

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**VANESSA DOS SANTOS**

**QUALIDADE DA ÁGUA E ANÁLISE AMBIENTAL DE NASCENTES NO  
MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO IVAÍ, PARANÁ**

**CAMPO MOURÃO**

**2024**

**VANESSA DOS SANTOS**

**QUALIDADE DA ÁGUA E ANÁLISE AMBIENTAL DE NASCENTES NO  
MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO IVAÍ, PARANÁ**

**WATER QUALITY AND ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF HEADWATERS IN THE  
MUNICIPALITY OF SÃO PEDRO DO IVAÍ, PARANÁ**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Marcilene Ferrari Barrichello Consolin

Coorientador: Ricardo Augusto da Silva

**CAMPO MOURÃO**

**2024**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

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



**Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Campo Mourão**



VANESSA DOS SANTOS

**QUALIDADE DA ÁGUA E ANÁLISE AMBIENTAL DE NASCENTES NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DO  
IVAÍ, PARANÁ**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Gestão E Regulação De Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Regulação E Governança De Recursos Hídricos.

Data de aprovação: 11 de Março de 2024

Dra. Marcilene Ferrari Barriquello Consolin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Edson Junior Ferreira Stefani, Doutorado - Universidade Estadual do Norte do Paraná (Uenp)

Dr. Nelson Consolin Filho, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Ricardo Augusto Da Silva, Doutorado - Universidade Norte do Paraná (Unopar)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 11/03/2024.

À minha amada Vozinha Maria (*in memoriam*), cujo amor me inspira a ser uma pessoa melhor.

## **AGRADECIMENTOS**

A concretização deste trabalho só foi possível graças ao apoio de algumas pessoas a quem devo agradecer:

Ao meu noivo Álvaro Marin Costa. Desde que você passou a fazer parte da minha vida vivencio uma espiral construtiva. Esta é apenas uma das muitas conquistas ao seu lado.

Aos funcionários da Prefeitura Municipal e, principalmente, ao servidor da Secretaria de Meio Ambiente Helcio Ribeiro por ter me acompanhado em todas as coletas. À Erika Barratella Langbein, Técnica da SANEPAR - Gerência Regional de Apucarana - GRAP, pelas informações fundamentais no enriquecimento do trabalho e pela disposição em ajudar.

Aos meus familiares, Maria Martins, Edinalva, Valdinho, Valdinéia, Edivania, Eloah, Luiza e Sabrina por sempre me apoiarem, pelo carinho, afeto, ensinamentos, por sempre estarem ao meu lado e querer meu melhor, e por batalharem tanto em prol do meu conforto.

Aos meus amigos, pela amizade e as risadas, principalmente por escutarem meus desabafos, ao futuro Mestre Matheus Godinho, pelas discussões e pelo auxílio no trabalho.

À minha orientadora Dra. Marcilene; ao meu coorientador Dr. Ricardo Augusto; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfªÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPENº.2717/2015; e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná–UTFPR pelo apoio recebido

Ter só aptidão não adianta; é necessário muito esforço e dedicação para transformá-la em sucesso e realização profissional. Isso é tanto verdade para as pessoas normais como para os ditos 'gênios'. A diferença, talvez, seja a quantidade de esforço requerida. É como se os gênios tivessem um barco a motor para atravessar um rio e os normais, um barco a remo. Claro, é mais fácil para os gênios. Mas eles precisam saber pilotar o barco e ter gasolina suficiente para chegar do outro lado. Os remadores têm de trabalhar mais duro, mas também podem chegar lá. O importante é querer atravessar o rio, ter determinação para isso, mesmo que os braços doam, a sede aperte e você veja outros barcos adiante, deixando você para trás." Marcelo Gleiser (2007).

## RESUMO

Nascentes são importantes fontes de água limpa para consumo humano. Neste contexto, quando são alteradas por ações antrópicas perdem as capacidades quantitativa e qualitativa da água o que compromete sua recarga e produção de água. Assim, o presente trabalho objetivou realizar uma análise ambiental, bem como analisar a qualidade da água, por meio dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, de cinco nascentes utilizadas para consumo em propriedades rurais no município de São Pedro do Ivaí, Paraná. Ao quantificar os parâmetros de avaliação ambiental, observou-se que nenhuma das nascentes atingiu a classificação de "Ótima" (Classe A). Duas foram classificadas como "Boa" (Classe B), duas como "Razoável" (Classe C) e apenas uma como "Péssima" (Classe E). A análise físico-química revelou conformidade geral com os padrões legais para ferro, manganês e nitrito, porém a presença de coliformes indica contaminação fecal. Variações em pH, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio sugerem influências diversas, exigindo medidas de saneamento para preservar os recursos hídricos. Diante disso, o presente estudo contribui com dados que evidenciam a necessidade de planejamento e gestão para a preservação e proteção das nascentes, visando a melhoria tanto em qualidade quanto em quantidade da água consumida pelos proprietários rurais, assim como o planejamento de gestão, proteção e ordenamento de áreas de nascentes do município.

**Palavras-chave:** avaliação ambiental; nascentes; qualidade da água.

## ABSTRACT

Headwaters are important sources of clean water for human consumption. In this context, when they are altered by anthropogenic actions, they lose their quantitative and qualitative capacity, which compromises their recharge and water production. The aim of this study was therefore to carry out an environmental analysis, as well as to analyze the water quality, by means of physical-chemical and microbiological parameters, of five headwaters used for consumption on rural properties in the municipality of São Pedro do Ivaí, Paraná. When quantifying the environmental assessment parameters, it was observed that none of the headwaters reached the classification of "Optimal" (Class A). Two were classified as "Good" (Class B), two as "Fair" (Class C) and only one as "Poor" (Class E). The physico-chemical analysis revealed general compliance with legal standards for iron, manganese and nitrite, but the presence of coliforms indicates fecal contamination. Variations in pH, dissolved oxygen and biochemical oxygen demand suggest different influences, requiring sanitation measures to preserve water resources. In view of this, this study contributes data that highlights the need for planning and management for the preservation and protection of headwaters, with a view to improving both the quality and quantity of water consumed by rural landowners, as well as planning for the management, protection and planning of spring areas in the municipality.

*Keywords:* environmental assessment; headwaters; water quality.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Mapa com a localização das nascentes avaliadas no estudo</b>	<b>25</b>
<b>Figura 2 - Bacias Hidrográficas de São Pedro do Ivaí</b>	<b>26</b>
<b>Figura 3 - Foto da Nascente 1</b>	<b>33</b>
<b>Figura 4 - Foto aérea e localização da Nascente 1</b>	<b>34</b>
<b>Figura 5 - Foto da Nascente 2</b>	<b>35</b>
<b>Figura 6 - Foto aérea e localização da Nascente 2</b>	<b>36</b>
<b>Figura 7 - Foto da Nascente 3</b>	<b>37</b>
<b>Figura 8 - Foto aérea e localização da Nascente 3</b>	<b>38</b>
<b>Figura 9 - Vista <i>in loco</i> da Nascente 4</b>	<b>39</b>
<b>Figura 10 - Foto aérea e localização da Nascente 4</b>	<b>40</b>
<b>Figura 11 - Vista <i>in loco</i> da Nascente 5</b>	<b>41</b>
<b>Figura 12 - Foto aérea e localização da Nascente 5</b>	<b>42</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1 - Parâmetros macroscópicos e peso dos atributos</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 2 - Classificação das nascentes quanto aos impactos macroscópicos</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 3 - Quantificação da Análise dos Parâmetros Macroscópicos das nascentes avaliadas no Município de São Pedro do Ivaí-PR.</b>	<b>43</b>
<b>Tabela 4 - Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água das nascentes</b>	<b>46</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
Cfa	Clima subtropical (mesotérmico), sem estação seca
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SMWW	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
SPD	Sistema de Plantio Direto
VMP	Valor Máximo Permitido

## LISTA DE SÍMBOLOS

Fe	Ferro
Mg	Magnésio
T	Temperatura
V	Volume
P	Pressão

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Específicos</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Impactos antrópicos em ecossistemas naturais</b>	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Abastecimento e gestão pública de água para consumo humano</b>	<b>20</b>
<b>4.3</b>	<b>Conservação de Recursos Hídricos</b>	<b>22</b>
<b>4.4</b>	<b>Pedologia da área de estudo</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>25</b>
<b>5.1</b>	<b>Área de estudo</b>	<b>25</b>
<b>5.2</b>	<b>Avaliação macroscópica ambiental das nascentes</b>	<b>28</b>
<b>5.3</b>	<b>Coleta de amostras e análises de dados</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para o desenvolvimento econômico, abastecimento, produção, energia, agricultura, pesca, transporte, sustentabilidade e bem-estar humano. Além disso, ecossistemas aquáticos possuem rica biodiversidade e provêm diversos serviços ecossistêmicos que garantem qualidade de vida à população humana (Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, 2020). Por exemplo, fornecem alimentos, garantem o abastecimento e purificação de água, regulação do clima e inundações, proteção costeira, oportunidades recreativas e turismo (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019).

No entanto, a quantidade e qualidade da água disponível às populações estão intimamente relacionadas a fatores como: práticas inadequadas de manejo e uso do solo, degradação do solo, erosão hídrica, assoreamento de corpos hídricos, remoção da cobertura vegetal, precariedade na infraestrutura de saneamento, superexploração de recursos hídricos, poluição oriunda de atividades industriais e agropecuárias, e por fim, processos de ocupação desordenada do solo, sobretudo de áreas de preservação permanente (Corsi *et al.*, 2010). Conseqüentemente, diversos problemas estão atrelados à degradação da qualidade das águas, como perda da biodiversidade, aumento de doenças de veiculação hídrica, aumento dos custos de tratamento das águas destinadas ao abastecimento público e ao uso industrial, perda de produtividade na agricultura e na pecuária, redução da pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos (Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, 2020).

Águas provenientes de nascentes são importantes fontes de águas limpas para consumo humano (Wu *et al.*, 2020), especialmente em zonas rurais, onde muitas vezes são a única fonte de água potável. Contudo, a falta de monitoramento aliado ao desconhecimento da população das causas e problemas associados à poluição da água contribuem para altos índices de contaminação dessas fontes (Agrizzi *et al.*, 2018; Cavalcante, 2014). Além disso, a degradação das áreas de preservação permanente (APP's) e sua substituição por atividades agropecuárias e áreas urbanas têm causado alterações na qualidade das águas (Tambosi *et al.*, 2015), uma vez que as APP's no entorno das nascentes desempenham funções hidrológicas e ecológicas de proteção aos solos, melhorando os processos de

infiltração, percolação e armazenamento de água, além de diminuir o escoamento superficial, contribuindo para a recarga de mananciais e corpos hídricos (Lima, 1986, Junk *et al.*, 2022).

Nesse sentido, as nascentes são fontes essenciais para os sistemas hidrológicos, pois são responsáveis pela afloração da água na litosfera e, conseqüentemente, alimentam o leito dos rios, e por conseguinte devem ser preservadas e utilizadas racionalmente (Marmontel; Rodrigues, 2015). Não obstante, a legislação brasileira estipula como limite mínimo a faixa marginal de vegetação nativa a ser preservada nas nascentes de 50 metros de raio, mesmo quando intermitentes (Brasil, 2012).

A partir disso, é preciso considerar a governança entre os diversos atores da sociedade, tanto na área de recursos hídricos, quanto na preservação e conservação ambiental. Deve-se pensar na integração das instituições privadas, da sociedade civil, organizações não governamentais, além de pessoas interessadas na gestão dos recursos naturais. Entre os atores que participam da proteção dos recursos naturais, o setor privado e a sociedade civil vêm assumindo papel cada vez mais relevante (Capano *et al.*, 2019), visto que em muitas regiões do país a maioria das nascentes de muitos afluentes e rios, bem como dos remanescentes de vegetação nativa encontram-se em propriedades particulares. Logo, a manutenção e conservação de nascentes, principalmente em propriedades rurais particulares pode contribuir significativamente para a segurança hídrica, que por sua vez complementa os esforços do poder público (Debaere; Kapral, 2021).

Dentre os métodos de diagnósticos de nascentes está o de analisar suas qualidades macroscópicas, que permite compreender as interferências antrópicas às quais as nascentes estão sujeitas, bem como avaliar seu grau de proteção. O método consiste na observação e levantamento de algumas características tais como: cor e odor da água, presença de resíduos, materiais flutuantes, espumas, óleos, esgoto no entorno do local; usos por animais e humanos e proteção do local podem classificar este sistema individual ou coletivo de consumo de água conforme seu grau de preservação (Gomes; Melo; Vale, 2005). Portanto, quanto à qualidade da água, além da importância da mensuração dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, os aspectos macroscópicos contribuem para a compreensão do local onde a água está sendo captada para o consumo humano, como por exemplo, a interferência sofrida por ações humanas e de outros animais, presença de resíduos

e outros materiais flutuantes, e o grau de preservação das nascentes (Copetti, *et al.*, 2023).

Diante disso, o presente trabalho objetivou analisar a qualidade da água, por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, bem como o uso e ocupação do solo no entorno de cinco nascentes utilizadas para consumo em propriedades rurais no município de São Pedro do Ivaí, Paraná.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

O presente trabalho objetivou analisar a qualidade da água, por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, bem como através de análise macroscópica de uso e ocupação do solo no entorno de cinco nascentes presentes em propriedades rurais, inseridas na bacia hidrográfica do Alto Rio Ivaí, no município de São Pedro do Ivaí, Paraná.

### 2.2 Específicos

- Avaliar e comparar a qualidade da água de cinco nascentes utilizadas para consumo humano na zona rural em diferentes coberturas de solo e estado de conservação da vegetação;
- Analisar parâmetros microbiológicos e físico-químicos quanto aos níveis de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, cor Aparente, turbidez, demanda bioquímica, fosfato, sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito, ferro, manganês, coliformes termotolerantes, coliformes totais e *Escherichia coli*;
- Avaliar a qualidade da água bem como a conformidade do enquadramento de cada nascente em relação à Resolução CONAMA 357/05 e Portaria SUREHMA nº 019, de 12 de maio de 1992;
- Avaliar de forma macroscópica a área de estudo e classificar de acordo com Índice de Impacto Ambiental em Nascentes – IIAN, apresentado por Gomes, Melo e Vale (2005), Felipe e Magalhães (2012) e Malaquias e Cândido (2013).

### 3 JUSTIFICATIVA

A avaliação da qualidade da água de um corpo hídrico é de fundamental importância para traçar diretrizes que visam a sua adequação frente aos requisitos de qualidade definidos pela legislação brasileira, com a finalidade de subsidiar a gestão eficiente das bacias hidrográficas e recursos hídricos (D'aguila *et al.*, 2000). Além disso, o consumo humano de água não tratada, pode veicular diversos micro-organismos patogênicos, causadores de diversas perturbações fisiológicas nas pessoas (Amaral *et al.*, 2003).

Grande parte da água consumida pela população no ambiente rural advém de fontes naturais (Daneluz; Tessaro, 2015), frequentemente realizada apenas simples desinfecção antes de consumo, por filtragem ou por fervura da água. Faz-se necessário, porém, análises para verificação de sua qualidade e monitoramento das mesmas, visto que, o Estado do Paraná destina 42% de sua água para o abastecimento público, e cerca de 75% desta vem de manancial superficial, entre eles água de nascentes (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017).

Assim, avaliar a qualidade da água bem como o grau de preservação dos recursos hídricos destinados a consumo humano são necessárias para compreensão de suas condições ambientais, planejamento do uso e manejo, mitigação de impactos negativos e garantia da sustentabilidade de seu uso (Wickham *et al.*, 2011).

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Impactos antrópicos em ecossistemas naturais

O processo crescente de destruição de habitat, quer pela expansão das fronteiras agrícolas, ou pelo crescimento da população humana é a maior ameaça à biodiversidade (Groombridge, 1992; Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2012). Em sua forma mais drástica, esse processo consiste na remoção de um habitat e substituição por outro (Primack, Rodrigues, 2001). Os organismos que vivem nos habitats destruídos são obrigados a deslocarem-se para outros locais ou a adaptarem-se. Caso contrário, são extintos localmente. A destruição do habitat normalmente leva à fragmentação do habitat natural em fragmentos menores e mais isolados separados por uma matriz de cobertura de terra transformada e explorada pelo homem. A redução de área, o aumento do isolamento e a maior exposição aos usos humanos da terra iniciam mudanças de longo prazo na estrutura, função e ecologia dos fragmentos restantes (Tilman *et al.*, 1994; Fahrig, 2003; Haddad *et al.*, 2015).

No Brasil, o bioma com o histórico de maior devastação e fragmentação é a Mata Atlântica, possuindo florestas reduzidas a pequenos fragmentos, esparsos e isolados em matriz urbana e/ou agropastoril, tornando a conservação da biodiversidade dependente da manutenção desses fragmentos dispersos (Tabanez; Viana; Diaz; 1997). O litoral é a região mais preservada, e restam somente 8% da floresta que existia originalmente do bioma (Fundação SOS Mata Atlântica, 2019). Por possuir grande importância ecológica devido à riqueza de espécies que abriga e também por ser um dos biomas mais ameaçados do mundo, é considerado um *hotspot* de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000). Portanto, a maneira mais importante de protegê-lo, e as espécies que o ocupam é por meio da conservação de fragmentos remanescentes (Rodriguez, 1998).

A degradação, perda, e conversão de habitats naturais para uso antrópico são as principais causas do declínio da biodiversidade pelo mundo (Pereira *et al.*, 2010). Em função da perda dos habitats devido a sua destruição total, áreas grandes e contínuas têm sido drasticamente reduzidas e isoladas por uma matriz correspondente a áreas altamente degradadas ou modificadas que diferem muito do habitat original (Viana; Pinheiro, 1998; Haddad *et al.*, 2015). Em síntese, a

fragmentação é um padrão da paisagem pelo qual grandes e contínuas áreas são reduzidas ou divididas em dois ou mais fragmentos (Wilcove *et al.*, 1986; Shafer, 1990; Fahrig, 2003; Laurance *et al.*, 2009), e entre suas principais causas estão a implementação de estradas, atividades agropecuárias e expansão das cidades, e um grande número de outras atividades humanas (Primack, Rodrigues, 2001).

A degradação dos habitats naturais impacta diretamente a disponibilidade de água em quantidade e qualidade para as populações humanas (Alvarenga *et al.*, 2012). Além disso, formações naturais possuem funções fundamentais no ciclo hidrológico, já que interceptam a água e permitem sua infiltração no solo, e conseqüentemente armazenamento e abastecimento de bacias hidrográficas, além de controle da erosão e assoreamento (Tambosi *et al.*, 2015). Também desempenham papel fundamental na redução das concentrações de poluentes, nutrientes e metais pesados que são carregados para os leitos de rios, e conseqüentemente, influenciando os parâmetros físico-químicos dos cursos d'água (Allan, 2004).

Sendo assim, o uso e a gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica devem procurar satisfazer as necessidades da população, assim como a proteção dos ecossistemas (Souza, Silva, Dias, 2012). Portanto, visando a sustentabilidade do uso da água, as bacias hidrográficas devem ser consideradas como unidades de gerenciamento dos recursos hídricos, necessitando de estratégias conservacionistas no uso dos recursos naturais (Aparecido *et al.*, 2016).

## 4.2 Abastecimento e gestão pública de água para consumo humano

Os mananciais de abastecimento público correspondem às fontes de água doce subterrâneos ou superficiais, fluentes, emergentes ou em depósito, efetiva ou potencialmente utilizáveis para consumo humano ou desenvolvimento de atividades econômicas. Integram os sistemas de abastecimento de água para consumo, fornece água bruta a uma comunidade para fins de consumo doméstico, indústrias, agrossilvipastoris, serviços públicos, entre outros (Ribeiro *et al.*, 2022).

Os tipos de uso que aparecem em seguida são o industrial (24%) e a agricultura (21%). Na sequência tem-se a pecuária (13%), que se sobressai pela grande quantidade de água de manancial subterrâneo que demanda para seu uso. O setor minerário representa menos de 1% da demanda hídrica total do Paraná. Nesse contexto, a bacia hidrográfica do rio Ivaí, se situa entre as áreas com maiores taxas de ocupação e uso das terras por lavouras, pecuária, e plantios florestais, estando sujeito a altos índices de contaminação por agrotóxicos e fertilizantes nitrogenados. Portanto, o uso e a ocupação do solo ao longo da bacia hidrográfica do rio Ivaí, e o crescimento urbano desordenado e a agricultura têm ocasionado problemas na qualidade das águas, inclusive em áreas de nascentes em zonas rurais (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017).

Apesar da água ser um recurso abundante no Brasil, em algumas regiões esse recurso natural essencial à vida é escasso, e quando encontrado em abundância, muitas vezes, não possui a qualidade necessária para servir ao abastecimento e consumos humanos (Nogueira *et al.*, 2003; Daneluz, Tessaro, 2015). Por exemplo, em bacias hidrográficas as quais o uso do solo é predominantemente agrícola, a qualidade das águas possui influência direta do tipo de manejo e ocupação da terra, do desmatamento e alterações da vegetação nativa, e o uso de fertilizantes e agrotóxicos (Mendes *et al.*, 2008).

Portanto, o uso e ocupação do solo ao longo da bacia hidrográfica do Rio Ivaí, bem como o crescimento urbano desordenado e a agricultura que cerca os rios, mananciais e nascentes utilizados para abastecimento público têm ocasionado problemas acerca da qualidade dessas águas, as quais muitas vezes não são monitoradas (Carvalho *et al.*, 2015; Santos; Lenzi; Coelho, 2008). Tais problemas trazem altos custos econômicos e sociais, e a avaliação da qualidade de água faz parte de um conjunto de medidas necessárias para promover a disponibilidade de

água de qualidade às populações que ali vivem, como preconiza a legislação referente ao tema no país (Livesley; McPherson; Calfapietra, 2016).

A preservação de bacias hidrográficas, seu uso e manejo sustentáveis, bem como o conhecimento do comportamento da qualidade da água são essenciais para o controle dos impactos negativos e a manutenção desse bem para as presentes e futuras gerações (Agrizzi *et al.*, 2018; Wickham *et al.*, 2011), visando satisfazer os múltiplos usuários dos recursos hídricos. Com isso, o monitoramento da qualidade da água, possibilita diagnosticar as mudanças que ocorrem quanto ao uso e ocupação do solo ao longo da bacia e avaliar as consequências das ações antrópicas nesses sistemas, sendo possível a proposição de soluções e planejamento estratégicos para uma melhor gestão desse valioso recurso (Queiroz *et al.*, 2010).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), quase 35 milhões de pessoas no Brasil não têm acesso à água tratada no país, e cerca de 100 milhões de cidadãos brasileiros não contam com coleta de esgoto e tratamento (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, 2021). Em geral, as populações que residem em áreas rurais não são contempladas com serviços de saneamento básico, abastecimento de água e esgotamento sanitário como nas áreas urbanas, devido a fatores como falta de recursos financeiros, baixa densidade populacional e população dispersa (Castro, Cerezini, 2022).

De modo geral, a população sofre de um déficit na cobertura de serviços de saneamento básico. De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014), apenas 34,5% dos domicílios nas áreas rurais estão ligados a redes de abastecimento de água com ou sem canalização interna. Em relação aos 64,5% restantes, utilizam como fonte de captação de água: nascentes, chafarizes e poços protegidos ou não, diretamente de cursos de água sem nenhum tratamento ou de outras fontes alternativas geralmente insalubres. Assim, é de suma importância a análise da qualidade da água proveniente de fontes naturais, que não recebem nenhum tratamento antes de ser consumida pela população humana.

### 4.3 Conservação de Recursos Hídricos

O Brasil é detentor da maior reserva de águas superficiais doce do planeta Terra. A economia brasileira é extremamente dependente de seus recursos hídricos e da biota aquática, por meio dos benefícios providos pelos ecossistemas aquáticos. O Brasil usa sua disponibilidade hídrica para produzir insumos para todo o planeta, colocando o país no centro da discussão sobre o uso dos recursos hídricos (Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, 2020).

De acordo com o artigo 4 da lei 12.651 (Brasil, 2012), que dispõe sobre o Código Florestal Brasileiro, a preservação dos recursos hídricos é enaltecida pelo seguinte texto: “Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros”. A Constituição Brasileira (Brasil, 1988) relata que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para à presente e futuras gerações”.

Apesar de sua reconhecida importância, a segurança hídrica do país não está garantida. Atualmente são observadas várias ameaças a esses ambientes, como a mudança dos cursos de rios, o uso inadequado da água, as mudanças climáticas, a poluição e as mudanças no uso do solo. Diante das ameaças vigentes e futuras para a manutenção desses benefícios, torna-se fundamental esforços que ressaltem os ambientes aquáticos como componente-chave para a biodiversidade, fonte de recursos hídricos, saúde e bem-estar da população (Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, 2020).

A ausência de água em forma, qualidade e quantidade adequadas afeta negativamente a segurança hídrica da população e dos diversos setores produtivos dependentes deste recurso. O termo “segurança hídrica” refere-se à capacidade de uma população para salvaguardar o acesso a quantidades adequadas de água, em qualidade aceitável para a manutenção da saúde humana e do ecossistema, com o referencial de bacia hidrográfica, e garantir uma proteção eficaz da vida e da

propriedade contra perigos relacionados à água, tais como inundações, deslizamentos de terra e secas (Grey; Sadoff, 2007; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019).

Apesar desta abundância, diferenças regionais e o mau uso deste recurso causam escassez e baixa qualidade, que são reconhecidas e contempladas em diversos instrumentos legais. Desta maneira, os ambientes aquáticos brasileiros e os serviços ecossistêmicos prestados por eles deverão ter importância ímpar para o desenvolvimento do país, tornando-se urgentes iniciativas que visem sua proteção e uso sustentável, valorizando os ambientes aquáticos e incorporando o conceito de vazão ecológica nas concessões de novas outorgas (Vestena *et al.*, 2012).

Conciliar a gestão dos recursos hídricos e a manutenção do regime hidrológico é um desafio complexo. Historicamente, a “proteção” dos ecossistemas fluviais tem tido escopo limitado, enfatizando a qualidade da água e apenas um aspecto da quantidade de água: vazão mínima ecológica. Entretanto, a conversão da vegetação nativa em áreas de agricultura e pecuária também exerce forte influência na qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos do Brasil (Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, 2020). No caso das nascentes, a perda da vegetação no entorno deteriora a contribuição natural de infiltração em áreas de recarga do lençol freático, comprometendo seu reabastecimento e produção de água (Marmontel, Rodrigues, 2015).

Uma das tecnologias amplamente disseminada no estado do Paraná é a conservação de nascentes, utilizando a tecnologia solo-cimento, amparada legalmente pela Orientação Técnica IAP/DIRAM nº 001/2010 e Resolução nº 041/2010 Secretaria Estadual de Meio Ambiente - SEMA/PR (SEMA-PR, 2010).

Portanto, conservar as nascentes e mananciais de abastecimento público é vital para garantir qualidade de vida à população, pois são parte integrante dos sistemas de abastecimento para desenvolvimento das atividades econômicas, sociais e ambientais. Além disso, um dos objetivos da Política Estadual de Recursos Hídricos é garantir a disponibilidade adequada de água, em padrões de qualidade apropriados para os diversos usos, tanto para as gerações presentes quanto para as futuras. Nesse sentido, a proteção dos mananciais, sejam eles águas interiores, subterrâneas ou superficiais, que são utilizáveis de forma efetiva ou potencial para o abastecimento público, são estratégicos para este fim.

#### 4.4 Pedologia da área de estudo

Os solos da bacia hidrográfica do rio Ivaí, caracteriza-se por apresentar uma grande extensão territorial e por possuir também uma grande diversidade de solos. Conforme o mapa de solos elaborado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2009) encontram-se basicamente dois tipos de solos na cidade de São Pedro do Ivaí: o NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico e o NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico, ocorre também em áreas esparsas o LATOSSOLO VERMELHO e o CHERNOSSOLO. O NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico (antiga Terra Roxa Eutroférica) é um tipo de solo comum no Norte do Paraná, que historicamente é um solo muito explorado por ter uma alta fertilidade.

Os NITOSSOLOS são, em geral, solos com argila de atividade baixa ou com ocorrência de caráter álico. Tem como característica mais singular a existência do horizonte B nítico. A argila deve ter porcentagem maior que 35% (350 g/kg) e o gradiente textural deve ser inferior a 1,5. São solos com textura argilosa ou muito argilosa sem incremento de argila do horizonte superficial para o subsuperficial ou com pequeno incremento de ordem inferior a 1,5 (EMBRAPA, 2018).

Já os LATOSSOLOS são solos profundos, com alta porosidade com drenagem acentuada variável. Na área de estudo são encontrados os LATOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos formados de rochas eruptivas básicas e basaltos da Formação Serra Geral. Tem estrutura granular, neste caso podendo ser de grau forte ou subangular, porém, com grau de desenvolvimento no máximo moderado e cerosidade, se presente, no máximo, pouca e fraca (EMBRAPA, 2018).

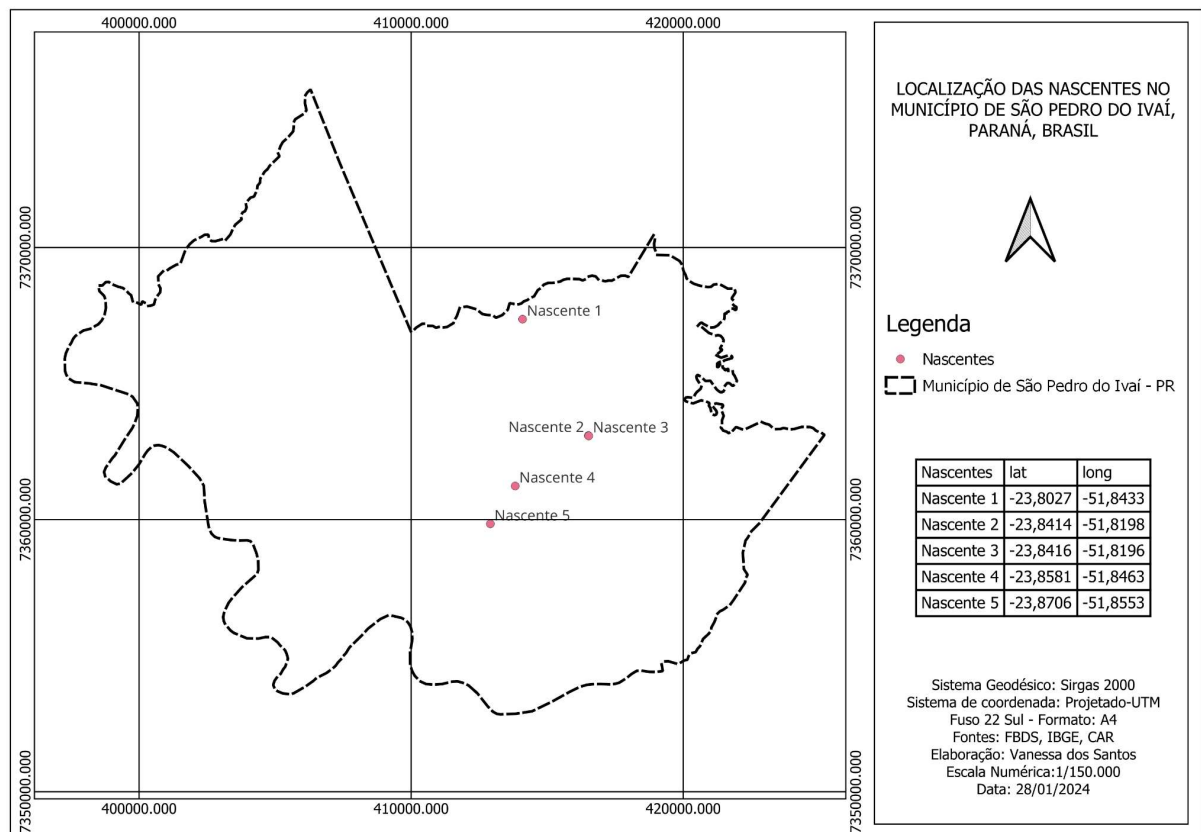
Por fim, os CHERNOSSOLOS minerais são solos não hidromórficos, com alta saturação por bases, argila de atividade alta e horizonte A chernozêmico. Possuem ainda horizonte B textural ou B nítico imediatamente abaixo do horizonte A chernozêmico. Na região de São Pedro do Ivaí ocorrem associados aos NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos e NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutrófico. O CHERNOSSOLO Argilúvico é moderadamente profundo, com espessura A+Bt compreendida entre 60 a 120 centímetros, quando intermediárias para NEOSSOLO, e de 60 a 130 centímetros quando intermediária para NITOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 2018).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Área de estudo

A área de estudo refere-se a propriedades rurais localizadas no município de São Pedro do Ivaí, estado do Paraná, nas coordenadas geográficas entre 23 ° 51 ' 55 " de Latitude Sul e 51 ° 51 ' 23 " de Longitude Oeste, a cerca de 400 metros de altitude e abrange uma área de 322,380 km<sup>2</sup>. Situa-se na Mesorregião Norte Central Paranaense e possui 8.690 habitantes (IBGE, 2022). Também possui limite com os municípios de Itambé, Bom Sucesso, Marumbi, Kaloré, São João do Ivaí e Fênix e está a 419,31 km da capital do estado, Curitiba.

**Figura 1. Mapa com a localização das nascentes avaliadas no estudo.**

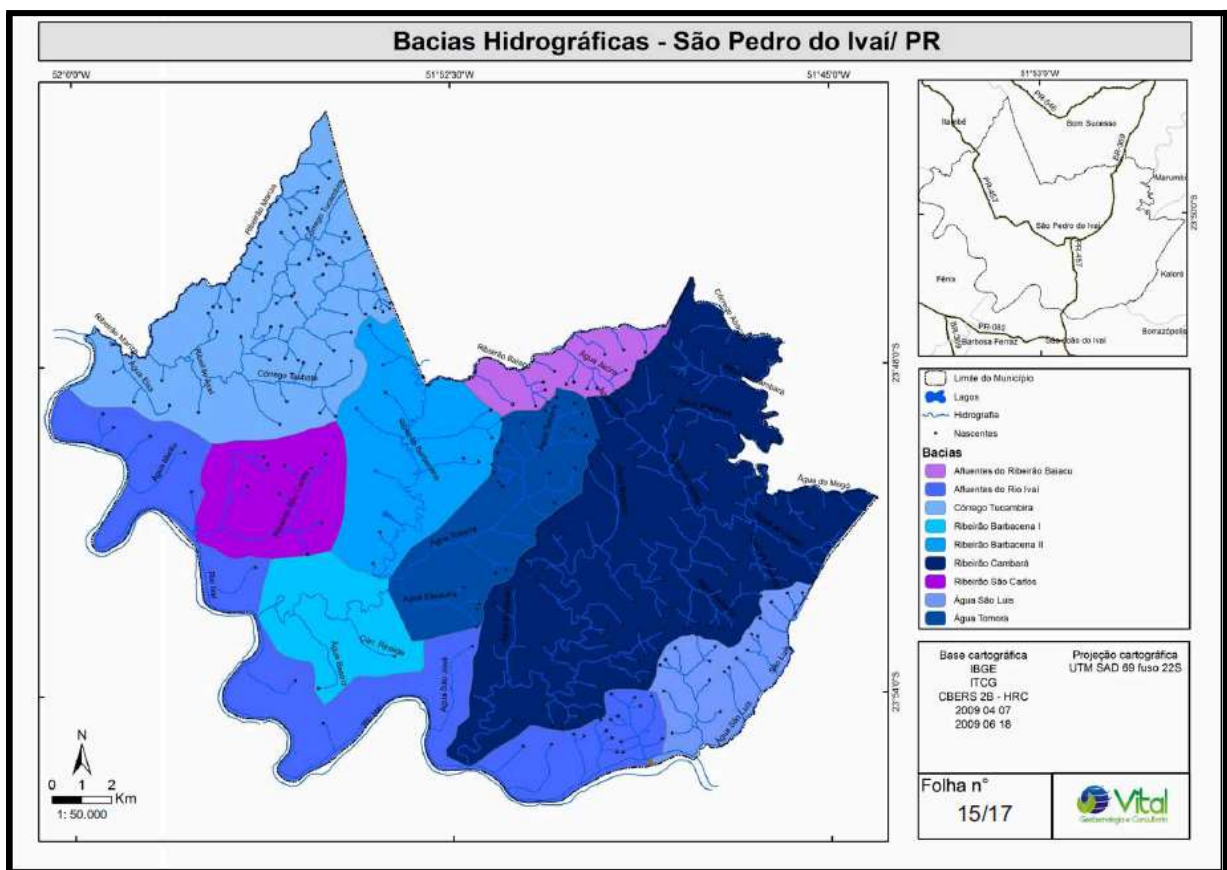


**Fonte: Autoria própria (2024).**

Quanto às bacias hidrográficas de São Pedro do Ivaí (Figura 2), o município de São Pedro do Ivaí está inserido na bacia hidrográfica do rio Ivaí. A presença de uma importante drenagem regional, do Rio Ivaí, nos limites municipais favoreceu a

divisão de sub-bacias hidrográficas formada pelo conjunto de seus respectivos afluentes. As demais sub-bacias são do Córrego Tucambira, Ribeirão São Carlos, Ribeirão Barbacena I e II, Água Tomara, Ribeirão Cambará, Ribeirão São Luiz e Ribeirão Cambará (São Pedro do Ivaí, 2010). A malha hídrica apresenta elevado número de canais e nascentes. Os canais são predominantemente retilíneos, ocorrendo sinuosidade no baixo curso das bacias e nos cursos mais extensos onde ocorre a formação de suaves meandros (Rio Ivaí, por exemplo). Essas características ocorrem em concomitância com a morfologia da área, onde o relevo suave, solos bem desenvolvidos condicionaram a evolução de uma rede de drenagem com canais encaixados e estáveis (São Pedro do Ivaí, 2010).

**Figura 2. Bacias Hidrográficas de São Pedro do Ivaí.**



**Fonte:** Adaptado de (Plano Municipal de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 2015).

O município de São Pedro do Ivaí tem predominância do clima Cfa, caracterizado como clima subtropical (mesotérmico), sem estação seca, com verões

quentes e com média no mês mais frio inferior a 18°C do mês mais quente superior a 22°C, sendo as geadas pouco frequentes. Com concentração de chuvas nos meses do verão, contudo sem estação seca definida (Köppen,1948). O clima da região resulta de três massas de ar, com domínio da massa tropical atlântica, no sentido norte-sul. No verão, a região é periodicamente invadida pela massa equatorial continental, formando chuvas frontais e de convecção (localmente), com trovoadas. No inverno, a região é esporadicamente invadida pela massa polar atlântica que provoca a formação esporádica de geadas e de chuvas frontais de inverno (IAPAR, 2023). A pluviosidade média anual na região situa-se entre 1.400 a 1.600 mm anuais, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses de maior precipitação e junho, julho e agosto os meses com menor precipitação (Maack, 1981).

## 5.2 Avaliação macroscópica ambiental das nascentes

A análise macroscópica das nascentes ocorreu por meio de levantamentos em campo com a realização de vistorias *in loco* e observações visuais do entorno das nascentes para a caracterização da área e registros fotográficos, para posterior classificação das nascentes.

A classificação dos parâmetros macroscópicos foi realizada segundo a metodologia apresentada por Gomes, Melo e Vale (2005). Foram adotados treze parâmetros, entre os quais, coloração aparente da água, odor, resíduos no entorno, materiais flutuantes, espumas, óleos, disposição de esgoto doméstico, vegetação, uso por animais, uso antrópico, proteção no entorno, proximidade de residências, e tipo de área onde está inserida (Tabela 1).

Para quantificação dos impactos ambientais nas nascentes selecionadas, cada parâmetro foi enquadrado em pontuações que variam de 1 a 3 pontos para cada variável (Tabela 1). Em seguida, foi realizada a somatória dos pontos para cada nascente avaliada, e obteve-se uma pontuação final que indica o grau de preservação e a classe de enquadramento (Tabela 2).

As classes quanto ao Grau de Preservação baseiam-se quanto a pontuação final obtida, e foram distribuídas nas seguintes classes: Classe A (Ótima); Classe B (Boa); Classe C (Razoável); Classe D (Ruim) e Classe E (Péssima), as quais variam de 33 a 36 pontos, até abaixo de 23 pontos (Gomes, Melo, Vale, 2005; Felpe, Magalhães, 2012)

**Tabela 1** - Parâmetros macroscópicos e peso dos atributos

<b>Parâmetros Macroscópicos</b>	<b>Peso 1</b>	<b>Peso 2</b>	<b>Peso 3</b>
<b>Cor da água</b>	Escura	Clara	Transparente
<b>Odor</b>	Odor forte	Odor Fraco	Sem odor
<b>Lixo ao redor</b>	Muito	Pouco	Sem lixo
<b>Materiais Flutuantes</b>	Muito	Pouco	Sem material flutuante
<b>Indícios de queimada</b>	Muito	Pouco	Ausente
<b>Esgoto</b>	Esgoto doméstico	Fluxo superficial	Ausente
<b>Vegetação</b>	Alta degradação	Baixa degradação	Preservada
<b>Uso por animais</b>	Presença	Indícios de rastros	Ausente
<b>Uso antrópico</b>	Presença	Indícios de rastros	Ausente
<b>Proteção</b>	Sem proteção	Com proteção - havendo acesso humano	Com proteção - sem acesso humano
<b>Proximidades de residências</b>	Menos de 50 m	Entre 50 e 100 m	Acima de 100 m
<b>Tipos de área de inserção</b>	Ausente	Propriedades privadas	Parque ou áreas protegidas

**Fonte:** Adaptado de Gomes et al. (2005) e Felipe e Magalhães Junior (2012).

**Tabela 2** - Classificação das nascentes quanto aos impactos macroscópicos (soma dos pontos obtidos).

<b>Classe</b>	<b>Grau de Preservação</b>	<b>Pontuação Final</b>
A	Ótima	33 - 36
B	Boa	30 - 32
C	Razoável	27 - 29
D	Ruim	24 - 26
E	Péssima	0 - 23

**Fonte:** Adaptado de Gomes et al. (2005) e Felipe e Magalhães Junior (2012).

### 5.3 Coleta de amostras e análise de dados

As cinco nascentes avaliadas estão inseridas na bacia hidrográfica do rio Ivaí, na área rural de São Pedro do Ivaí (Figura 1). As amostras para as análises físico-químicas e microbiológicas foram coletadas no mês de maio, setembro, novembro de 2023 e janeiro de 2024, no período da manhã, e em seguida, acondicionadas em gelo e encaminhadas para análises em laboratório particular com certificação. A temperatura média anual situa-se entre 21° e 23° graus Celsius. Os meses de maior precipitação coincidem com os meses mais quentes (dezembro, janeiro e fevereiro) e os meses mais frios coincidem com os meses mais secos (junho, julho e agosto). No trimestre mais chuvoso, que ocorre durante o verão (meses de dezembro, janeiro e fevereiro a precipitação se situa entre 450 e 550 mm. Os meses de inverno (junho, julho e agosto) são os meses mais secos, com a precipitação dificilmente ultrapassando os 200 mm. No outono a precipitação fica entre 300 e 350mm e na primavera atinge nos anos mais chuvosos os 400 mm. No trimestre mais quente, que coincide com o trimestre mais chuvoso (dezembro, janeiro e fevereiro) as temperaturas médias situam-se entre 27° e 28° Celsius. No trimestre mais frio (inverno) as temperaturas médias situam-se entre 16° e 17° Celsius (Maack, 1981).

O procedimento contou com a parceria da Prefeitura Municipal de São Pedro do Ivaí, Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), Instituto Água e Terra (IAT) e as famílias rurais participantes.

Sendo assim, foram analisados os parâmetros pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, cor Aparente, turbidez, demanda bioquímica, fosfato, sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito, coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli*, ferro e manganês relativos à qualidade da água, os quais foram comparados com os valores da Resolução CONAMA nº 357 de 2005, referente ao enquadramento dos cursos d'água. A determinação dos parâmetros OD, condutividade, temperatura, pH, foram determinados no momento da coleta de amostras por meio do medidor multiparâmetro AKSO, modelo AK88. Além disso, foram coletadas informações por observação direta dos parâmetros ambientais macroscópicos no entorno das nascentes (Quadro 1).

**Quadro 1 - Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados, bem como as metodologias utilizadas**

<b>Ensaio</b>	<b>Método</b>
Demanda Bioquímica de Oxigênio	SMWW, 23 ed. 2017, método 5210 B
Ferro	SMWW, 23 ed. 2017, método 3111 - Fe B
Fosfato	SMWW, 23 ed. 2017, método 4500-P E
Manganês	SMWW, 23 ed. 2017, método 3111 B
Nitrato	ITAF 25
Nitrito	SMWW, 23 ed. 2017, método 4500 NO <sub>2</sub> - B
Sólidos Dissolvidos Totais	SMWW, 23 ed. 2017, método 2540 B e D
Coliformes termotolerantes	SMWW, 23 ed. 2017, método 9221 E
Cor	ITAF 14
Turbidez	SMWW, 23 ed. 2017, método 2130 B
<i>Escherichia coli</i>	SMWW 92223B Enzyme Substrate Test Colilert da Idexx
Coliformes Totais	Substrato cromogênico Colilert

**Fonte: Autoria própria (2024).**

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações coletadas *in loco* com auxílio de coordenadas geográficas e observação direta dos parâmetros macroscópicos para avaliação ambiental são descritas no Quadro 2 abaixo.

**Quadro 2 – Características macroscópicas do uso do solo no entorno das nascentes**

Nascente	Características
Nascente 1	Floresta nativa em formação, proteção sem cerca nas duas margens. Presença de cultivo agrícola entre 50 e 100 metros. Presença de reservatório.
Nascente 2	Floresta nativa em formação, proteção sem cerca nas duas margens Proximidade com residência entre 50 e 100 metros e presença de cultivo agrícola em menos de 50 metros. Nascente recuperada pela técnica solo e cimento.
Nascente 3	Sem presença de vegetação, nascente localizada no meio de cultivo agrícola. Proximidade com residência entre 50 e 100 metros.
Nascente 4	Presença de vegetação, no entanto com alta degradação. Proximidade com residência em menos de 20 metros. Presença de animais.
Nascente 5	Floresta nativa em formação, proteção sem cerca nas duas margens Proximidade com residência entre 50 e 100 metros e presença de cultivo agrícola em menos de 50 metros.

**Fonte: Autoria própria (2023).**

A Nascente 1 (Figura 3), possui regime de água perene, com fluxo contínuo e constante, inclusive na seca. Seu tipo de reservatório é de encosta ou pontual, os quais surgem em decorrência da inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta, permitindo que o lençol freático favoreça o afloramento das águas. A água não possui cheiro, incolor, não há resíduos sólidos em seu entorno, nem surfactantes e materiais flutuantes, bem como não possui indícios de contaminação por esgoto ou fossas sépticas. A nascente não está assoreada e não há registro de presença ou sinais de animais exóticos ou domésticos no entorno, entretanto sua respectiva APP não se encontra cercada.

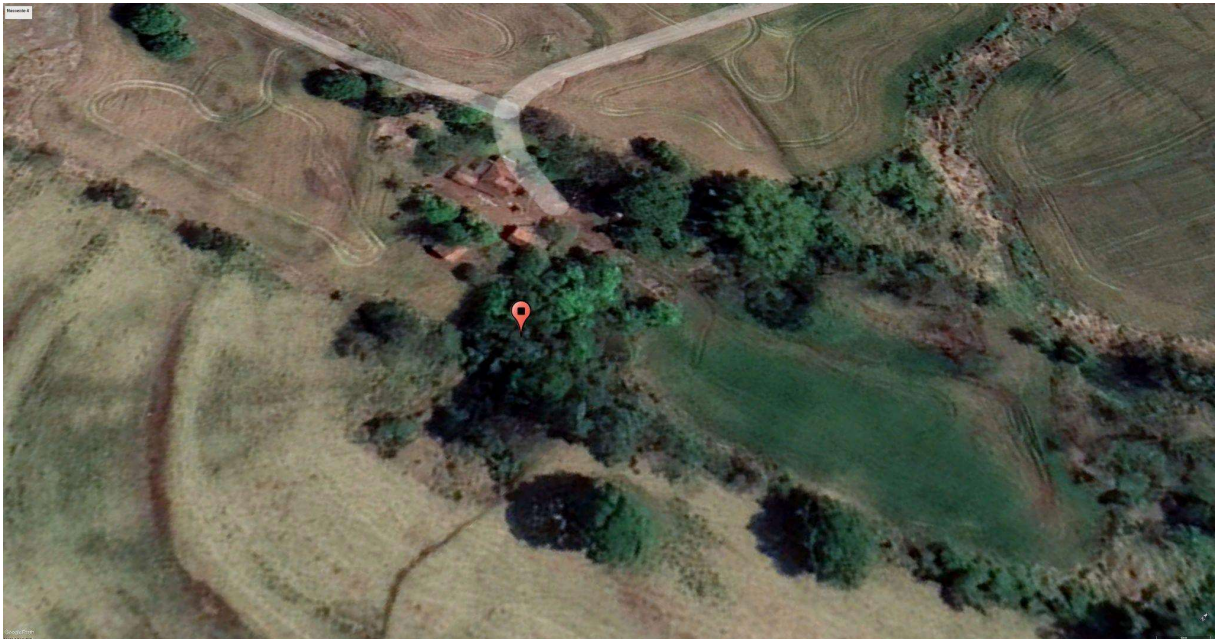
**Figura 3. Foto da Nascente 1.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

A montante e a jusante, há presença de lavouras anuais (soja – milho segunda safra) (Figura 4), cultivadas em Sistema de Plantio Direto (SPD) na palha, porém, com algumas deficiências no manejo (falta de cobertura no solo, sinais de erosão laminar), o que pode ser corrigido com um plano de manejo conservacionista, que foque no incentivo de rotação de culturas e plantas de cobertura.

**Figura 4. Foto aérea e localização da Nascente 1**



**Fonte: Google Earth (2023).**

A Nascente 2 (Figura 5) possui as mesmas características descritas para a Nascente 1, exceto que a nascente 2 encontra-se recuperada por meio da técnica de solo e cimento.

**Figura 5. Foto da Nascente 2.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

A montante e a jusante, também há presença de lavouras anuais (soja – milho segunda safra) (Figura 6), cultivadas em Sistema de Plantio Direto (SPD) na palha, porém, com algumas deficiências no manejo (falta de cobertura no solo, sinais de erosão laminar), o que pode ser corrigido com um plano de manejo conservacionista, que foque no incentivo de rotação de culturas e plantas de cobertura.

**Figura 6. Foto aérea e localização da Nascente 2**



**Fonte: Google Earth (2023).**

Já a Nascente 3 (Figura 7) encontra-se impactada com alto grau de perturbação no entorno em até 50 metros do olho d'água. O solo se encontra compactado, e com processos erosivos e voçorocas. Não possui vegetação nativa no entorno, em vez disso apresenta pastagem (*Brachiaria* sp.) e nenhum tipo de proteção mecânica ou vegetativa. Quanto ao regime de água, é perene com fluxo de água contínuo e constante, inclusive na seca, e com acúmulo inicial de água. Odor da água sem cheiro, cor da água transparente, sem presença de resíduos sólidos urbanos, nenhuma presença de espumas e materiais flutuantes.

**Figura 7. Foto da Nascente 03**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

A montante e a jusante, há presença de lavouras anuais (soja – milho segunda safra) (Figura 8), cultivadas em Sistema de Plantio Direto (SPD) na palha.

**Figura 8. Foto aérea e localização da Nascente 03.**



**Fonte: Google Earth (2023).**

A Nascente 4 (Figura 9) possui regime de água perene, com fluxo de água contínuo e constante, inclusive na seca. Quanto ao tipo de reservatório (olho d'água) se classifica como de depressão ou difuso, ou seja, a camada impermeável fica próxima à superfície do terreno, ocorrendo um fluxo de água da encosta para o lençol freático. A água não apresenta cheiro, é incolor, e não apresenta surfactantes, materiais flutuantes, e presença de animais como galinhas e animais domésticos.

**Figura 9. Vista *in loco* da Nascente 4**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

A nascente fica ao lado de um curso d' água chamado córrego Mogorin (Figura 10), o qual percorre parte da área urbana de São Pedro do Ivaí. Além de ocorrerem problemas no que tange a ocupação ilegal das margens, em alguns pontos foram encontrados problemas com despejo de esgoto sanitário.

**Figura 10. Foto aérea e localização da Nascente 4**



**Fonte: Google Earth(2023).**

A Nascente 5 (Figura 11), quanto ao regime de água, é perene, com fluxo de água contínuo e constante, inclusive na seca. Quanto ao tipo de reservatório (olho d'água), é classificado como de encosta ou pontual, portanto surgem em decorrência da inclinação da camada impermeável ser menor que a da encosta, permitindo que o lençol freático favoreça o afloramento das águas. Odor da água sem cheiro, cor transparente, não possui resíduos sólidos no seu entorno, não possui nenhuma espuma, e materiais flutuantes. A nascente não está assoreada, e não há registro de presença ou sinais de animais exóticos ou domésticos no entorno. Por fim, não possui indícios de contaminação por esgoto ou fossas sépticas.

**Figura 11. Vista *in loco* da Nascente 5**



**Fonte: Aatoria própria (2023).**

A montante e a jusante, temos a presença de lavouras anuais (soja – milho segunda safra) (Figura 12), cultivadas em Sistema de Plantio Direto (SPD) na palha, porém, com algumas deficiências no manejo (falta de cobertura no solo, sinais de erosão laminar), o que pode ser corrigido com um plano de manejo conservacionista, que foque no incentivo de rotação de culturas e plantas de cobertura.

**Figura 12. Foto aérea e localização da Nascente 5**



**Fonte: Google Earth (2023).**

Por meio da avaliação macroscópica das nascentes, foi realizada a quantificação dos parâmetros, apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 -** Quantificação da Análise dos Parâmetros Macroscópicos das nascentes avaliadas no Município de São Pedro do Ivaí-PR.

<b>Parâmetros Avaliados</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>	<b>N5</b>
Cor da água	3	3	3	3	3
Odor da água	3	3	3	3	3
Lixo no Entorno da Nascente	3	3	3	1	3
Materiais Flutuantes	3	3	3	3	3
Indícios de queimada	3	3	3	3	3
Esgoto	3	3	3	2	3
Vegetação	2	2	1	1	2
Uso por animais domésticos	3	3	3	1	3
Uso Antrópico	1	1	1	1	1
Proteção do Local	2	2	1	2	2
Proximidade com Residências	1	3	3	1	3
Tipo de área de inserção	2	2	2	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>31</b>	<b>30</b>	<b>23</b>	<b>31</b>
<b>Classificação</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>B</b>

Notas: N1= Nascente 1; N2 = Nascente 2; N3 = Nascente 3; N4= Nascente 4 e N5 = Nascente 5.

**Fonte: Autoria própria (2023).**

A Tabela 3 mostra os dados obtidos pela quantificação dos impactos ambientais e a classificação quanto ao Grau de Preservação das nascentes avaliadas (Gomes, Melo, Vale, 2005). Constatou-se que nenhuma nascentes atingiu a classificação de “Ótima” (Classe A), duas foram avaliadas como “Boa” (Classe B), duas como “Razoável” (Classe C) e apenas uma foi classificada como “Péssima” (Classe E).

Quanto ao parâmetro “Cor da água”, nota-se que em todas as nascentes a água mostrou-se transparente. A transparência da água em nascentes é frequentemente associada à baixa concentração de materiais particulados, como sedimentos, substâncias minerais e vegetais, partículas orgânicas e inorgânicas em suspensão. Esta condição é fundamental para permitir a penetração adequada da luz solar, favorecendo processos biológicos essenciais, como a fotossíntese do fitoplâncton e a manutenção da biodiversidade aquática (Fonseca, Gontijo, 2021). Além disso, a presença de água transparente está intimamente relacionada à ausência de poluentes orgânicos e inorgânicos, o que pode ser comprovado pela ausência de materiais flutuantes, espumas e óleos em todas as nascentes avaliadas, reforçando a relevância desse parâmetro como um indicador positivo de saúde e qualidade ambiental em ambientes de nascentes.

Ao avaliar a presença ou não de odores, verificou-se ausência desse parâmetro entre todos os pontos avaliados. Essa característica está associada geralmente à proximidade de centros urbanos e residências, que geralmente associam-se à ocorrência de lixo e contaminação das nascentes por esgoto doméstico ou industrial (Santos *et al.*, 2021). Apesar disso, constatou-se presença de lixo em pequena quantidade no entorno da nascente N4, como resíduos plásticos, garrafas pet e restos de alimentos, o que foi insuficiente para causar odores. Ainda, em relação à essa nascente, verificou-se que em corpos hídricos próximos há disposição de efluentes e esgotos domésticos, e portanto a presença desse poluente foi considerada como provável, uma vez que pode ser carregado até ela em caso de chuvas intensas e enxurradas.

Usualmente, tais impactos estão diretamente relacionados à proximidade das nascentes com zonas urbanas e interferência humana e presença de animais domésticos. Diante disso, verificou-se que as nascentes N1 e N4 estavam a menos de 50 metros de residências, apesar de que todas as nascentes avaliadas apresentarem uso antrópico, identificado por pegadas, revolvimento de solo, e benfeitorias para uso e aproveitamento de água. Já em relação ao uso por animais domésticos, apenas na nascente N4 foi observado a presença de galinhas, gatos e cachorros na área de APP que a circunda. Segundo autores como Reis (2021) e Fonseca e Gontijo (2021), a influência dos animais domésticos em Áreas de Preservação Permanente (APPs) desencadeia predominantemente a degradação da vegetação e do solo, resultando em impactos como assoreamento, erosão e

aumento da turbidez da água. Além disso, observa-se a ocorrência de contaminação biológica, associada às fezes e urina desses animais, agravando ainda mais a situação ambiental. Conseqüentemente, quanto ao parâmetro "inserção de área" verificou-se que todas estão inseridas em propriedades particulares.

No que se refere ao parâmetro "vegetação ao redor das nascentes", este foi classificado em "alta degradação", "baixa degradação" e "preservada". Dessa forma, as N1, N2 e N5 foram classificadas em baixa degradação, pois há ocorrência de vegetação nativa em seu entorno. Por outro lado, na nascente N4 há poucas espécies nativas circundando-a, e na nascente N3 inexistente Área de Preservação Permanente. Ressalta-se a importância da cobertura vegetal para o equilíbrio desses ecossistemas, de forma a contribuir com os processos hidrológicos, através da infiltração da água das chuvas, recarga dos lençóis freáticos e consequente produção de água, além da proteção de sua biodiversidade (Fonseca *et al.*, 2018, 2019). Não houve observação de indícios de queimadas nos pontos amostrados.

Por fim, em relação a proteção dos locais, foi observado a existência de algum tipo de proteção ao redor da nascente, seja por barreiras naturais ou barreiras artificiais. Com isso, a nascente N2 foi a única que apresentou proteção mecânica por meio da Técnica Solo-Cimento. Enquanto nas outras nascentes não há nenhum tipo de proteção. A falta de proteção, a facilidade de acesso às nascentes e o uso constante, juntamente com a vegetação alterada, foram aspectos que contribuíram negativamente para a avaliação dos impactos ambientais, conforme destacado por Santos *et al.* (2021). Isso evidencia a necessidade urgente de implementar estratégias para conservação dessas áreas. Nesse sentido, sugere-se realizar trabalhos de educação ambiental com a população rural do município de São Pedro do Ivaí. O objetivo é conscientizar sobre a importância de utilizar os recursos hídricos de forma mais responsável e promover a conservação do meio ambiente. Essas ações podem incluir atividades educativas, palestras, workshops e campanhas de sensibilização para engajar a comunidade na proteção desses recursos naturais preciosos.

No que tange às qualidades físico-químicas e microbiológicas, são descritos os resultados obtidos proveniente das análises dos seguintes parâmetros: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, cor aparente, turbidez, demanda bioquímica, ferro, manganês, fosfato, sólidos totais dissolvidos, nitrato, nitrito, coliformes termotolerantes, coliformes totais e *Escherichia coli* (Tabela 3). Os

resultados foram comparados com os valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Cabe ressaltar que as coletas foram realizadas em meses distintos, sendo a primeira coleta em maio, a segunda em setembro e a terceira em novembro de 2023, e a quarta coleta em janeiro de 2024.

**Tabela 4 – Valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água das nascentes**

(continua)

Parâmetro	Unidade	VMP	Coletas	N1	N2	N3	N4	N5
Oxigênio Dissolvido	mg/L O <sub>2</sub>		1	7,3	7,7	7,9	4,30	7,13
			2	4,06	3,92	3,1	2,71	3,93
			3	5,24	5,48	4,98	3,86	6,41
Condutividade	µS/cm-1		1	30,4	100	122,4	22,7	114,9
			2	683	106	177,2	224	205
			3	307	103	133	237	6,7
Temperatura	°C		1	24,2	26	26,8	27,6	25,2
			2	26,8	27,6	26,5	27,4	26,4
			3	25,4	27,2	28,7	26,9	27,4
pH		6 à 9	1	7,1	6,1	6,1	6,8	6,1
			2	7,1	6	6,2	6	6,6
			3	6,9	6,1	6	6,1	6,7
			4	6,9	5,8	5,8	5,7	6,2
Cor Aparente	uH		1	2,5	2,5	2,5	5	5
			2	2,5	2,5	2,5	2,5	5
			3	2,5	2,5	2,5	7,5	5
			4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Turbidez	NTU		1	0,7	1,6	0,5	2,5	4,2
			2	0,5	0,6	1	0,5	1,6
			3	0,5	0,7	0,4	3,8	1,1
			4	0,3	0,4	0,6	0,5	0,7
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg O <sub>2</sub> /L		1	6	6	6	6	6
			2	30,68	9,8	6,4	6	8,05
Ferro	mg Fe/L	≤ 0,3 mg Fe/L	1	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
			2	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19

Fosfato	mg PO <sub>4</sub> 3-/L		1	0,1	0,059	0,059	0,27	0,059
			2	0,08	0,059	0,15	0,14	0,059
Manganês	mg Mn/L	≤ 0,1 mg/L	1	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
			2	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Nitrato	mg N-NO <sub>3</sub> /L	≤ 10,0 mg N-NO <sub>3</sub> /L	1	2,62	2,79	3,62	7,14	2,33
			2	2,44	2	2,64	6,86	2
Nitrito	mg N-NO <sub>2</sub> /L	≤ 1,0 mg N-NO <sub>2</sub> /L	1	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
			2	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	≤ 500 mg/L	1	172,25	63,31	88,14	133,9	77,74
			2	194,35	57,98	70,14	65,2	138,45
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL		1	240	4	33	540	1.600
			2	540	79	140	79	49

Notas: (1) VMP = valor máximo permitido pela Resolução 357/05 – CONAMA (BRASIL, 2005); (2) DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio; (3) OD = Oxigênio Dissolvido. Coletas: 1 = maio de 2024; 2 = Setembro 2023; 3= Novembro de 2023; 4 = Janeiro de 2024

**Fonte: Autoria própria (2023).**

Na avaliação dos parâmetros físico-químicos foi observado que os valores de pH das nascentes 2, 3 e 4, coletados em janeiro de 2024, estão ligeiramente abaixo do intervalo preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para água destinada ao consumo humano, quais sejam valores entre 6,00 e 9,5. Pesquisadores como Santos et al. (2021) e Alves et al. (2008) explicam que essa variação no pH está relacionada às interações entre matéria orgânica, rochas, ar, água e organismos vivos. Os valores mais baixos de pH podem estar associados à decomposição da matéria orgânica presente nas amostras.

Os valores de OD indicam a quantidade de oxigênio dissolvido na água, o que é essencial para a sobrevivência da vida aquática. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, não há um valor máximo permitido específico para o OD. No entanto, a resolução estabelece que as águas devem manter níveis adequados de oxigênio dissolvido para a manutenção da vida aquática. Como a maior parte dos valores de OD obtidos estão dentro de uma faixa razoável (geralmente acima de 4 mg/L), pode-se inferir que os valores estão em conformidade com os padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. No entanto,

verificou-se valores reduzidos, em especial na segunda coleta para as nascentes N3 e N4, o que pode estar relacionado, segundo a literatura, a alterações na temperatura e também com o nível de poluição do corpo hídrico. Normalmente a saturação do oxigênio está em torno de  $8 \text{ mgL}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$ , a elevação da temperatura provoca aceleração das reações químicas e a diminuição da dissolução dos gases na água, como o OD (Martinez, 2012). Nota-se que as referidas nascentes apresentaram valores bem abaixo do ideal,  $5 \text{ mgL}^{-1}$ , conforme Resolução CONAMA 357/2005 para ambientes aquáticos de classe 2, indicando degradação.

Os valores de temperatura encontrados estão em conformidade com os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 4), a qual não especifica um valor máximo permitido, mas sugere que a temperatura seja mantida próxima às condições naturais da água. Em geral, os resultados obtidos foram inferiores a  $30^\circ\text{C}$ , com poucas variações. Conforme observado por Von Sperling (2005), um aumento na temperatura tende a reduzir a solubilidade dos gases, o que pode aumentar a taxa de transferência de gases e influenciar as reações físicas, químicas e biológicas em todo o ecossistema. Isso ocorre porque cada microrganismo possui uma faixa ideal de temperatura para crescimento, sendo afetado por variações significativas na temperatura ambiente.

Consoante o Portal Tratamento de Água (2015), altos níveis de temperatura e condutividade elétrica podem ser correlacionados com a existência de sais oriundos tanto do solo quanto de resíduos domésticos. A temperatura desempenha um papel crucial no aceleração das reações químicas, na solubilidade das substâncias e no metabolismo dos organismos aquáticos. Por outro lado, a condutividade elétrica serve como um marcador para a salinização do solo, o que potencialmente resulta em toxicidade para as plantas (Galvan, *et al.*, 2020, LIMA, 2011). As nascentes 2, 3 e 5 apresentaram maiores valores de condutividade elétrica. Com base nos maiores valores de condutividade apresentados pelas nascentes 3 e 4, percebe-se que alguns fatores podem estar influenciando na qualidade da água, como ausência de vegetação e degradação, respectivamente. Na legislação não se encontra um padrão de condutividade, porém, de acordo com Von Sperling (2007) apud Piratoba *et al.* (2017), os teores de condutividade devem variar na faixa de  $10$  a  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$  para as águas naturais, e em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até  $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Os valores encontrados para as nascentes estão variando entre  $30,4$  a  $683 \mu\text{S cm}^{-1}$ .

Marmontel e Rodrigues (2015) realizaram um estudo sobre a qualidade de água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar, os pesquisadores encontraram valores de condutividade entre 10,7 a 139,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  no período seco e de 13,2 a 149,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  no período chuvoso, encontrando os maiores teores no período chuvoso. De acordo com Esteves (2011) apud Piratoba *et al.* (2017), nas regiões tropicais a condutividade está relacionada com as características geoquímicas da região e condições climáticas (periodicidade de precipitações).

Para determinar se os resultados das análises das nascentes estão em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, podemos comparar os valores dos parâmetros com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela legislação. Para o Ferro (Fe) o valor máximo permitido é  $\leq 0,3$  mg Fe/L. Os resultados das cinco nascentes indicam valores de ferro consistentes em todas as coletas, com valores de 0,19 mg Fe/L. Isso se deve pois os valores de ferro presente nas nascentes não foi detectado valores superiores ao limite de quantificação do equipamento. Quanto ao manganês (Mn), o valor máximo permitido é  $\leq 0,1$  mg Mn/L. E, assim como o ferro, os resultados para manganês em todas as coletas apresentaram consistentemente valores de 0,015 mg Mn/L, evidenciando valores abaixo do nível de detecção de leitura dos equipamentos. Já o Nitrito ( $\text{NO}_2$ ), o valor máximo permitido é  $\leq 1,0$  mg N- $\text{NO}_2$ /L, e novamente, inferior ao necessário para quantificação.

Com base nesses parâmetros selecionados e nos resultados fornecidos, evidencia-se que as cinco nascentes estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para ferro, manganês e nitrito. A ocorrência de valores consistentes em todas as coletas de água bruta das nascentes para parâmetros específicos, como os valores de ferro, manganês e nitrito, pode ser atribuída a diversos fatores, por exemplo: a estabilidade da fonte de água, ou seja, se as nascentes são provenientes de uma única fonte de água subterrânea ou superficial, é possível que os parâmetros físico-químicos permaneçam relativamente estáveis ao longo do tempo, resultando em valores consistentes; características geológicas, de forma que a composição do solo e das rochas, podem influenciar os níveis de certos elementos químicos na água; se a área das nascentes possui características geológicas semelhantes, isso pode explicar a uniformidade nos resultados; processos naturais como a filtragem da água pelo solo ou a presença de

minerais específicos, podem contribuir para a consistência nos valores observados para certos parâmetros; e por fim, influência da vegetação, de tal maneira que a presença de determinados tipos de vegetação ao redor das nascentes também pode afetar a composição da água, mantendo os valores dos parâmetros dentro de uma faixa semelhante.

Todas as nascentes avaliadas mostraram resultados positivos para coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*). De acordo com Macêdo (2003), tal fato evidencia a contaminação fecal e conseqüentemente o risco de organismos causadores de doenças. Segundo Fonseca et al. (2019), diversificadas fontes de contaminação podem estar contribuindo para esse quadro, como a água superficial proveniente das chuvas (enxurrada), esgoto, lixo, animais e pessoas, entre outros.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, as classes de água são definidas com base nos seguintes valores de DBO: Classe 1: DBO até 3 mg/L O<sub>2</sub>; Classe 2: DBO até 5 mg/L O<sub>2</sub> e Classe 3: DBO até 10 mg/L O<sub>2</sub>. Na coleta em novembro, todas as nascentes apresentaram valores de DBO iguais a 6 mg/L O<sub>2</sub>. Portanto, todas estão em conformidade com a Classe 3. Já na segunda coleta, a N1 obteve o DBO de 30,68 mg/L O<sub>2</sub>, não se encontrando em conformidade com nenhuma classe. A N2, N3, N4 e N5 em conformidade com a Classe 2 (Tabela 4). As justificativas para as nascentes que não estão em conformidade com os padrões de DBO podem variar e podem ser influenciadas por diferentes fatores. A N1 está significativamente acima dos limites estabelecidos para todas as classes. Isso pode indicar uma presença aumentada de matéria orgânica na água, possivelmente devido à descarga de esgoto ou resíduos orgânicos na área circundante. Outras fontes potenciais de aumento da DBO incluem escoamento agrícola ou atividades industriais na região. A N5 (na data de janeiro de 2024). Embora o valor de DBO na dela esteja dentro dos limites da Classe 2, ele ainda está no limite superior desta classe. Isso pode indicar um aumento na carga de matéria orgânica na água em comparação com as medições anteriores ou com as outras nascentes. As possíveis fontes de aumento da DBO podem ser semelhantes às mencionadas acima para a Nascente 1.

Todos os valores fornecidos estão dentro do limite especificado de  $\leq 500$  mg/L para Sólidos Dissolvidos Totais estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. Portanto, com base nos dados fornecidos, as cinco nascentes estão em

conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação em relação a esse parâmetro (ver Tabela 4).

## **7 CONCLUSÃO**

A avaliação ambiental das nascentes no município de São Pedro do Ivaí revelou uma variedade de características, destacando a importância da preservação e conservação desses ecossistemas. Embora nenhuma das nascentes tenha alcançado a classificação de "Ótima" (Classe A), algumas mostraram condições satisfatórias, enquanto outras apresentaram sinais preocupantes de degradação.

A presença de mata nativa em formação ao redor das nascentes foi um fator positivo, contribuindo para a proteção dos recursos hídricos e a manutenção da biodiversidade. No entanto, a falta de proteção adequada, o acesso fácil às nascentes e o uso constante por atividades humanas foram identificados como aspectos que podem comprometer a qualidade da água e o funcionamento desses ecossistemas.

Com base na análise dos parâmetros físico-químicos das nascentes, observa-se uma conformidade geral com os padrões estabelecidos pela legislação, especialmente em relação aos níveis de ferro, manganês e nitrito, que estão consistentemente abaixo dos limites permitidos. No entanto, a presença de coliformes totais e termotolerantes indica contaminação fecal e um risco potencial à saúde pública, destacando a necessidade de medidas de saneamento adequadas. Além disso, variações nos valores de pH, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio sugerem influências diversas no ambiente das nascentes, desde interações naturais até possíveis fontes de poluição. Embora as nascentes demonstrem boa qualidade em alguns aspectos, há desafios a serem abordados para garantir a preservação desses recursos hídricos.

É essencial implementar estratégias eficazes de conservação, incluindo programas de educação ambiental direcionados à população local. Essas iniciativas devem enfatizar a importância da utilização responsável dos recursos hídricos e promover a conscientização sobre os impactos das atividades humanas no meio

ambiente. Além disso, ações de manejo sustentável da vegetação ao redor das nascentes e a implementação de medidas de proteção adequadas são fundamentais para garantir a preservação desses importantes ecossistemas. Essas medidas são essenciais para garantir a qualidade da água, a proteção da biodiversidade e o bem-estar das gerações presentes e futuras.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília, Distrito Federal, 2019.

AGRIZZI, D. V.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. DE O.; AMARAL, A. A. DO.; FIRMINO, E. F. A.; MENDES, N. G. DE S. Qualidade da água de nascentes do Assentamento Paraíso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23(3), p. 557–568, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018150701>

ALLAN, J. D. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35:1, p. 257-284, 2004.

ALVES, E. C. et al. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó - Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 228-240, 2012. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.987>

AMARAL, L. A.; FILHO, A. N.; JUNIOR, O. D. R.; et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Rev Saúde Pública**, v. 37(4), p. 510-514, 2003.

APARECIDO, C. F. F.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; LIMA, R. C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 239-256, 2016.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 maio 2012.

CAPANO, G. C.; TOIVONEN, T.; SOUTULLO, A.; MININ, E. D. The emergence of private land conservation in scientific literature: A review. **Biological Conservation**, v. 237, p. 191-199, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.010>

CARVALHO, K. Q.; LIMA, S. B.; PASSIG, F. H.; et al. Influence of urban area on the water quality of the Campo River basin. **Braz. J. Biol**, v. 75, no. 4, suppl. 2, p. 96-106. 2015,

CASTRO, C. N.; CERZINI, M. T. Saneamento rural no Brasil: Desafios para a ampliação do acesso. **IPEA, Boletim regional, urbano e ambiental**, v. 28, p. 31-43, 2022.

CAVALCANTE, R. B. L. Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. **Revista Ambiente & Água**, v. 9(3), p. 550–558, 2014. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1301>

CORSI, S. R *et al.* A fresh look at road salt: aquatic toxicity and water-quality impacts on local, regional, and nacional scales. **Environmental Science & Technology**. Washington, v. 44, n. 19, p. 7376 – 7382, oct. / nov. 2010.

COPETTI, A. C. C et al. Preservação da qualidade da água: análise macroscópica ambiental. Organizado por Willian Fernando de Borba, Jaqueline Ineu Golombieski, Marcos Toebe. 1. ed. Santa Maria, RS: UFSM, Pró-Reitoria de Extensão, 2023.

CRISPIM, J. Q.; MALYSZ, S. T.; CARDOSO, O; JUNIOR, S. N. P. Conservação e Proteção de Nascentes por Meio do Solo-Cimento em Pequenas Propriedades Agrícolas na Bacia Hidrográfica Rio do Campo no município de Campo Mourão - Pr. **Revista Geonorte**, v.3 (4), p. 781-790, 2012.

d'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S.; FERREIRA, A. P. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16(3), p. 791-798, 2000.

DANELUZ, D.; TESSARO, D. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. **Arq Inst Biol**, v. 82, p. 1–5, 2015. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000072013>

DEBAERE, P.; KAPRAL, A. The potential of the private sector in combating water scarcity: The economics. **Water Security**. v. 13, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2021.100090>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Plano de Manejo da Reserva Particular Patrimônio Natural - RPPN Reserva Barbacena, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). EMBRAPA, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/apresentacao>. Acesso em: 24 jan. 2024.

FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, p. 487–515, 2003.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES, JR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG. *Revista Geografias*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 08-23, 2012. DOI: 10.35699/2237-549X%20.13336. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13336>. Acesso em: 23 jan 2024.

FONSECA, T. L.; FONSECA, A. R.; GONTIJO, R. A. N.; PARREIRA, A. G.; COSTA, F. A.; SOUSA, F. F. Qualidade físico-química e microbiológica de nascentes do perímetro urbano de Divinópolis – MG. *Scientific Electronic Archives*, Sinop – MT, v. 11, n. 1, p. 62-68, 2018.

FONSECA, A. R.; COSTA, F. A. F.; GONTIJO, R. A. N.; FONSECA, T. L. Macroscopic analyses and evaluation of environmental quality in urban springs of Divinópolis-MG. *Scientific Electronic Archives*, Sinop – MT, v. 12, n. 4, p. 68-74, 2019.

FONSECA, A. R.; NOGUEIRA GONTIJO, R. A. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade microbiológica das águas em nascentes da área urbana de Santo Antônio do Monte – MG. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, [S. l.], v. 10, n. 20, p. 87–101, 2021. DOI: 10.22292/mas.v10i20.966. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/966>. Acesso em: 29 fev. 2024.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Relatório Anual 2019, 56p. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/relatorio-anual-2019/>. Acesso em: 29 fev. 2024.

GALVAN, K. A. et al. Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 1, p. 165-176, 2020. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0016. Disponível em: <https://sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.001.0016/1851>. Acesso em: 22 jan. 2024.

GOMES, P. M.; MELO, C. de; VALE, V. S. do. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 103 - 120, 2005. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/338837870\\_Analise\\_ambiental\\_macroscopica\\_e\\_a\\_qualidade\\_da\\_agua\\_de\\_nascentes\\_na\\_bacia\\_do\\_Rio\\_Sao\\_DomingosSC\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/338837870_Analise_ambiental_macroscopica_e_a_qualidade_da_agua_de_nascentes_na_bacia_do_Rio_Sao_DomingosSC_Brasil). Acesso em: 21 jan. 2024.

GREY, D.; SADOFF, C.,W. Sink or Swim? Water security for growth and development. **Water Policy**, v. 9, p. 545–571, 2006. <https://doi.org/10.2166/wp.2007.021>

GROOMBRIDGE, B. *Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources*. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. Cambridge, U.K. Chapman and Hall, London, 1992.

HADDAD, N. M.; BRUDVIG, L. A.; CLOBERT, J.; DAVIES, K. F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R. D.; et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on earth's ecosystems. **Sci. Adv.**, v. 1(2), 2015.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; et al. Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais. Edusp, p. 362-367, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/sobre/conhecendo-o-brasil.html>. Acesso em: 15 de jan de 2024.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. Classificação Climática. Cartas Climáticas: temperatura. Disponível em: [http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas\\_Climaticas/Temperatura.htm](http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Temperatura.htm). Acesso em: 20 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável por Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná. 2017.

INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany, 2019. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>.

JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; SCHÖNGART, J.; et al. Riparian wetlands of low-order streams in Brazil: extent, hydrology, vegetation cover, interactions with streams and uplands, and threats. **Hydrobiologia**, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05056-8>

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 1948. 479p.

LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Ecological consequences of forest fragmentation in the amazon. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, p. 434–451, 2009.

LIMA, F. K. C.. Agricultura urbana e recursos hídricos: um estudo na microbacia do rio Tambay/Bayeux-PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

LIMA, W. de P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Apostila - Departamento de Silvicultura, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

LIVESLEY, S. J.; McPHERSON, E. G.; CALFAPIETRA, C. The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. **Journal of Environmental Quality**, v. 45, p. 119-124, 2016

MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio, 1981.

MACÊDO, J. A. B. Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química, 2003.

MALAQUIAS, G. B.; CÂNDIDO, B. B. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes do município de Betim, MG: análise macroscópica. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 51-65, 2013.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. **Floresta E Ambiente**, v. 22(2), p. 171–181, 2015. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.082014>

MARTINEZ, S. S. **Reflexos do uso da terra na qualidade das águas do alto curso do Rio Baquirivu- Guaçu, municípios de Arujá e Guarulhos (SP)**. 2012. Dissertação (mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2012. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2016/06/sidney-martinez.pdf>. Acesso em: 31 ago 2023.

MENDES, J. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B. Qualidade de água para consumo humano em comunidades rurais do município de Congo, PB. **Rev. Ciên. Agron.** Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 333-342, 2008.

MYERS, N.; et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-8, 2000.

NOGUEIRA, G.; NAKAMURA, C. V.; TOGNIM, M. C. B.; FILHO, B. A. A.; FILHO, B. P. D. Microbiological quality of drinking water of urban and rural communities, Brazi. **Rev Saúde Pública**, v. 37(2), p. 232-236, 2003.

PAULA, M. A. N. R.; CARVALHO, A. P. O gênero textual folder a serviço da educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, p. 982-989, 2014.

PEREIRA, H. M.; et al. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. **Science**, v. 330, p. 1496-1501, 2010.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, p. 435-456, 2017.

PLATAFORMA BRASILEIRA DE BIODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS. Relatório Temático Água: Biodiversidade, Serviços Ecosistêmicos e Bem-Estar Humano no Brasil, 2020.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. *Biologia da Conservação*, Ed. Planta, Londrina, 2001.

QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES, S. D.; VILAS BOAS, M. A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5(4), p. 200-210, 2010.

REIS, P.; PARIZZI, M.; MAGALHÃES, D. M.; MOURA, A.C.M. O escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizonte, MG: estudo de caso da sub-bacia córrego do leitão, bacia do Ribeirão Arrudas. *Geociências, Rio Claro*, v. 31, n. 1, 2012.

RIBEIRO, N. U. F.; BEGA, J. M. M.; ZAMBRANO, K. T.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; CARVALHO, S. L. Qualidade da água do rio Paraná em região de balneabilidade: discussão sobre os impactos potenciais do lançamento de efluentes provenientes de tratamento secundário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27(3), p. 445–455, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210126>

RODRIGUES, E. Efeito de bordas em fragmentos de floresta. **Cadernos da Biodiversidade**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 1-5, 1998.

SANTOS, M. L.; LENZI, E.; COELHO, A. R. Ocorrência de metais pesados no curso inferior do rio Ivaí, em decorrência do uso do solo em sua bacia hidrográfica. **Acta Sci. Technol.** Maringá, v. 30, n. 1, p. 99-107, 2008.

SANTOS, L. B.; SANTOS, E. D. O.; SCHWANTZ, P. I.; BOHRER, R. E. G.; PRESTES, M. M. B.; LARA, D. M. Análise ambiental de nascentes do bairro Fontes no município de Soledade (RS), Brasil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 14, n. 2, p. 1-19, 2021. DOI: 10.17765/2176-9168.2021v14Supl.2.e8771.

SÃO PEDRO DO IVAÍ. **Plano Municipal De Gerenciamento Dos Recursos Hídricos**, 2010.

SHAFER, C.L. *Nature reserves: island theory and conservation practice*. Washington: **Smithsonian Institution Press**, p.185, 1990.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Ranking do Saneamento Instituto Trata Brasil. São Paulo. 2021.

SILVA, R. A. da; CRESTE, J. E.; PIZA, M. A.; TAKATA, W. H. S.; BERNARDES, F. Projeto Água Limpa: Proteção de nascentes com solo-cimento. In: XX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Curitiba, PR: SBCS/NEPAR; Londrina, PR: IAPAR, 2016.

SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R. F.; DIAS, N. S. Gestão De Recursos Hídricos: O Caso da Bacia Hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 280 - 296, 2012.

SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. Portaria SUREHMA nº 019/92 de 12 de maio de 1992. Paraná, 1992.

TABANEZ, J.; VIANA, V. M.; DIAS, A. da S. Consequências da fragmentação e do efeito de borda sobre a estrutura, diversidade e sustentabilidade de um fragmento de floresta de planalto de Piracicaba, S.P. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, p. 47-60, 1997.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. DE B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29(84), p. 151–162, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>

TILMAN, D., MAY, R.M., LEHMAN, C.L. & NOWAK, M.A. Habitat destruction and the extinction debt. **Nature**, v. 371(6492), p. 65–66, 1994.

VESTENA, L. R.; OLIVEIRA, E. D.; CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L. Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, p. 212–227, 2012. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.840>

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12,, p. 25–42, 1998.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

WICKHAM, J. D.; WADE, T. G.; RIITTERS, K. H. An environmental assessment of United States drinking water watersheds. **Landscape Ecol**, v. 26, p. 605–616, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9591-5>

WILCOVE, D.S.; et al. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: SOULÉ, M.E. (Ed.). *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Sunderland: Sinauer Associates, p. 237-256, 1986.

WU, J.; JIN, Y.; HAO, Y.; et al. Identification of the control factors affecting water quality variation at multi-spatial scales in a headwater watershed. **Environ Sci Pollut Res**, v. 28, p. 11129–11141, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11352-4>