorado. Escola de Ciências, Universidade do Minho, Portugal, 318p.
- PFLUG, R. 1968. *Observações sobre a estratigrafia da Série Minas na região de Diamantina, MG; DNPM, RJ - Notas Preliminares e Estudos*. (142); 20p.
- PICCOLI, A. S.; KLIGERMAN, D. C.; COHEN, S. C.; ASSUMPCÃO, R. F.; A. 2016. Educação Ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água. *Ciênc. saúde colet*. 21 (3) Mar 2016.
- POTSCHIN, M. HAINES-YOUNG. 2013. Landscapes, sustainability and the place-based analysis of ecosystem services. *Landscape Ecology*, 28(6):1053-1065.
- RODRIGUES-MAIA, F. 2023. EVAPOTRANSPIRATION TANK (TEvap): A SUSTAINABLE SOLUTION FOR RURAL SANITATION. *Journal of Interdisciplinary Debates*, 4(02), 114–142. <https://doi.org/10.51249/jid.v4i02.1388>
- RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Adaptation of a rapid assessment protocol for rivers on rocky meadows. *Acta Limnologica Brasiliense*, Sorocaba, v. 20, n. 4, p. 291-303, 2008.
- RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-170, 2008.
- RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A.; MALAFAIA, G. Utilização dos protocolos de avaliação rápida de rios como instrumentos complementares na gestão de bacias hidrográficas envolvendo aspectos da geomorfologia fluvial: uma breve discussão. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1- 9, 2010.
- SAAD, S. I. 2015. *Modelagem e valoração dos serviços ambientais hidrológicos na recuperação da vegetação no Ribeirão das Posses, Extrema, MG*. Orientador Humberto Ribeiro da Rocha – São

Paulo 169 f.: il; 30 cm. Tese (doutorado em ciência ambiental) – programa de pos graduação em ciência ambiental – instituto de energia e ambiente da universidade de são Paulo

SAADI, A. 1995. A geomorfologia da Serra da Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. *Geonomos* 3:41- 63.

SABEI, T.R., BASSETTI, F.J. 2013. ALTERNATIVAS ECOEFICIENTES PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES EM COMUNIDADES RURAIS. *IX Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 9, n. 11, 2013, pp. 487-503

SAITO, C. H.; FRANCO, E. M.; VASCONCELOS, I. P.; GRAEBNER, I. T.; DUSI, R. L. M. 2000. *Educação Ambiental na Cachoeira do Morumbi (Planaltina –DF)*. Brasília: Ed. da UnB,2000. 119 p

SALES, B.E.S.S. 2022. *Protocolo de avaliação rápida: ferramenta para análise da qualidade dos recursos hídricos*. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO. UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, MINAS GERAIS.

SCHOLL, W.U., FOGAÇA, A.C.C. 1979. Estratigrafia da Serra do Espinhaço na região de Diamantina. Simpósio de Geologia de Minas Gerais, Diamantina: *Anais, Sociedade Brasileira de Geologia*, pp. 55–73.

SCHULER, A. E. *et al.* 2017. *Seviços Ecosystemicos Hídricos in Manual para Pagamento por Seviços Ambientais Hídricos – Seleção de áreas e monitoramento*. Brasília, DF: Embrapa , 2017.

SENAR. 2019. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural Saúde: saneamento rural / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: *Senar*, 2019. 84 p. il.; 21 cm – (Coleção Senar, 226) ISBN 978-85-7664-226-8

SERRANO, E.; RUIZ-FLAFIO, P. 2007. Geodiversity: a theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*, 62: 140-147. Disponível em: < <https://gh.copernicus.org/articles/62/140/2007/gh-62-140-2007.pdf>>. Acesso em 25 de novembro de 2021.

SILVA, J.C.A. (2017). *TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO*.

Silva, L. A., & Costa, M. M. (2019). *Avaliação da qualidade da água em propriedades rurais: impacto do escoamento após chuvas*. *Ciência Rural*, 49(8), e20180613.

SILVA, M. L. N., NASCIMENTO, M. A. L. 2019. O sistema de valoração da geodiversidade, com enfoque nos serviços ecossistêmicos sensu Murray Gray. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 14(1): 79-90.

SILVA, M. L. N. 2016. *Geodiversidade da cidade do Natal: valores, classificações e ameaças*. 1-170. Monografia (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

- SILVA, M. S.; VIANA, T. H. C.; GOUVEIA, C. L.; PETERS, L. P. 2023. *Produção e aplicação de filtro de baixo custo com carvão ativado a partir do resíduo de caroço de açaí nativo*. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 33, n. 2, e71315, p. 1-18. DOI 10.5902/1980509871315. <https://doi.org/10.5902/1980509871315>
- SILVA, R.R. 1998. As bacias proterozóicas do Espinhaço e São Francisco em Minas Gerais: uma abordagem do ponto de vista da estratigrafia de seqüências. *Geonomos*, 6(1): 1-12
- SOUZA, R. N. S. de.; LUCENA, T. K. P.; SILVA, A. A. D.; SOUZA, N. R. S; LUCENA, B. K. P. 2017. Análise dos impactos ambientais e sociais na extração da mica, quartzo e feldspato: um estudo de caso na localidade do sítio Águas Belas em Picuí – PB. In: *Anais... do Congresso Internacional das Licenciaturas COINTER – PDVL*, Natal, 2017
- TAFFARELLO, D., CALIJURI, M.C., VIANI, R.A.G., MARENGO-ORSINI, J.A., MENDIONDO, E.M. 2016. Hydrologic Services in the Atlantic Forest, Brazil: An Ecosystem-Based Adaptation Option through Ecohydrologic Monitoring. *Ecosystem Services: Science, Policy and Practice. Journal Impact Factor 4.31*.
- TEIXEIRA, M.R.S. 2020. *IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS COSTEIRAS RELACIONADAS À VALORAÇÃO DE SEUS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS NA ILHA DE SANTA CATARINA (FLORIANÓPOLIS)*. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), 2020.
- UHLEIN, A. 1995. Rifteamentos superpostos e a tectônica de inversão na borda sudeste do Cráton do São Francisco. *Geonomos*, 3(1):99-107.
- UHLEIN, A. 1991. *Transição cráton - faixa dobrada: exemplo do Cráton do São Francisco e da Faixa Araçuai (Ciclo Brasileiro) no Estado de Minas Gerais. Aspectos estratigráficos e estruturais*. Diss. Doutorado. São Paulo. USP, Inst. Geoc., 295 p.
- UM. 2015. United Nations World Water Assessment Programme. 2015. *The United Nations World Water Development Report 2015. Water for a sustainable world*. [122 p]. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002318/231823E.pdf>
- UNESCO. 2021. *Relatório Mundial dos Recursos Hídricos*. disponível em: [www.unesco.org/water/wwap](http://www.unesco.org/water/wwap).
- UNICEF. 2019. *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Special focus on inequalities*. New York: United Nations Children’s Fund (UNICEF) and World Health Organization, 2019.

USDA. 2012. *Volunteer Water Quality Monitoring Program*. Jennifer Kushner, Jenna Klink, Kris Stepenuck, Ken Genskow, Elizabeth Herron and Linda Green; University of Wisconsin University of Rhode Island, 2012.

VALENTE, R. A.; DE MELLO, K.; METEDIERI, J. F.; AMÉRICO, C. 2021. *A multicriteria evaluation approach to set forest restoration priorities based on water ecosystem services*. *Journal of Environmental Management*, 285, 112049. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112049>>. Acesso em 13 de março de 2022.

WANG, L., et al. 2020. Toxicity of Chromium in Aquatic Environments. *Environmental Pollution*, 258, 113827.

WHO (World Health Organization). 2017. *Guidelines for Drinking-water Quality*.

ZAMBONI, M. 2019. *Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de rios como subsídio para análise da influência da urbanização no Lajeado Passo dos Índios, Chapecó / SC*. Dissertação. Universidade Federal da Fronteira Sul. 2019.

ZHANG, Y.; WANG, Y. 2017. Statistical methods for analyzing correlation between environmental factors and ecological indicators. *Ecological Indicators*, 72, 488-498.