

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE – UNICENTRO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA
SANITÁRIA E AMBIENTAL, ASSOCIAÇÃO AMPLA ENTRE UNICENTRO E
UEPG

MARCELO ADRIANO GINKO

A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE PARAMETROS
DE QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES DA BACIA DO RIO DAS ANTAS,
IRATI-PR

IRATI/PR

2023

MARCELO ADRIANDO GINKO

A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE PARAMETROS
DE QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES DA BACIA DO RIO DAS ANTAS,
IRATI-PR

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, associação ampla entre a UNICENTRO e UEPG, área de concentração Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da UNICENTRO.

Orientadora: Professora Dra. Kely Viviane de Souza

IRATI/PR

2023

Catálogo na Publicação
Rede de Bibliotecas da UNICENTRO

- G492i Ginko, Marcelo Adriano
A influência do uso e ocupação do solo sobre parâmetros de qualidade da água em nascentes da Bacia do Rio das Antas, Irati-PR / Marcelo Adriano Ginko. -- Irati, 2023.
ix, 73 f. : il. ; 28 cm
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2023.
- Orientadora: Kely Viviane de Souza
Banca examinadora: Kely Viviane de Souza, Elaine Regina Lopes Tiburtius, Kelly Geronazzo Martins
- Bibliografia
1. Qualidade de nascentes. 2. Uso e ocupação do solo. 3. Área de preservação permanente. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

| CDD 628.4



TERMO DE APROVAÇÃO

Marcelo Adriano Ginko

A influência do uso e ocupação do solo sobre parâmetros de qualidade da água em nascentes da Bacia do Rio da Antas, Irati-PR

Dissertação aprovada em 14 de dezembro de 2023, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:

Banca Examinadora:

Dra. Kely Viviane de Souza - UNICENTRO
Presidente/Orientadora
Participação presencial

Dra. Elaine Regina Lopes Tiburtius - UEPG
Primeira examinadora
Participação via remota

Dra. Kelly Geronazzo Martins - UNICENTRO
Segunda Examinadora
Participação presencial

Irati-PR, 14 de dezembro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de coração à minha família, cujo apoio incondicional foi a luz que guiou meu caminho acadêmico. À minha querida mãe, cujo amor e encorajamento são fontes inesgotáveis de força, dedico uma gratidão especial. Sua sabedoria e apoio moldaram não apenas esta dissertação, mas também meu percurso como estudante.

À minha amada namorada Larissa Dall'agnol, expresso profundo agradecimento pelo suporte constante e pelo estímulo incansável para seguir em frente, mesmo nos momentos desafiadores. Sua presença trouxe inspiração e alegria ao longo desta jornada, tornando-a significativa de maneira que palavras não conseguem capturar completamente.

Expresso minha profunda gratidão à Professora Kely Viviane de Souza, minha orientadora, pela orientação valiosa, conselhos perspicazes e infinita paciência ao longo do meu percurso no mestrado. Seu comprometimento com a excelência acadêmica e seu apoio incondicional foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação.

À Professora Kelly Geronazzo Martins e ao Professor e amigo Guilherme Gavlak, agradeço pelos ensinamentos enriquecedores e pela generosidade ao compartilhar conhecimentos durante o processo de pesquisa. Suas contribuições foram essenciais para a construção sólida deste trabalho.

Além disso, estendo meu sincero agradecimento a todos os demais professores que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a minha formação acadêmica durante o percurso do mestrado.

Em particular, gostaria de expressar minha gratidão ao Raphael Pedroso, cuja expertise e disposição em auxiliar foram indispensáveis para o sucesso desta pesquisa. Sua habilidade técnica e dedicação destacaram-se, tornando a jornada no laboratório uma experiência enriquecedora. Agradeço a toda a equipe de laboratório pelo trabalho conjunto e pela atmosfera colaborativa que tornou possível superar desafios e alcançar os objetivos propostos.

Não posso deixar de expressar minha sincera gratidão à dedicada Joelma Fedalto, da secretaria do programa, cuja eficiência e apoio foram fundamentais para o bom andamento administrativo desta jornada acadêmica.

Também desejo estender meu agradecimento aos colegas do mestrado, cuja troca de ideias, discussões e apoio mútuo foram elementos essenciais para o enriquecimento desta experiência. O ambiente colaborativo que compartilhamos contribuiu significativamente para o aprendizado coletivo e para o desenvolvimento de novas perspectivas.

Agradeço a todos, pois, juntos, construímos uma comunidade acadêmica vibrante e enriquecedora.

Rise above,
And don't give up yourself

RESUMO

A gestão sustentável dos recursos hídricos é de extrema importância para garantir a preservação da qualidade da água, um elemento essencial para a sobrevivência de ecossistemas aquáticos e para o atendimento das necessidades humanas. Neste estudo realizado na Bacia do Rio das Antas, Irati-PR, investigou-se como o uso e ocupação do solo das Áreas de Preservação Permanentes podem influenciar os parâmetros de qualidade da água em nascentes, uma questão de relevância significativa para a tomada de decisões em políticas de manejo hídrico. As áreas de agropecuária e silvicultura mostraram correlação com parâmetros como fósforo e pH, indicando possíveis impactos dessas atividades sobre a qualidade da água. É crucial ressaltar a necessidade de uma abordagem holística na gestão dos recursos hídricos, levando em consideração não apenas os aspectos quantitativos, mas também os qualitativos. A análise dos resultados revelou que, embora algumas correlações tenham sido identificadas, a variação nos resultados entre diferentes usos do solo e parâmetros destaca a complexidade dessa interação. Além disso, a avaliação da ecotoxicologia utilizando microcrustáceos *Daphnia magna* não evidenciou efeitos tóxicos nas amostras, mesmo diante da sensibilidade desses organismos. Essa constatação sugere que, apesar das atividades antrópicas na região, a saúde dos ecossistemas aquáticos pode estar relativamente preservada. Dessa forma, este estudo não apenas contribui para o entendimento da relação entre uso do solo e qualidade da água, mas também ressalta a importância de estratégias de gestão de recursos hídricos que considerem as nuances local e promovam a preservação sustentável desses recursos vitais.

Palavras-chave: Qualidade de nascentes, uso e ocupação do solo, área de preservação permanente.

ABSTRACT

The sustainable management of water resources is of utmost importance to ensure the preservation of water quality, an essential element for the survival of aquatic ecosystems and the fulfillment of human needs. In this study conducted in the Rio das Antas Basin, Irati-PR, we investigated how the use and occupation of land in Permanent Preservation Areas can influence water quality parameters in springs, a matter of significant relevance for decision-making in water management policies. Agriculture and forestry areas showed correlation with parameters such as phosphorus and pH, indicating potential impacts of these activities on water quality. It is crucial to emphasize the need for a holistic approach in water resources management, considering not only quantitative but also qualitative aspects. The analysis of results revealed that, although some correlations were identified, the variation in outcomes among different land uses and parameters highlights the complexity of this interaction. Furthermore, the ecotoxicological assessment using the microcrustacean *Daphnia magna* did not show toxic effects in the samples, even in the sensitivity of these organisms. This finding suggests that, despite anthropogenic activities in the region, the health of aquatic ecosystems may be relatively preserved. Thus, this study not only contributes to understanding the relationship between land use and water quality but also underscores the importance of water resources management strategies that consider local nuances and promote the sustainable preservation of these vital resources.

Keywords: Spring quality, land use and occupation, Permanent Preservation Area.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Daphnia magna na fase adulta	24
Figura 2 - Metragens das Áreas de Preservação Permanentes.....	26
Figura 3 - Localização geográfica do município de Irati.....	31
Figura 4 - Localização geográfica da Bacia do Rio das Antas.....	32
Figura 5 - Localização das nascentes na Bacia do Rio Das Antas.....	33
Figura 6 – Nascente 1	38
Figura 7 - Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 1	39
Figura 8 – Nascente 1.....	41
Figura 9 - Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 2	42
Figura 10 – Nascente 3	43
Figura 11 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 3.....	45
Figura 12 – Nascente 4	46
Figura 13 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 4.....	47
Figura 14 – Nascente 5	48
Figura 15 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 5.....	49
Figura 16 – Nascente 6	50
Figura 17 - Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 6	52
Figura 18 – Nascente 7	53
Figura 19 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 7.....	54
Figura 20 – Nascente 8	55
Figura 21 - – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 8.....	56
Figura 22 – Nascente 9	57
Figura 23 - Figura x – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 9.....	59
Figura 24 – Nascente 10.....	60
Figura 25 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 10	61
Figura 26 – Nascente 11	62
Figura 27 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 11	64
Figura 28 – Análise de componentes principais (PCA).....	65
Figura 29 – Gráficos de caixa das variáveis de qualidade da água.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos da Nascente 1.	38
Tabela 2 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 1	40
Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 2.....	41
Tabela 4 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 2	43
Tabela 5 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 3.....	44
Tabela 6 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 3	45
Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 4.....	46
Tabela 8 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 4	47
Tabela 9 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 5.....	48
Tabela 10 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 5	50
Tabela 11 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 6.	51
Tabela 12 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 6	52
Tabela 13 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 7	54
Tabela 14 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 7	55
Tabela 15 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 8.	56
Tabela 16 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 8	57
Tabela 17 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 9.	58
Tabela 18 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 9	59
Tabela 19 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 10	61
Tabela 20 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 10	62
Tabela 21 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 11.	63
Tabela 22 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 11	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. BACIAS HIDROGRAFICAS E NASCENTES	13
1.1.1. Nascentes.....	14
1.2. RECURSOS HIDRICOS E QUALIDADE DA ÁGUA	16
1.2.1. Parâmetros físicos	17
1.2.2. Parâmetros químicos	18
1.2.3. Parâmetros biológicos.....	19
1.2.4. Índice de qualidade da água.....	20
1.2.5. Padrões legais de qualidade da água e seus usos	21
1.3. ECOTOXICOLOGIA E A QUALIDADE DA ÁGUA.....	22
1.3.1. Uso de organismos aquáticos para análises de toxicidade em amostras de água.....	23
1.3.2. Organismos <i>Daphnia Magna</i>	24
1.4. AREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES E O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	25
1.5. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	27
1.6. ANÁLISE DE DADOS	28
2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	30
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	30
3. METODOLOGIA.....	31
3.1. LOCAL DE ESTUDO.....	31
3.2. AMOSTRAGEM.....	32
3.3. ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA	34
3.4. ECOTOXICOLOGIA	34
3.5. LEVANTAMENTO DE DADOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	35
3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1. AS NASCENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS	37
4.2. ANÁLISE INTEGRADA	64
4.3. ECOTOXICOLOGIA	67
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	70

1. INTRODUÇÃO

A conservação dos recursos hídricos e a preservação dos ecossistemas aquáticos representam desafios cruciais para a gestão ambiental, especialmente em regiões onde a pressão do uso da terra é significativa.

As Áreas de Preservação Permanentes (APPs) desempenham um papel crucial na salvaguarda da vegetação autóctone em regiões específicas, visando manter um equilíbrio adequado no uso da terra, que deve ser mantida com sua cobertura vegetal original. No entanto, as APPs enfrentam atualmente extensas deteriorações devido à intensificação das pressões humanas sobre o meio ambiente. Esse cenário é evidenciado pelo processo de substituição de paisagens naturais por outros usos e ocupações da terra, resultando na transformação de áreas originalmente florestadas em fragmentos florestais. Esse fenômeno compromete significativamente o ecossistema e, em muitos casos, impacta a disponibilidade de recursos naturais essenciais para a vida (ESPÍRITO SANTO, 2006).

A utilização do solo, abrangendo tanto o tipo de vegetação quanto as atividades humanas, exerce influência direta na produção de água. Este é um fator de extrema importância a ser ponderado no gerenciamento de bacias hidrográficas, uma vez que a produção de água pode ser significativamente modificada, para o bem ou para o mal, dependendo da natureza da vegetação e das práticas adotadas pelo ser humano na região (CICCO & FUJIETA, 1992).

Embora a água de nascentes seja frequentemente presumida como potável e utilizada sem tratamento prévio, a associação automática das nascentes com ambientes naturais intocados não é precisa. É essencial compreender as características específicas das nascentes para avaliar adequadamente seu grau de vulnerabilidade e pureza. A qualidade da água é determinada por suas propriedades químicas, físicas e biológicas, as quais refletem as condições naturais do ambiente. Compreender essas características é crucial para obter insights sobre os impactos antrópicos que os corpos hídricos podem estar sofrendo, permitindo a implementação de medidas de controle, quando necessário, na região em questão (OLIVEIRA et al., 2020).

Os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água podem ser influenciados por uma variedade de fatores, incluindo elementos naturais inerentes ao ecossistema e intervenções de origem humana. A qualidade da água reflete variações espaciais e temporais notáveis associadas à dinâmica dos parâmetros físicos, químicos e biológicos (NASCIMENTO et al., 2019).

Assim, o presente estudo visa abordar a influência complexa e interconectada do uso e ocupação do solo sobre as nascentes em uma bacia do Estado do Paraná, contribuindo para o entendimento das dinâmicas ambientais locais e para o embasamento de estratégias de manejo e conservação. A análise cuidadosa desses fatores críticos é fundamental para garantir a preservação de um dos recursos naturais mais preciosos e vulneráveis do nosso planeta: a água.

1.1. BACIAS HIDROGRAFICAS E NASCENTES

Conforme estabelecido no artigo 1º, item V da Lei Federal nº 9.433/1997, a bacia hidrográfica é caracterizada como uma unidade na qual a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é implementada. Suas atividades abrangem a administração de conflitos pertinentes, a preservação e recuperação de áreas afetadas, a utilização de tecnologias para monitoramento e a promoção da educação ambiental. Além disso, a lei estabelece a definição do uso de cobranças sobre os recursos hídricos em situações de degradação, visando a recuperação e melhoria da qualidade da água (BRASIL, 1997).

Para simplificar essa ideia, Orgassawara e Gass (2018) conceituam bacia hidrográfica como uma área natural de captação de água que a direciona para um rio principal. Originando-se em terrenos íngremes, a água percorre essa área junto com seus afluentes até atingir a foz. As delimitações da bacia são definidas pelo relevo, que também caracteriza as divisas de água, determinando o escoamento superficial das águas pluviais e a formação de corpos hídricos, além da infiltração no solo, originando lençóis freáticos que, ao aflorarem, originam nascentes.

Essas bacias hidrográficas são adotadas como unidades para planejamento e gestão, valorizando seus princípios fundamentais. Assim, as

bacias hidrográficas são sistemas bem definidos, nos quais ocorre a integração dos ciclos naturais de energia, nutrientes e, principalmente, água. Dentro de uma bacia hidrográfica, várias microbacias desempenham um papel fundamental na conservação e no manejo, como destacado por Falkenmark e Folke (2002).

Nesse contexto, alterações significativas, seja por condições naturais ou atividades humanas ao longo da bacia hidrográfica, podem resultar em mudanças que levam à poluição hídrica a jusante e afetam os fluxos energéticos de saída, incluindo a descarga de efluentes, entre outras consequências (CARDOSO, 2019).

1.1.1. Nascentes

A Conforme Santos e Santos (2021), as nascentes desempenham um papel crucial na manutenção do equilíbrio hidrológico nas microbacias, sendo de extrema importância para a dinâmica fluvial, pois marcam o surgimento da água subterrânea. Nesse contexto, as nascentes são parcialmente responsáveis pela origem dos corpos hídricos, tornando crucial sua preservação e monitoramento. Diversos aspectos, como as Áreas de Preservação Permanente (APPs), contribuem para assegurar a qualidade das nascentes.

No entanto, é imperativo considerar fatores que influenciam a disponibilidade da água subterrânea para afloramento, tais como permeabilidade e tamanho dos poros no solo da região. Isso evidencia que os afloramentos de água estão diretamente relacionados a fatores climáticos, geológicos e hidrológicos (GALATTO et al., 2011).

Movimentos em prol da conservação de nascentes têm se tornado cada vez mais comuns e essenciais, uma vez que, nas últimas décadas, essas fontes de água têm sido reconhecidas como recursos naturais de extrema importância. Contudo, é crucial observar que, apesar desses esforços, as nascentes ainda sofrem impactos negativos, como a retirada de solo ao redor, desmatamento e extinção de espécies, entre outros fatores. Isso destaca a

necessidade de políticas públicas urgentes para abordar e mitigar esses impactos (SOARES et al., 2021).

Uma nascente é constituída por diversos elementos após seu afloramento, variando tanto na dinâmica quanto na origem. As características locais desempenham um papel fundamental na determinação da fisiografia de uma nascente. Conseqüentemente, em uma determinada região, pode-se encontrar uma diversidade de formas e tipos de nascentes, e é possível ocorrer nascentes semelhantes em domínios paisagísticos completamente distintos (VALENTE; GOMES, 2011). Em resumo, existem seis modelos distintos de nascentes, resumidos como concavidade, duto, afloramento, talvegue, olho e cavidade (FELIPPE, 2009).

- **Concavidade:** se caracteriza por surgir em cavidades erosivas, em que a profundidade é maior do que a largura. Esse tipo de nascente forma canais nos quais a circulação da água ocorre apenas a jusante do ponto de afloramento da água;
- **Duto:** são caracterizadas pela infiltração horizontal, resultando na formação de pequenos cursos de água;
- **Afloramentos:** Estas nascentes caracterizam-se por emergir na presença de rochas, seja formando canais ou diretamente na vertente;
- **Talvegue:** Ocorrem em canais erosivos;
- **Olho:** essas nascentes possuem características semelhantes aos dutos, mas se diferenciam pelo fato de apresentarem canais verticais. Isso resulta na emergência vertical da água em áreas planas, formando verdadeiros "olhos d'água";
- **Cavidade:** esse tipo de nascente ocorre em cavidades erosivas, apresentando um formato semelhante a uma panela, com a profundidade sendo maior do que a largura.

As fontes de água passam por três classificações adicionais. A primeira categorização baseia-se no fluxo de água, sendo denominadas nascentes perenes aquelas que mantêm um fluxo constante tanto durante períodos de chuva quanto de seca. Por outro lado, as nascentes temporárias só apresentam fluxo durante períodos chuvosos, enquanto as efêmeras têm um

fluxo que ocorre por apenas alguns dias ou após a última precipitação (SEMA, 2018).

Outra classificação das nascentes refere-se à sua natureza difusa, em que a água emerge do subsolo para a superfície, espalhando-se e formando pequenas nascentes em toda a área adjacente. Em contrapartida, são consideradas pontuais quando apresentam apenas um ponto de afloramento de água em encostas (PINTO, 2003).

Por fim, as nascentes podem ser classificadas de acordo com seu grau de conservação. Aquelas que estão situadas a um raio de 50 metros de mata ciliar são consideradas preservadas, enquanto as que se encontram em locais sem vegetação e já sofrendo erosões são classificadas como degradadas (RIBEIRO et al., 2012).

1.2. RECURSOS HÍDRICOS E QUALIDADE DA ÁGUA

Os recursos hídricos desempenham um papel vital para a sobrevivência e o bem-estar da humanidade e da biosfera como um todo. A água é um recurso finito e essencial, sendo um componente fundamental dos ecossistemas terrestres e desempenhando um papel central nas atividades humanas, incluindo o abastecimento de água potável, a agricultura, a produção de energia e a indústria (UNESCO, 2020).

A qualidade da água é um aspecto crítico dos recursos hídricos, uma vez que afeta diretamente a saúde humana, a biodiversidade aquática e a disponibilidade de água para usos múltiplos. A deterioração da qualidade da água é uma preocupação crescente em todo o mundo devido a múltiplos fatores, como a poluição industrial, a agricultura intensiva, o crescimento urbano desordenado e as mudanças climáticas (VÖRÖSMARTY ET AL., 2010).

A gestão sustentável dos recursos hídricos é uma prioridade global. A adoção de estratégias de manejo integrado e a implementação de políticas de proteção ambiental são fundamentais para preservar a qualidade da água e garantir a disponibilidade contínua deste recurso. Estudos como o de Allan (1998) ressaltam a importância da gestão integrada de bacias hidrográficas como uma abordagem eficaz para a conservação dos recursos hídricos, considerando a interconexão entre rios, aquíferos e ecossistemas aquáticos.

A análise da qualidade da água envolve a avaliação de parâmetros físicos, químicos e biológicos para determinar se a água atende aos padrões de qualidade estabelecidos para usos específicos.

Vilas Boas *et al* (2023) demonstraram a importância das análises físico-químicas dos recursos hídricos, citado que as informações obtidas podem servir como referência para a estação de tratamento de água e esgoto, bem como para órgãos de monitoramento e fiscalização.

1.2.1. Parâmetros físicos

A avaliação da qualidade da água envolve a análise de diversos parâmetros físicos que desempenham um papel fundamental na determinação da aptidão da água para usos diversos, bem como na detecção de possíveis contaminações ou alterações em seu estado natural.

Dentre os parâmetros físicos, podemos citar a temperatura, turbidez, condutividade, cor, sabor, odor, sólidos dissolvidos totais e sólidos sedimentáveis.

A temperatura da água é um indicador importante da saúde dos ecossistemas aquáticos. Variações extremas de temperatura podem afetar a biota aquática, afetando seu metabolismo e reprodução. A temperatura também influencia a solubilidade de gases na água, como o oxigênio, afetando diretamente a qualidade da água (Dodds & Whiles, 2002).

A turbidez mede a quantidade de partículas em suspensão na água. Altos níveis de turbidez podem indicar poluição por sedimentos, que podem prejudicar a vida aquática e reduzir a penetração da luz, afetando a fotossíntese em ecossistemas aquáticos (USEPA, 1993).

A condutividade elétrica reflete a capacidade da água de conduzir corrente elétrica, que está relacionada à quantidade de íons dissolvidos. Valores elevados podem indicar a presença de poluentes, como sais e metais pesados (APHA, 2017).

A cor da água é um indicador da presença de materiais orgânicos dissolvidos, como ácidos húmicos e fúlvicos, bem como de sólidos em suspensão. Altos níveis de cor podem afetar a estética da água e indicar poluição ou processos naturais de decomposição (APHA, 2017).

Os sólidos dissolvidos totais são a soma de todos os sólidos dissolvidos na água, incluindo sais minerais. Sua concentração pode afetar a potabilidade da água e a corrosão de tubulações (APHA, 2017).

Os sólidos sedimentáveis são partículas que se depositam no fundo de recipientes de água em repouso. A sua presença pode indicar a necessidade de tratamento ou a ocorrência de erosão (APHA, 2017).

1.2.2. Parâmetros químicos

A avaliação da qualidade da água também depende da análise de parâmetros químicos que fornecem informações cruciais sobre a composição química da água e a presença de substâncias que podem afetar sua aptidão para usos diversos.

Dentre os parâmetros químicos, podemos destacar pH, alcalinidade, acidez, dureza, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes orgânicos e inorgânicos.

O pH mede o caráter ácido ou básico da água. Alterações significativas no pH podem afetar a sobrevivência de organismos aquáticos e a solubilidade de substâncias químicas na água (APHA, 2017).

A alcalinidade está relacionada à capacidade da água de neutralizar ácidos. Ela é importante para a estabilidade do pH e a proteção de organismos sensíveis às variações ácidas (Eaton et al., 2005).

A acidez mede a concentração de ácidos na água e pode ser um indicativo de poluição ácida. Altos níveis de acidez podem ser prejudiciais à vida aquática (APHA, 2017).

A dureza da água está relacionada à concentração de íons de cálcio e magnésio e pode afetar a formação de incrustações em tubulações e equipamentos, bem como a adequação da água para usos diversos (APHA, 2017).

O oxigênio dissolvido na água é essencial para a sobrevivência da fauna aquática. A concentração de oxigênio dissolvido é um indicador crítico da qualidade da água e pode ser afetada por poluentes, temperaturas elevadas e atividades humanas (VON SPERLING, 2007).

Os cloretos estão relacionados à salinidade da água e podem ser indicativos da influência de água salgada em fontes de água doce (APHA, 2017).

Nutrientes como nitrogênio (nitrato, nitrito, amônia) e fósforo estão relacionados ao crescimento excessivo de algas e ao fenômeno conhecido como eutrofização. O excesso de nutrientes pode causar a degradação da qualidade da água e afetar negativamente ecossistemas aquáticos (Smith & Schindler, 2009).

A presença de matéria orgânica na água pode afetar a qualidade da água, contribuir para a formação de compostos orgânicos voláteis e influenciar o tratamento de água (APHA, 2017).

Os Micropoluentes Orgânicos e Inorgânicos abrangem uma ampla variedade de substâncias, incluindo produtos químicos industriais, pesticidas, medicamentos e metais. A presença desses micropoluentes pode ser preocupante devido aos seus potenciais impactos na saúde humana e no meio ambiente (Schwarzenbach et al., 2006).

1.2.3. Parâmetros biológicos

Além dos parâmetros físicos e químicos, os parâmetros microbiológicos desempenham um papel crítico na avaliação da qualidade da água, pois estão diretamente relacionados à saúde humana e à segurança do abastecimento de água potável. Eles incluem a presença e a concentração de micro-organismos indicadores e patogênicos que podem representar riscos à saúde.

Dentre os parâmetros de qualidade microbiológicos, pode-se destacar a verificação da presença de Coliformes Totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) que são bactérias encontradas no intestino de animais de sangue quente, incluindo seres humanos. A presença de coliformes totais e, em particular, de *E. coli*, é usada como indicador de contaminação fecal e pode estar associada à presença de patógenos entéricos (USEPA, 2002).

Dentre os patógenos que podem ser encontrados em águas contaminadas podemos citar os Enterococos, Salmonela, Shigella, Vírus Entéricos e Protozoários Entéricos

Os enterococos são bactérias do gênero *Enterococcus* que também são indicadores de contaminação fecal e potencialmente patogênicos. Sua detecção pode indicar a presença de poluição por esgoto (USEPA, 2012). As bactérias *Salmonella* e *Shigella* são patógenos entéricos e a sua detecção na água é preocupante devido ao risco que representam para a saúde humana. (Craun et al., 2010)

Vírus como o rotavírus e o norovírus são patógenos entéricos que podem ser transmitidos pela água e causar doenças gastrointestinais. A sua detecção é crucial para garantir a segurança da água para consumo humano (Haramoto et al., 2013).

Os protozoários entéricos, como *Cryptosporidium* e *Giardia*, são patógenos que podem causar doenças transmitidas pela água. São resistentes à desinfecção convencional e, portanto, sua detecção é importante (USEPA, 1993).

Filho *et al.* (2023) ao analisar o efeito dos usos e ocupações do solo em uma bacia do oeste do Paraná, concluíram que a presença de coliformes totais e fecais pode estar associada ao tecido urbano e à falta de captação e de formas corretas de tratamento dos esgotos domiciliares.

1.2.4. Índice de qualidade da água

A qualidade da água é um fator crucial para a análise das condições ambientais de um ecossistema e pode ser avaliada por meio do monitoramento de parâmetros físicos, químicos e biológicos. No Brasil, uma das abordagens mais comuns para verificar as condições de qualidade de um corpo hídrico é a classificação com base no Índice de Qualidade da Água (IQA). Esse índice foi proposto nos Estados Unidos em 1970 pela National Sanitation Foundation e começou a ser utilizado no Brasil a partir de 1975, inicialmente pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), sendo posteriormente adotado por outros estados brasileiros com o objetivo de avaliar a qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público após tratamento (Costa, 2013 *apud* Bobato *et al* (2023).

Os parâmetros considerados no cálculo do IQA são predominantemente indicadores de contaminação originada pelo lançamento de esgotos

domésticos. Esses parâmetros incluem oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total. Cada um desses elementos recebe pesos distintos de acordo com sua importância no índice (ANA, 2023). A aplicação do IQA proporciona uma avaliação abrangente da qualidade da água, contribuindo para a gestão eficaz dos recursos hídricos.

1.2.5. Padrões legais de qualidade da água e seus usos

No Brasil, a gestão da qualidade da água é regulamentada por uma série de normas e padrões estabelecidos pelas autoridades ambientais. Esses padrões de qualidade da água são essenciais para garantir que a água seja segura e adequada para diferentes usos, incluindo abastecimento público, recreação, agricultura, e preservação de ecossistemas aquáticos.

A Resolução CONAMA nº 274/2000 define os padrões de qualidade da água para corpos d'água destinados à recreação, como praias e áreas de lazer. Os critérios incluem parâmetros microbiológicos, como a contagem de coliformes fecais, além de parâmetros físicos e químicos que afetam a segurança e a qualidade da experiência de banhistas.

Para uso na irrigação de culturas agrícolas, a resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece critérios que visam proteger a saúde das plantas e a qualidade do solo. A qualidade da água é avaliada com base em parâmetros químicos, como a concentração de sais, bem como a presença de substâncias tóxicas. A mesma resolução ainda trata da conservação de ambientes aquáticos, como rios e lagos, onde os padrões de qualidade da água são estabelecidos com base em parâmetros que garantem a integridade dos ecossistemas. Isso inclui a manutenção de níveis adequados de oxigênio dissolvido, bem como a redução da poluição orgânica e química.

Para a água destinada ao abastecimento público, a mesma é regulamentada por normas rigorosas que estabelecem limites para diversos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, em especial a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Essas regulamentações visam garantir a segurança da água consumida pela população e a prevenção de doenças transmitidas pela água. Essa portaria é a principal referência para os padrões

de potabilidade da água no Brasil, estabelecendo diretrizes essenciais para a qualidade da água destinada ao consumo humano.

Dentre os padrões de portabilidade, pode-se citar que a água deve ser isenta de coliformes fecais e *E. coli*, em 100ml de amostra, para turbidez o limite máximo permitido é de 5 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) e a mesma deve conter um mínimo de 0,2 mg/L de cloro residual, o qual visa eliminar patógenos.

Ainda, alguns outros compostos são controlados, como ferro e manganês, que possuem limites de 0,3mg/L e 0,1 mg/L respectivamente e alumínio, o qual não pode ultrapassar 0,2 mg/L. Ainda, estabelece-se um limite máximo de 1,5 mg/L para fluoreto na água de abastecimento, com o objetivo de prevenir caries dentárias.

1.3. ECOTOXICOLOGIA E A QUALIDADE DA ÁGUA

A avaliação ecotoxicológica da qualidade da água envolve a realização de testes laboratoriais e estudos de campo que medem os efeitos dos poluentes na saúde e no comportamento de organismos aquáticos, incluindo peixes, invertebrados, algas e micro-organismos. Esses estudos são fundamentais para a identificação e avaliação de riscos ambientais, permitindo a determinação dos impactos potenciais das substâncias químicas na vida aquática (FORBES & CALOW, 1999).

É importante destacar que a ecotoxicologia não se limita apenas à identificação de efeitos agudos imediatos, mas também investiga os efeitos crônicos e subletais dos poluentes, que podem ter impactos em longo prazo nos ecossistemas aquáticos. Isso inclui a análise de respostas fisiológicas, comportamentais e ecológicas dos organismos (ANKLEY *et al.*, 2010).

No contexto brasileiro, as regulamentações e padrões de qualidade da água são estabelecidos por órgãos como o Ministério da Saúde e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A aplicação prática da ecotoxicologia na gestão da qualidade da água visa garantir que a água fornecida à população seja segura para o consumo humano e contribui para a preservação dos ecossistemas aquáticos (Ministério da Saúde, 2017).

1.3.1. Uso de organismos aquáticos para análises de toxicidade em amostras de água

Resgalla e Laitano (2002) indicam que, no Brasil, a utilização de testes de toxicidade com organismos aquáticos como ferramenta para análises de impacto ambiental teve início na década de 70, sendo inicialmente implementada pela CETESB com o uso de organismos de água doce.

Conforme Sisino e Oliveira-Filho (2013), os testes de toxicidade, também conhecidos como bioensaios, desempenham um papel fundamental na ecotoxicologia aquática, uma subárea da toxicologia ambiental. Esses ensaios laboratoriais são empregados para estimar a toxicidade de substâncias e efluentes industriais.

Os testes de toxicidade complementam as análises físico-químicas tradicionais, tais como sólidos suspensos, concentrações de metais e outras substâncias orgânicas ou inorgânicas, cujos limites são estabelecidos nas legislações ambientais. Essas análises convencionais não são capazes de distinguir entre substâncias que afetam os sistemas biológicos e aquelas que são inertes no ambiente, tornando-se insuficientes para avaliar o potencial de risco ambiental dos contaminantes (COSTA, 2008).

Os efeitos tóxicos nos organismos-teste podem manifestar-se como morte, falta de locomoção, diminuição da emissão de luz e redução da capacidade reprodutiva. Existem dois tipos de toxicidade a serem avaliados: aguda e crônica. A toxicidade aguda mede a quantidade do composto tóxico que causa a inibição de 50% nos organismos testados, representada pela CL50 (concentração letal). Já a toxicidade crônica refere-se ao acúmulo do composto tóxico nos organismos-teste, podendo provocar efeitos subletais e permitir a sobrevivência do organismo, afetando suas funções biológicas por pelo menos metade de um estágio de vida (CAMMAROTA, 2011).

Brentano (2006) destaca a avaliação de efeitos agudos, como letalidade e imobilidade, e efeitos crônicos, que envolvem alterações no crescimento, reprodução e sobrevivência.

Vários organismos podem ser utilizados para avaliação ecotoxicológica de diferentes meios e fontes de contaminação, Brota (2012) revelou que os testes ecotoxicológicos com os organismos *Daphnia similis* e *Vibrio fischeri* têm revelado uma importância significativa na avaliação da toxicidade no

tratamento de esgoto doméstico por meio de lagoas facultativas. Esses estudos também têm sido cruciais para a análise da viabilidade do uso do efluente tratado na irrigação de plantações de eucaliptos.

1.3.2. Organismos *Daphnia Magna*

Conforme a norma NBR 12.713 (ABNT, 2016), a *Daphnia magna* (Figura 1) popularmente conhecida como "pulga d'água", é um microcrustáceo planctônico de água doce, apresentando um comprimento de 0,5 mm na fase jovem e 5 a 6 mm na fase adulta.



Figura 1 - *Daphnia magna* na fase adulta
Fonte: Falkenberg, 2013

Segundo Bassfeld (2001), a *Daphnia magna* pertence à classe dos Crustáceos - Cladocera - Phyllopora e faz parte do zooplâncton de água doce. Esse microcrustáceo se alimenta por meio de processos de filtração de substâncias orgânicas na forma de partículas.

O ciclo de vida da *Daphnia magna* compreende quatro estágios: ovo, juvenil, adolescente e adultos. A duração desse ciclo, do ovo até a morte do adulto, varia conforme as condições ambientais. Em geral, o ciclo de vida aumenta com a diminuição da temperatura, devido à redução da atividade metabólica. A 20°C, a média do ciclo de vida da *Daphnia magna* (do ovo ao adulto) é de 56 dias, conforme Rand (1995).

Moura (2018) utilizou esses organismos para fazer a avaliação da qualidade da água de nascentes da Bacia do Arroio e demonstrou que os mesmos foram eficazes para indicar a presença de compostos tóxicos nas amostras.

Andréas, RS

1.4. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES E O USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) representam um componente crucial da legislação ambiental brasileira, desempenhando um papel fundamental na proteção de recursos naturais e na manutenção da qualidade da água. A definição e regulamentação das APPs estão consagradas na Lei Federal nº 12.651/2012, o Código Florestal Brasileiro, que estabelece as diretrizes para sua conservação e uso responsável.

De acordo com o Código Florestal, as APPs incluem áreas ao longo de corpos d'água, como rios, lagos e nascentes, bem como encostas de morros, topos de morros, áreas de manguezais, restingas e outros ecossistemas sensíveis. Essas áreas são consideradas de preservação permanente devido à sua importância na conservação da biodiversidade, na manutenção dos recursos hídricos e na prevenção de erosão do solo.

Para corpos d'água com até 10 metros de largura, a faixa mínima de APP é de 30 metros a partir de ambas as margens. Quando a largura do corpo d'água está entre 10 e 50 metros, a faixa mínima de APP será de 50 metros a partir da margem. A faixa de APP aumenta definida pela legislação aumenta conforme a largura do corpo d'água cresce.

No caso de nascentes, vertentes e olhos d'água, sejam elas intermitentes ou não, a faixa de preservação permanente mínima deverá ser de 50 metros. O conceito de APP está ilustrado na Figura 2.

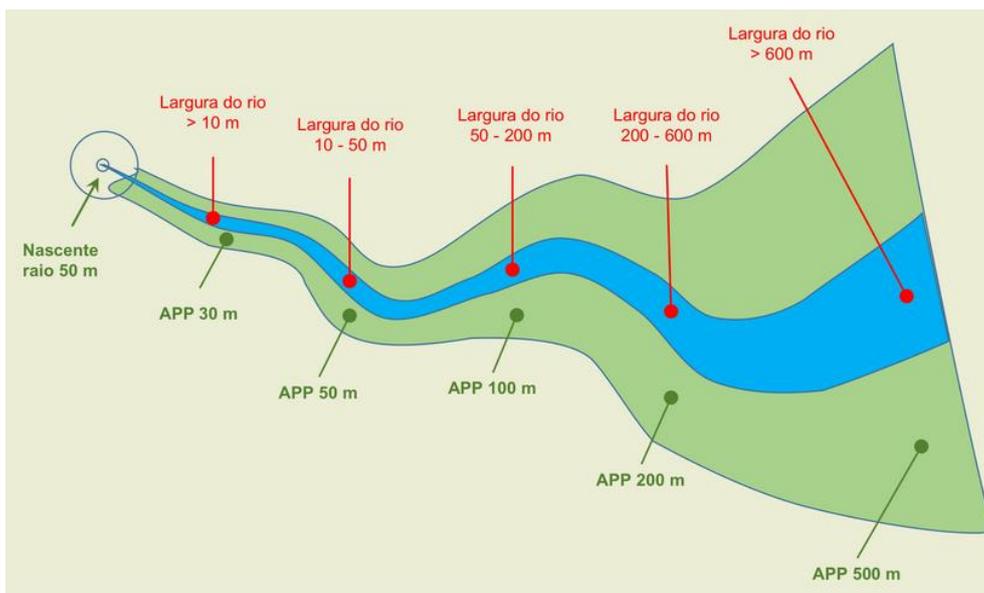


Figura 2 - Metragens das Áreas de Preservação Permanentes
Fonte: Instituto EcoBrasil (2023)

Ainda pode-se citar o conceito de "área consolidada", que no contexto do Código Florestal Brasileiro representa uma importante abordagem para regularizar situações de ocupação do solo que ocorreram anteriormente à promulgação da legislação ambiental. O Código Florestal, em sua essência, estabelece diretrizes para a preservação e a recuperação de áreas de preservação permanente (APPs) e de reservas legais, com o objetivo de proteger os recursos hídricos, a biodiversidade e promover o uso sustentável dos recursos naturais.

De acordo com o Código Florestal, considera-se uma "área consolidada" aquela que estava ocupada com atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo, ou outras formas de uso do solo, até 22 de julho de 2008. O conceito abrange áreas que, embora ocupadas de forma irregular ou desautorizadas em termos ambientais, possuem uma história de ocupação que precede a legislação ambiental mais rigorosa.

O Código Florestal estabelece condições e critérios específicos para a regularização das áreas consolidadas, como a obrigação de recomposição das APPs, a manutenção da vegetação nativa nas margens dos cursos d'água e a destinação de uma porcentagem da propriedade rural para a reserva legal. Tais exigências visam equilibrar a preservação ambiental com a produção

agropecuária, reconhecendo a importância da produção de alimentos e da atividade rural no país.

O desafio, contudo, reside na aplicação efetiva dessas diretrizes. A regulamentação e a fiscalização das áreas consolidadas são fundamentais para garantir a conformidade com a lei e assegurar a proteção do meio ambiente. Portanto, a interpretação e o cumprimento adequado das disposições do Código Florestal no que diz respeito às áreas consolidadas desempenham um papel crucial na busca pelo desenvolvimento sustentável e na conservação dos recursos naturais do Brasil.

Em relação ao uso e ocupação do solo nas APPs, a legislação é rigorosa. Em princípio, a supressão de vegetação nas APPs é proibida. No entanto, o Código Florestal prevê situações excepcionais em que é permitida a intervenção, desde que seja comprovada a necessidade de utilidade pública, interesse social ou atividades de baixo impacto ambiental. Mesmo nessas situações, a intervenção deve ser autorizada pelos órgãos ambientais competentes e sujeita a rigorosos controles e medidas de mitigação.

É importante destacar que a preservação das APPs é essencial para a proteção dos recursos hídricos. Essas áreas atuam como filtros naturais, contribuindo para a manutenção da qualidade da água. Além disso, desempenham um papel vital na prevenção de enchentes e na conservação da biodiversidade, promovendo a resiliência dos ecossistemas.

1.5. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas poderosas utilizadas na análise espacial e na gestão de recursos naturais. Eles integram dados georreferenciados de diversas fontes, incluindo imagens de satélite, para auxiliar na compreensão e na tomada de decisões relacionadas ao ambiente (Longley et al., 2005).

As imagens de satélite são uma fonte valiosa de informações para identificar o uso e a ocupação do solo em escala regional e global. Essas imagens fornecem uma visão abrangente da superfície terrestre e permitem a detecção de mudanças ao longo do tempo. Diversos sensores a bordo de satélites coletam dados em diferentes comprimentos de onda, o que possibilita

a identificação de diferentes tipos de cobertura do solo, como florestas, áreas urbanas, corpos d'água e vegetação (Jensen, 2015).

A interpretação de imagens de satélite no contexto do uso e ocupação do solo envolve a classificação das áreas com base em suas características espectrais. Algoritmos de processamento de Figura são frequentemente empregados para automatizar essa tarefa, classificando as áreas em categorias como floresta, agricultura, áreas urbanas e outros tipos de uso do solo. Além disso, as imagens de satélite permitem a análise temporal, possibilitando a identificação de mudanças significativas ao longo do tempo, como o desmatamento, o crescimento urbano e a expansão agrícola (Congalton & Green, 2008).

A utilização de SIG em conjunto com imagens de satélite permite a criação de mapas temáticos precisos e atualizados sobre o uso e ocupação do solo. Essas informações são fundamentais para o planejamento urbano, a gestão de recursos naturais, a conservação ambiental e a tomada de decisões governamentais. Além disso, a combinação de dados geoespaciais e análises de séries temporais de imagens de satélite contribui para monitorar as mudanças ambientais e avaliar os impactos das atividades humanas no solo e nos ecossistemas.

Dariva (2021) mostrou que análises geoespaciais são eficazes quando utilizou para mensurar os dados de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio das Antas em Irati.

1.6. ANÁLISE DE DADOS

A extração de informações de resultados de experimentos frequentemente envolve a análise de muitas variáveis. Em muitos casos, apenas um pequeno conjunto dessas variáveis contém informações relevantes, enquanto a maioria adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados. A decisão sobre quais variáveis são cruciais geralmente é baseada em intuição química ou experiência, ou seja, em critérios mais subjetivos do que objetivos (Moita & Moita, 1998).

A redução de variáveis por meio de critérios objetivos, permitindo a criação de gráficos bidimensionais com maior informação estatística, pode ser alcançada por meio da análise de componentes principais. Além disso, é possível estabelecer agrupamentos entre as amostras com base em suas similaridades, utilizando todas as variáveis disponíveis, e representá-los de forma bidimensional por meio de um dendrograma. A análise de componentes principais e o agrupamento hierárquico são técnicas de estatística multivariada complementares amplamente aceitas na análise de dados (Moita & Moita, 1998).

A técnica de análise de componentes principais visa essencialmente redefinir as coordenadas das amostras em um sistema de eixos mais propício para a análise de dados. Em termos simples, as n -variáveis originais são transformadas em n -componentes principais por meio de combinações lineares, caracterizadas não apenas pela ortogonalidade, mas também pela disposição em ordem decrescente de máxima variância. Em outras palavras, a primeira componente principal retém mais informação estatística do que a segunda, que, por sua vez, supera a terceira, e assim por diante (Moita & Moita, 1998).

Esse método possibilita a redução da dimensionalidade dos pontos representativos das amostras. Embora a informação estatística presente nas n -variáveis originais seja preservada nas n -componentes principais, é comum encontrar em apenas duas ou três das primeiras componentes principais mais de 90% dessa informação. O gráfico da componente principal 1 em relação à componente principal 2 proporciona uma visão estatisticamente privilegiada para a observação dos pontos no espaço n -dimensional (Moita & Moita, 1998).

Além disso, a análise de componentes principais pode ser empregada para avaliar a importância das variáveis originais em si. Ou seja, as variáveis originais com maiores pesos (loadings) na combinação linear das primeiras componentes principais são consideradas mais significativas do ponto de vista estatístico (Neto & Moita, 1998).

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

O estudo que investiga a influência do uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente de nascentes ganha extrema relevância devido à intrínseca relação entre esses fatores e a qualidade da água. As nascentes desempenham um papel crucial no abastecimento de água doce, sendo fontes vitais para rios e mananciais. A preservação dessas nascentes torna-se imprescindível não apenas para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, mas também para garantir um suprimento duradouro de água potável para as comunidades humanas.

Nesse contexto, o objetivo primordial deste estudo consistiu em avaliar de maneira aprofundada a qualidade da água em nascentes localizadas na Bacia do Rio das Antas, investigando minuciosamente as características de uso e ocupação do solo em suas áreas de preservação permanente.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar diferentes parâmetros de qualidade da água das nascentes avaliadas, como pH, Nitrogênio, Fósforo, Cor, Turbidez, Alcalinidade, Condutividade, Coliformes Termotolerantes e *Escherichia Coli*, assim como utilizar os organismos *Daphnia Magna* para avaliar os efeitos tóxicos nas amostras.
- Verificar quais os usos e ocupações do solo estão presentes nas APP's;
- Por meio de análises estatísticas, investigar a influência de cada uso em cada um dos parâmetros avaliados.

3. METODOLOGIA

3.1. LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo foi um trecho da Bacia do Rio das Antas que está localizado no município de Irati, o qual está localizado na região centro-sul do estado do Paraná, a aproximadamente 150 quilômetros da capital do Estado, Curitiba.

O município possui uma área total de 1000 de quilômetros quadrados e está a 820 metros acima do nível do mar. Está representado na Figura 3 a posição geográfica de Irati.

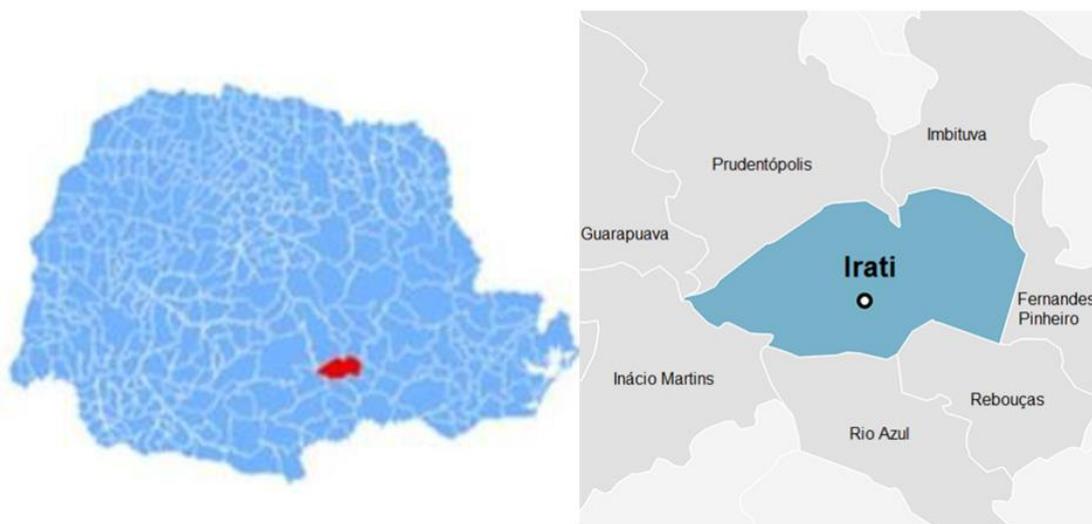


Figura 3 - Localização geográfica do município de Irati.
Fonte: IPARDES, 2019

Quanto a bacia estudada, a área abrange a Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, situada no sudeste paranaense, entre as coordenadas Datum Sirgas 2000, UTM 22J, 538023,42m - 7178548,38m e 543948,66m - 7200836,07m. Esta bacia abrange os municípios de Irati, Imbituva, Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares (DARIVA, 2021).

O clima regional é classificado como Cfb, de acordo com a classificação de Köppen e Geiger (1928), apresentando uma variação média de temperatura entre 11,0°C (junho) e 24,2°C (janeiro), com uma média mensal de precipitação de cerca de 150 mm.

A Bacia do Rio das Antas faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi e está classificada na classe 2, conforme estabelecido pela Portaria da Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Paraná (PARANÁ, 1991 *apud* DARIVA, 2021). O Rio das Antas, que constitui o principal curso d'água da bacia, tem sua nascente na serra do Nhapindazal e percorre a maior parte de seu trajeto pela área urbana, desaguando posteriormente no Rio Imbituvão, o principal corpo hídrico do município de Irati (ANDRADE; FELCHAK, 2009 *apud* DARIVA, 2021).

A localização da Bacia do Rio das Antas está apresentada na Figura 4.

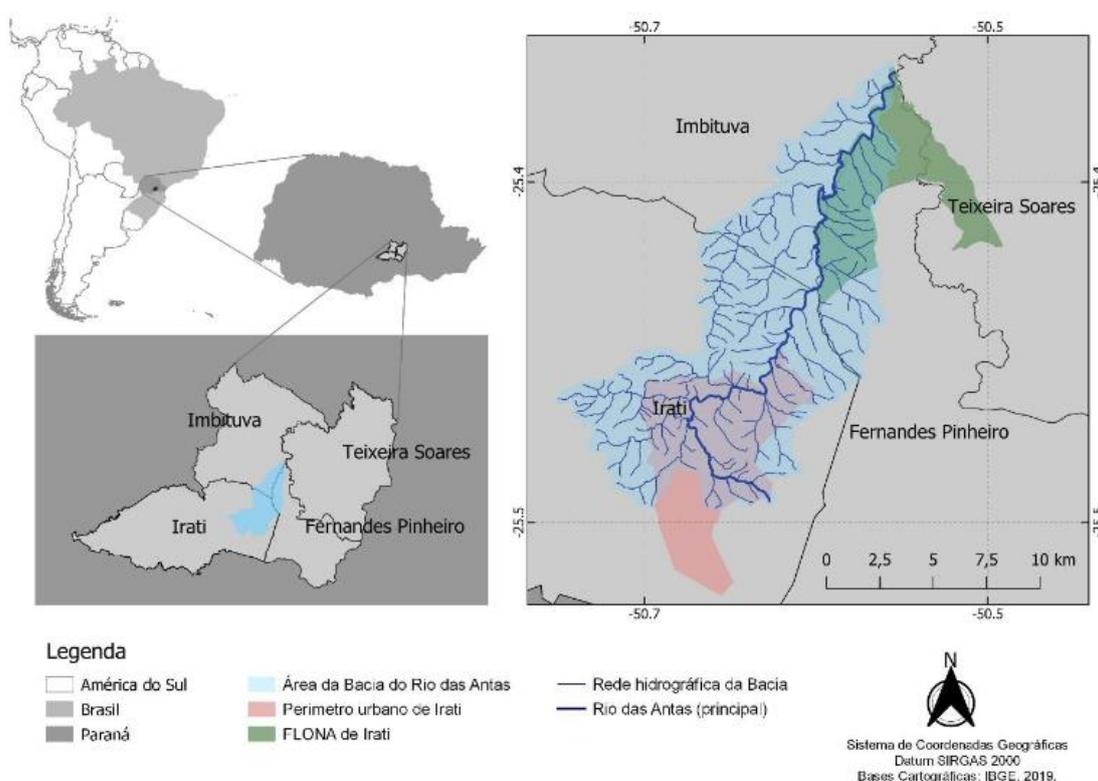


Figura 4 - Localização geográfica da Bacia do Rio das Antas.
Fonte: DARIVA, 2021

3.2. AMOSTRAGEM

Para definir os locais de amostragem, inicialmente foram realizadas consultas em cartas topográficas disponíveis no site do órgão ambiental do

estado do Paraná, o Instituto Água e Terra, assim como análise da topografia do terreno e conhecimento popular.

Após este levantamento inicial, foram definidos possíveis locais onde ocorreriam afloramentos de água, então, realizou-se uma diligência até cada uma das localidades, com o objetivo da verificação *in loco* da nascente. Neste momento foram também identificados os proprietários dos imóveis onde o ponto de interesse está localizado e solicitado a autorização para realização do estudo.

Identificadas as nascentes, cada uma delas teve sua coordenada retirada no local através da utilização de um GPS GARMIN modelo etrex 20x, assim como seu registro fotográfico. Deste modo foram definidas 11 nascentes localizadas na parte alta da Bacia do Rio das Antas, onde suas localizações podem ser observadas na Figura 5.

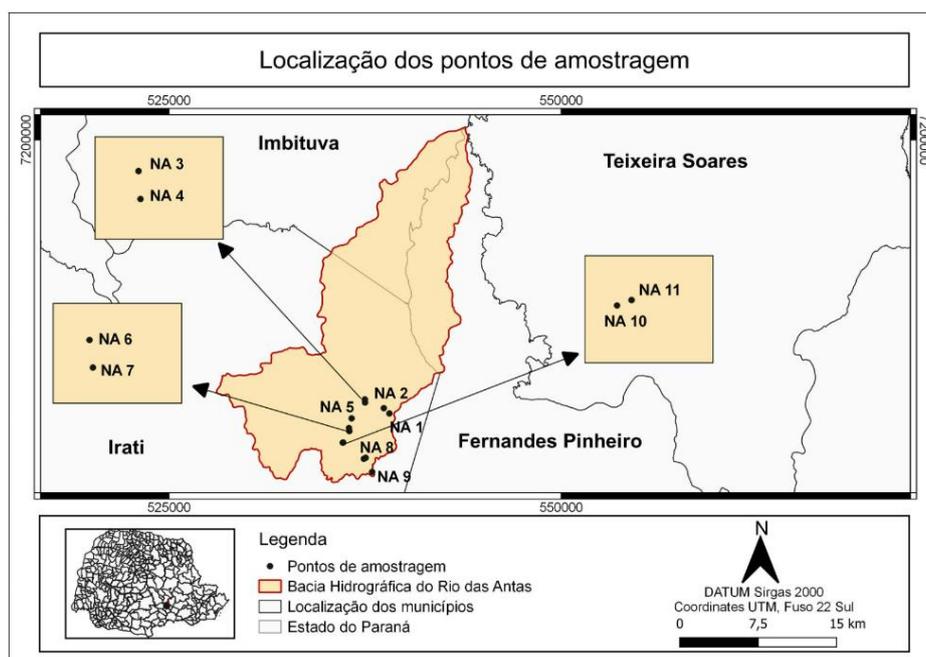


Figura 5 - Localização das nascentes na Bacia do Rio Das Antas
Fonte: O autor

As nascentes foram escolhidas com estrategicamente para viabilizar a coleta da água em um único dia, assim, garantido que todas fossem coletadas com as mesmas características climáticas. Assim, aguardou-se um período de

pelo menos 5 dias sem chuvas na região, então, realizou-se nova diligência até todos os locais em um único dia para coleta da amostra.

3.3. ANÁLISES DA QUALIDADE DA ÁGUA

As análises para quantificação de pH, Nitrogênio, Fósforo, Alcalinidade, Turbidez, Cor, Condutividade, E-Coli e Coliformes Totais foram realizadas no laboratório de qualidade da água da universidade Estadual do Centro-Oeste, seguindo as metodologias descritas no Standard Methods for water and wastewater analysis techniques (APHA,2017)

3.4. ECOTOXICOLOGIA

Após a coleta das amostras de água das nascentes da Bacia do Rio das Antas, as análises ecotoxicológicas foram conduzidas no laboratório de ecotoxicologia da Universidade Estadual do Centro Oeste, no departamento de Engenharia Ambiental do Campus Irati. O objetivo principal dessas análises foi avaliar a toxicidade aguda das amostras coletadas, utilizando neonatos do microcrustáceo *Daphnia magna*, que são conhecidos por sua alta sensibilidade à poluição ambiental.

Para a realização dos ensaios, foram seguidas as normas adaptadas da NBR 12.713, datada de janeiro de 2022. Em cada ensaio, foram utilizados 5 neonatos de *Daphnia magna* com idades variando de 2 a 26 horas. Os crustáceos foram colocados em béqueres contendo 50 ml de amostra de água coletada em cada ponto de análise e permaneceram sob observação por um período de 48 horas. Os ensaios foram conduzidos em duplicata, e não houve necessidade de diluir as amostras, uma vez que elas foram coletadas diretamente das nascentes estudadas.

Qualquer amostra que demonstrasse diferença estatisticamente significativa em relação ao controle negativo foi considerada como tendo efeito tóxico.

As leituras das análises foram realizadas de maneira minuciosa, observando atentamente qualquer sinal de lentidão, imobilização, mortalidade ou mudanças no comportamento dos crustáceos após 24 e 48 horas de

exposição. Para assegurar a veracidade e confiabilidade dos dados, foram realizadas análises adicionais, incluindo o controle positivo, em que o meio contendo as *Daphnias* era tóxico e todos os neonatos eram afetados, e o controle negativo, em que não havia nenhuma interferência, consistindo apenas de água destilada como meio de referência.

3.5. LEVANTAMENTO DE DADOS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O levantamento de dados de uso e ocupação do solo foi realizado com o auxílio do software Google Earth Pro no computador onde foram localizadas as áreas de estudo, inserindo as coordenadas geográficas específicas no campo de pesquisa do software ou navegando manualmente até o local de interesse.

Uma vez na área de estudo, as camadas de informação disponíveis no Google Earth Pro foram cuidadosamente configuradas para exibir dados relevantes, tais como imagens de satélite, as quais foram utilizadas as mais próximas da data de coleta e não excederam uma diferença de 30 dias e demais informações geográficas. As camadas selecionadas incluíram "Imagens de Satélite" e "Camadas Opcionais," proporcionando uma representação mais abrangente da área de estudo.

Para delimitar um raio de 50 metros a partir da coordenada de interesse, foram empregadas as ferramentas de medição disponíveis no software. Isso foi realizado por meio das funcionalidades "Polígono" ou "Círculo" presentes na barra de ferramentas superior. Com o raio de 50 metros devidamente definido, procedeu-se à análise visual da área de estudo. Durante essa etapa, foram observadas características como áreas urbanas, cobertura vegetal, corpos d'água, estradas, edifícios e campos agrícolas, a fim de identificar diferentes usos e ocupações do solo.

Ainda, foi considerada a experiência *in loco* no momento de identificar os usos e ocupação do solo, para garantir que os diferentes aspectos observados em campo correspondem com os definidos no software, a fim de impossibilitar erros no momento da classificação.

Os diferentes usos e ocupações do solo foram mensurados em porcentagem de área coberta nos seguintes grupos:

- **Preservado:** corresponde a áreas com vegetação em estágio médio e avançado, sendo característico pela presença de árvores e livre de ocupação humana.
- **Urbano:** para este grupo considerou-se as áreas com construção civil, vias urbanas e rurais.
- **Agropecuária e Silvicultura:** áreas voltadas a produção animal, como suínos, bovinos, aves e também tanques artificiais para fins de piscicultura recreativa ou extensiva. Áreas destinadas produção madeireira, através de plantio espaçado de espécies exóticas, tais como Pinus e Eucalipto, também foram contabilizadas nessa classe.
- **Solo exposto:** áreas livres de ocupação, com vegetação rasteira ou inicial e sem compactação do solo para fins de rodagem de veículos automotores.

3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificar se as nascentes estudadas apresentam similaridade e, portanto, formam grupos conforme os parâmetros investigados, uma análise de componentes principais foi efetuada, uma vez que tal método possibilita verificar se existem diferentes agrupamentos no diagrama de ordenação formado, também é possível verificar quais os parâmetros mais influenciam nos agrupamentos, como as unidades amostrais (nascentes), estão relacionadas com os tais parâmetros e como estes se correlacionam entre si.

Para assegurar os agrupamentos formados, análises de variância com um fator (grupo), foram efetuadas para cada variável amostrada, as médias foram asseguradas pelo teste de Fischer, assim como a correlação pelo coeficiente de Spearman. Para todas as análises o nível de significância foi igual a 5%. Especificamente para as análises de variância (anova), as premissas de gaussianidade e homogeneidade de variâncias foram cheçadas pelos testes de Shapiro-Wilks e Bartlett respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando a importância da manutenção e preservação dos recursos hídricos, a avaliação da qualidade das nascentes torna-se crucial. Isso abrange tanto a qualidade da água quanto as características ambientais físicas, incluindo os diversos tipos de ocupação do solo em seu entorno.

Essa análise é de grande relevância para compreender os efetivos níveis de influência, sendo restrita, muitas vezes, a áreas menos abrangentes, como a metragem mínima definida em legislação como preservação permanente. No entanto, é importante observar que, embora essas áreas recebam essa designação, em diversos casos, apresentam um histórico de degradação anterior à legislação e, atualmente, não estão inteiramente dedicadas à preservação da qualidade ambiental.

Assim, avaliaram-se as características das nascentes, desde o aspecto visual, a sua qualidade da água em diferentes parâmetros e levantou-se as características do uso e ocupação do solo no raio de 50 metros, os quais foram estatisticamente relacionados aos parâmetros analisados

4.1. AS NASCENTES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Todas as nascentes mostraram características diferentes no caráter visual e quanto as suas ocupações nas APP's.

A Nascente 1 teve seu afloramento identificado logo a beira de uma estrada rural, próximo ao Bairro Nhapindazal, no município de Irati, nas coordenadas -25,475321; -50,611723. Visualmente, a nascente apresenta uma água límpida. Possui também a presença de uma tubulação, instalada provavelmente por moradores do entorno, indicando que a água deve ser utilizada para consumo. Ainda, a tubulação previne que a água entre em contato com o ambiente externo, podendo ser coletada de uma maneira mais *in natura*. A água corre rente a estrada e logo adentra em meio as propriedades. A nascente 1 pode ser vista na Figura 6.



Figura 6 – Nascente 1
Fonte: O autor

A qualidade da água da Nascente 1, após as análises laboratoriais, foi a que apresentou melhores parâmetros, sendo a única que pôde ser considerada potável. Os parâmetros da Nascente 1 podem ser verificados nas Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos da Nascente 1.

Parâmetros	Valor
pH	5,94
Fosforo (mg/L)	0
Nitrogenio (mg/L)	0
Turbidez (uT)	1,85
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	13
Cor (uC)	9
Condutividade (µS/cm)	86,85
Coliformes Totais*	2
E. Coli*	0

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

Quanto ao uso e ocupação do solo da APP da nascente 1, foram identificadas áreas para mobilidade, com a presença de estrada rural, assim como área de vegetação nativa, área voltada a agricultura e também a produção madeireira, com a presença de floresta plantada.

Embora a boa qualidade da água encontrada e também observando que a maior parte da APP é composta por vegetação nativa, a presença de área antropizada próximo ao ponto de surgimento da água, assim como parte do trecho inicial do curso d'água estar paralelo a essa estrada se mostra preocupante, pois, por não possuir cobertura vegetal, pode ocorrer o depósito de detritos no curso, levando ao assoreamento, assim como, contaminação por outras fontes, como veículos que transitam pelo local, ou possível descarte de resíduos por transeuntes.

O uso e ocupação do solo da Nascente 1 assim como as respectivas porcentagens de cada uso identificado podem ser observados na Figura 7 e na Tabela 2, respectivamente.

Apesar de serem consideradas na mesma classe, as cores para áreas de Agropecuária e Silvicultura foram diferentes apenas para fins ilustrativos quanto as características dos locais.

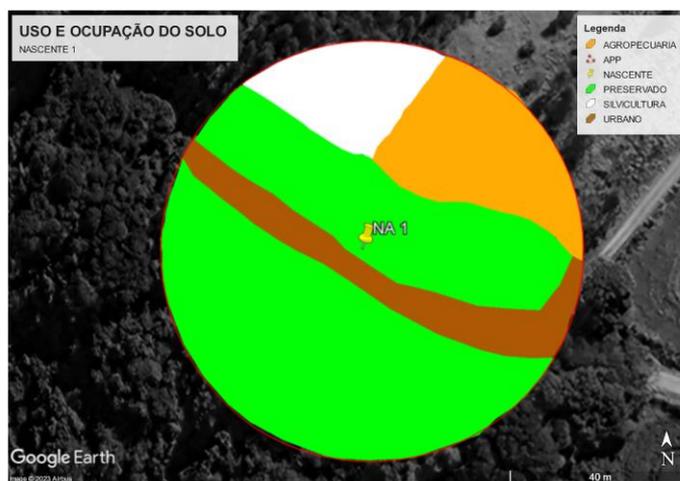


Figura 7 - Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 1
Fonte: O autor.

Tabela 2 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 1

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA1	66,03	9,88	24,09	0

A pequena tubulação pareceu servir como um mecanismo de proteção da nascente, o que explica os bons parâmetros encontrados, não deixando os diferentes usos e ocupações identificados afetar diretamente na qualidade da água, como por exemplo, o contato com a matéria orgânica das áreas preservadas ou sólidos provenientes da drenagem da estrada rural.

Antonio (2022) concluiu que mecanismos para proteção são eficazes para obtenção de melhores parâmetros de qualidade, como a redução de patógenos.

No caso da Nascente 2, o surgimento foi identificado dentro de uma propriedade particular, utilizada para fins recreativos, nas coordenadas 25,472075; -50,615236, estando relativamente próxima a Nascente 1, porém em cota mais baixa. A água em seu ponto de surgimento se apresentava barrada de maneira artificial, sendo possível identificar que por estar nesse estado, propicia à proliferação de vetores, devido a identificação da presença de larvas de mosquitos, assim como, a reprodução de anfíbios. A água então corre para um tanque artificial, utilizado para piscicultura em pequena escala. A Figura 8 representa a nascente 2.

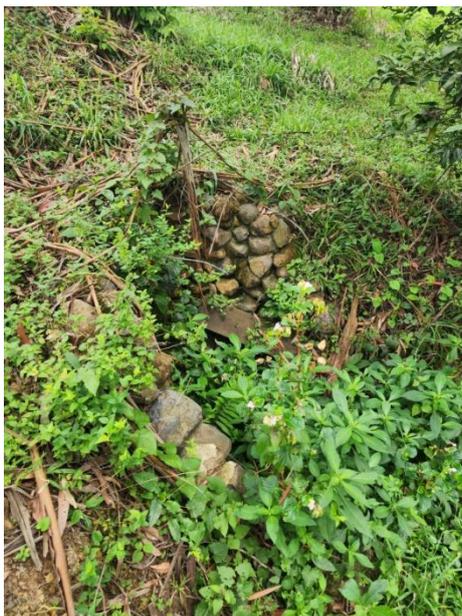


Figura 8 – Nascente 2
Fonte: O autor

Após as análises laboratoriais, foi constatada a presença de contaminação fecal assim como valores elevados para outros parâmetros, como Cor e Turbidez. Os parâmetros da Nascente 2 podem ser verificados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 2.

Parâmetros	Valor
pH	5,81
Fosforo (mg/L)	0
Nitrogenio (mg/L)	<0,1**
Turbidez (uT)	18,6
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	6,24
Cor (uC)	114
Condutividade (µS/cm)	57,61
Coliformes Totais*	144
E. Coli*	88

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

** Concentração inferior ao limite de detecção do método

Em relação ao uso e ocupação do solo dessa nascente, pode-se ressaltar que não possui nenhuma área que pode ser considerada de vegetação nativa, toda a APP da nascente esta antropizada, em sua maioria com solo exposto, seguido por áreas voltadas a piscicultura e áreas urbanas onde predominam estradas rurais e acessos a propriedade.

Ao verificar a presença da piscicultura a montante do ponto da nascente, pode-se apontar essa causa como uma possível fonte da contaminação a qual causou a presença de E.Coli nas amostras.

Os coliformes, embora não façam parte da microbiota intestinal normal dos peixes, foram isolados no trato gastrintestinal desses animais. Essa descoberta sugere que a microbiota bacteriana dos peixes pode fornecer informações sobre as condições microbiológicas da água em que os peixes estão presentes (AL-HARBI, 2003; GUZMÁN *et al.*, 2004).

Ainda, o aumento nos valores de turbidez e cor pode estar relacionado ao baixo recobrimento florestal da área, o que pode se levar ao acúmulo de sedimentos e outros compostos na área da nascente.

O uso e ocupação do solo da Nascente 2 assim como as respectivas porcentagens de cada uso identificado podem ser observados na Figura 9 e na Tabela 4, respectivamente.



Figura 9 - Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 2
Fonte: O autor.

Tabela 4 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 2

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA2	0	15,97	24,15	58,89

No caso da Nascente 3, localizada no Bairro Nhapindazal, nas coordenadas -25,467166; -50,627153, Figura 10. Foi possível notar que quase toda a APP está preservada, com uma vegetação em estado médio. A nascente verte do solo e segue rumo a parte mais baixa do rio, até desaguar em uma galeria a qual passa pelo subsolo das residências a jusante.



Figura 10 – Nascente 3
Fonte: O autor

No local, pode-se observar que há características naturais de um ambiente preservado, com acúmulo de materiais orgânicos, como folhagens e galhadas das árvores.

Os parâmetros da Nascente 3 podem ser verificados na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 3.

Parâmetros	Valor
pH	5,85
Fosforo (mg/L)	0
Nitrogenio (mg/L)	<0,1**
Turbidez (uT)	14,6
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	5,2
Cor (uC)	87
Condutividade (µS/cm)	26,79
Coliformes Totais*	104
E. Coli*	360

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

** Concentração inferior ao limite de detecção do método

Quanto aos parâmetros amostrados, pode-se enfatizar o elevado valor de *E.Coli* encontrado, sendo esse o maior entre todos os locais amostrados, com um valor de 360 unidades formadoras de colônia em 100ml de amostras. Pode-se concluir que esse índice encontrado pode estar relacionado com a qualidade do ambiente ao redor, a presença de vegetação ao redor da nascente pode servir de atrativo a fauna silvestre, aos quais contaminam o solo do local com material fecal.

Tebaldi *et al.* (2018) também encontrou valores elevados de coliformes termotolerantes ao avaliar corpos hídricos na Área de Relevante Interesse Ecológico de Cicuta, no Rio de Janeiro.

Como comentado anteriormente, ao avaliar o uso e ocupação do solo da APP da Nascente 3, verificou-se que está preservada em quase toda a sua extensão, sendo apenas uma pequena borda ocupada por parte de uma via municipal, esses dados podem ser observados na Figura 11 e Tabela 6, respectivamente

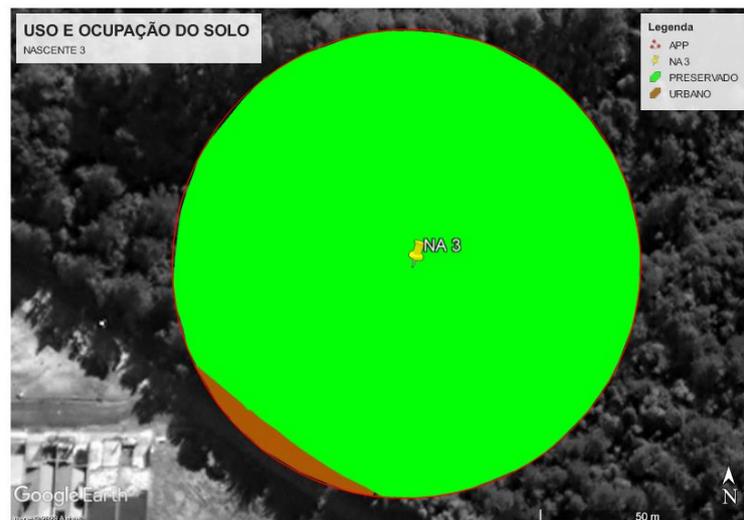


Figura 11 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 3
Fonte: O autor.

Tabela 6 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 3

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA3	95,4	4,6	0	0

A nascente 4, também está localizada no bairro nhapindazal, a cerca de 200 metros da nascente 3, nas coordenadas -25,468791 -50,627082, onde a água flui a partir de um aglomerado rochoso e segue até a parte mais baixa do bairro, como pode ser visualizado na Figura 12. A montante da nascente está completamente tomada pela urbanização e a parte jusante possui remanescentes de vegetação, porém, com indícios de circulação humana.



Figura 12 – Nascente 4
Fonte: O autor

Quanto a sua qualidade da água, a nascente 4 apresentou a terceira maior concentração de coliformes totais, mas alguns dos seus outros parâmetros ficaram abaixo da outra nascente próxima, como turbidez e cor, indicando que o ambiente florestal propicia o acúmulo de materiais que promovem a elevação dos valores desses parâmetros.

Os parâmetros da Nascente 4 podem ser verificados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 4.

Parâmetros	Valor
pH	5,81
Fosforo (mg/L)	0
Nitrogenio (mg/L)	<0,1**
Turbidez (uT)	10,6
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	4,81
Cor (uC)	55
Condutividade (µS/cm)	57,76
Coliformes Totais*	592
<i>E. Coli</i> *	24

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

** Concentração inferior ao limite de detecção do método

Ainda em relação as características de uso e ocupação do solo, verificou-se que a nascente vem sofrendo um avanço da urbanização. Seu mapa pode ser observado na Figura 13 e os dados na Tabela 8.

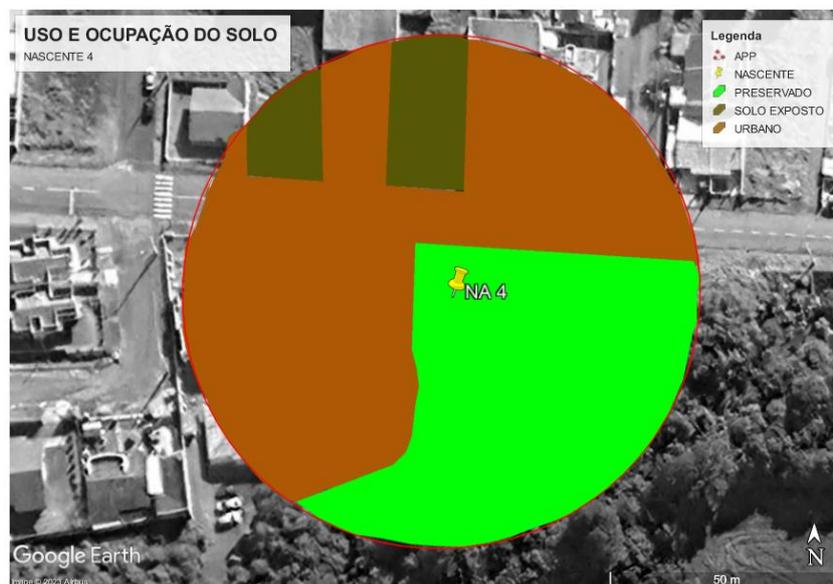


Figura 13 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 4

Fonte: O autor.

Tabela 8 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 4

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA4	95,4	4,6	0	0

A nascente 5 esta localizada no bairro Village Solaris, coordenadas - 25,478236 -50,635419, sendo esse um bairro relativamente novo e em início de urbanização, porém, a área esta degradada há muitos anos, onde no passado era utilizada como lavoura. Na Figura 14 está representada a nascente 5.



Figura 14 – Nascente 5
Fonte: O autor

Quanto a qualidade da água, ao analisar os parâmetros em um aspecto geral, conclui-se que foi a nascente que apresentou a terceira melhor avaliação. Os resultados das análises da nascente 5 podem ser conferidos na Tabela 9.

Tabela 9 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 5.

Parâmetros	Valor
pH	5,9
Fosforo (mg/L)	0
Nitrogenio (mg/L)	<0,1**
Turbidez (uT)	2,36
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	4,68
Cor (uC)	16
Condutividade (µS/cm)	37,04
Coliformes Totais*	12
E. Coli*	1

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

** Concentração inferior ao limite de detecção do método

Embora a qualidade da água encontrada tenha sido melhor ao se comparada com a maioria das outras nascentes estudadas, os dados vão à contramão do esperado quando comparamos com os dados de uso e ocupação do solo. A APP da nascente está quase completamente antropizada, porém, por se tratar de um loteamento recente, vários lotes ainda estão sem área construída, possuindo apenas o solo exposto.

Ainda, mesmo que em um primeiro momento fosse esperado uma qualidade ruim devida as características observadas do entorno, as conclusões apontam para o mesmo da nascente 4, onde a diminuição da vegetação faz com que ocorra uma menor disponibilidade de sólidos a entrarem em contato com a água da nascente, diminuindo sua turbidez.

Isso demonstra que a urbanização nesse local está respeitando a coleta do esgoto doméstico. De acordo com CETESB (2008), o despejo de efluente sanitário leva ao acúmulo de fósforo e nitrogênio, os quais elevam os índices de coliformes na água. Tal fato não ocorreu nessa nascente.

O mapa e os dados de uso e ocupação do solo da nascente 5 podem ser observados na Figura 15 e na Tabela 10.

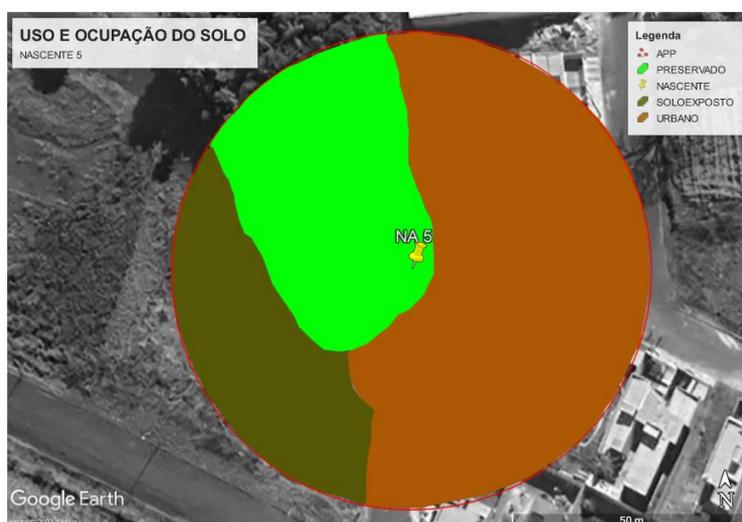


Figura 15 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 5
Fonte: O autor.

Tabela 10 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 5

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA5	22,4	61,5	0	16,45

A nascente 6 está em uma propriedade particular, próximo ao bairro da nascente anterior, nas coordenadas -25,485336 -50,636887. Essa nascente é utilizada pelos moradores da propriedade, onde eles adaptaram uma manilha para servir de contenção para a água e levam através de uma tubulação até a residência. O descrito pode ser visualizado na Figura 16.



Figura 16 – Nascente 6
Fonte: O autor

Como a água é utilizada para consumo, espera-se que a qualidade atinja os parâmetros mínimos para ser considerada segura, porém, ao verificar os dados encontrados, verificou-se que a mesma não é segura para utilização, principalmente devido a presença de patógenos. Sendo necessário algum tipo de tratamento antes da utilização.

Os parâmetros estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 6.

Parâmetros	Valor
pH	5,83
Fosforo (mg/L)	0
Nitrogenio (mg/L)	<0,1**
Turbidez (uT)	2,72
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	3,12
Cor (uC)	13
Condutividade (µS/cm)	47,89
Coliformes Totais*	31
E. Coli*	1

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

** Concentração inferior ao limite de detecção do método

Quanto a APP da nascente 6, ela não se encontra toda preservada, possuindo diferentes usos, sendo os predominantes a área sem cobertura vegetal, área para cultivo e o remanescente de vegetação. A presença da manilha utilizada pelos moradores aparentemente ajudou no controle de parâmetros como cor e turbidez, pois não permite muito contato da água com os materiais orgânicos provenientes das folhagens e solo, porém, não está sendo eficiente para impedir a proliferação de bactérias.

Os dados de uso e ocupação podem ser verificados na Figura 17 e na Tabela 12.

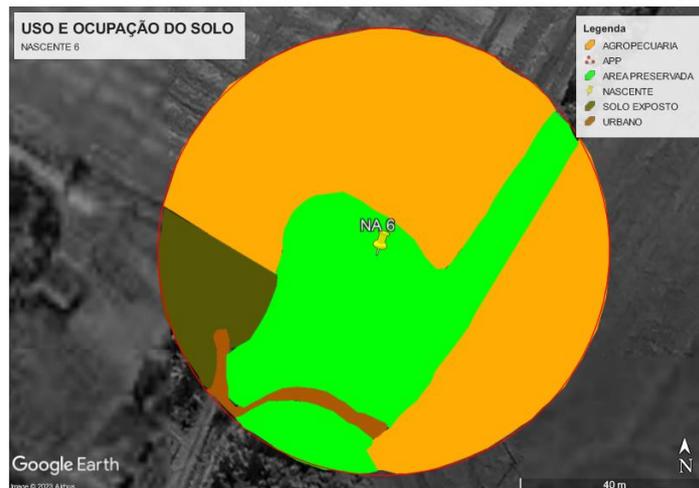


Figura 17 - Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 6
Fonte: O autor.

Tabela 12 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 6

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA6	33,88	0	57,2	8,92

No caso da nascente 7, sua localização é uma propriedade vizinha a nascente 6, nas coordenadas -25,483579 -50,637071. Visualmente o local se destaca pela baixa presença de vegetação e a influência da área de lavoura ao redor. A nascente pode ser visualizada na Figura 18.



Figura 18 – Nascente 7
Fonte: O autor

Devido a instalação de canais de drenagem na área de cultivo, a nascente vem se descaracterizando, onde possivelmente deixara de aflorar no local que foi identificada.

Estas influências parecem se manifestar nos parâmetros de qualidade analisados, sendo essa a primeira das nascentes avaliadas a apresentar valores mensuráveis de nutrientes, como o nitrogênio. Ainda, foram encontrados valores maiores que a maioria das nascentes para outros parâmetros, como turbidez, alcalinidade e cor.

Além do apresentado acima, essa foi a segunda nascente com maior presença de *E.Coli*, dentre as analisadas. Isso pode estar relacionado a presença de nutrientes, os quais favorecem o crescimento bacteriano.

Os dados de qualidade da água podem ser vistos na Tabela 13.

Tabela 13 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 7

Parâmetros	Valor
pH	5,84
Fosforo (mg/L)	0
Nitrogenio (mg/L)	0,56
Turbidez (uT)	28,2
Alcalinidade (mg/L de CaCO3)	11,96
Cor (uC)	195
Condutividade (µS/cm)	79,5
Coliformes Totais*	104
E. Coli*	248

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

Como relatado anteriormente, a maior parte do uso e ocupação do solo da APP da nascente 7 está ocupada por área destinada a produção agrícola, como pode ser observado na Figura 19 e na Tabela 14.

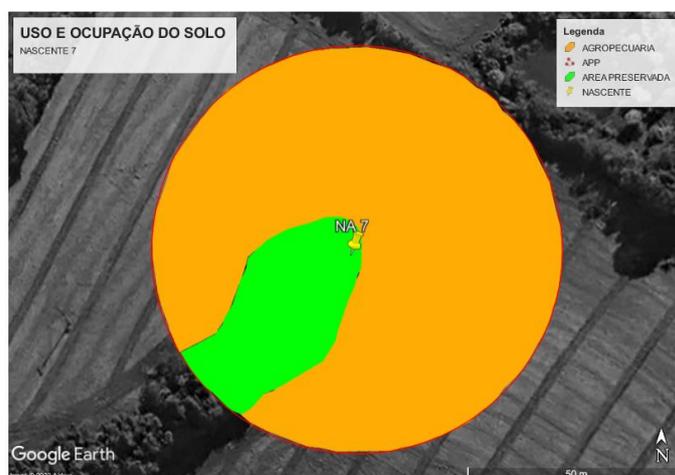


Figura 19 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 7

Fonte: O autor.

Tabela 14 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 7

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA7	13,36	0	86,64	0

A nascente 8 encontra-se nas dependências de um colégio de nível médio e técnico do município de Irati, nas coordenadas -25,500902 - 50,626421. Essa nascente foi a com maior acúmulo de água dentre as estudadas. Está em uma região cercada de vegetação nativa. Está representada na Figura 20 a nascente 8.



Figura 20 – Nascente 8
Fonte: O autor

Quanto a sua qualidade, apresentou valores elevados de Coliformes Totais e *E.Coli*, possivelmente atrelados a área florestal e a quantidade abundante a qual possivelmente atrai animais silvestres buscando dessedentação.

Os dados de qualidade da nascente 8 estão na Tabela 15.

Tabela 15 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 8.

Parâmetros	Valor
pH	5,9
Fosforo (mg/L)	0
Nitrogenio (mg/L)	<0,1**
Turbidez (uT)	2,76
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	1,17
Cor (uC)	15
Condutividade (µS/cm)	48,56
Coliformes Totais*	568
E. Coli*	80

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

** Concentração inferior ao limite de detecção do método

Apesar de possuir boa parte de vegetação, nem toda a APP da nascente 8 possui condições naturais. A montante destaca-se a presença de solo voltado ao cultivo agrícola.

Os dados do uso e ocupação do solo da APP da nascente 8 estão apresentados na Figura 21 e na Tabela 16.

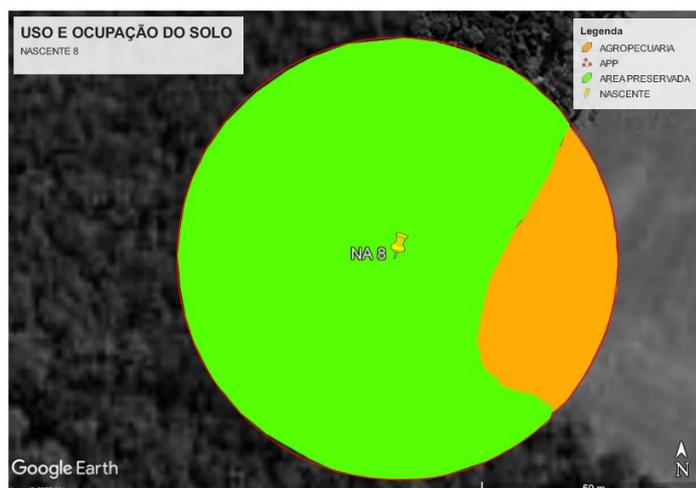


Figura 21 - – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 8

Fonte: O autor.

Tabela 16 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 8

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA8	86,96	0	13,04	0

A nascente 9 também está localizada nas dependências do colégio de onde se encontra a nascente 8, com coordenadas -25,509326 -50,622448. Sendo essa a localizada na parte mais alta da bacia, dentre os pontos amostrados é que mais está próxima da nascente principal do Rio das Antas.

A nascente está em uma região de mata, aflora do solo em um local nitidamente rico em detritos e matéria orgânica, como pode ser visualizado na Figura 22, o que reflete na qualidade da água encontrada.



Figura 22 – Nascente 9
Fonte: O autor

Dentre os parâmetros amostrados verificou-se uma elevada presença de coliformes totais, com o maior valor detectado, os quais também podem

estar relacionados a presença de nutrientes, onde essa foi a única nascente onde a presença de fósforo pode ser mensurada. A degradação da matéria orgânica pode ser relacionada com a presença desse nutriente.

Os dados de qualidade estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 9.

Parâmetros	Valor
pH	5,94
Fosforo (mg/L)	0,55
Nitrogenio (mg/L)	1,08
Turbidez (uT)	76,8
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	2,21
Cor (uC)	594
Condutividade (µS/cm)	54,42
Coliformes Totais*	1680
E. Coli*	80

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

** Concentração inferior ao limite de detecção do método

Ao avaliarmos o uso e ocupação do solo da APP, verificamos que a vegetação, que possui a maior presença na APP da nascente 9, possivelmente está relacionada as condições encontradas na qualidade da água. Como relatado em casos anteriores, a presença da matéria orgânica proveniente de ambientes florestais pode causar o acúmulo de detritos os quais modificam os parâmetros como cor e turbidez. No caso da nascente 9, o valor encontrado para cor foi extremamente alto em relação aos demais pontos amostrais.

Os dados do uso e ocupação do solo da APP da nascente 9 estão dispostos na Figura 23 e Tabela 18.

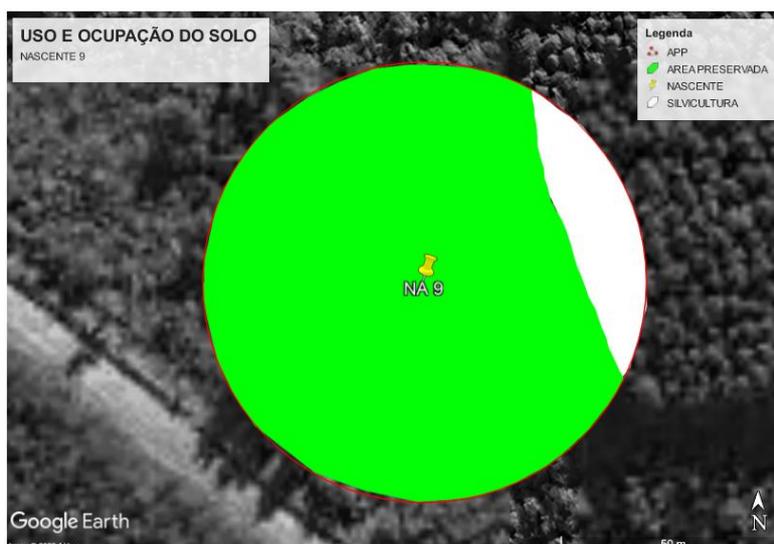


Figura 23 - Figura x – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 9

Fonte: O autor.

Tabela 18 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 9

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA9	91,6	0	8,4	0

A décima nascente estudada foi a única que apresentou uma forma artificial de proteção. Localizada no bairro Vila Matilde, coordenadas -25,492194 -50,641000 a nascente conta com a implantação do sistema solo-cimento. A nascente protegida pode ser visualizada na Figura 24.



Figura 24 – Nascente 10
Fonte: O autor

Conforme Crispim et al. (2012), esse método envolve a limpeza manual do entorno das nascentes, removendo materiais orgânicos como raízes, folhas, galhos e lama. Posteriormente, procede-se à colocação de pedras rachão para preencher toda a área da nascente, seguida pela instalação de tubulações. A cabeceira é selada com uma mistura composta por solo peneirado, cimento e água. O propósito das pedras é filtrar a água, enquanto as tubulações são utilizadas para permitir o escoamento adequado.

Com isso, foi nitidamente constatada uma boa qualidade da água, principalmente no aspecto a prevenir aumento de cor e turbidez, onde a nascente10 apresentou os melhores valores encontrados, mas isso ainda não garante a portabilidade, devido a presença de patógenos. Este problema demonstrou um alerta para a saúde pública, tendo em vista que a água dessa nascente é utilizada por moradores que acreditam que a mesma possui propriedades curativas.

Os dados de qualidade da nascente 10 podem ser conferidos na Tabela 19.

Tabela 19 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 10

Parâmetros	Valor
pH	5,67
Fosforo (mg/L)	<0,1**
Nitrogenio (mg/L)	<0,1**
Turbidez (uT)	1,23
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	2,99
Cor (uC)	5
Condutividade (µS/cm)	66,29
Coliformes Totais*	17
E. Coli*	6

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

** Concentração inferior ao limite de detecção do método

Quanto ao uso e ocupação do solo dessa nascente, apesar de possuir um remanescente de vegetação, boa parte da sua APP é composta por instalações urbanas e o restante de mata presente é frequentemente usada por transeuntes e moradores de rua. Os dados da APP podem ser conferidos na Figura 25 e na Tabela 20



Figura 25 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 10

Fonte: O autor.

Tabela 20 – Porcentagem de cada uso e ocupação do na Área de Preservação Permanente da Nascente 10

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA10	55,98	44,02	0	0

Devido a particularidade do sistema de proteção da nascente 10, se viu necessário estudar outra nascente, pertencente quase ao mesmo local da nascente anterior, nas coordenadas -25,492095 -50,640960. A nascente 11 possui um aspecto visual precário, os quais se confirmaram com as análises dos parâmetros de qualidade. O aspecto da nascente 11 pode ser conferido na Figura 26.



Figura 26 – Nascente 11
Fonte: O autor

Foi a nascente com maior concentração de nitrogênio encontrada, assim como todos os demais parâmetros analisados estão elevados. Como pode ser conferido na Tabela 21.

A presença elevada de nitrogênio pode estar relacionada a urbanização. Na área a montante da nascente, foi observada a uma área alagada, onde

pode ser uma fonte de despejo irregular de esgoto doméstico. Esgotos sanitários são fontes de nitrogênio orgânico devido a presença de proteínas e nitrogênio amoniacal.

A presença dos nutrientes desencadeia uma série de consequências como o aumento da presença de patógenos, assim como o distúrbio nos demais parâmetros, como cor e turbidez.

Tabela 21 – Parâmetros físico-químicos da Nascente 11.

Parâmetros	Valor
pH	5,67
Fosforo (mg/L)	0
Nitrogenio (mg/L)	1,29
Turbidez (uT)	71,9
Alcalinidade (mg/L de CaCO ₃)	20,28
Cor (uC)	487
Condutividade (µS/cm)	99,83
Coliformes Totais*	1370
E. Coli*	20

* Unidades formadoras de colônias / 100ml

Assim, devido a distância de aproximadamente apenas 10 metros entre as nascentes, verificou-se que a proteção se mostra extremamente eficaz para melhorar a qualidade da água, embora que ao fluir pelo leito do curso d'água, a qualidade tende a retornar as características da nascente sem proteção.

O uso e ocupação do solo da nascente 11 são muito similar a nascente 10, dada sua localização quase idêntica.

Os dados da APP podem ser conferidos na Figura 27 e Tabela 22.



Figura 27 – Uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente da Nascente 11
Fonte: O autor.

Tabela 22 – Porcentagem de cada uso e ocupação na Área de Preservação Permanente da Nascente 11

Usos do solo	Preservado	Urbano	Agropecuária e Silvicultura	Solo exposto
NA11	68,84	31,36	0	0

4.2. ANÁLISE INTEGRADA

Os resultados obtidos por meio da Análise de Componentes Principais (ACP) revelaram uma clara divisão das nascentes em três grupos distintos. O Grupo 1, composto pelas nascentes 6, 1, 5 e 10, destaca-se por apresentar as nascentes com mecanismos, exceto a número 5. Essa diferenciação sugere que essas nascentes possuem características em comum que as colocam em um cluster único, indicando possíveis mecanismos de preservação mais eficazes.

Por outro lado, o Grupo 2 ficou constituído pelas nascentes 2, 4, 3 e 8, e o Grupo 3, composto pelas nascentes 11, 7 e 9. O resultado da ACP pode ser conferido na Figura 28.

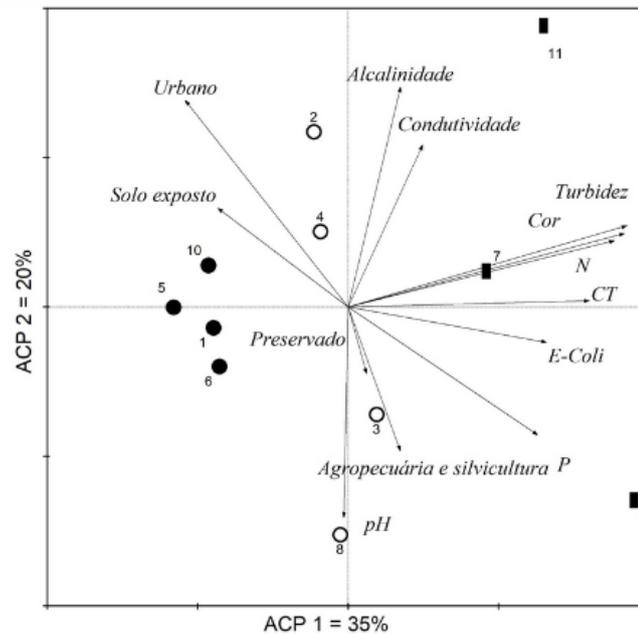


Figura 28 – Análise de componentes principais (PCA)
Fonte: O Autor

Nas nascentes do Grupo 3, pode-se observar características visuais menos favoráveis, indicando possível degradação ambiental. Essa conclusão é respaldada pela ACP, que demonstrou influência significativa de parâmetros como turbidez, cor, presença de *E. coli*, coliformes totais e nutrientes, sugerindo que fatores ambientais estão mais intensamente associados a essas nascentes.

Assim, no Grupo 3, nota-se um padrão semelhante, indicando que nascentes com aspecto visual menos favorável estão correlacionadas com maior impacto nos parâmetros mencionados. Essa associação entre a qualidade visual e a influência de contaminantes sugere que, além dos fatores intrínsecos de proteção, a aparência qualitativa das nascentes mostrou ser útil para sugerir valores maiores ou menores dos parâmetros citados, mas não dispensa a necessidade das análises quantitativas.

Através dos gráficos de caixas (boxplots) também é possível notar a influência dos parâmetros indicados na PCA, os gráficos comparando os grupos para cada parâmetro estão dispostos na Figura 29.

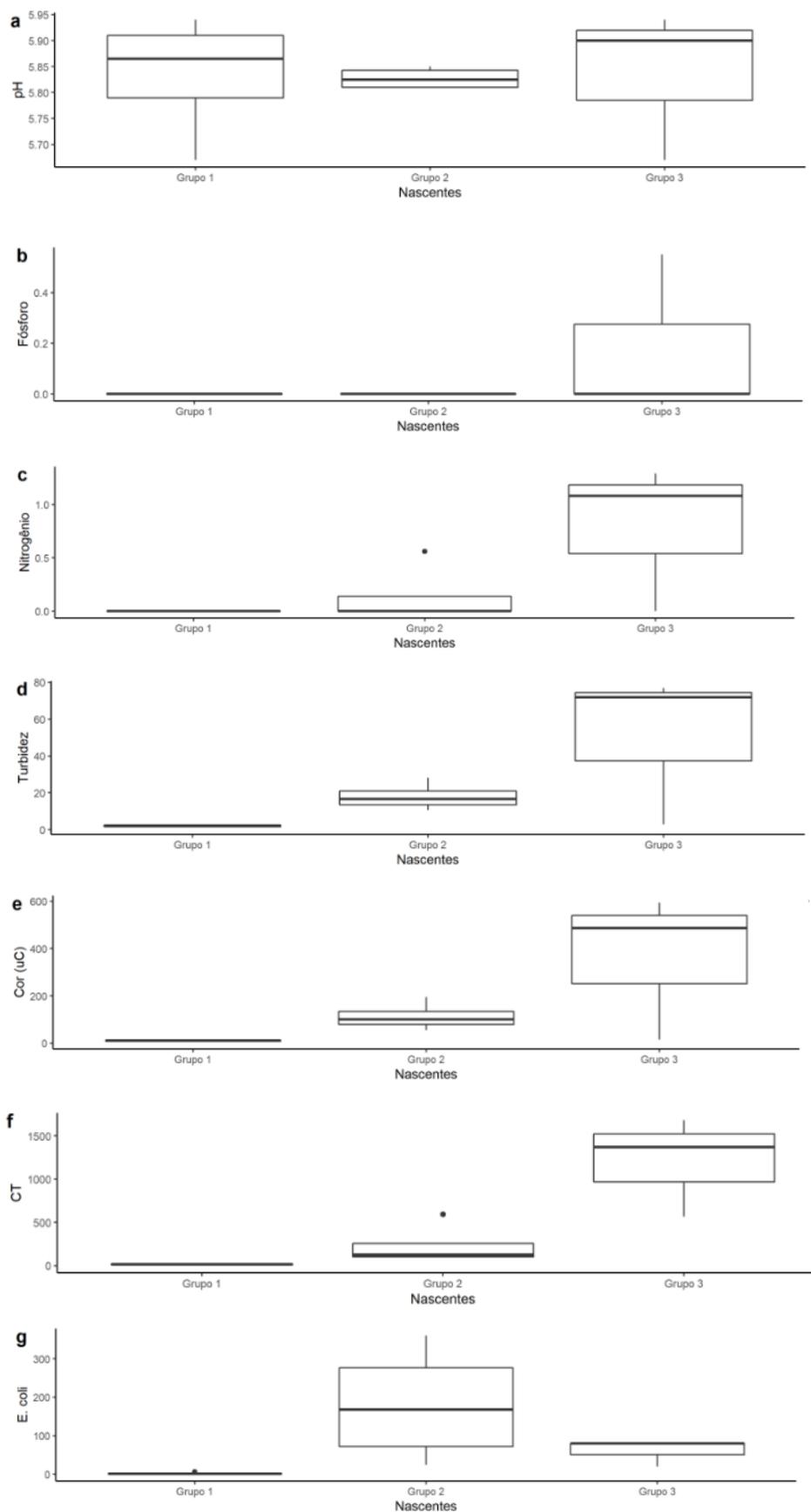


Figura 29 – Gráficos de caixa das variáveis de qualidade da água
Fonte: O autor

Pode-se notar que houve diferença estatística entre os grupos para Nitrogênio (c), Cor (e), E.Coli (g), Fósforo(b), Turbidez (d) e Coliformes Totais (f), os quais apresentaram médias significativamente superiores aos outros grupos.

Ademais, nota-se que o grupo onde ficaram as nascentes que possuíam algum dispositivo de proteção, apresentou as menores medias para os parâmetros apresentados com maior influência pela PCA. Assim, percebe-se que métodos para recuperar e proteger nascentes são eficazes para melhoria nas condições de parâmetros de qualidade da água.

Embora encontrados índices diferentes entre os grupos, não foi possível afirmar com clareza que todos os usos e ocupações do solo influenciam nos parâmetros. Através do coeficiente de correlação de Spearman, apenas os usos de Agropecuária e Silvicultura apresentaram correlação direta e significativa para os parâmetros pH e Fósforo, com coeficientes iguais a 0,673610 e 0,741620, respectivamente.

4.3. ECOTOXICOLOGIA

Os resultados das análises ecotoxicológicas revelaram informações significativas sobre a qualidade da água nas nascentes da Bacia do Rio das Antas. Durante os períodos de 24 e 48 horas de exposição, nenhuma das amostras coletadas demonstrou mortes ou imobilizações nos neonatos de *Daphnia magna*, indicando a ausência de toxicidade aguda nessas condições de teste.

No controle negativo, onde apenas água destilada foi utilizada como meio de referência, não foram observadas alterações nos neonatos de *Daphnia magna*, confirmando a inexistência de interferências no ambiente de teste. Em contraste, nos ensaios com o controle positivo, no qual o meio contendo os indivíduos era tóxico, todas as doses resultaram em morte dos neonatos após 24 horas de exposição.

Embora os neonatos de *Daphnia magna* tenham demonstrado uma sensibilidade elevada, indicada pela resposta positiva nos controles positivos, é notável que, mesmo nas condições mais sensíveis, nenhuma amostra coletada

das nascentes estudadas apresentou efeitos tóxicos. Isso sugere que, embora os neonatos estivessem mais sensíveis do que o exigido pelas normas, as condições nas nascentes não provocaram efeitos adversos significativos na fauna aquática durante o período de avaliação.

Esses resultados apontam para a possibilidade de que, mesmo em nascentes com parâmetros de qualidade menos ideais, as condições específicas do ambiente podem proporcionar um habitat favorável para a fauna aquática. No entanto, é crucial continuar monitorando a qualidade da água ao longo do tempo para garantir a preservação e a saúde contínua do ecossistema aquático na Bacia do Rio das Antas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados desta pesquisa na Bacia do Rio das Antas, em Irati-PR, torna-se evidente que a gestão sustentável dos recursos hídricos é essencial para preservar a qualidade da água, garantindo não apenas a sobrevivência dos ecossistemas aquáticos, mas também atendendo às necessidades humanas. A análise do uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente revelou correlações significativas entre as atividades de agropecuária e silvicultura e parâmetros como fósforo e pH, indicando potenciais impactos sobre a qualidade da água.

Contudo, a complexidade dessa interação foi claramente destacada pela variação nos resultados entre diferentes usos do solo e parâmetros analisados. Embora algumas correlações tenham sido identificadas, é crucial reconhecer a necessidade de uma abordagem holística na gestão dos recursos hídricos, incorporando tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos.

Surpreendentemente, a avaliação da ecotoxicologia utilizando microcrustáceos *Daphnia magna* não revelou efeitos tóxicos nas amostras, sugerindo que, apesar das atividades antrópicas na região, a saúde dos ecossistemas aquáticos pode estar relativamente preservada. Esta constatação destaca a resiliência dos ecossistemas, mas não deve subestimar a importância de estratégias de gestão de recursos hídricos que considerem as variações locais e promovam a preservação sustentável desses recursos vitais.

Em última análise, este estudo contribui não apenas para o entendimento da relação entre o uso do solo e a qualidade da água na Bacia do Rio das Antas, mas também reforça a necessidade premente de políticas de manejo hídrico que incorporem uma visão abrangente e proativa, visando garantir a sustentabilidade em longo prazo desses recursos essenciais.

Este estudo na Bacia do Rio das Antas sugere diversas direções para futuras pesquisas. Recomenda-se um monitoramento temporal mais abrangente para compreender variações sazonais nos parâmetros de qualidade da água. Estudos de longo prazo podem abordar tendências a longo prazo nas mudanças nos ecossistemas aquáticos. Modelagem hidroambiental pode ser desenvolvida para simular cenários futuros de uso do solo. A avaliação ecotoxicológica pode ser expandida para incluir diferentes organismos. A participação comunitária e a consideração de práticas sustentáveis também são indicadas, bem como a exploração de tecnologias inovadoras para aprimorar o monitoramento ambiental. Essas abordagens contribuirão para uma gestão mais abrangente e eficaz dos recursos hídricos na região.

6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALLAN, J.A. (1998) **Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits.** *Ground Water*, 36, 545-546. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6584.1998.tb02825.x>

ALMEIDA BOAS, L.; DOS SANTOS BONFIM, C.; PEREIRA PIRES, G.; FELIPE QUEIROZ DA SILVA SOUZA, I.; LIMA DA SILVA, T. **avaliação de parâmetros físico-químicos de qualidade da água da barragem tutu reuter no município de montanha, es, brasil.** *Revista Ifes Ciência*, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 01-12, 2023. DOI: 10.36524/ric.v9i1.1699. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/1699>. Acesso em: 25 jan. 2024.

ANA. Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos.** -Brasília : ANA, SPR, 2005. Disponível em: http://portal-pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf. Acesso em: 04 Abril 2023.

AL-HARBI, A.H. **Faecal coliforms in pond water, sediments and hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* in Saudi Arabia.** *Aquaculture Research*, v.34, p.517-524, 2003.

ANKLEY, G. T., *et al.* (2010). **Adverse outcome pathways: a conceptual framework to support ecotoxicology research and risk assessment.** *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(3), 730-741.

ANTONIO, L. M. **Avaliação da qualidade da água em nascentes do município de Prudentópolis– PR.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Centro Oeste. Irati – PR. 2022

APHA (2017). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.).** Washington DC: American Public Health Association.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.713: **Ecotoxicologia aquática –Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea):** NBR 12.713. Rio de Janeiro. 2016.

BASSFELD, J. C. **Toxicidade aguda para organismos-teste *Selenastrum capricornutum* Printz (alga - Chlorophyceae) e *Daphnia magna* Straus (crustacea: cladocera) de cinco agrotóxicos frequentemente utilizados na bacia hidrográfica do rio Nhundiaquara - morretes – Pr.** Dissertação - Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2001

BOBATO, D. S.; BISOGNIN, R. P.; GUERRA, D.; LANZANOVA, M. E.; WEISS, D.; MACIEL, D. H.; ROSSINI, T.; BOBATO, G. S. **Avaliação do índice de qualidade da água superficial na zona rural e urbana de município no noroeste do Rio Grande do Sul.** *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, [S. l.], v. 21, n. 9, p. 11859–11879, 2023. DOI:

10.55905/oelv21n9-073. Disponível em:
<https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1014>.
Acesso em: 25 jan. 2024.

BRASIL. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Ministério da Saúde. Brasília – DF. 2017

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)**. Brasil. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Institui o novo código florestal brasileiro**.

BRENTANO, D. M. **Desenvolvimento e aplicação do teste de toxicidade crônica com D. magna: Avaliação de efluentes tratados de um aterro sanitário**. 2006. 149f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Santa Catarina. 2006

BROTA, G. A. **Ensaio ecotoxicológico em organismos-teste Daphnia similis e Vibrio fischeri na avaliação de efluentes sanitários aplicados na cultura de eucalipto (Eucalyptus urograndis) /**. --Campinas, SP: [s.n.], 2012.

CAMMAROTA, M.C. Notas de aula: **Tratamento de efluente líquidos**. Engenharia do Meio Ambiente. Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ- Escola de Química. 2011.

CARDOSO, P. L. **Avaliação do plano da bacia hidrográfica do rio dos sinos**. 2019. 126 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia, Lasalle, Canoas, 2019

CICCO V, FUJIETA M. **Pesquisa de manejo de bacias hidrográficas em São Paulo**. **Revista do Instituto Florestal** 1992; 4(Pt. 3), 808-816. Edição dos Anais do II Congresso Florestal de Essências Nativas. Edição especial.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Variáveis de qualidade das águas**. CETESB.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2000). **Resolução CONAMA nº 274**, de 29 de novembro de 2000. Brasília, DF.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, DF. Ministério da Saúde. (2017). Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Brasília, DF.

CONGALTON, R. G., & GREEN, K. (2008). **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. CRC Press.

COSTA, C. R. et al. **A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação**. Química Nova, [S.L.],

CRAUN, G. F., et al. (2010). **Causes of Outbreaks Associated with Drinking Water in the United States from 1971 to 2006**. *Clinical Microbiology Reviews*, 23(3), 507-528.

CRISPIM, J. DE Q.; MALYSZ, S. T.; CARDOSO, O.; PAGLIARINI JUNIOR, S.N. **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**. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.3, N.4, p. 781-790, 2012

DARIVA, C. M. **Influência do uso e ocupação da terra sobre os macroinvertebrados aquáticos e a qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Centro Oeste. Irati – PR. 2021

DODDS, W. K., & WHILES, M. R. (2002). **Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications**. Academic Press.

EATON, A.D. AND FRANSON, M.A.H. (2005) **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, Denver, Alexandria.

ECOBRAZIL. **Área de Proteção Permanente (APP)**. Disponível em : <<http://www.ecobrasil.provisorio.ws/30-restrito/categoria-conceitos/1190-area-de-protecao-permanente-app>> Acesso em 23 de Nov. de 2023

Espírito Santo. ARES: **Atlas das áreas com potencial de riscos do Estado do Espírito Santo**. Vitória: Imprensa Estadual, 2006. 125 p.

FALKENBERG, F. **Daphnia magna**. 2013.

FALKENMARK, M. F. C. **A ética da gestão socioeco-hidrológica das bacias hidrográficas: rumo à hidro solidariedade**, *Hydrol. Sistema Terra. Sci.*, 6, 1-10,

FELIPPE, M. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de belo horizonte - mg com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009

FORBES, V. E., & CALOW, P. (1999). **Is the per capita rate of increase a good measure of population-level effects in ecotoxicology?** *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(7), 1544-1556

GALATTO, S. L., et al. **Diagnóstico ambiental de nascentes no município de criciúma, Santa Catarina**. *Ciências Ambientais, Canoas*, v. 5, n. 1, p. 39-56, 2011

GUZMÁN, M.C.; BISTONI, M.A.; TAMAGNINI, L.M.; GONZÁLEZ, R.D. **Recovery of Escherichia coli in fresh water fish, Jenynsia multidentata and Bryconamericus iheringi**. Water Research, v.38, p.2368-2374, 2004.

HARAMOTO, E., et al. (2013). **Occurrence of pepper mild mottle virus in drinking water sources in Japan**. Appl Environ Microbiol. 2013 Dec;79(23):7413-8.

IPARDES. **Caderno estatístico município de irati**. Out de 2019

JENSEN, J. R. (2015). **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. Pearson.

LONGLEY, P. A., et al. (2005). **Geographic Information Systems and Science**. Wiley.

MOURA *et al.* **Avaliação da qualidade da água de nascentes da Bacia do Arroio Andréas, RS, Brasil, com base em ensaios ecotoxicológicos e genotoxicológicos com Daphnia magna (Straus, 1820)**. Caderno de Pesquisa. Santa Cruz do Sul, v. 30, n. nesp, p. 13-21, 2018

NETO, J.M.M; MOITA, G.C. **Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados**. QUÍMICA NOVA, 21(4) (1998)

NASCIMENTO, A. M. A. do et al. **Limnologia aplicada à análise de água em duas nascentes do Povoado Baixa da Areia, Alagoas**. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 12, n. 2, p. 574-591, abr. 2019

OGASSAWARA, J. F; GASS, S. L. B. **Análise morfométrica dos afluentes principais da bacia hidrográfica do rio Uruguai e sua influência nas inundações na cidade de Itaqui, Rio Grande do Sul, Brasil**. Revista Brasileira de Geomática, [S.L.], v. 6, n. 3, p. 222, 1 out. 2018.

OLIVEIRA, F. R. de et al. **Qualidade de água e diagnóstico socioambiental das famílias do Assentamento Florestan Fernandes**. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 21, n. 74, p. 226-240, maio 2020.

OLIVEIRA FILHO, P. C. DE .; DUTRA, A. M.; CERUTI, F. C.. **Qualidade das Águas Superficiais e o Uso da Terra: Estudo de Caso Pontual em Bacia Hidrográfica do Oeste do Paraná**. Floresta e Ambiente, v. 19, n. 1, p. 32–43, jan. 2012.

PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do ribeirão santa cruz, lavras, mg, e propostas de recuperação de suas nascentes**. 2003. 179 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras Minas Gerais, 2003.

RAND, G.M. 1995. **Fundamentals of aquatic toxicology: effects, environmental fate, and risk assessment**. 2ª ed. Boca Raton: CRC Press, 1995, 1125 p.

RESGALLA, CHARRID & LAITANO, K.. (2010). **Sensibilidade dos organismos marinhos utilizados em testes de toxicidade no Brasil. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology.** 6. 153. 10.14210/bjast.v6n1.p153-163.

RIBEIRO, P. R. C. C., et al. **Métodos de recuperação de mata ciliar como proposta de recuperação de nascentes no cerrado. centro científico conhecer, goiânia**, v. 8, n. 15, p. 1866-1882, 30 nov. 2012.

SANTOS, D. R. C. S; SANTOS, V. C. **Impactos ambientais macroscópicos e qualidade da água em nascentes localizadas na Vila Bananeira, Arapiraca-AL.** Diversitas Journal, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 481-498, 27 Jan. 2021. Universidade Estadual De Alagoas.

SCHWARZENBACH, R. P., et al. (2006). **The challenge of micropollutants in aquatic systems.** Science, 313(5790), 1072-1077.

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino. **Princípios de toxicologia ambiental.** Rio de Janeiro: Interciência, 2013. v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422008000700038>.

SMITH, V. H., & SCHINDLER, D. W. (2009). **Eutrophication science: where do we go from here?** Trends in Ecology & Evolution, 24(4), 201-207.

SOARES, S. E. H., et al. **Tecnologia social de recuperação de nascentes no estado de alagoas.** Diversitas Journal, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 1828-1836, 2 fev. 2021. Universidade Estadual de Alagoas.

TEBALDI, V. M. R. *et al.* **Indicadores microbiológicos como parâmetro de qualidade da água de dois corpos hídricos na ARIE Floresta da Cicuta – RJ.** R. Científica UBM - Barra Mansa (RJ), ano XXIII, v. 20, n. 38, 1. Sem. 2018. p. 177-188. ISSN 1516-4071

UNESCO. (2020). **Water and Climate Change.** UNESCO World Water Assessment Programme.

USEPA. (2002). **National Recommended Water Quality Criteria.** U.S. Environmental Protection Agency.

USEPA. (2012). **Recreational Water Quality Criteria.** U.S. Environmental Protection Agency.

USEPA. (1993). **Water Quality Standards Handbook: Second Edition.** U.S. Environmental Protection Agency.

VALENTE, O. F; GOMES, M. A. **Conservação de Nascentes.** Brasil: Aprenda Fácil, 2011. 267 p.

VON SPERLING, M. **Estudo e modelagem da qualidade da água de rios.** UFMG, Belo Horizonte, 588p. 2007.

VÖRÖSMARTY, C. J., et al. (2010). **Global threats to human water security and river biodiversity**. *Nature*, 467(7315), 555-561. SEMA/RS. 2018. Secretaria estadual do meio ambiente. Base Cartográfica do Estado do Rio Grande do Sul (BCRS25).