

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO HENRIQUE DRUN

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE FONTES DE ABASTECIMENTO DE
UMA PROPRIEDADE RURAL EM FRANCISCO BELTRÃO**

**FRANCISCO BELTRÃO
2022**

BRUNO HENRIQUE DRUN

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE FONTES DE ABASTECIMENTO DE
UMA PROPRIEDADE RURAL EM FRANCISCO BELTRÃO**

**Monitoring the Quality of Sources of Supply of a Rural Property In Francisco
Beltrão**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Ticiane Sauer Pokrywiecki.

FRANCISCO BELTRÃO

2022



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNO HENRIQUE DRUN

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE FONTES DE ABASTECIMENTO DE
UMA PROPRIEDADE RURAL EM FRANCISCO BELTRÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 01/Dezembro/2022

Ticiane Sauer Pokrywieck

Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil (2006)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fernando Cesar Manosso

Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá,
Brasil (2012)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcelo Bortoli

Doutorado em Pós-Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina,
Brasil (2014), Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
(2010)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

FRANCISCO BELTRÃO

2022

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Universidade e a todo seu corpo docente, técnicos laboratoristas e funcionários terceirizados pelo empenho e conhecimento dedicado para o crescimento e evolução profissional e pessoal de seus alunos. Agradeço também a minha orientadora Doutora Ticiane Sauer Pokrywieck pelos conselhos, dedicação e paciência.

Quero agradecer a minha família por ter investido em mim, ter apoiado e incentivado a não desistir nos momentos difíceis. Também aos meus amigos ao longo dessa jornada, por todo apoio, incentivo e bons momentos vividos junto.

A água é um dos recursos naturais mais importantes, embora seja um recurso renovável, nem sempre é possível encontrá-la disponível com boa qualidade e as atividades desenvolvidas numa bacia hidrográfica influenciam diretamente na qualidade das águas dos corpos hídricos. (CRISPIM *et al.*, 2012).

RESUMO

A água é um dos recursos naturais mais importantes para a sobrevivência dos seres vivos, porém apenas 2,5% de toda a água do planeta é doce e apta para o consumo humano, sendo que menos de 0,3% está disponível para o consumo. Na área rural, a maioria das propriedades rurais brasileiras não são atendidas pelo sistema de saneamento básico, sendo assim, o abastecimento de água ocorre através dos poços rasos e nascentes, porém muitos estão contaminados. O objetivo deste trabalho foi avaliar, caracterizar e monitorar a qualidade da água da nascente e do poço raso utilizados como fontes para abastecimento de uma propriedade rural em Francisco Beltrão - PR. Para isso, as coletas e análises foram realizadas entre os meses de maio a outubro de 2022, abrangendo análises físico-químicas, microbiológicas, de toxicidade e dos parâmetros macroscópicos das condições de preservação, além do monitoramento da disponibilidade hídrica da nascente entre julho e outubro de 2022. No mês de julho, o poço raso foi fechado para facilitar a mecanização da área para a produção agrícola, dessa forma, optou-se por manter as análises da água da nascente durante os meses seguintes. As análises físico-químicas apresentaram variação em decorrência da chuva, do uso e do manejo do solo no período analisado, sendo verificada a relação entre as atividades agrícolas e a concentração de fósforo e de nitrogênio na água. Quanto as análises microbiológicas, verificou-se a presença de coliformes totais e termotolerantes tanto na nascente como no poço raso, provavelmente causada pela criação e manejo de bovinos muito próximo as fontes, e demais ações antrópicas de degradação dos mananciais e áreas de vegetação nativa, visto que após o isolamento da área da nascente a contaminação microbiológica reduziu até chegar a zero em outubro. Nos ensaios de toxicidade aguda com *Artemia salina* L., os resultados obtidos indicaram que a água não apresentou características inibidoras a sobrevivência do bioindicador. Com base nos resultados, ressalta-se a importância da adoção de um sistema de desinfecção da água utilizada para consumo humano e a realização de reformas nas estruturas de proteção e coleta de água, visando reduzir a possibilidade de contaminação da água e a transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Palavras-chave: agricultura familiar; poço raso; nascentes; potabilidade.

ABSTRACT

Water is one of the most important natural resources for the survival of living beings, but only 2.5% of all water on the planet is fresh and suitable for human consumption, with less than 0.3% available for consumption. In the rural area, most Brazilian rural properties are not served by the basic sanitation system, therefore, the water supply occurs through shallow wells and springs, but many are contaminated. The objective of this work was to evaluate, characterize and monitor the water quality of the spring and the shallow well used as sources to supply a rural property in Francisco Beltrão - PR. For this, collections and analyzes were carried out between the months of May and October 2022, covering physical-chemical, microbiological, toxicity and macroscopic parameters of preservation conditions, in addition to monitoring the water availability of the spring between July and October de 2022. In July, the shallow well was closed to facilitate the mechanization of the area for agricultural production, therefore, it was decided to maintain the analysis of the spring water during the following months. The physical-chemical analyzes showed variation due to rainfall, soil use and management in the analyzed period, and the relationship between agricultural activities and the concentration of phosphorus and nitrogen in the water was verified. As for the microbiological analyses, the presence of total and thermotolerant coliforms was verified both in the source and in the shallow well, probably caused by the raising and handling of cattle very close to the sources, and other anthropic actions of degradation of the sources and areas of native vegetation, since after the isolation of the spring area, microbiological contamination reduced until it reached zero in October. In the acute toxicity tests with *Artemia salina* L., the results obtained indicated that the water did not present characteristics that inhibited the survival of the bioindicator. Based on the results, it is important to adopt a disinfection system for water used for human consumption and to carry out reforms in the structures for protection and water collection, aiming to reduce the possibility of water contamination and the transmission of diseases. of water transmission.

Keywords: family farming; shallow well; springs; potability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do município de Francisco Beltrão - PR	26
Figura 2 - Climograma do município de Francisco Beltrão	27
Figura 3 - Precipitação mensal ao longo do período analisado versus a média histórica	28
Figura 4 - Localização das fontes de abastecimento	29
Figura 5 - Nascente	30
Figura 6 - Poço raso	31
Figura 7 - Número médio de organismos mortos em cada tratamento no mês de Agosto.....	46
Figura 8 - Número médio de organismos mortos em cada tratamento no mês de Outubro.....	47
Figura 9 - Uso e ocupação do solo no entorno da área de estudo.	51
Figura 10 - Vazão média mensal da nascente.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitação média histórica e a registrada ao longo do período de estudo na propriedade.....	27
Tabela 2 - Resultado dos parâmetros físico-químicos para a nascente.....	36
Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos para o poço raso	37
Tabela 4 - Resultado das análises microbiológicas para a nascente.....	43
Tabela 5 - Resultado das análises microbiológicas para o poço raso.	44
Tabela 6 - Média de organismos mortos em cada tratamento.	46
Tabela 7 - Vazão média da nascente ao longo do período analisado.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros macroscópicos para análise qualitativa ambiental de nascentes.....	33
Quadro 2 - Classificação das nascentes quanto ao grau de preservação	33
Quadro 3 - Quantificação dos parâmetros macroscópicos observados na nascente.....	48
Quadro 4 - Quantificação das análises dos parâmetros macroscópicos observados no poço raso.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APHA	American Public Health Agency
APP	Área de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
FTU	Formazin Turbidity Units
GM	Gabinete do Ministério
IAT	Instituto Água e Terra
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisas Aplicadas
MS	Ministério da Saúde
NBR	Normas Brasileiras
NMP	Número Mais Provável
ONU	Organização das Nações Unidas
PNAE	Programa Nacional de Alimentação Escolar
PRONAF	Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar
PVC	Policloreto de vinila

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivos específicos.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Disponibilidade hídrica	14
3.2	Poços rasos e nascentes.....	15
3.3	Formas de Proteção	16
3.4	Agricultura familiar.....	18
3.5	Abastecimento das propriedades rurais	20
3.6	Padrão de potabilidade	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1	Caracterização da área de estudo.....	25
4.2	Análises físico-químicas.....	31
4.3	Análises microbiológicas	31
4.4	Análises de toxicidade - Artemia salina L.	32
4.5	Análise macroscópica das fontes.....	32
4.6	Monitoramento da disponibilidade hídrica.....	34
4.7	Proposta de realização de proteção das fontes	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1	Análises físico-químicas.....	36
5.2	Análises microbiológicas	43
5.3	Análise de toxicidade.....	45
5.4	Análise macroscópica.....	47
5.5	Disponibilidade hídrica	52
5.6	Proteção das fontes de abastecimento	54
6	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos mais preciosos recursos naturais para a humanidade, sendo imprescindível para a sobrevivência de todos os seres vivos, e um de seus principais constituintes. Cerca de 70% do peso do ser humano corresponde à água, já em alguns vegetais pode chegar a 90% do seu peso (ALEMÃO, 2015).

Apesar da água ser abundante no planeta Terra, cerca de 97,5% é salgada, estando contida nos oceanos, mas imprópria para o consumo humano e animal, enquanto apenas 2,5% é doce, porém grande parte está contida nas geleiras ou presa no subsolo, restando apenas 0,3% disponível em rios e lagos. No entanto, a poluição hídrica e a falta de preocupação com a preservação desse recurso indispensável, reduz ainda mais esse percentual (ALEMÃO, 2015; ANA, 2022).

De acordo com o Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos lançado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2021, o consumo de água doce aumentou cerca de seis vezes no último século, e continua avançando a uma taxa de 1% ao ano devido ao crescimento populacional, desenvolvimento econômico e alterações nos padrões de consumo (UNESCO, 2021).

Segundo Sampaio *et al.* (2019), a água promove saúde quando suas características essenciais (ser incolor, inodora e insípida) são verificadas, e para garantir essas características de potabilidade, foi desenvolvida a Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de Setembro de 2017 Anexo XX, alterada pela Portaria de Consolidação GM/MS Nº 888, de 04 de Maio de 2021, dispondo sobre os procedimentos para o controle e vigilância da qualidade da água utilizada para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017; BRASIL, 2021).

O abastecimento na maioria das propriedades rurais brasileiras, principalmente nas da agricultura familiar, ocorre através de fontes alternativas, devido a dificuldade de logística e a falta de investimento público ao acesso da população rural ao saneamento básico e à água tratada. Porém muitas dessas fontes apresentam baixa qualidade ou estão contaminadas, representando risco à saúde (COELHO *et al.*, 2017; SCALIZE *et al.*, 2014).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar e monitorar, por meio dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e ensaios de toxicidade a qualidade da água de duas fontes utilizada no abastecimento de uma propriedade localizada na área rural de Francisco Beltrão - PR.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da água de fontes de abastecimento de uso doméstico de uma propriedade rural do município de Francisco Beltrão.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a água das fontes de abastecimento através de análises físico-químicas (pH, turbidez, cor Platina-Cobalto, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), condutividade elétrica, nitrogênio e fósforo totais), análise microbiológica (coliformes totais e termotolerantes) e análises toxicológicas (indicador *Artemia salina L.*);
- Monitorar qualidade da água das fontes no período de maio a outubro de 2022;
- Comparar os resultados das análises com os padrões de potabilidade da legislação vigente;
- Avaliar o estado de preservação no entorno das fontes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Disponibilidade hídrica

A água é indispensável para a sobrevivência dos organismos terrestres e aquáticos, dessa forma sua contaminação torna-se um problema ambiental gravíssimo (NUNES *et al.*, 2010). Para o ser humano não é diferente, segundo Cavalcante (2014), a disponibilidade de água exerce influência direta sobre o saneamento, renda familiar, higiene e saúde pública.

Cerca de 70% da superfície da Terra é recoberta por água, desse total cerca de 97% está nos mares e oceanos, sendo esta salgada, e apenas 3% desse total são de água doce. Contudo menos de 1% está disponível para o consumo humano (SIQUEIRA; LIMA; SANTOS, 2022).

A população, assim como a água, está distribuída de forma não uniforme pelo globo. O desmatamento das matas ciliares aliado às atividades agropecuárias inadequadas, erosão do solo e contaminação dos mananciais vem reduzindo a qualidade das águas (ANTONIETTI & OLIVEIRA, 2013).

Segundo o relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil de 2020, o Brasil possui cerca de 12% de toda a água superficial do planeta, todavia sua distribuição pelo território brasileiro é irregular, já que a maior parte, cerca de 80%, está concentrada na região Norte do país, enquanto regiões mais populosas, como a região Nordeste, apresentam períodos de estiagem prolongadas (BRASIL, 2020).

Em 2020 o Paraná elaborou, com apoio do Instituto de Água e Terra (IAT), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Instituto de Pesquisas Aplicadas (IPEA), o segundo Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná, o qual apresenta um retrato do uso e gestão das bacias hidrográficas de seu território (PARANÁ, 2020).

Segundo o relatório, o Paraná apresenta disponibilidade hídrica superficial de 1,2 milhões de litros por segundo, porém em duas regiões, a Bacia do Paranapanema I e a unidade hidrográfica do Alto Iguaçu e Afluentes do Ribeira, a demanda por água para os diversos fins é superior à oferta, resultando num déficit hídrico. O relatório também informa que o principal manancial utilizado para abastecimento no estado é o superficial, representando quase 84%, enquanto na bacia hidrográfica do Rio Iguaçu o manancial superficial representa 97,5%.

A região Sudoeste do Paraná situa-se na unidade hidrográfica do Baixo Iguaçu e na unidade aquífera da Serra Geral do Sul, possuindo um regime pluviométrico considerado eficiente, alcançando até 2.500 mm por ano. A maior parte da região é classificada, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, como clima subtropical (Cfa), com verões quentes, apresentando áreas de clima temperado (Cfb), com verões amenos, e umidade relativa anual entre 70% e 80%, caracterizando uma região abundante em água, com chuvas regulares e clima bem definido. Entretanto a regularidade histórica das chuvas resulta no consumo de água de forma displicente, problema que vem à tona em períodos de seca (CAMPOS, 2009; RAGAZZAN & GRABASKI, 2009).

A Formação Serra Geral é propícia para a constituição de um abundante sistema hidrográfico superficial, devido a água encontrar-se nas fissuras das rochas, culminando na abundância de córregos, ribeirões e nascentes. No entanto, os mananciais dessa formação são extremamente frágeis ao desmatamento e mau uso do solo, resultando na redução ou desaparecimento destes (CAMPOS, 2009).

3.2 Poços rasos e nascentes

Os poços rasos e nascentes são oriundas do afloramento natural do lençol freático, resultantes da infiltração no solo das precipitações, dando origem a uma fonte de água. A água ao infiltrar no solo acaba passando por um filtro natural, devido às várias camadas do solo, que servem como barreira natural à contaminação física, química e microbiológica (RAGAZZAN & GRABASKI, 2009; DUARTE, 2018; SAMPAIO *et al.*, 2019).

A água da chuva após acumular no solo forma os lençóis e aquíferos subterrâneos, que podem ser artesianos, cársticos ou freáticos. Os artesianos são fechados entre camadas impermeáveis e que podem estar a grandes profundidades e aflorar em locais distantes. Os cársticos ocorrem onde a formação rochosa e o movimento das águas permitem a formação de canais e cavernas impermeáveis e que acumulam água, em decorrência de camadas impermeáveis (lajes rochosas). Já nos lençóis freáticos as águas ocupam os espaços vazios (poros do solo) e são abastecidos pelas terras acima ou próximas, sendo os mais importantes e comuns (BAGGIO *et al.*, 2013).

O funcionamento desses lençóis depende da capacidade de armazenamento e do uso do solo no entorno. Por isso as nascentes podem ser perenes (fornecem

água durante todo o ano), intermitentes (vertem por períodos variáveis) e temporais ou efêmeros (vertem somente nos períodos de chuva). Existem dois tipos básicos de nascentes, as de contato (ou de encosta) e de depressão, que afloram em partes baixas do terreno (BAGGIO *et al.*, 2013).

A água verte através de nascentes localizadas principalmente nas encostas dos morros, que devem estar cobertos por floresta nativa para manter a potabilidade. Mas o desmatamento e cultivo em áreas inapropriadas ou de preservação, o uso de agrotóxicos, de adubos fosfatados e nitrogenados e a falta de tratamento dos dejetos animais alteram a qualidade das nascentes (RHEINHEIMER *et al.*, 2010).

O abastecimento desses lençóis depende do regime de chuvas e das condições físicas do solo que permitam a infiltração, sendo as árvores as únicas que facilitam esse processo até as camadas mais profundas do solo, dessa forma o desmatamento é a principal causa da redução da produção de água nas nascentes e poços rasos. A cobertura por culturas agrícolas ou pastagens permitem a infiltração de parte da chuva até o limite de suas raízes, onde a porosidade do solo é mantida. Após esse nível, uma camada impermeável é formada, tanto por compactação como por deposição de partículas finas, fechando os poros e limitando a infiltração, perdendo quase toda a água precipitada pelo escoamento superficial e subsuperficial, sendo que em terrenos inclinados e topos de morro ocorre a perda de solo (BAGGIO *et al.*, 2013).

A contaminação da água pode ocorrer por bactérias prejudiciais à saúde devido a vedação inadequada dos poços rasos e dos sistemas de captação das nascentes, e da proximidade das fontes de contaminação, como as fossas negras, pastagens, áreas de travessia de animais, chiqueiros, esterqueiras e lavouras. Nesse processo de contaminação, a matéria orgânica, fertilizantes químicos e agrotóxicos podem ser carregados pelo escoamento superficial ou infiltrar no solo, contaminando tanto os mananciais subterrâneos quanto os superficiais (NUNES *et al.*, 2010). Para Coelho *et al.* (2017), a qualidade da água depende do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica e das condições que a influenciam (escoamento superficial, infiltração e ação antrópica).

3.3 Formas de Proteção

De acordo com Rheinheimer *et al.* (2010), reduzir a pressão antrópica favorece a preservação da qualidade da água e o monitoramento desta contribui para

avaliar a eficácia das formas de proteção e se as práticas agrícolas exercem influência direta sobre a qualidade. Segundo o autor, para manter a potabilidade, a construção de fontes protegidas em alvenaria nas partes mais elevadas do relevo pode representar medidas adequadas, além de manter um cinturão com espécies florestais nativas em torno dos mananciais, reduzir as áreas de cultivo e realizar o tratamento dos dejetos.

Entre as técnicas de proteção das nascentes tem-se a técnica de solo-cimento e a "caxambu", ambas com baixo custo de construção e manutenção. A técnica caxambu consiste em observar a nascente e fazer a limpeza, podendo ser adicionado cal virgem para a desinfecção. Essa técnica possui a vantagem de ser de baixo custo, ter um melhor aproveitamento do manancial de água, dispensando a limpeza periódica, além de reduzir a turbidez, evitar o acesso de animais e diminuir a possibilidade de contaminação (GOMES, 2019; EPAGRI, 2021).

Essas estruturas são construídas com pedras, canos de PVC e material de concreto. Os canos são fixados dentro de um tubo de concreto de modo a ter de quatro a cinco saídas, a superior para o ladrão do excedente de água, o inferior para a limpeza e os centrais para a captação de água. Esse tubo deve ser instalado em uma vala aberta no local da nascente e assentada com massa de barro e concreto. Na sequência vem uma camada de pedra ferro, outra de cascalho e pedra brita, na sequência vem a lona plástica para vedação e pôr fim a terra até o nível original do solo (EPAGRI, 2021).

A técnica de proteção das nascentes com solo-cimento apresenta baixo custo e fornece resultados excelentes sobre a qualidade da água. Essa técnica consiste em preparar o entorno dos olhos d'água, limpar e drenar. Na sequência uma massa de solo e cimento, na proporção adequada ao tipo de solo, deve ser preparada até obter uma textura adequada que quando seca apresenta boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixa retenção volumétrica e boa durabilidade. Posteriormente a parede do barranco deve ser revestida e a parede frontal construída formando um reservatório que será preenchido com pedras e coberto por uma manta plástica, por fim recebendo a cobertura de solo cimento. É importante que sejam colocados canos de PVC para captar a água para consumo, para escoar o excesso e realizar a adição de produtos químicos para desinfecção do reservatório (ALEMÃO, 2015).

A falta de proteção arbórea do solo causa o menor estoque de água nos lençóis, conseqüentemente maior período de escassez nas estiagens, redução das vazões dos córregos, aumento das enxurradas e da erosão. Porém medidas simples contribuem para melhorar a qualidade do solo e das nascentes, como evitar o acesso direto de animais de criação, pois são fontes de contaminação e contribuem com a erosão, além de adotar técnicas de proteção das nascentes e evitar o uso de herbicidas e agrotóxicos no entorno das mesmas (BAGGIO *et al.*, 2013).

Segundo Gomes (2019) existem várias técnicas de recuperação da vegetação nativa às margens dos poços rasos e nascentes, sendo as mais adequadas a semeadura direta, o plantio de mudas, a sucessão vegetal, a regeneração natural e a transposição de galharia.

As nascentes são enquadradas pelo novo código florestal (Lei nº 12.651 de 2012) como área de preservação permanente (APP), sendo exigida a manutenção de vegetação nativa, num raio de 50 metros da nascente, visando preservar o solo e os recursos hídricos (BRASIL, 2012).

Por fim, a adoção de ações adequadas no saneamento rural contribui para garantir a salubridade ambiental, diminuindo a degradação ambiental e a exploração dos recursos naturais. A deposição e tratamento do esgoto e resíduos sólidos garantem a proteção dos mananciais de água doce (COELHO *et al.*, 2017).

A adoção de práticas que visam a preservação, proteção e manutenção das fontes de abastecimento rurais, aliado à preservação da vegetação nativa, dos ecossistemas naturais, do uso e ocupação do solo de forma adequada e a adoção de técnicas que permitam o reabastecimento dos mananciais, garantem a manutenção do equilíbrio hidrológico e da qualidade da água.

3.4 Agricultura familiar

A produção de alimentos através da agricultura familiar sempre esteve presente nos diferentes sistemas de produção que se sucederam ao longo da história humana. No Brasil não foi diferente, porém desde o Brasil colônia, a ocupação das terras férteis, o sistema latifundiário e o descaso com o cultivo de subsistência e criação de animais provocaram a escassez de alimentos, além de obrigar indiretamente os pequenos produtores rurais a ocupar pequenas áreas pouco produtivas (CAMARGO; BACCARIN; SILVA, 2016).

Segundo Konzgen & Mantelli (2020), o setor da agricultura familiar é muito importante para o desenvolvimento econômico e social do Brasil, pois além de ser responsável por produzir uma quantidade significativa dos alimentos consumidos no país, contribui para a geração de emprego e renda no campo. Dessa forma mantendo as novas gerações no trabalho rural, diversificando a produção de alimentos e evitando a concentração das áreas produtivas pelos latifundiários.

A agricultura familiar consiste, do trabalho realizado pelos membros de uma família que trabalha sobre um pedaço de terra desenvolvendo atividades agrícolas visando o autoconsumo e a comercialização do excedente. Entre as estratégias de reprodução da agricultura familiar tem-se a agroecologia, a qual apresenta uma produção diferenciada, sem uso de agrotóxicos e transgênicos, contribuindo para a manutenção da qualidade do solo e das águas (SCHEUER & VASSALLO, 2019; KONZGEN & MANTELLI, 2020).

As pequenas propriedades rurais além de desempenhar importante função social, contribuir para a utilização adequada dos recursos naturais e preservação do meio ambiente, também colaboram com a produção de alimentos saudáveis, segurança alimentar e nutricional. Assim, ela vem ganhando espaço sem prejudicar a agricultura em larga escala (SOUSA, CAJÚ, OLIVEIRA, 2016; PINTO & FREITAS, 2021).

De acordo com o último censo Agropecuário, Florestal e Aquícola realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2017, cerca de 77% das propriedades rurais são classificadas como agricultura familiar, ocupando apenas a 23% da área agrícola do país, mas esse setor é responsável por 67% da mão de obra empregada na agropecuária (IBGE, 2017). Porém em comparação ao Censo Agro de 2006, houve uma redução de 9,5% no número de propriedades e de 2,2 milhões de trabalhadores na agricultura familiar, já que as famílias estão envelhecendo sem a reposição por trabalhadores mais jovens (IBGE, 2019).

O desenvolvimento de políticas voltadas para a agricultura familiar traz retornos significativos nos campos econômico, ambiental e social, pois contribuem para a preservação dos recursos naturais e para incentivar a permanência dos jovens no campo. Uma das primeiras políticas implantadas foi o Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), visando facilitar o acesso ao crédito aos pequenos produtores rurais para custear sua produção. Outro importante programa é o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), desenvolvido para garantir que

parte dos alimentos utilizados na alimentação escolar seja proveniente da agricultura familiar (KONZGEN & MANTELLI, 2020; PINTO & FREITAS, 2021).

3.5 Abastecimento hídrico e saneamento nas propriedades rurais

No Brasil, o desenvolvimento de políticas e programas voltados ao saneamento e ao abastecimento de qualidade nas áreas rurais e comunidades isoladas sempre foi um grande desafio, devido ao tamanho continental do país e a falta de interesse político. Esses problemas acabam deixando milhares de pessoas sem acesso à água potável, sem informações adequadas sobre as condições de saneamento, proteção das fontes e riscos causados pelo armazenamento inadequado. Para garantir o acesso a água, os agricultores optam pelo abastecimento através de poços superficiais ou rasos, artesianos ou de nascentes (CAVALCANTE, 2014; SCALIZE *et al.*, 2014; COELHO *et al.*, 2017).

Segundo Coelho *et al.* (2017), o acesso à água potável passou a ser considerado um direito essencial por estar intrinsecamente relacionada ao direito à vida, à saúde e à alimentação, apresentando impacto direto no desenvolvimento socioeconômico, cabendo ao Estado assegurar esse direito a todos, principalmente os mais vulneráveis. Porém os gastos com medidas de saneamento são mais eficazes do que com a saúde, pois o acesso a água de qualidade e ao saneamento reduzem as hospitalizações e as mortes.

Na área rural, infelizmente devido à falta de conhecimento sobre as doenças de veiculação hídrica e demais problemas relacionados à água contaminada, o conceito de qualidade acaba sendo atribuído apenas pelo aspecto visual e pelo paladar, assim as fontes alternativas de abastecimento são utilizadas sem tratamento e monitoramento que garantam sua qualidade. No entanto, a limpeza e desinfecção dos reservatórios contribui significativamente para evitar o consumo de água contaminada (NUNES *et al.*, 2010; CAVALCANTE, 2014).

Os poços rasos são a única fonte de abastecimento em muitas propriedades, pois apresentam baixo custo, facilidade de perfuração e captação, pois são inferiores a 20 m de profundidade e estão sob o lençol freático. Porém as práticas artesanais precárias de construção aliado às atividades desenvolvidas em seu entorno podem causar a contaminação da água. Ainda, esses poços não devem ser considerados como alternativas improvisadas ou destinadas à população de baixa renda (CECCONELLO; CENTENO; LEANDRO, 2020).

Segundo Sampaio *et al.* (2019), através do controle e do monitoramento contínuo das condições de potabilidade da água, assegura-se seu consumo e uso nas atividades agroindustriais sem tornar-se uma fonte de veiculação de doenças e contaminantes. Para Coelho *et al.*, (2017), as fontes subterrâneas apresentam menos restrições do que as superficiais para o consumo *in natura*, devido às camadas do solo funcionarem como filtros naturais para a poluição e contaminação.

Gomes (2019) afirma que a nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade, em abundância e de forma contínua, devendo estar próxima ao local de consumo e em cota topográfica mais elevada, permitindo assim sua distribuição por ação da gravidade, sem gasto de energia. Já para aumentar seu rendimento é interessante construir estruturas adequadas de captação e proteção.

3.6 Padrão de potabilidade

A água pode ser caracterizada através de diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos, os quais indicam a qualidade da água e se constituem não conformes quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. Essas características estão associadas a diversos processos que ocorrem nos corpos hídricos (BRASIL, 2014).

A água potável deve apresentar, entre suas principais características, a condição de ser incolor, inodora e insípida, as quais podem ser alteradas devido a contaminação oriunda de substâncias químicas, gases dissolvidos, partículas orgânicas e minerais em suspensão ou pela presença e atuação de microrganismos. Para ser considerada potável e própria para o consumo humano, a água deve atender aos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos estabelecidos pelo padrão de potabilidade definido na legislação (RAGAZZAN & GRABASKI, 2009; BRASIL, 2014).

No Brasil, as principais legislações que dispõem sobre os padrões de potabilidade são a Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005 e a Portaria GM/MS n° 888, de 04 de maio de 2021, as quais estabelecem os valores máximos permitidos para cada parâmetro determinado.

A Resolução CONAMA 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, enquanto que a Portaria GM/MS n° 888, de 4 de maio de 2021, alterou o anexo XX da Portaria

de Consolidação GM/MS n° 05, de 28 de setembro de 2017, que define o padrão de potabilidade para água de consumo humano, além de dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, sendo aplicado para água destinada ao consumo humano proveniente de sistemas de abastecimento, solução alternativa de abastecimento de água, coletivo e individual, estabelecendo cerca de 130 parâmetros para controle da potabilidade (BRASIL, 2005; BRASIL, 2021).

A turbidez refere-se ao grau de interferência à passagem de luz causada pelas partículas em suspensão. A principal causa da turbidez é o carreamento de partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rochas e óxidos metálicos do solo. Quanto maior a turbidez maior a possibilidade de se encontrar parasitas, pois os microrganismos patogênicos utilizam essas partículas em suspensão como proteção contra as ações de tratamento e desinfecção da água. Dessa forma, o ideal é que a turbidez da água para consumo seja menor que 1 uT (NUNES *et al.*, 2010).

A cor da água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido a presença de sólidos dissolvidos (material coloidal orgânico e inorgânico). A cor verdadeira é medida após realização da centrifugação da amostra, para retirar as partículas suspensas. Então sua alteração constitui o primeiro sinal de contaminação por bactérias ou por substâncias químicas. Normalmente a cor da água bruta sofre a influência dos animais, dos minerais, dos fenóis, das algas e restos vegetais, variando de 0 a 200 unidades Hazen (uH) (BRASIL, 2014; SAMPAIO *et al.*, 2019).

O pH influencia em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente em um processo de tratamento de água, no entanto não apresenta risco associado diretamente, mas indica se a água apresenta característica ácida (pH < 7), neutra (pH = 7) ou básica (pH > 7) (SAMPAIO 2019). De acordo com a Portaria de Consolidação GM/MS N° 888/2021, o pH padrão para o abastecimento público deve ser entre 6 a 9,5. Nas águas naturais o pH sofre influência direta do consumo e produção de CO₂ pelos organismos fotossintetizantes e pelos fenômenos de respiração ou fermentação dos organismos vivos presentes na água (BRASIL, 2017; COELHO *et al.*, 2017).

A condutividade elétrica é definida como a capacidade de transmitir corrente elétrica, devido a presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Enquanto as águas naturais sem poluição apresentam condutividade elétrica

entre 10 e 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$, as águas poluídas apresentam valores de até 1.000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (BRASIL, 2014; SAMPAIO *et al.*, 2019).

No meio aquático as fontes de nitrogênio são difusas, sendo as principais a atmosfera, através dos mecanismos de biofixação por bactérias e algas, e o escoamento superficial que transporta esse elemento das áreas agrícolas para os corpos hídricos, além da poluição antrópica. Este pode ser encontrado como nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico (compostos nitrogenados ou biomassa de organismos), como íon amônio, íon nitrito e nitrato. Concentrações elevadas de nitrato na água estão associadas com a doença que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês, a metahemoglobina (BRASIL, 2014; SAMPAIO *et al.*, 2019).

Um dos nutrientes mais importante para o crescimento das plantas aquáticas, além do nitrogênio, é o fósforo, o qual pode causar a eutrofização e prejudicar o uso da água. O fósforo pode ser encontrado no meio aquático naturalmente na forma orgânica e inorgânica, em concentrações variando de 0,01 a 0,05 mg L^{-1} em águas não poluídas ou com interferência humana (BRASIL, 2014).

Tanto os seres autótrofos quanto heterótrofos necessitam de matéria orgânica na água para sua nutrição ou como fonte de sais minerais ou gás carbônico, mas sua presença em grandes quantidades pode causar problemas na água, tais como a cor, odor, turbidez e o principal problema de poluição das águas, o consumo do oxigênio dissolvido pelos organismos decompositores, promovendo desequilíbrio ecológico. A DBO e DQO são indicadores da presença de matéria orgânica na água, pois indicam o consumo e a demanda de oxigênio para estabilizar a matéria orgânica. Enquanto a DBO refere-se a matéria orgânica mineralizada pela atividade dos microrganismos, que em ambientes naturais varia de 1 a 10 mg L^{-1} , a DQO engloba também a estabilização por processos químicos, assim a DQO sempre será um pouco maior que a DBO (BRASIL, 2014).

Os Coliformes termotolerantes pertencem ao grupo dos Coliformes capazes de fermentar em lactose a 44/45 °C. Entre eles está a *Escherichia Coli*, bactéria de origem exclusivamente fecal, encontrada em elevadas quantidades nas fezes humanas e de animais, mas raramente encontrada em solo sem contaminação fecal, por esse motivo e pela capacidade de fermentar em glicose é utilizada como um indicador de contaminação fecal (SAMPALIO *et al.*, 2019). Os Coliformes totais,

termotolerantes e a *Escherichia Coli* são utilizados como indicadores da contaminação fecal por serem de fácil identificação e baixo custo (COELHO *et al.*, 2017).

Já os testes de ecotoxicidade permitem reconhecer a presença de substâncias tóxicas na água e avaliar seus efeitos adversos ao meio ambiente e aos seres vivos, pois são utilizados microrganismos indicadores que apresentam sensibilidade à presença de substâncias tóxicas na água. Esses testes complementam as análises químicas, pois além de quantificar os poluentes é possível obter informações sobre seus efeitos (SOUZA; AQUINO; SILVA, 2020).

Através do tratamento da água, os organismos patógenos e as substâncias tóxicas são inativadas, além da remoção da cor, turbidez, sabor e odor, melhorando a estética organoléptica (COELHO *et al.*, 2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

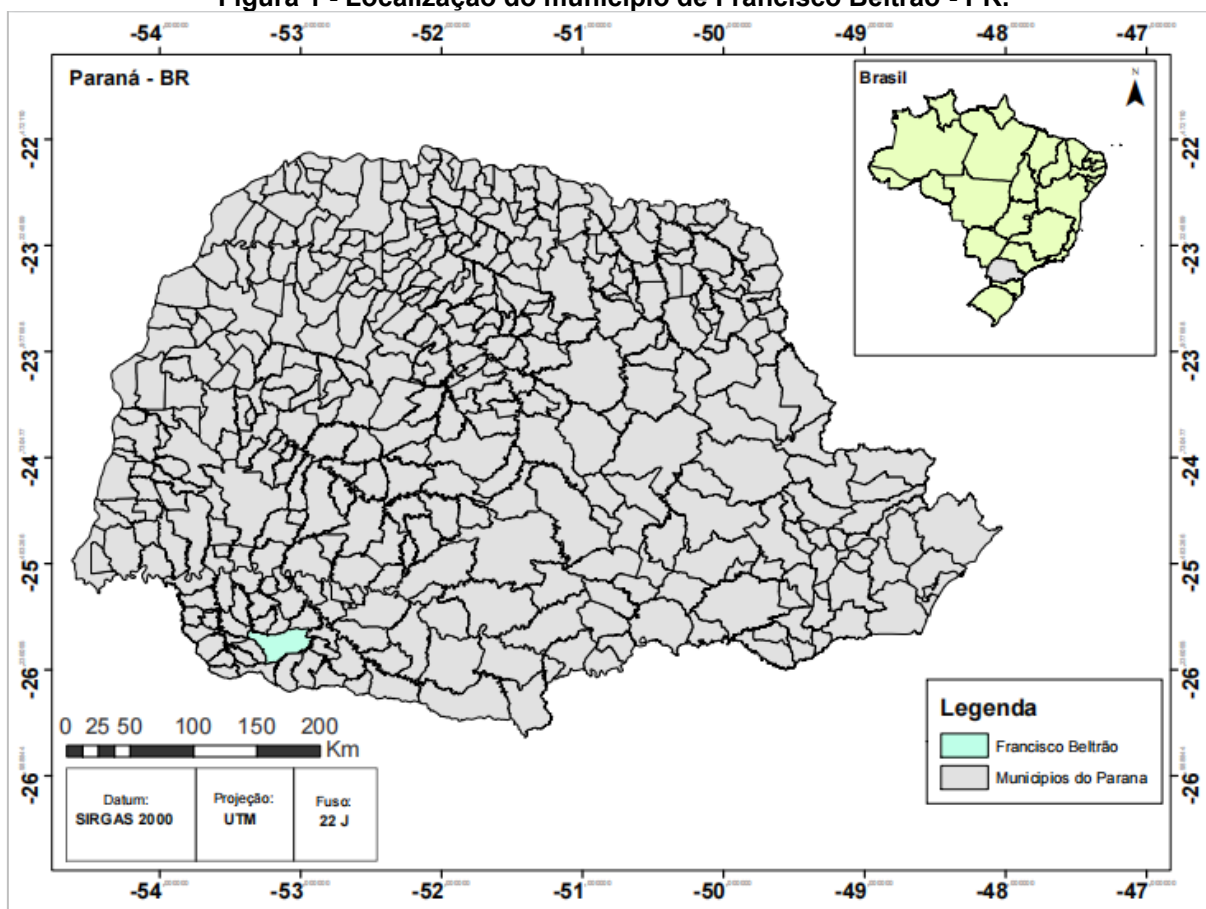
Este trabalho foi executado com o objetivo de monitorar a qualidade da nascente e do poço raso utilizados como fontes alternativas de abastecimento de uma propriedade rural ao longo dos meses de maio a outubro de 2022. No entanto, no mês de julho de 2022, antes da terceira coleta, o poço raso foi fechado, visando melhorar a mecanização da área de lavoura existente no entorno. Assim, optou-se por apresentar os resultados obtidos nas duas primeiras coletas realizadas para as análises físico-químicas e microbiológicas do poço raso, e prosseguir normalmente com as análises físico-químicas, microbiológicas, de toxicidade, avaliação macroscópica e da disponibilidade hídrica para a nascente.

Quanto as coletas, estas foram realizadas sempre na primeira quinzena de cada mês, sendo que em no mês de maio a coleta foi realizada após alguns dias de chuva, em junho após um período de estiagem, em julho ocorreram algumas precipitações pouco expressivas alguns dias antes da coleta, já em agosto a coleta ocorreu dois dias após precipitação de 150 mm, por fim nos meses de setembro e outubro as coletas ocorreram em períodos com chuva regular.

As amostras foram encaminhadas logo após a coleta para Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Francisco Beltrão, sendo todas as análises realizadas nos Laboratórios de Águas e Efluentes e de Microbiologia.

O município de Francisco Beltrão está localizado na região sudoeste do estado do Paraná (Figura 1), apresentando área territorial de 735,113 Km² e população estimada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2021 de 93.308 habitantes, e de acordo com o Censo Demográfico do IBGE de 2010 cerca de 14,57% da população residia na área rural, destes mais de 63% utilizavam fontes alternativas de abastecimento (IBGE 2010; 2021).

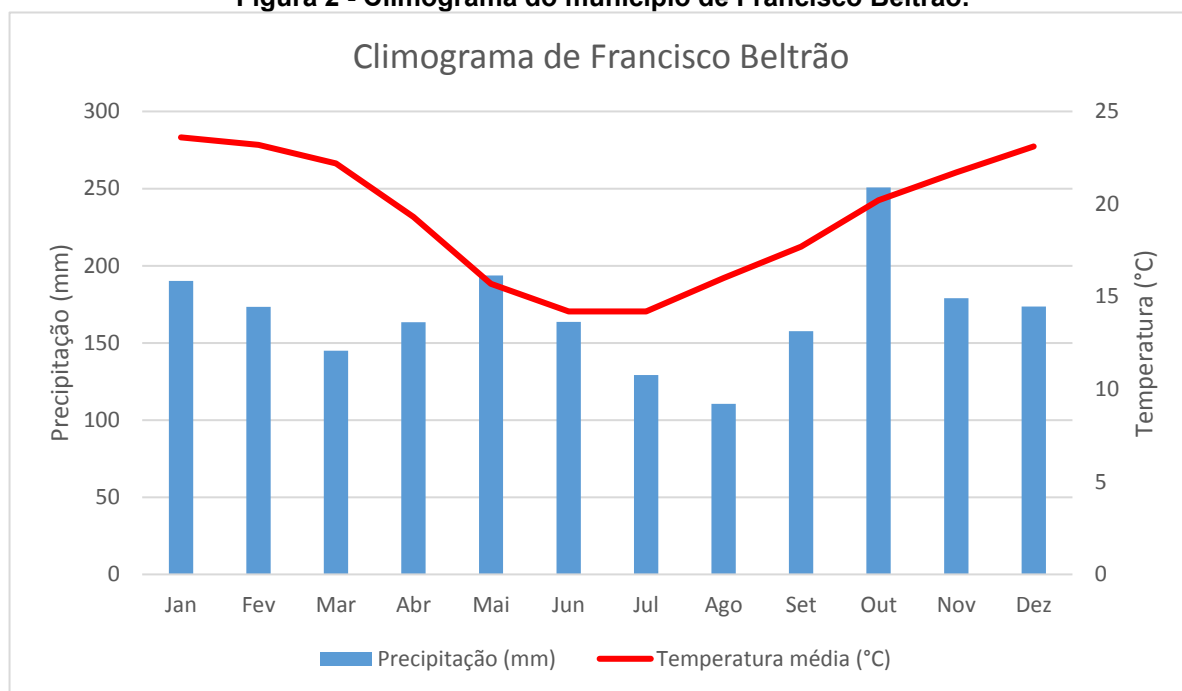
Figura 1 - Localização do município de Francisco Beltrão - PR.



Fonte: Autoria própria (2022).

O clima do município, segundo a classificação climática de Köppen, é subtropical (Cfa), ou seja, clima temperado com invernos amenos (temperatura entre -3 a 18 °C) e verões quentes, com precipitação uniforme e distribuição homogênea longo do ano, porém com ocorrência de episódios de estiagens prolongadas nos anos de influência do fenômeno climático La Niña, já durante os verões são comuns a ocorrência de chuvas isoladas com grandes acumulados em determinadas regiões. A precipitação média histórica do município, segundo dados da estação meteorológica do Instituto de Desenvolvimento Rural do Estado do Paraná (IDR-Paraná, 2022), é de 2030 mm por ano, sendo registrados os maiores acumulados no mês de outubro e os menores no mês de agosto (Figura 2).

Figura 2 - Climograma do município de Francisco Beltrão.



Fonte: Adaptado do IDR-Paraná (2022).

A propriedade apresenta um pluviômetro manual para fins de monitoramento da precipitação instalado próximo da residência, o qual foi utilizado para monitorar a precipitação ao longo dos meses de maio a outubro de 2022. Com base nos dados obtidos, a precipitação ocorreu acima da média histórica nos meses de maio, agosto, setembro e outubro, sendo que nos meses de agosto e outubro a precipitação foi de 290 mm e 596 mm, respectivamente, o que representa mais que o dobro da média histórica em cada mês, a qual é de 110,5 mm e 250,7 mm, respectivamente.

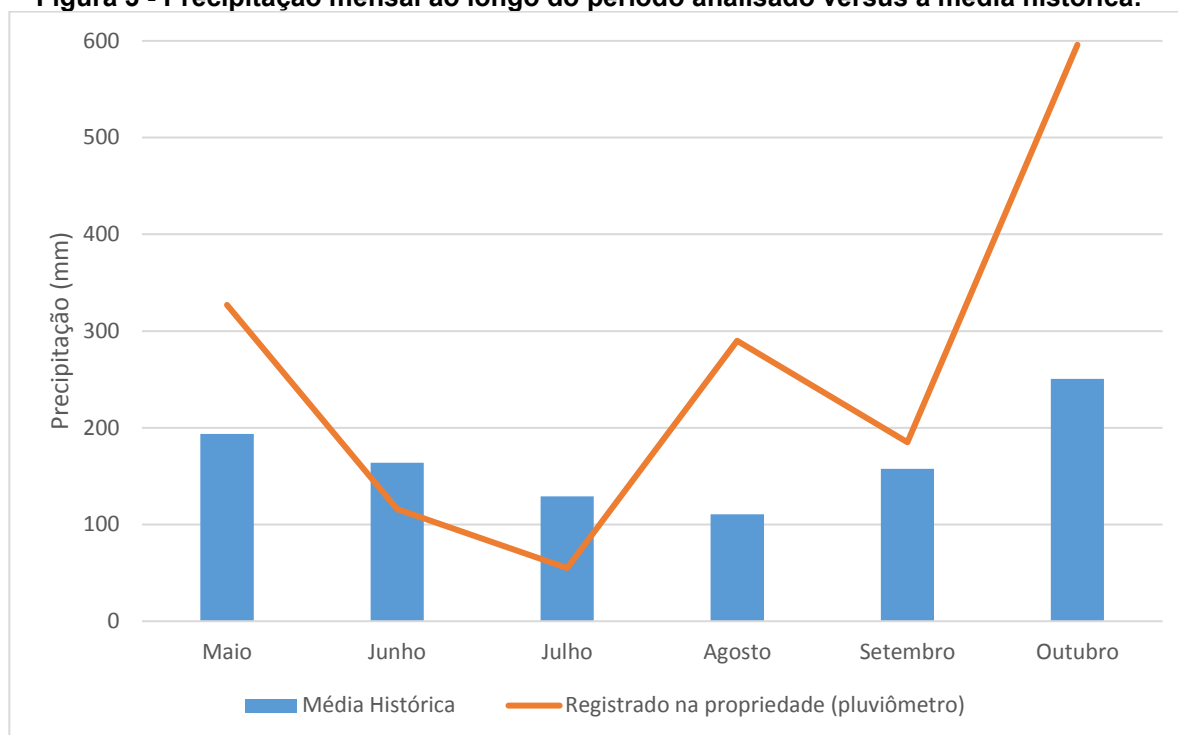
Já nos meses de junho e julho a precipitação ocorreu abaixo da média histórica, destacando o mês de julho com 55 mm registrados, enquanto o esperado era de 129,2 mm, conforme pode ser observado na Tabela 1 e Figura 3.

Tabela 1 - Precipitação média histórica e a registrada ao longo do período de estudo na propriedade.

Mês	Precipitação (mm)	
	Média Histórica	Precipitação registrada na propriedade
Maio	193,7	327
Junho	163,7	116
Julho	129,2	55
Agosto	110,5	290
Setembro	157,6	185
Outubro	250,7	596

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 3 - Precipitação mensal ao longo do período analisado versus a média histórica.



Fonte: Autoria própria (2022).

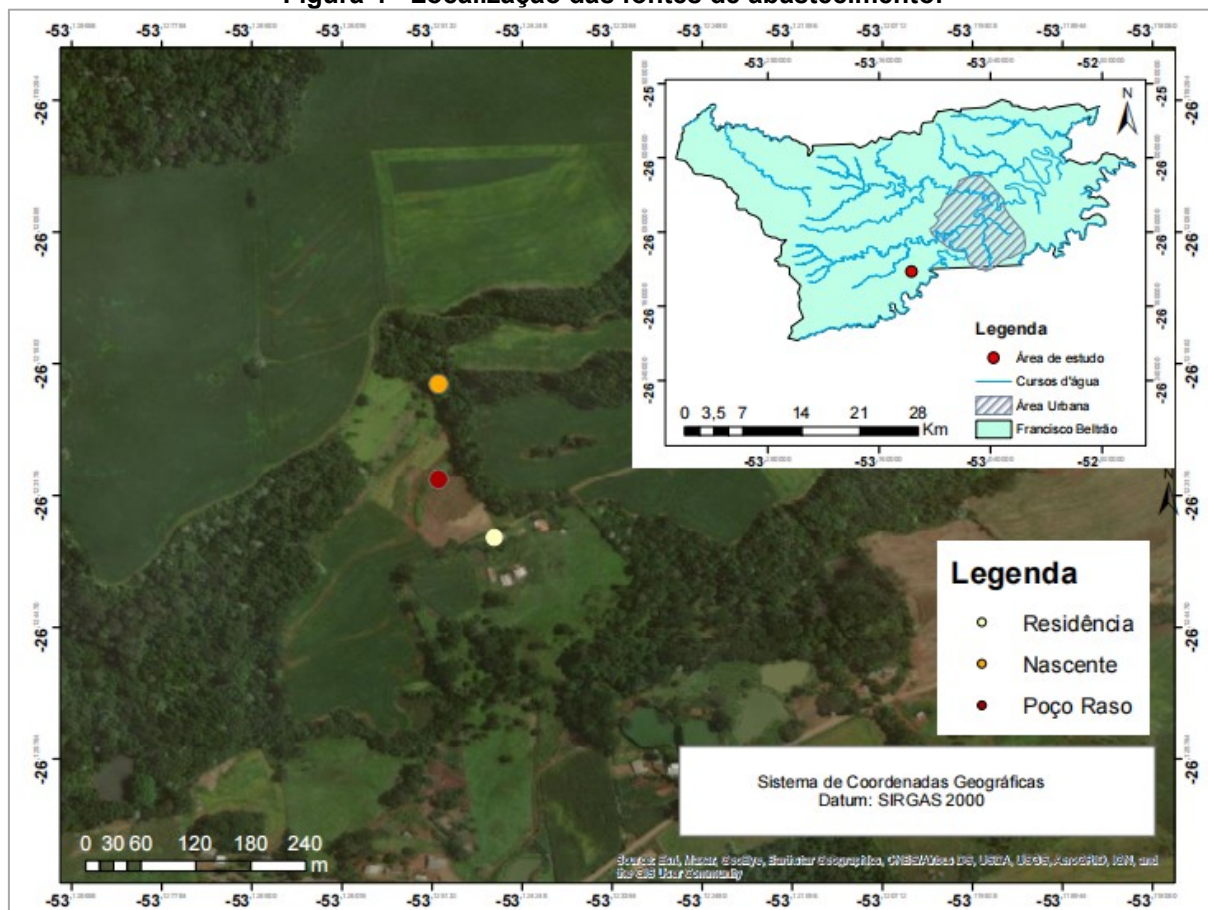
Já a vegetação característica da região é a Mata Atlântica, mais precisamente a Floresta Ombrófila Mista, com presença da *Araucária angustifolia* (Pinheiro do Paraná) (FRANCISCO BELTRÃO, 2017).

Grande parte do município situa-se na bacia hidrográfica do Rio Chopim, um dos afluentes do Rio Iguaçu, assim as áreas de várzea ocupam boa parte do território, sendo que áreas onduladas estão concentradas a sudoeste e noroeste. Seu relevo pode ser caracterizado como levemente ondulado, com solos de boa aptidão agrícola, e altitudes variando de 450 a 900 m, com predominância de áreas a 600 m, incluindo grande parte da área urbana. Quanto à geologia, Francisco Beltrão está localizado no Terceiro Planalto Paranaense, caracterizado pela presença de rochas basálticas da formação Serra Geral. Dessa forma seu solo é oriundo da decomposição e desintegração das rochas vulcânicas, caracterizados por serem argilosos e de boa profundidade, com predominância de Latossolos Vermelho distroféricos e distróficos, Neossolos Litólicos eutróficos e Cambissolos (EMBRAPA, 2018; FRANCISCO BELTRÃO, 2017).

A propriedade rural abordada neste estudo está localizada cerca de 12 Km da área central de Francisco Beltrão, a sudoeste do município na comunidade rural da

Água Vermelha, com altitude entre 650 m à 750 m, sendo caracterizada por relevo ondulado, e faz parte da bacia hidrográfica do Rio Marrecas (Figura 4).

Figura 4 - Localização das fontes de abastecimento.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na propriedade existem duas fontes alternativas que foram avaliadas nesse estudo, uma nascente e um poço raso, ambas localizadas em cota topográfica superior à da residência, permitindo que o abastecimento da água seja realizado por ação da gravidade. A nascente está localizada na Área de Preservação Permanente (APP) ao lado de um curso d'água, no limite com a propriedade vizinha e com faixa de vegetação nativa ao redor entre 16 m e 20 m, contudo nas proximidades existem áreas agrícolas além de uma passagem para o gado leiteiro acessar as pastagens, a qual foi desativada no mês de julho. A água é coletada antes da exfiltração através de um cano de PVC de 100 mm e direcionada até um reservatório construído de forma a aproveitar o desnível natural do terreno (Figura 5).

Figura 5 - Nascente.



Fonte: Autoria própria (2022).

A nascente é a principal fonte de abastecimento da propriedade, porém os eventos de precipitação abaixo da média que ocorreram nos últimos anos, devido o fenômeno da La Niña, fizeram com que a nascente secasse, assim a água do poço raso passou a ser a única alternativa para consumo humano e atividades domésticas.

O poço está localizado em área de lavoura, com cultivo alternado entre feijão, milho, mandioca e pastagens de inverno, sem vegetação nativa no seu entorno ou proteção física, para evitar o acesso de animais ou das enxurradas (Figura 6).

Figura 6 - Poço raso.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.2 Análises físico-químicas

Para a caracterização físico-química da água foram realizadas seis coletas de amostras de água, ocorrendo entre os meses de maio a outubro de 2022, de acordo com o processo de amostragem descrito no "Standard Methods" (APHA, 2017).

As análises foram realizadas para os parâmetros de pH, turbidez, cor Platina-Cobalto, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), condutividade elétrica, nitrogênio e fósforo totais, com posterior comparação aos valores estabelecidos na legislação vigente. Todas as análises serão realizadas em triplicata e em conformidade com as metodologias descritas pelo "Standard Methods" (APHA, 2017).

4.3 Análises microbiológicas

Para as análises microbiológicas, para Coliformes Termotolerantes, foram realizadas seis coletas de amostras de água em cada fonte de abastecimento, junto

com as amostras para análises físico-químicas, de um litro cada, entre os meses de maio a outubro de 2022, de acordo com "Standard Methods" (APHA, 2017).

A avaliação dos Coliformes Totais e Termotolerantes foi realizada através do Método de Fermentação em Tubos Múltiplos, permitindo determinar do Número Mais Provável (NMP) de coliformes em 100 mL⁻¹ de amostra de água, conforme "Standard Methods" (APHA, 2017).

4.4 Análises de toxicidade - *Artemia salina* L.

A metodologia utilizada foi a proposta por Guerra (2001) para o teste de imobilidade/mortalidade com o indicador *Artemia salina* L., com modificações baseadas na ABNT NBR 13373. Os cistos de *A. salina* foram incubados por 48 horas em solução de sal marinho sintético (30gL⁻¹), com aeração e iluminação constante e temperatura de 25°C para induzir sua eclosão.

Após, 10 náuplios do microcrustáceo devem ser transferidos para poços de placa de cultivo contendo 2 mL da solução salina (controle negativo), 2 mL de água mineral (controle negativo doce) e 2 mL da amostra em solução salina na concentração de 100%.

Após 24 horas de incubação, a 25 °C, foi realizada a contagem do número de náuplios mortos, os quais são considerados como tal após permanecerem imóveis durante 20 segundos de observação. Na sequência realizou-se a análise estatística, com os valores médio e desvios-padrões de mortalidade, através do Teste de Tukey ao nível de significância de 5% (n=3), com auxílio do programa R Studio e Software R.

4.5 Análise macroscópica das fontes

A metodologia utilizada consistiu na abordagem macroscópica proposta por Gomes, Melo & Vale (2005), os quais avaliaram os impactos ambientais nas nascentes, definindo critérios de avaliação qualitativa, com atribuição de notas para cada grau de degradação (Quadro 1). Quando classificado como bom, o parâmetro recebe nota 3, quando classificado como ruim o parâmetro recebe nota 1.

Quadro 1 - Parâmetros macroscópicos para análise qualitativa ambiental de nascentes.

Parâmetro Macroscópico	Qualificação		
	Ruim (1)	Médio (2)	Bom (3)
Cor da água	Escura	Clara	Transparente
Odor	Cheiro forte	Cheiro fraco	Não há
Resíduos ao redor	Muito	Pouco	Não há
Resíduos na água	Muito	Pouco	Não há
Espumas	Muito	Pouco	Não há
Óleos	Muito	Pouco	Não há
Esgoto	Esgoto doméstico	Fluxo superficial	Não há
Vegetação (Preservação)	Alta degradação	Baixa degradação	Preservada
Uso por animais	Presença	Apenas marcas	Não há
Uso por humanos	Presença	Apenas marcas	Não há
Proteção do local	Fácil	Difícil	Sem acesso
Proximidade com residências	Menos de 50 m	Entre 50 a 100 m	Mais de 100 m
Tipo de área de inserção	Ausente	Área privada	Área protegida

Fonte: Gomes, Melo & Vale (2005).

Após a análise realiza-se o somatório dos pontos obtidos em cada campo, permitindo realizar a classificação do estado de preservação das fontes (Quadro 2).

Quadro 2 - Classificação das nascentes quanto ao grau de preservação.

Classe	Estado de Preservação	Pontuação
A	Ótimo	37 - 39
B	Bom	34 - 36
C	Razoável	31 - 33
D	Ruim	28 - 30
E	Péssimo	Abaixo de 28

Fonte: Gomes, Melo & Vale (2005).

4.6 Monitoramento da disponibilidade hídrica

Para monitorar a disponibilidade hídrica da nascente, realizou-se a medição da vazão através do método volumétrico, o qual é ideal para medir pequenas vazões de fontes d'água, minas e pequenos cursos hídricos. Esse método consiste em medir, através de um cronômetro, o tempo necessário para que um recipiente, de volume conhecido, seja ocupado totalmente pela água (SANTOS, ALVES & SILVA, 2017).

Foram realizadas três medições ao longo de cada mês, entre os meses de julho a outubro de 2022, com intervalo de dez dias entre cada uma, com o auxílio de um recipiente plástico de dois litros. Na sequência, utilizando a equação a seguir, foi calculada a vazão em cada medição, tendo como variável o tempo:

$$Q = \frac{V}{T}$$

Onde:

Q = Vazão da nascente (m³/s);

V = Volume do recipiente (m³);

T = Tempo para encher o recipiente (s).

Após, foi obtida a vazão mensal, através da média das três medições realizadas em cada mês, por meio da equação:

$$Q_m = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3}$$

Onde:

Q_m = Vazão média mensal da nascente (m³/s);

Q₁ = Primeira medição da vazão no mês (m³/s);

Q₂ = Segunda medição da vazão no mês (m³/s);

Q₃ = Terceira medição da vazão no mês (m³/s).

4.7 Proposta de realização de proteção das fontes

Visando adequar as condições de preservação da nascente e assegurar uma boa qualidade da água, buscou-se na literatura e na legislação orientações quanto as melhores práticas e técnicas disponíveis para proteção e captação de água através de fontes alternativas, em especial as nascentes.

Como a nascente apresenta melhor estado de preservação, o trabalho de proteção foi realizado visando apenas revitalizar o sistema de captação e armazenamento, através da reforma das estruturas presentes, construção de estruturas para evitar a contaminação por enxurradas e isolamento da área para evitar o acesso dos animais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análises físico-químicas

A partir das análises físico-químicas das fontes de abastecimento, ao longo dos meses de maio a outubro de 2022, foi possível caracterizar e monitorar a qualidade dos recursos hídricos, além de identificar possíveis interferências nos resultados obtidos e relações com as práticas agrícolas na área de influência da propriedade analisada, conforme será discutido posteriormente.

Os resultados foram comparados com os valores máximos permitidos estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 e na Portaria GM/MS nº 888/2021 para água potável, conforme Tabela 2, para a nascente, e Tabela 3 para o poço raso. Para o poço raso são apresentadas somente os resultados para os meses de maio e junho, visto que o mesmo foi fechado após a segunda, com o objetivo de melhorar e aumentar a área de lavoura, dificultando a associação dos resultados com as questões do uso, manejo, conservação do solo e condições climáticas.

Tabela 2 - Resultado dos parâmetros físico-químicos para a nascente.

Parâmetros	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Portaria MS 888/2021	CONAMA 357/2005	
pH	6,21	6,27	6,32	6,19	6,17	6,15	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0	
Condutividade (uS cm ⁻¹)	268,87	214,67	220,70	220,30	200,77	193,57	Não se aplica	Não se aplica	
Cor (mg Pt-Co L ⁻¹)	pH normal	15,17	1,28	2,44	4,75	2,44	15	75	
	pH 7,6	18,65	1,28	2,44	4,75	3,60			5,91
Turbidez (UNT)	14,24	7,36	7,68	7,76	7,52	7,68	5	100	
DQO (mgO ₂ L ⁻¹)	5,09	2,84	0,00	0,00	2,57	3,46	Não se aplica	Não se aplica	
DBO (mgO ₂ L ⁻¹)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Não se aplica	5 mg l ⁻¹ O ₂	
Fósforo (mg L ⁻¹)	0,27	0,06	0,04	0,11	0,08	0,09	Não se aplica	até 0,03 mg L ⁻¹ (ambientes lenticos)	
Fosfato (PO ₄) (mg L ⁻¹)	0,83	0,17	0,34	0,34	0,24	0,27	Não se aplica	Não se aplica	
Nitrogênio	%	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	Não se aplica	3,7 mg L ⁻¹ (pH ≤ 7,5); 2,0 mg L ⁻¹ (7,5 < pH ≤ 8,0); 1,0 mg L ⁻¹ (8,0 < pH ≤ 8,5) e 0,5 mg L ⁻¹ (pH > 8,5)	
	mg mL ⁻¹	1,95	0,43	0,39	1,49	0,31			0,26
	mg L ⁻¹	19,48	4,32	3,87	14,93	3,08			2,59

Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos para o poço raso.

Parâmetros		Mai	Jun	Portaria MS 888/2021	CONAMA 357/2005
pH		6,58	6,18	6,0 a 9,5	5,0 a 9,0
Condutividade (uS cm ⁻¹)		594,33	375,30	Não se aplica	Não se aplica
Cor (mg Pt-Co L ⁻¹)	pH normal	15,17	15,17	15	75
	pH 7,6	15,17	15,17		
Turbidez (UNT)		13,51	8,41	5	100
DQO (mgO ₂ L ⁻¹)		64,75	32,11	Não se aplica	Não se aplica
DBO (mgO ₂ L ⁻¹)		0,36	0,06	Não se aplica	5 mg L ⁻¹ O ₂
Fósforo (mg L ⁻¹)		0,36	0,26	Não se aplica	até 0,03 mg L ⁻¹ (ambientes lênticos)
Fosfato(PO ₄) (mg L ⁻¹)		1,09	0,79	Não se aplica	Não se aplica
Nitrogênio	%	0,02	0,02	Não se aplica	3,7 mgL ⁻¹ (pH ≤ 7,5); 2,0 mg L ⁻¹ (7,5 < pH ≤ 8,0); 1,0 mg L ⁻¹ (8,0 < pH ≤ 8,5) e 0,5 mg L ⁻¹ (pH > 8,5)
	mg mL ⁻¹	1,55	1,56		
	mg L ⁻¹	15,49	15,64		

Fonte: Autoria própria (2022).

O potencial hidrogeniônico da nascente permaneceu dentro da faixa permitida pela legislação, variando de 6,15 a 6,32, caracterizando-se com um pH levemente ácido. Observa-se que as coleta realizadas em maio, agosto, setembro e outubro apresentaram pH mais baixo do que nos meses de junho e julho, em que registrou-se precipitação abaixo da média.

Quando analisou-se o pH do poço, este também permaneceu dentro do permitido, variando de 6,58 no mês de maio a 6,18 em junho, sendo que a nascente nesse período apresentou pH de 6,21 e 6,27, respectivamente.

Ao monitorar a qualidade da água subterrânea de três poços que abastecem comunidades rurais de Francisco Beltrão, Hollas (2015) verificou que o pH apresentou variações significativas ao longo do ano, com o pH médio para cada poço de 7,00, 7,03 e 7,37 respectivamente, mantendo proximidade entre os resultados.

Ao avaliar a qualidade de uma nascente em Francisco Beltrão, Teles (2018) percebeu que não ocorreram grandes variações no pH, o qual apresentou valor médio de 6,13. Por outro lado, Nunes *et al.* (2010) ao avaliar a qualidade da água de 35 poços utilizados para o abastecimento rural no município de Jaboticabal - SP, observou que o pH variou entre 4,7 a 7,6, indicando uma variação de pH de um pouco ácido para neutro.

A condutividade, mesmo não se aplicando as normativas e resoluções que tratam a respeito da potabilidade da água, ela possui relação direta com os sólidos

dissolvidos, pois a presença deles interfere na capacidade da água em transmitir corrente elétrica (HOLLAS, 2015).

A condutividade da nascente manteve-se sem grandes variações ao longo dos meses de junho a setembro, sendo o maior valor registrado $268,87 \mu\text{S cm}^{-1}$ em maio e o menor $193,57 \mu\text{S cm}^{-1}$ em outubro, variação decorrente do regime pluviométrico e da relação com as atividades agrícolas no entorno, pois nos meses de abril e maio o solo das áreas agrícolas acima da nascente foram revolvidos para o plantio das culturas de inverno.

Alguns dias antes da primeira coleta foi registrado um evento de precipitação de 150 mm, culminando no carreamento de partículas do solo por meio da enxurrada para dentro do reservatório da nascente, depositando restos vegetais e partículas no mesmo, o que pode explicar o maior valor mais alto da condutividade neste mês. Por outro lado, no mês de outubro também foram registradas chuvas acima da média histórica, porém como o solo das áreas agrícolas ainda estava coberto com as culturas de inverno, e após algumas melhorias no entorno da nascente para impedir que as enxurradas atingissem seu reservatório, a condutividade foi a menor registrada durante período de análise.

No poço raso, a condutividade nas duas análises apresentou variação de $594,33 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $375,13 \mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente, indicando uma grande quantidade de sólidos dissolvidos que permitem a transferência de corrente elétrica. Quando comparado com a nascente, esses valores são muito superiores. Da mesma forma que para a nascente, o que pode explicar esses valores é a influência das práticas agrícolas de preparo do solo, para o plantio das culturas de inverno, no entorno o poço e a ação do escoamento superficial, o qual deposita partículas e restos vegetais no poço, o qual não apresentava estruturas de proteção ou vegetação nativa no seu entorno, visando reduzir a interferência e contaminação externa.

Hollas (2015) verificou que a condutividade média ao longo de seu monitoramento para cada um dos três poços permaneceu entre $100,02 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $155,12 \mu\text{S cm}^{-1}$. Já Teles (2018), observou em seu trabalho que a condutividade da nascente analisada permaneceu entre $147 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $150 \mu\text{S cm}^{-1}$, no qual afirmou que a condutividade é um bom indicador de contaminação, apesar de não causar nenhum problema de saúde.

Quanto a cor, para o poço raso permaneceu constante, nas duas análises, em $15,17 \text{ mg de Pt-Co L}^{-1}$, dentro do permitido pela Resolução CONAMA 357/2005,

porém acima do permitido pela Portaria MS N° 888/2021. O mesmo ocorreu para a nascente no mês de maio, no qual o resultado obtido para a cor foi muito próximo ao do poço raso, porém nos demais meses a cor permaneceu entre 1,28 a 4,75 mg de Pt-Co L⁻¹, dentro dos limites estabelecidos pelas duas legislações.

Novamente percebe-se que as práticas agrícolas realizadas antes da primeira coleta, aliada ao escoamento superficial, interferiram no resultado do parâmetro cor para a nascente, já para o poço raso não houve influência do escoamento superficial ou das práticas agrícolas no entorno durante o período analisado, porém vale destacar que como não foi possível monitorar a qualidade da água por um período maior, não foi possível verificar se os resultados do parâmetro cor, para o poço raso, estavam sofrendo algum tipo de interferência.

O parâmetro turbidez apresentou variação tanto para o poço raso como para a nascente, estando dentro do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, mas acima dos 5 UNT permitidos pela Portaria MS N° 888/2021, durante todo o período de análise.

A turbidez da nascente no mês de maio foi de 14,24 UNT, nos demais meses apresentou variação significativamente pequena, entre 7,36 a 7,68 UNT. Essa redução em quase 50%, quando comparado o resultado do mês de maio com os demais meses, pode ser explicada pela limpeza do reservatório e pelas melhorias na proteção do entorno do reservatório da nascente, visando melhorar a proteção e impedir a contaminação da água pelo escoamento superficial e matéria orgânica.

Já para o poço raso, a turbidez também apresentou o maior valor na coleta realizada no mês de maio e menor no mês de junho, devido a coleta ter sido realizada após alguns dias sem registros de chuva.

A turbidez corresponde a fração de matéria orgânica na água, a qual é influenciada pelo regime de chuva e pelas características geológicas do solo da região. Em microbacias com uso agrícola a turbidez é maior do que em áreas de floresta, indicando uma relação direta com o uso e ocupação do solo (TELES, 2018).

A presença da turbidez nos corpos hídricos pode ser provocada tanto por condições naturais, como a dissolução de rochas e a proliferação de algas e microrganismos, ou em decorrência das atividades antrópicas resultantes do lançamento de esgotos e do manejo inadequado do solo (CECCONELLO; CENTENO; LEANDRO, 2020). Segundo Nunes *et al.* (2010), a turbidez também pode estar associada a presença de organismos patógenos.

Quanto a Demanda Química de Oxigênio (DQO), para a nascente os maiores valores foram registrados nos meses de maio e outubro, respectivamente, sendo que a DQO reduziu para zero em julho e agosto, voltando a subir a partir de setembro. Provavelmente as ações de limpeza e melhorias executadas do reservatório da nascente, no início do monitoramento, contribuíram para reduzir a contaminação da água, visto que os maiores valores foram registrados no início e final do monitoramento, coincidindo com os meses de maio e outubro, nos quais foram registradas precipitações muito acima da média histórica.

Como a DQO apresentou tendência de aumento a partir de setembro, verificou-se a necessidade de realizar uma nova limpeza do reservatório e arredores da nascente, seguindo uma periodicidade de três em três meses, visando garantir a qualidade da água utilizada para consumo.

Enquanto isso, a DQO do poço raso apresentou redução de mais de 50% em junho quando comparada ao mês de maio, passando de 64,75 mg O₂ L⁻¹ para 32,11 mg O₂ L⁻¹. Pode-se notar, novamente, a influência da enxurrada na qualidade da água, no entanto quando comparada com a DQO da nascente, está foi muito superior, devido a presença de pequenos peixes, anfíbios, plantas aquáticas além da contaminação por demais animais que utilizavam o poço para dessedentação.

A demanda química de oxigênio não se aplica aos critérios de potabilidade da água para abastecimento estabelecidos pela legislação brasileira, dessa forma não possui limite máximo permitido, no entanto, o aceitável é de até 20 mg L⁻¹ de oxigênio (TELES, 2018). Sendo assim, a água do poço estaria inadequada para o consumo sem algum tratamento prévio adequado.

Como a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi calculada através da metodologias proposta pelo "Standard Methods" (APHA, 2017), para a DBO de cinco dias, a qual relaciona o volume de amostra necessária com a sua DQO, esta análise somente foi possível de ser realizada para a nascente no mês de maio, o qual não apresentou DBO. Nos demais meses, como a DQO foi baixa, o volume de amostra superou o volume dos frascos utilizados para incubação, pois seria necessário um volume muito grande para fornecer uma quantidade suficiente de matéria orgânica para ser degradada pelos micro-organismos, logo a DBO foi considerada nula. Assim, considerando os resultados da DBO e da DQO, a contaminação da água ocorre principalmente por matéria inorgânica.

Para o poço raso, a DBO também manteve-se praticamente nula, sendo registrado $0,36 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ e $0,06 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ nos meses de maio e junho, respectivamente. Da mesma forma que para a nascente, a contaminação ocorreu por material inorgânico, pois mesmo apresentando DQO, a DBO foi praticamente nula, o que indica pouca matéria orgânica presente na água.

Considerando o valor máximo permitido para o parâmetro DBO, pela resolução CONAMA 357/2005, para a água potável como sendo de $5 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, tanto o poço raso como a nascente estavam dentro do permitido para o consumo humano.

O escoamento superficial e a degradação da área de preservação permanente podem contribuir para elevar a carga da DBO no corpo hídrico, além disso o processo de digestão aeróbica da matéria orgânica contribui para o consumo de oxigênio. Águas com DBO acima de 10 mg L^{-1} de oxigênio podem ser consideradas poluídas, enquanto as que apresentam DBO menor que 4 mg L^{-1} de oxigênio podem ser consideradas sem contaminação (GOMES, MELO & VALE, 2005; TELES, 2018).

O parâmetro fósforo apresentou variações significativas ao longo do monitoramento para a nascente, estando sempre acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA 357/2005, que é de $0,03 \text{ mg L}^{-1}$ para ambientes lênticos. É possível observar que nos meses de junho e julho, a quantidade de fósforo na água ficou entre $0,06$ e $0,04 \text{ mg L}^{-1}$, possivelmente porque esse período registrou-se precipitações abaixo da média, e conseqüentemente menor contaminação da água devido o escoamento superficial e infiltração de nutrientes das áreas de lavouras. Por outro lado, nas análises realizadas nos meses de maio e agosto, onde as coletas foram realizadas após episódios de chuvas de 150 mm e 200 mm , respectivamente, foram registradas as maiores quantidades de fósforo presentes na água ($0,27$ e $0,11 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente).

Quanto ao parâmetro fosfato, observou-se uma certa relação e semelhança com os resultados para o fósforo, porém a menor quantidade de fosfato foi registrada nos meses junho, setembro e outubro, enquanto para o fósforo os menores valores foram registrados nos meses de julho, junho e setembro, respectivamente.

Já para o poço, a quantidade de fósforo nas duas análises não variou muito, permanecendo entre $0,36$ a $0,26 \text{ mg L}^{-1}$, porém acima do limite estabelecido pela legislação. O fosfato também apresentou o mesmo comportamento, estando entre $1,09$ a $0,79 \text{ mg L}^{-1}$.

A principal fonte de contaminação dos corpos hídricos por fósforo são as atividades agrícolas, pois o fósforo utilizado nas plantações acaba sendo carregado pelo escoamento superficial, sendo um dos principais responsáveis pelo fenômeno da eutrofização, juntamente com os compostos nitrogenados (TELES, 2018).

Analisando o parâmetro nitrogênio para a nascente, observa-se que esta apresentou a mesma tendência que o fósforo ao longo das análises, estando acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA nos meses de maio a agosto, que para a nascente é de $3,7 \text{ mg L}^{-1}$, pois seu pH é inferior a 7,5. A partir de setembro, a quantidade de nitrogênio na água passou a reduzir, permanecendo dentro do permitido pela legislação.

Uma possível interferência nos resultados para os parâmetros fósforo, fosfato e nitrogênio pode ter sido o plantio de trigo no mês de maio e de aveia em agosto nas áreas agrícolas situadas em cotas superiores, alguns dias antes dos eventos de chuva e das coletas, pois os nutrientes adicionados ao solo podem ter sofrido o processo de lixiviação ou a ação do escoamento superficial, e terem chegado a nascente, contaminando a mesma.

Comparando os resultados para a nascente dos meses de maio e junho com os resultados para o poço raso, observa-se enquanto a nascente registrou uma queda expressiva na concentração de nitrogênio no mês de junho quando comparado a maio, passando de quase $19,84 \text{ mg L}^{-1}$ para $4,32 \text{ mg L}^{-1}$, porém no poço a concentração apresentou uma pequena elevação, passando de $15,49 \text{ mg L}^{-1}$ para $15,64 \text{ mg L}^{-1}$.

Devido a impossibilidade de monitorar a qualidade da água do poço por um período maior, não foi possível observar alguma relação direta com as práticas agrícolas no entorno, porém por estar inserido dentro da área de cultivo, possivelmente existe influência destas e dos nutrientes utilizados, tanto a base de nitrogênio como de fósforo, na qualidade da água.

O nitrogênio e o fósforo são importantes nutrientes para o desenvolvimento das plantas e das culturas agrícolas, sendo aplicados na forma de fertilizantes químicos ou orgânicos. Porém o manejo inadequado do solo pode resultar no carregamento desses compostos para os mananciais ou na infiltração, atingindo as águas subterrâneas (CECCONELLO; CENTENO; LEANDRO, 2020).

Com base nos resultados verificados para a nascente, o ideal seria realizar um tratamento antes de consumir a água, devido a influência das atividades agrícolas

e das condições climáticas na qualidade da água, a qual pode resultar em contaminação aos consumidores. Também é interessante realizar limpeza periódica no entorno da nascente e melhorar a estrutura de coleta e armazenamento de água, pois como verificado após a limpeza do reservatório e melhorias no entorno para evitar o contato da enxurrada com a água utilizada para abastecimento, houve redução dos parâmetros cor, turbidez, condutividade elétrica e demanda química de oxigênio.

5.2 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas para determinação do número de coliformes totais e termotolerantes foi realizada seguindo a metodologia da fermentação em tubos múltiplos, a qual permite estimar o número de coliformes para cada 100 mL de amostra analisada. A Tabela 4 apresenta os resultados das análises microbiológicas realizadas entre os meses de maio e outubro de 2022 para a nascente.

Tabela 4 - Resultado das análises microbiológicas para a nascente.

Parâmetros	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Portaria MS 888/2021	CONAMA 357/2005
Coliformes totais (NMP/100ml)	12	9,2	9,2	12	3,6	0	Ausência em 100 mL	-
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	16,1	6,9	>23	23	0	0		

Fonte: Autoria própria (2022).

Como pode ser visto, a Portaria MS N° 888/2021 estabelece que para a água potável, deve haver ausência tanto de coliformes totais como termotolerantes em cada amostra de 100 mL analisada. No entanto, o número mais provável de coliformes totais para a nascente somente ficou dentro do limite no mês de outubro, apresentando contaminação nos demais meses, e com picos de contaminação nos meses de maio e agosto. Já quanto aos coliformes termotolerantes, os maiores picos de contaminação foram registrados nos meses de julho e agosto, sendo que em setembro e outubro foi registrada ausência de coliformes termotolerantes.

Essa contaminação pode ter ocorrido por animais silvestres ou, o mais provável, ter sido motivada pela passagem de bovinos muito próximo a nascente durante os meses de maio a julho, após a passagem dos bovinos não foi mais utilizada, sendo realizado o isolamento da área, porém essa contaminação persistiu

até os meses de agosto e setembro, e somente em outubro a qualidade microbiológica da água ficou adequada para o consumo sem algum tratamento prévio.

Assim, com base nesses resultados, a água da nascente apresentou-se inadequada para o consumo sem algum tratamento para desinfecção, sendo indicado instalar um sistema de desinfecção ou realizar a fervura da água antes do consumo, para evitar problemas de saúde e o desenvolvimento de doenças e infecções.

Os resultados da análise microbiológica para o poço estão apresentadas na Tabela 5, as quais foram realizadas nos meses de maio e junho. Assim como para a nascente, também foi registrada contaminação por coliformes totais e termotolerantes, o que torna a água imprópria para o consumo humano sem algum tratamento prévio de desinfecção. A contaminação por coliformes já era esperada, em decorrência da presença de anfíbios e pequenos peixes na água, além da utilização por animais silvestres, para dessedentação.

Tabela 5 - Resultado das análises microbiológicas para o poço raso.

Parâmetros	Maio	Jun	Portaria MS 888/2021	CONAMA 357/2005
Coliformes totais (NMP/100ml)	5,1	16,1	Ausência em 100 mL	-
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	23	12		

Fonte: Autoria própria (2022).

Em seu trabalho, Nunes *et al.* (2010) constatou que dos 35 poços analisados cerca de 42,8% apresentaram contaminação fecal por *E. coli*. Já Scalize *et al.* (2014), ao avaliar a qualidade da água dos poços utilizados para abastecimento das propriedades no Assentamento Canudos, em Goiás, constatou que todos os 27 poços analisados apresentaram contaminação fecal por *E. coli*.

No trabalho de Ceconello; Centeno & Leandro (2020), ao caracterizar a água oriunda de fontes de abastecimento na zona rural de Pelotas - RS, os autores verificaram que todas as fontes analisadas estavam contaminadas por coliformes fecais, associando essa contaminação às más condições hidrossanitárias dos poços e pelo uso e conservação do solo no entorno. Segundo os autores, outra fonte de contaminação das águas subterrâneas pode ser através dos excrementos de animais de sangue quente.

5.3 Análise de toxicidade

A toxicidade aguda da água da nascente foi analisada nos meses de agosto e outubro de 2022, através do bioensaio com o bioindicador *Artemia salina*. Inicialmente seriam realizadas apenas duas análises para comparação inicial e final do período de monitoramento, no entanto devido aos índices históricos de precipitação mostrarem agosto como o mês mais seco e outubro como o mais chuvoso, optou-se por realizar a análise de toxicidade nesses meses, com o intuito de avaliar a presença de substâncias tóxicas e sua possível relação com a precipitação.

Considerando o teste de Tukey, com nível de significância de 5%, para análise do número de organismos mortos na amostra em cada análise, o teste não indicou diferença significativa entre a mortalidade de organismos na amostra em relação ao tratamento controle com água doce, somente em relação ao controle com água salgada, dessa forma é possível dizer que a água não apresentou ação tóxica aguda ao bioindicador *Artemia salina*, conforme pode ser observado na Tabela 6.

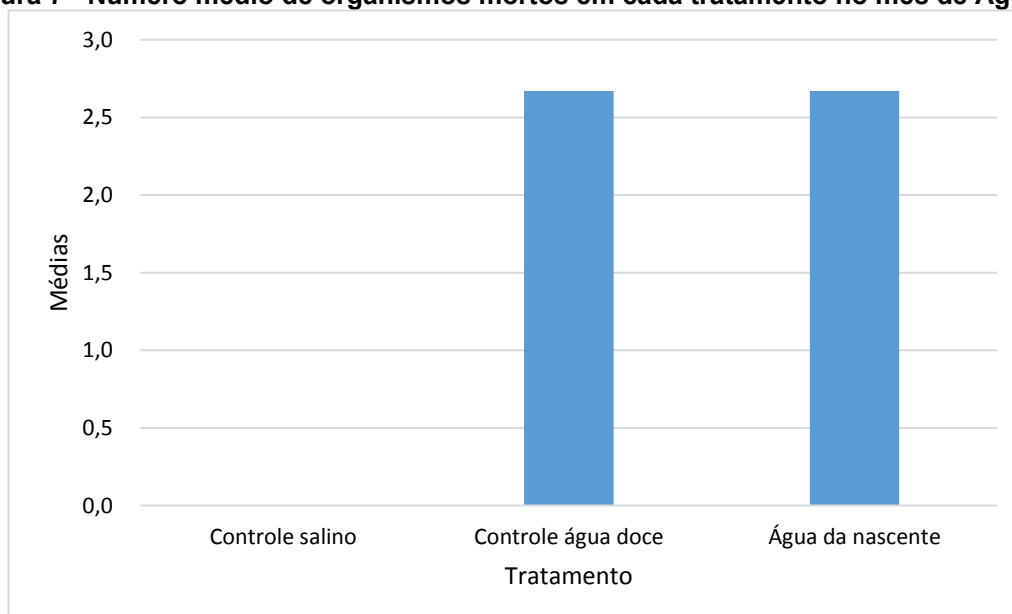
Observa-se que em ambas as análises a mortalidade de indivíduos permaneceu praticamente inalterada, com uma leve queda na mortalidade média no tratamento controle com água doce e na amostra, no mês de outubro em relação ao mês de agosto, já as amostras incubadas no controle negativo salgado não apresentaram taxa de mortalidade após o período de incubação, como pode ser observado na Figura 7 e Figura 8.

Tabela 6 - Média de organismos mortos em cada tratamento.

Agosto					
Grupo	Concentração	Mortalidade	Desvio Padrão	Média	Média Teste de Tukey (a=0,05; n=3)
Controle Salino	100%	0	± 0	0	A amostra foi considerada semelhante, ao nível de significância de 5%, aos tratamentos controles.
		0			
		0			
Controle Água doce	100%	5	± 1,67	2,67	
		1			
		2			
Água da nascente	100%	5	± 2,05	2,67	
		0			
		3			
Outubro					
Grupo	Concentração	Mortalidade	Desvio Padrão	Média	Média Teste de Tukey (a=0,05; n=3)
Controle Salino	100%	0	± 0	0	A amostra foi considerada semelhante, ao nível de significância de 5%, aos tratamentos controles.
		0			
		0			
Controle Água doce	100%	2	± 0	2	
		2			
		2			
Água da nascente	100%	2	± 0,58	2,33	
		2			
		3			

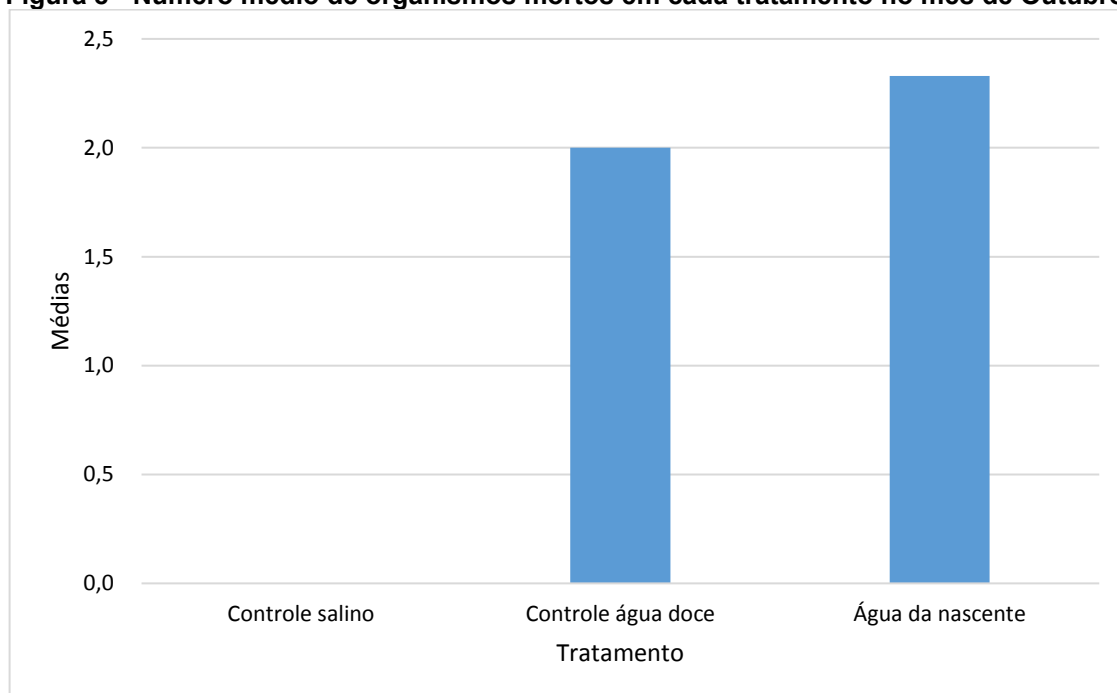
Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 7 - Número médio de organismos mortos em cada tratamento no mês de Agosto.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 8 - Número médio de organismos mortos em cada tratamento no mês de Outubro.



Fonte: Autoria própria (2022).

Em seu trabalho, Hollas (2015) não verificou variação, ao longo de seu ensaio toxicológico, entre a mortalidade do bioindicador *Artemia salina* ao ser exposta na amostra em comparação ao controle negativo, indicando que a água proveniente dos poços que abastecem as comunidades rurais não apresentaram ação tóxica aguda.

Ao utilizar a *Artemia salina* como bioindicador em seus ensaios de toxicidade aguda, Theles (2018) observou que a mortalidade do microcrustáceo foi maior a medida que a concentração da amostra aumentava, apresentando variação, ao nível de significância de 5%, entre o controle e a concentração de 100% da amostra, indicando que a água analisada apresentou ação tóxica aguda.

Os bioensaios com organismos bioindicadores são muito importantes para as pesquisas de qualidade dos recursos hídricos, pois permitem identificar o possível potencial tóxico das amostras (HOLLAS, 2015).

5.4 Análise macroscópica

A avaliação macroscópica para a análise qualitativa ocorreu mensalmente, no momento da coleta das amostras, através da análise visual do local. Os resultados para a nascente são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Quantificação dos parâmetros macroscópicos observados na nascente.

Parâmetro	Pontuação					
	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Cor da água	3 (transparente)	3 (transparente)	3 (transparente)	3 (transparente)	3 (transparente)	3 (transparente)
Odor	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)
Resíduos ao redor	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)
Resíduos na água	2 (pouco)	2 (pouco)	2 (pouco)	2 (pouco)	2 (pouco)	2 (pouco)
Espumas	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)
Óleos	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)
Esgoto	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)
Vegetação (Preservação)	2 (baixa degradação)	2 (baixa degradação)	2 (baixa degradação)	2 (baixa degradação)	2 (baixa degradação)	2 (baixa degradação)
Uso por animais	1 (presença)	1 (presença)	1 (presença)	1 (presença)	1 (presença)	1 (presença)
Uso por humanos	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)	3 (não há)
Proteção do local	1 (fácil)	1 (fácil)	2 (difícil)	2 (difícil)	2 (difícil)	2 (difícil)
Proximidade com residências	3 (mais de 100 m)	3 (mais de 100 m)	3 (mais de 100 m)	3 (mais de 100 m)	3 (mais de 100 m)	3 (mais de 100 m)
Tipo de área de inserção	3 (área protegida)	3 (área protegida)	3 (área protegida)	3 (área protegida)	3 (área protegida)	3 (área protegida)
Somatório	33	33	34	34	34	34
Classificação	C (razoável)	C (razoável)	B (bom)	B (bom)	B (bom)	B (bom)

Fonte: Autoria própria (2022).

Observa-se que ao longo do monitoramento não foram encontrados resíduos ao redor da nascente, nem espumas, óleos ou a presença de esgoto na água do reservatório da nascente. A mesma também não apresentou odor e a água foi considerada transparente. No entanto em todas as análises foi verificada a presença de resíduos, em pouca quantidade, na água, caracterizados por pequenas folhas, galhos e restos vegetais que acabaram entrando em contato com a água no momento em que a tampa do reservatório é aberta e por meio de pequenas aberturas resultantes da vedação inadequada da tampa, já que a mesma foi adaptada através da reutilização de uma tampa de caixa d'água.

A vegetação no entorno é caracterizada por espécies nativas da Mata Atlântica, situada em área de preservação permanente (APP). Apesar de existir uma passagem de gado a menos de 2 metros da nascente, a qual já foi desativada ao longo do monitoramento, ela foi classificada com baixa degradação, pois a vegetação encontra-se preservada em quase sua totalidade, apresentando pequenas clareiras somente na área de passagem dos animais.

Apesar de apresentar faixa de vegetação nativa protegida entre 16 m a 20 m em seu em torno, segundo a Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012, em seu Capítulo II, Seção 1, Artigo 4º, as áreas de nascente devem apresentar faixa de vegetação nativa protegida num raio mínimo de 50 m, com a finalidade de assegurar a preservação e a manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Verificou-se a presença de animais no entorno da nascente e a possível utilização da água por estes, os quais podem contribuir para a contaminação da água com micro-organismos patogênicos. Não foi considerada a utilização da água no local por seres humanos, já que somente as pessoas da propriedade tem acesso ao local, sendo que a água é coletada por tubulação e direcionada a uma caixa d'água, para então ser distribuída à residência, que está a mais de 100 m do local.

Nos meses de maio e junho a proteção do reservatório foi considerada de fácil acesso, visto que contava com a proteção de uma tampa sem fixação e que com as enxurradas e a ação de animais acabava sendo retirada do local. No mês de julho ela foi fixada no local com auxílio de um tronco, além de ser realizada melhorias no entorno para evitar que a enxurrada, decorrente de precipitações elevadas, atinja a nascente e o reservatório. Vale destacar que o olho d'água da nascente está protegido e isolado do meio externo, e a coleta de água até o reservatório ocorre por meio de um cano de PVC de 100 mm, com aproximadamente 2 m de comprimento.

Quanto ao poço raso, foram realizadas apenas duas análises, nos meses de maio e junho, devido ao fechamento do poço. O Quadro 4 apresenta a avaliação macroscópica do estado de preservação para o poço raso.

Quadro 4 - Quantificação das análises dos parâmetros macroscópicos observados no poço raso.

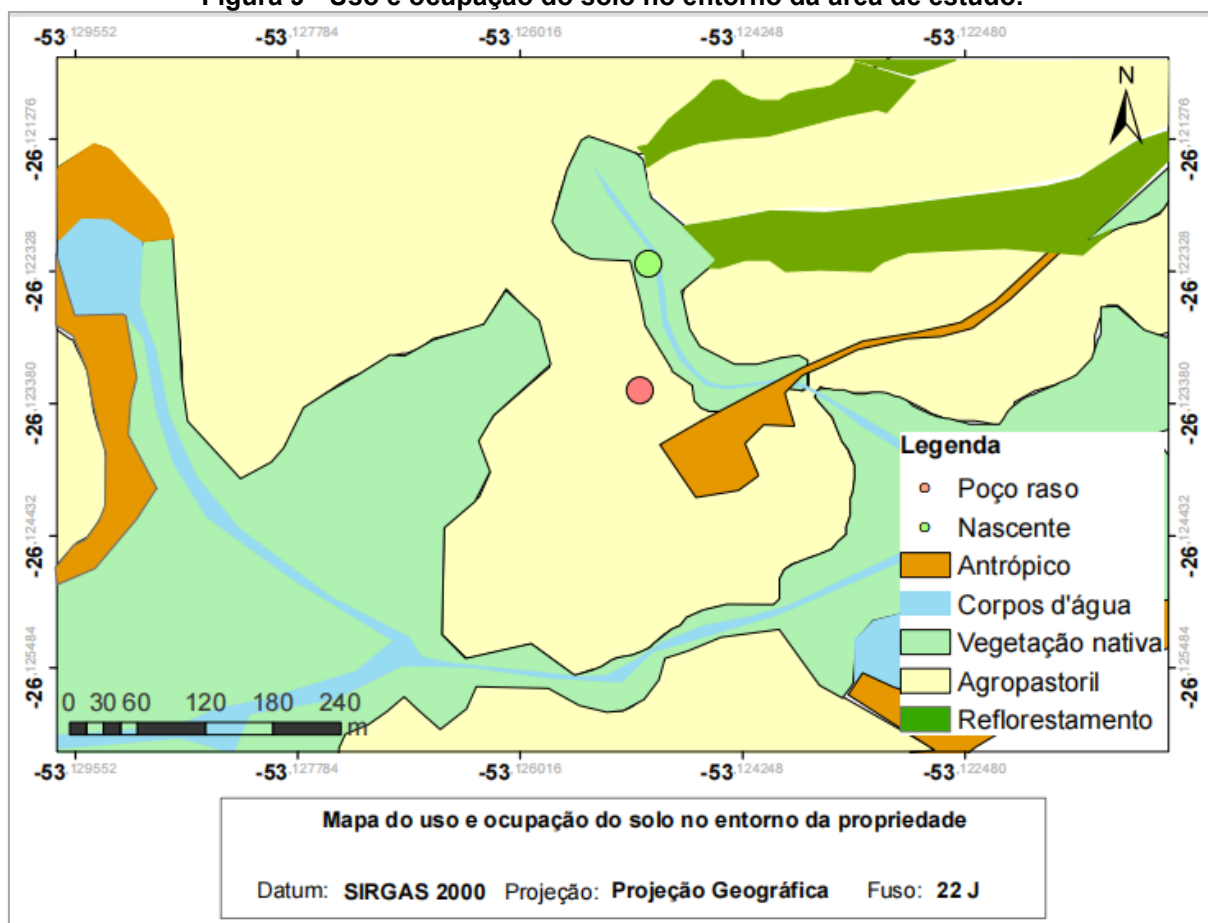
Parâmetro	Pontuação	
	Maio	Junho
Cor da água	2 (clara)	2 (clara)
Odor	2 (cheiro fraco)	2 (cheiro fraco)
Resíduos ao redor	3 (não há)	3 (não há)
Resíduos na água	2 (pouco)	2 (pouco)
Espumas	2 (pouco)	3 (não há)
Óleos	3 (não há)	3 (não há)
Esgoto	3 (não há)	3 (não há)
Vegetação (Preservação)	1 (alta degradação)	1 (alta degradação)
Uso por animais	1 (presença)	1 (presença)
Uso por humanos	1 (presença)	1 (presença)
Proteção do local	1 (fácil)	1 (fácil)
Proximidade com residências	2 (entre 50 a 100 m)	2 (entre 50 a 100 m)
Tipo de área de inserção	1 (ausente)	1 (ausente)
Somatório	24	25
Classificação	E (péssimo)	E (péssimo)

Fonte: Autoria própria (2022).

Nas duas análises não foram observadas a presença de resíduos ao redor, nem de óleos ou esgoto na água, mas apresentou o mês de maio um pouco de espumas. Devido à falta de proteção, presença de animais (sapos e pequenos peixes) e de vegetação na parte interior do poço, além da ação do escoamento superficial, que carregou materiais para dentro do poço, a água apresentou um odor fraco e visualmente uma cor clara além da presença de resíduos flutuantes, o que resulta em redução da qualidade da água para consumo sem tratamento prévio.

Além disso, a falta de proteção com estruturas físicas para evitar a contaminação da água e o acesso de animais e pessoas ao local foi verificada, assim como a falta de vegetação para preservação e manutenção dos serviços ecossistêmicos na área. A prática da agricultura e pecuária no entorno (Figura 9) pode contribuir para a degradação da qualidade da água e para sua contaminação, através da presença de nutrientes em excesso, substâncias tóxicas, contaminantes e organismos patogênicos.

Figura 9 - Uso e ocupação do solo no entorno da área de estudo.



Fonte: Autoria própria (2022).

Por estar inserido dentro da área agrícola, antes de ser finalizada as análises, no mês de julho o poço foi fechado para facilitar a mecanização da área, mas é possível afirmar que a sua preservação em relação a da nascente era menor, pois não apresentava nenhuma forma de proteção ou faixa de vegetação nativa para indicar sua presença e auxiliar a evitar possíveis quedas acidentais ou mesmo a contaminação da água.

As áreas de agropastoril localizadas acima da nascente também contribuem para a interferência na sua qualidade de preservação e da água, pois como essas áreas estão situadas em cotas topográficas superiores e pertencem a mesma bacia de drenagem, a água que infiltra e que escoar superficialmente carrega com sigio os poluentes, nutrientes e contaminantes presentes no solo, os quais podem atingir as fontes de abastecimento a jusante.

Após a análise das condições da nascente e do poço, realizou-se o somatório dos pontos obtidos e o enquadramento de seus graus de preservação em relação ao índice de impacto ambiental macroscópico. Enquanto as condições de preservação da nascente foram consideradas de regular a boa, por outro lado as condições de preservação do poço foram consideradas péssimas, segundo a metodologia utilizada, proposta por Gomes, Melo & Vale (2005).

Em seu trabalho de avaliação da qualidade ambiental de uma nascente localizada no perímetro urbano de Francisco Beltrão - PR, Teles (2018) utilizou a mesma metodologia, classificou a nascente na classe E, em péssimo estado de preservação, verificando que tal degradação estava principalmente ligada ao uso e ocupação do solo no entorno, ocasionando vários impactos ambientais e atingindo de maneiras diferentes o local.

5.5 Disponibilidade hídrica

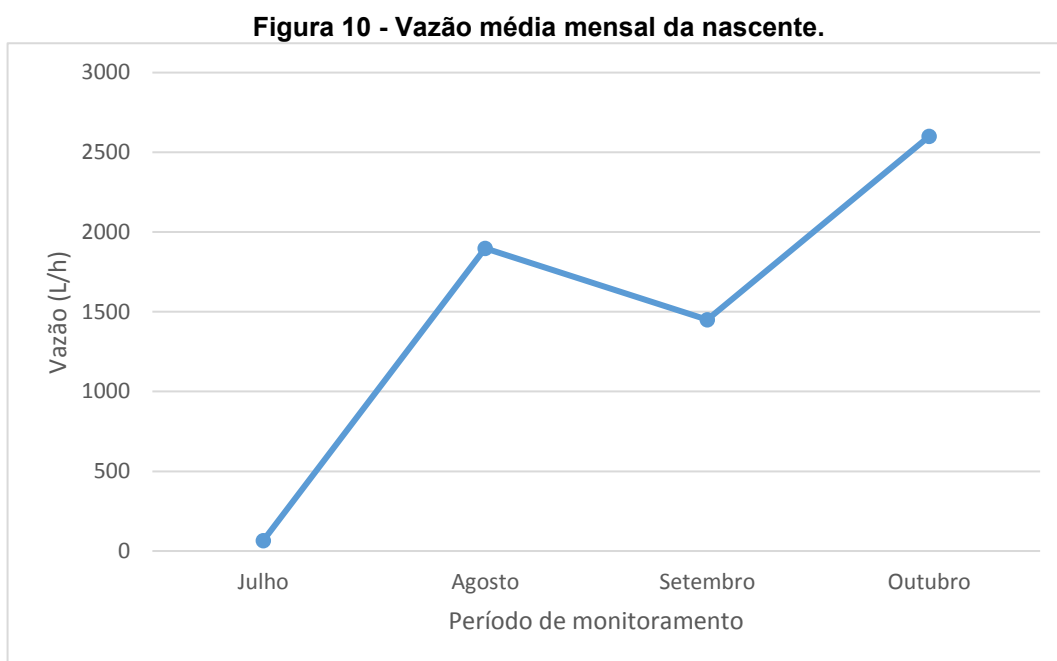
A disponibilidade hídrica da nascente foi medida ao longo dos meses de julho a outubro de 2022, através do método volumétrico, considerado por Santos, Alves & Silva (2017) ideal para medir a vazão de pequenos cursos d'água e nascentes, devido ao baixo custo, facilidade e praticidade do método. Os resultados apresentados na Tabela 7, referem-se ao valor médio da vazão ao longo de cada mês analisado.

Tabela 7 - Vazão média da nascente ao longo do período analisado.

Mês	Vazão Lh⁻¹	Desvio Padrão
Julho	66,07	7,72
Agosto	1.898,18	1.525,25
Setembro	1.451,43	942,91
Outubro	2.600,00	916,52

Fonte: Autoria própria (2022).

Ao longo do período de estudo, a vazão variou significativamente, indicando uma relação direta com a precipitação, pois nos meses com maior vazão, outubro e agosto, respectivamente, ocorreram eventos de precipitação acima da média e eventos de precipitação extrema, já no mês de julho foram registrados apenas 55 mm, levando a uma vazão média de pouco mais de 66 L h⁻¹, visto que em junho a precipitação também foi abaixo da média histórica, como pode ser observado na Figura 10.



Fonte: Autoria própria (2022).

Vale destacar que o mês de outubro é historicamente o mês mais chuvoso em Francisco Beltrão, no entanto no período de estudo ocorreram eventos de precipitação extremas ao longo do mês, principalmente entre os dias 10 e 11 em que na propriedade foram registrados cerca de 300 mm, resultando em uma vazão média mensal de 2.600 L h⁻¹. Por outro lado a menor vazão foi registrada no mês de julho. O que pode explicar esse resultado é que desde junho a precipitação estava ocorrendo abaixo da média histórica, sendo o reflexo de um pequeno período de seca. Dessa forma, é necessário planejar e controlar seu uso e consumo nos períodos de estiagem, visando garantir o abastecimento para a execução das atividades essenciais.

Ao analisar a disponibilidade hídrica, ao longo de agosto de 2015 a julho de 2016, de uma nascente na Serra da Caiçara em Maravilha - AL, Santos, Alves & Silva (2017) identificaram que a mesma apresentou algumas variações, mas oferece água

suficiente para o desenvolvimento das atividades pela população da região, desde que explorada de maneira sustentável. O menor valor registrado pelos autores foi em março de 2016, com 320,54 L h⁻¹, e o maior valor da vazão em agosto de 2015, com 1171,01 L h⁻¹.

5.6 Proteção das fontes de abastecimento

Para que não ocorra contaminação das fontes de suprimento humano é necessário seguir algumas normas para a construção de poços e sistemas de captação. Sendo assim, foi executada a limpeza do reservatório da nascente, para retirar as plantas e demais restos vegetais que encontravam-se em contato com a água, além de melhorias nas estruturas de captação e isolamento do entorno, em um raio de 50 m, permitindo a regeneração natural das áreas degradadas pelo fluxo de bovinos e atividades agrícolas.

Para o poço raso também seria executada a limpeza do local e na sequência a construção de uma proteção superficial de tijolos e concreto, com no mínimo 80 cm de altura, ao redor do poço, além da utilização de uma tampa de concreto, conforme proposto por Valias *et al.* (2001) e Schimitz (2017), visando evitar a entrada de águas residuais, de enxurradas e quedas ou acidentes com pessoas e animais. No entanto, com o fechamento do mesmo, não foi possível realizar essa adequação do local.

6 CONCLUSÃO

Através do monitoramento da qualidade da água da nascente foi possível verificar a influência do uso, manejo e ocupação do solo no entorno sobre a qualidade da água, além da influência da precipitação e do escoamento superficial ao atingir o reservatório de água utilizado para coleta. No entanto após limpeza e melhorias na estrutura de proteção e no entorno, houve redução significativa da cor, turbidez e DQO. Essas melhorias possibilitaram que as condições de preservação passassem de razoável (C) para bom (B).

Apesar do monitoramento para o poço ter sido interrompido após dois meses, constatou-se qualidade inferior a nascente, apresentando maior concentração de DQO, turbidez, cor, fósforo e nitrogênio, provavelmente em decorrência do uso e ocupação no entorno.

Foi possível identificar a presença de coliformes totais e termotolerantes tanto na nascente como no poço raso, provavelmente causada pela criação e manejo de bovinos muito próximo as fontes, visto que após o isolamento da área da nascente a contaminação microbiológica reduziu até chegar a zero em outubro.

A água da nascente não apresentou toxicidade aguda, não representando riscos a saúde após exposição e consumo. Também se constatou que a vazão apresenta influência direta com o regime de chuva, indicando a necessidade de planejar seu consumo em períodos de seca.

Ressalta-se a necessidade de melhorar as estruturas de proteção e coleta de água da nascente, garantindo melhor proteção contra a contaminação externa. A limpeza das estruturas e do entorno também deve ser realizada com maior frequência, sendo indicada a instalação de algum sistema de desinfecção da água após seu armazenamento.

Através do monitoramento da qualidade das fontes utilizadas na propriedade rural foi possível verificar a qualidade inferior a adequada para consumo, sendo que muitas outras propriedades rurais podem estar utilizando água contaminada para abastecimento, sem nenhum tratamento prévio, o que pode resultar na ocorrência de doenças de veiculação hídrica. Assim torna-se necessário estudar possíveis indicadores a serem adotadas pelos agricultores para avaliar a qualidade das fontes de abastecimento, os quais apresentem facilidade de aplicação e baixo custo.

Como o monitoramento foi realizado durante seis meses, alguns fatores que podem influenciar na qualidade da água podem não ter sido identificados, dessa forma sugere-se a realização de mais estudos e de um monitoramento abrangendo um período maior, com intenção de acompanhar as variações ao longo das estações do ano e a influência do uso do solo no entorno, além de realizar o monitoramento da vazão por um período de tempo maior, devido a relação direta com a precipitação, uso e preservação do solo.

REFERÊNCIAS

ALEMÃO, A. B.. **Proteção de Nascentes à Base de Solo Cimento**. 1. ed. Curitiba: Instituto Emater, 2015. 20 p.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Água no mundo: Situação da Água no Mundo**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 18 abr. 2022.

ANTONIETTI, H. A.; OLIVEIRA, R. C. Qualidade da água em nascentes protegidas com a técnica solo cimento no município de Diamante do Sul, PR. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 4, p. 225 - 233, 2013.

APHA. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 23.th. Washington: American Public Health Association. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13373: Ecotoxicologia aquática — Toxicidade crônica — Método de ensaio com Ceriodaphnia spp (Crustacea, Cladocera)**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BAGGIO, A. J; CARPANEZZI, A. A.; FELIZARI, S. R.; RUFFATO, A. **Recuperação e proteção de nascentes em propriedades rurais de Machadinho, RS**. 21. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 26 p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: informe anual. Brasília - DF: ANA, 2020. 118 p.. Disponível em: <https://wwwsmirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2020>. Acesso em 12 abr. 2022.

BRASIL. **Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Casa Civil. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sctie/farmacia-popular%20old/legislacao/prc-5-portaria-de-consolida-o-n-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view>. Acesso em 14 abr. 2022.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília: Casa Civil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 14 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: Funasa, 2014. 112 p.. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-de-controle-da-qualidade-da-

agua-para-tecnicos-que-trabalham-em-etapas?inheritRedirect=false. Acesso em 16 abr. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 18 mar. 2015. Disponível em: conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em 27 mai. 2022.

BRASIL. **Portaria de Consolidação GM/MS n. 888, de 04 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Casa Civil. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em 14 abr. 2022.

CAMARGO, R. A. L.; BACCARIN, J. G.; SILVA, D. B. S. Mercados institucionais para a agricultura familiar e soberania alimentar. **Revista NERA**, Presidente Prudente, Ano 19, nº. 32 – Dossiê, p. 34 - 55, 2016.

CAMPOS, F. R. Stress hídrico no perímetro urbano em municípios da região Sudoeste do Paraná. **Revista Faz Ciência**, v. 11, n. 14, p. 75 - 96, Jul. / Dez. 2009.

CAVALCANTE, R. B. L. Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9 n. 3, p. 550 - 558, jul. / set. 2014.

CECCONELLO, S. T.; CENTENO, L. N.; LEANDRO, D. Avaliação da qualidade da água subterrânea na zona rural do município de Pelotas, RS. **Revista Thema**, v. 17, n. 1, p. 57 - 73, 2020.

COELHO, S. C.; DUARTE, A. N.; AMARAL, L. S.; SANTOS, P. M.; SALLES, M. J.; SANTOS, J. A. A.; SOTERO-MARTINS, A. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 156 - 167, jan. / fev. 2017.

CRISPIM, J. Q.; MALYSZ, S. T.; CARDOSO, O.; JUNIOR, S. N., R. B. L. Conservação e proteção de nascentes por meio do solo cimento em pequenas propriedades rurais agrícolas na bacia hidrográfica Rio do Campo no município de Campo Mourão - PR. **Revista Geonorte**. Edição especial, v. 3, n. 4, p. 781 - 790, 2012.

DUARTE, J. P. P. Importância e função das nascentes nas propriedades rurais: uma análise conceitual dos cinco passos para sua proteção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. IX., 2018, São Bernardo do Campo - SP. **Anais [...]** São Bernardo do Campo: ConGeA, 2018. 9 p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Solos). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 356 p.

EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Jovens rurais e Epagri protegem nascente na Serra Catarinense**. 2021. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2021/07/14/jovens-rurais-e-epagri-protegem-nascente-na-serra-catarinense/>. Acesso em: 11 abr. 2022.

FRANCISCO BELTRÃO. Secretaria Municipal de Planejamento/ IPPUB. **Plano Diretor Municipal de Francisco Beltrão**. Francisco Beltrão. 2017. Disponível em: <https://www.franciscobeltrao.pr.gov.br/o-municipio/plano-diretor/>. Acesso em 20 abr. 2022.

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

GOMES, R. T. D. **Avaliação da técnica de proteção de nascentes com solo-cimento**: Estudo de caso na Bacia Hidrográfica do rio Camboriú- SC. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade do Vale do Itajaí - Escola do Mar, Ciência e Tecnologia, Itajaí, 2019.

GUERRA, R. Ecotoxicological and chemical evaluation of phenolic compounds in industrial effluents. **Chemosphere**, 8 ed. v. 44, p. 1737 - 1747, set. 2001.

HOLLAS, C. E. **Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para abastecimento na zona rural do município de Francisco Beltrão - Paraná**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: https://censosagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em 14 abr. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Conheça Cidades e Estados do Brasil. Francisco Beltrão. Pesquisa. Panorama 2021. **IBGE Cidades @**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/francisco-beltrao/pesquisa/23/27652?detalhes=true>. Acesso em 14 abr. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Conheça Cidades e Estados do Brasil. Francisco Beltrão. Pesquisa. Sinopse: Censo 2010. **IBGE Cidades @**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/francisco-beltrao/pesquisa/23/27652?detalhes=true>. Acesso em 14 abr. 2022.5.26.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Em 11 anos a agricultura familiar perdeu 9,5% dos estabelecimentos e 2,2 milhões de postos de trabalho. **Censo Agro 2017**, 2019. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/2012-agencia-de-noticias/noticias/25786-em-11-anos-agricultura-familiar-perde-9-5-dos-estabelecimentos-e-2-2-milhoes-de-postos-de-trabalho.html>. Acesso em 14 abr. 2022.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ - IAPAR - EMATER (IDR - PARANÁ). **Dados Meteorológicos Históricos e Atuais**. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento 2022. Disponível em: Dados Meteorológicos

Históricos e Atuais | Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (idrparana.pr.gov.br). Acesso em: 16 ago. 2022.

KONZGEN, Q. R. S.; MANTELLI, J. As estratégias de reprodução social e econômica da agricultura familiar: um estudo sobre as perspectivas de permanência e continuidade do grupo agroecológico do Remanso – Canguçu/RS. **Revista NERA**, Presidente Prudente, v. 23, n. 55, p. 243-268, set. / dez.2020.

NUNES, A. P.; LOPES, L. G.; PINTO, F. R.; AMARAL, L. A. Qualidade da água subterrânea e percepção dos consumidores em propriedades rurais. **Revista Nucleus**, v. 7 n. 2, p. 95 - 104, out. 2010.

PARANÁ. Instituto Água e Terra. **Relatório de conjuntura dos recursos hídricos do Estado do Paraná**. Curitiba: IAT - Instituto Água e Terra, 2020. Disponível em:<https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Relatorio-de-Conjuntura-dos-Recursos-Hidricos-do-Estado-do-Parana>. Acesso em 12 abr. 2022.

PINTO, N. D. F.; FREITAS, V. P. Histórico e importância da Agricultura Familiar no Brasil: Contexto legal e aplicabilidade da internet das coisas. **Revista Jurídica Cesumar - Mestrado**, v. 21, n. 3, p. 687 - 703, set. / dez. 2021.

RAGAZZON, D.; GRABASKI, C. N. Qualidade da água na região rural de Francisco Beltrão, PR, pela utilização de banco de dados: 1995 a 2005. **Revista Faz Ciência**, v. 11 n. 13, p. 175 - 190, jan. / jun. 2009.

RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; BERTOLUZZI, E. C.; PELLEGRINI, J. B. R.; SILVA, J. L. S.; PETRY, C. Qualidade das águas subterrâneas captadas em fontes em função da presença de proteção física e de sua posição na paisagem. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 5, p. 948 - 957, set. / out. 2010.

SAMPAIO, C. A. P.; IDE, G. M.; BATALHA, C. P.; PEREIRA, L. P.; BUENO, L. F. Análise técnica de água de fontes rurais. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 24 n. 2, p. 213 - 217, mar. / abr. 2019.

SANTOS, A; ALVES, G. N.; SILVA, A. P. L.. Aplicação do método direto volumétrico para mensuração e acompanhamento da vazão de nascente na Serra da Caiçara, no município de Maravilha, Alagoas. *In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO*. 2017, Campina Grande, PB. **Anais [...]** Campina Grande: II CONIDIS, 2017. 5 p.

SCALIZE, P. S.; BARROS, E. F. S.; SOARES, L. A.; HORA, K. E. R.; FERREIRA, N. C.; BAUMANN, L. R. F.. Avaliação da qualidade da água para abastecimento no assentamento de reforma agrária Canudos, Estado de Goiás. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9 n. 4, p. 696 - 707, out. / dez. 2014.

SCHEUER, J. M.; VASSALLO, M.. Análise do programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar no município gaúcho de Roque Gonçalves, Brasil. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 13, n. 1, p. 40 - 61, 2019.

SCHIMITZ, L. A.. **Proteção de fontes de água em Unidades de Produção e Vida Familiares (UPVFS) no Sudoeste do Paraná: uma análise das ações desenvolvidas pela ACESI/STR, GETERR/UNIOESTE e EMATER - PR**. 2017.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2017.

SIQUEIRA, C. G.; LIMA, T. M.; SANTOS, M.. Potabilidade da água de poços artesanais em comunidades rurais do agreste sergipano. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 35, n. 3, 9 p., 2022.

SOUZA, C. C.; AQUINO, S. F.; SILVA, S. Q.. Ensaios toxicológicos aplicados à análise de águas contaminadas por fármacos. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 217 - 228, 2020.

SOUSA, M. J. D.; CAJÚ, M. A. D.; OLIVEIRA, C. A.. A importância da produção agrícola orgânica na agricultura familiar. **Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 10, n. 31, p. 101 - 119, out. / nov. 2016.

TELES, T. J. **Avaliação da qualidade ambiental de nascente no perímetro urbano de Francisco Beltrão - Paraná**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2018.

UNESCO WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021**: o valor da água; fatos e dados. Paris: UNESCO, 2021. 12 p.. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por. Acesso em 18 mar. 2022.

VALIA, A. P. G. S.; ROQUETO, M. A.; HORNINK, D. G.; KOROIVA, E. H.; VIEIRA, F.C.; ROSA, G. M.; SILVA, M. A. M. L.. Cartilha de orientação sobre água de poços rasos e de nascentes e sistema de cloração por difusão. **Arq. Apadec**, v. 5, n. 1, p. 24 - 27, 2001.