



AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE UMA NASCENTE NO MUNICÍPIO DE ORTIGUEIRA-PR

Patricia Borges da Silva¹

Marco Antonio Cardoso de Souza²

Resumo: Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água de uma nascente no município de Ortigueira-PR, examinando a eficácia da técnica de proteção com solo-cimento e do tratamento por teste de jarro. A metodologia incluiu análises físico-químicas e microbiológicas antes e depois da aplicação da técnica de proteção. Os resultados demonstraram que a proteção com solo-cimento foi eficaz na melhoria de parâmetros como dureza total e alcalinidade, preservando a integridade da fonte hídrica. No entanto, a análise microbiológica revelou que os níveis de *Escherichia coli* ainda não atingiram o padrão de potabilidade, indicando a necessidade de desinfecção adicional, como o uso de hipoclorito de sódio. O tratamento com o teste de jarro demonstrou potencial, mas também causou alterações significativas em parâmetros como cloretos e dureza. Concluiu-se que a combinação de proteção física, tratamento químico e monitoramento contínuo é essencial para garantir a potabilidade e a sustentabilidade da água de nascentes rurais, reforçando a importância de ações integradas de proteção e tratamento.

Palavras-chave: Qualidade da água; nascentes; técnica solo-cimento

Abstract: This document presents the formatting model to be used in EPIC 2024. The abstract is a mandatory element consisting of a sequence of objective sentences and not an enumeration of topics. It must be written in English, don't exceed 250 words and summarize the topic in question, the study's objectives, methodology and final considerations. Long sentences should be avoided and quotations or illustrations of any kind (graph, table, formulas) should not be used. This abstract must be on the first page in Arial 12 font, single spacing (1.0), justified and without indentation on the first line. For keywords, we recommend a single paragraph with 3 (three) to 5 (five) words separated by semicolons, with the first letter of each word in capital letters and ending with a period, as shown in the example below.

Key-words: Water quality; springs; soil-cement technique.

¹ Graduando do curso de Engenharia Química da UNIFATEB, campus Telêmaco Borba – e-mail: <borges.quimicaeng@gmail.com>.

² Professor do curso Engenharia Química, pela UNIFATEB, campus Telêmaco Borba – e-mail: <marco.souza@unifateb.edu.br>.



EPIC 2025

XII ENCONTRO DE PESQUISA, XVI ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E
II ENCONTRO DE ENSINO E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA



1. INTRODUÇÃO

A água consiste em um recurso crucial para a vida na Terra, sendo indispensável para a sustentação da saúde humana, o equilíbrio dos ecossistemas e o desenvolvimento sustentável. Conforme ressalta Braga *et al.*, (2003), dentre a sua importância em diversas áreas, a realização de um devido abastecimento deste recurso para uso no consumo humano é por sua vez considerado como primordial.

A distribuição da água para a população é feita a partir de duas vertentes: subterrâneas e superficiais, sendo caracterizadas subterrâneas as que emergem natural ou artificialmente do subsolo (nascentes, poços artesianos) e superficiais as que se acumulam em superfícies (rios, lagos, riachos etc.). Segundo a Agência Nacional das Águas (2021), aproximadamente 40% dos municípios Brasileiros utilizam águas subterrâneas como forma de abastecimento, especialmente em áreas rurais, onde a dependência é maior (CECCONELLO *et al.*, 2020). Entretanto, questões como saneamento básico precário, desmatamento de matas ciliares e sistemas paliativos sem aplicações técnicas apropriadas, podem ser passíveis de contaminação dessas fontes (VASCONCELO *et al.*, 2016).

Para assegurar a qualidade da água, a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece parâmetros e procedimentos para que a água distribuída à população esteja em conformidade com os padrões de potabilidade. Essa legislação determina a realização de análises físico-químicas e microbiológicas, visando identificar a presença de contaminantes e garantir a segurança da água para consumo (Brasil, 2021).

Diante dessa narrativa, o presente estudo tem como objetivo analisar a qualidade da água de uma nascente e sua área de proteção ciliar, no município de Ortigueira-PR, utilizando a técnica solo-cimento, aliando para tanto as propriedades físico-químicas de amostras coletadas antes e após a aplicação da proteção da nascente, além de avaliar a eficiência do uso de processo de tratamento por teste de jarro para o tratamento desta água.



EPIC 2025

XII ENCONTRO DE PESQUISA, XVI ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E
II ENCONTRO DE ENSINO E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA



2. DESENVOLVIMENTO

2.1. FONTES DE RECURSOS HÍDRICOS E NASCENTES

Recursos hídricos consistem em fontes de águas encontradas na natureza, englobando desde águas subterrâneas, aquíferos, lagos e rios. As atividades humanas, independentemente de sua natureza econômica, precisam da disponibilidade de água para a aplicação nas mais diversas finalidades, incluindo indústria, geração de energia, agropecuária, agricultura, produção de alimentos e higiene (BICUDO *et al.*, 2010).

Calheiros *et al.*, (2009) descreve que uma nascente de água pode ser definida como o ponto de em que ocorre a manifestação de água subterrânea na superfície terrestre, resultando desta maneira em um fluxo hídrico, estas por sua vez são classificadas em perenes (de fluxo contínuo), intermitentes (flui apenas na estação chuvosa, desaparecendo na seca) e temporárias (decorrente da precipitação na estação chuvosa). Sua formação hidrológica ocorre quando a água que infiltra no solo, proveniente de precipitações ou recarga de lençóis freáticos, encontra uma camada de rocha ou solo impermeável, que impede sua continuidade (VALENTE *et al.*, 2005). Esse acúmulo de água cria uma pressão que, ao ultrapassar a resistência do solo, provoca a efluência da água para a superfície, originando a nascente.

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) define que áreas ao redor de nascentes perenes são Áreas de Preservação Permanente (APP), devendo ser protegidas com um raio mínimo de 50 metros. Essas APPs também incluem margens de rios, lagos e terrenos muito inclinados (acima de 45°), e nelas é proibido realizar atividades como desmatamento ou construções, visando preservar a água, o solo, a biodiversidade e o equilíbrio ecológico.

2.2. REGIÃO DE ESTUDO

Ortigueira está entre os maiores municípios do Estado do Paraná, sendo o quarto em extensão territorial (IBGE), com número expressivo de propriedades rurais (aproximadamente 3 mil), das quais mais de 2200 pertencem a Agricultura Familiar (IBGE – Censo Agropecuário 2017). (Programa da agricultura sustentável de



Ortigueira, 2021).

O município pertence à bacia do Rio Tibagi ao leste de sua extensão, sendo o principal curso d'água da região. Outros rios que cortam Ortigueira são o Rio do Peixe, com 20 quilômetros e o Rio do Burro com 15 quilômetros, além do Apucarana, Imbauzinho, Rosário e Barra Grande, sendo a cidade abastecida pelo Rio Formiga.

2.3. PROTEÇÃO DE NASCENTES

A técnica de solo-cimento é amplamente utilizada em edificações rurais, especialmente na construção de proteções de nascentes, por promover melhorias significativas na qualidade da água para consumo humano e animal, além de apresentar baixo custo (Crispim *et al.*, 2017). A mistura é composta por solo argiloso, cimento e água, em proporções de 3 a 4 partes de solo para 1 parte de cimento, até atingir a consistência ideal (FRAGA, 2016).

Após o endurecimento, o material apresenta alta resistência à compressão e elevada impermeabilidade, características que favorecem sua aplicação em estruturas duráveis e com baixa retração volumétrica (Alemão, 2015). O processo construtivo envolve a limpeza manual do entorno da nascente, remoção de matéria orgânica e abertura de vala para escoamento da água acumulada. Em seguida, constrói-se um reservatório em formato de caixa, preenchido com pedras para filtração, e suas paredes são erguidas com a massa de solo-cimento.

2.4. PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A análise dos parâmetros e padrões de qualidade da água contribui para assegurar que seu consumo e uso não representem riscos à saúde humana. Além da vigilância constante por parte dos gestores ambientais, os recursos hídricos necessitam de monitoramento e de pesquisas contínuas (SANTOS *et al.*, 2018).

A Resolução CONAMA 357/2005, em seu Artigo 7º, define os padrões de qualidade da água conforme sua classificação, estabelecendo os valores máximos permitidos para diversos parâmetros físico-químicos e biológicos. A avaliação da qualidade da água subterrânea é essencial para a concessão do direito de uso, assegurando que a água captada esteja adequada ao seu uso pretendido e



compatível com a classificação do aquífero (COSTA, 2009).

A Tabela 1 mostra os VMP para a classe I, que se destina ao abastecimento sem tratamento prévio.

Tabela 1 - Valores Máximos Permitidos para classe I da Resolução CONAMA 357/2005.

| Parâmetro | VPM pela Resolução 357/2005 |
|------------------------|--|
| Cloretos | até 250 mg/L |
| Dureza Total | até 300 mg/L (como CaCO ₃) |
| pH | entre 6,0 e 9,0 |
| Ferro | até 0,3 mg/L |
| Cloro livre | até 2,0 mg/L |
| Turbidez | até 1 NTU |
| Condutividade Elétrica | até 1500 µS/cm |
| Coliformes Totais | Não detectáveis em 100 mL |
| Coloração | até 75 mg Pt/L |

Fonte: Adaptado de CONAMA (2005).

As propriedades físicas da água, tais como cor, temperatura, sabor e odor, estão vinculadas à sua percepção estética e subjetiva. Estes parâmetros, embora importantes, não são indicativos definitivos da qualidade da água para consumo. Por outro lado, as propriedades químicas, que incluem a acidez, alcalinidade e pH, bem como a presença de metais pesados, são essenciais para avaliar a potabilidade da água. Estas características químicas podem influenciar significativamente a segurança da água (TELLES E COSTA; 2007).

Xavier (2022) descreve que os parâmetros físico-químicos listados a seguir são essenciais para caracterizar a qualidade das águas destinadas ao consumo humano e animal: coloração, turbidez, níveis de pH, dureza, teor de cloretos, ferro, teor de cloro residual e coliformes totais. Estes indicadores são fundamentais para assegurar a segurança e a potabilidade da água, garantindo que esteja livre de contaminantes e dentro dos padrões estabelecidos para o consumo.

2.6. TESTE DE JARROS

De acordo com Fusati (2022) o teste de jarro, consiste em um processo que



simula a realização de etapas de floculação e decantação, que ocorrem em estações de tratamento de água. Este processo tem como finalidade ajudar na determinação dos índices de eficiência de compostos floculantes empregados para a remoção de partículas suspensas bem como averiguar os melhores parâmetros de dosagem destes componentes, tal fator se dá devido ao custo existente para cada coagulante ou floculante que pode ser utilizado no decorrer deste processo (ZIMPEL, 2013).

Os equipamentos para a realização de teste de jarro geralmente são constituídos de seis frascos que podem ser agitados de maneira similar variando parâmetros de velocidade, rotação da mistura, variação da concentração de floculantes/ coagulante e parâmetros físico-químicos como o pH (KNEVITZ, 2017).

2.7. METODOLOGIA UTILIZADA NA PESQUISA

2.7.1. Mapeamento da APP

Utilizou-se um drone DJI Phantom 3 Standard para capturar imagens da vegetação ciliar. As imagens foram georreferenciadas e analisadas no Google Earth Pro, permitindo a delimitação da APP conforme a Lei nº 12.651/2012. Foram observadas áreas com vegetação preservada e pontos com sinais de intervenção antrópica.

2.7.2 Construção Da Nascente

A proteção da nascente foi realizada com base no manual técnico de solo-cimento (ALEMÃO, 2015). A estrutura foi construída com mistura de solo peneirado e cimento (3:1), e contou com tubulações específicas para desinfecção, consumo e extravasamento, garantindo funcionalidade e segurança hídrica.

2.7.3 Coleta e Análise da Água

As amostras foram coletadas em abril e maio de 2025, antes e após a proteção. Foram armazenadas em frascos esterilizados e mantidas sob refrigeração até análise

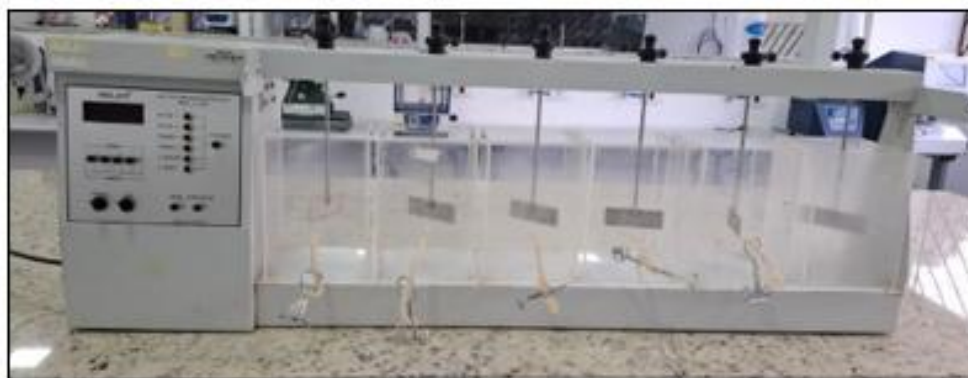


no laboratório da UNIFATEB. As análises físico-químicas incluíram pH, cloro, ferro, cor, cloretos, dureza, alcalinidade e turbidez, utilizando o kit Alfakit® e pHmetro TECNOPON. As análises microbiológicas foram realizadas com Colipaper incubado a 35 °C por 15 horas.

2.7.4 Teste de Jarros

As amostras pós-proteção foram submetidas ao teste de jarros com sulfato de alumínio como coagulante, utilizando o equipamento Jar Test Microcontrolado da marca Milan (Figura 1).

Figura 1 – Equipamento de Teste de Jarros



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

Para tanto foram testadas diferentes dosagens para avaliar a eficiência na remoção de turbidez e os impactos sobre outros parâmetros.

2.8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.8.1 A Proteção da Nascente

A caracterização física e ambiental da nascente foi realizada in situ, evidenciando que a área está inserida em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista,



com destaque para a presença de *Araucária angustifolia* e vegetação ciliar preservada conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Imagem via drone do entorno da nascente



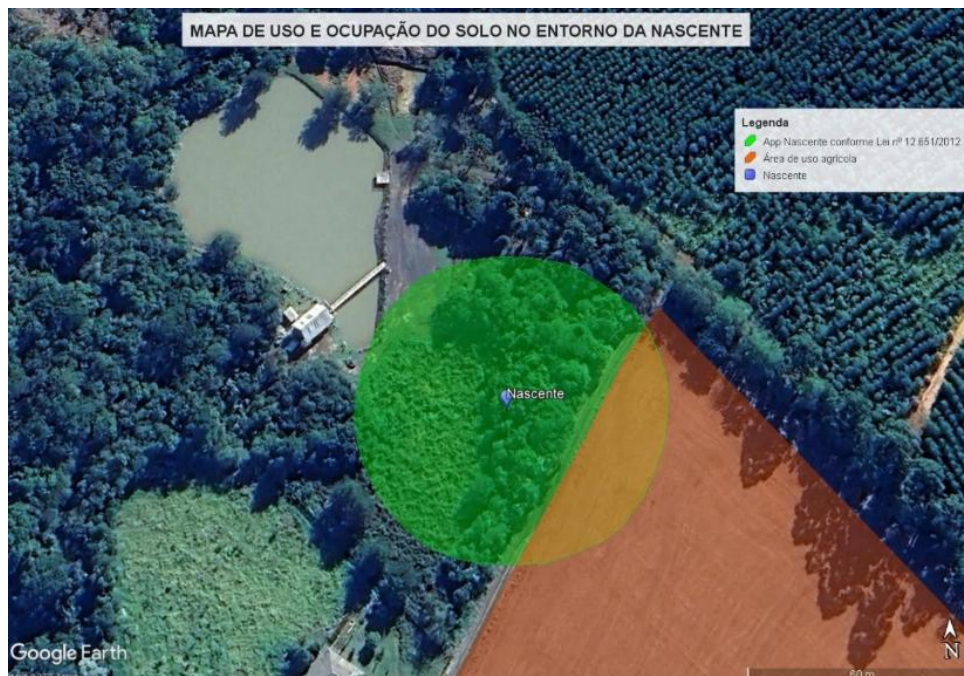
Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

Apesar da existência de cultivos agrícolas e silvicultura nas proximidades, como soja e eucalipto, essas atividades não compartilham o mesmo curso d'água da nascente, o que reduz significativamente o risco de impactos diretos sobre a fonte hídrica.

Essa separação geográfica entre os usos do solo e a nascente contribui para a manutenção da qualidade e estabilidade da água, conforme apontado por Athaydes, Parolin e Crispim (2022), que destacam a importância da delimitação espacial para a sustentabilidade de recursos hídricos. A análise da Área de Preservação Permanente (APP), conforme o mapa de uso (Figura 3), indica conformidade com o Novo Código Florestal (Lei 12.651/2012), que exige um raio mínimo de 50 metros ao redor de nascentes, reforçando a adequação legal da proteção ambiental implementada.



Figura 3 - Mapa de uso e ocupação.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

Sendo assim, destaca-se que a propriedade em questão devidamente inscrita no cadastro ambiental rural (CAR), comprova suas atividades no período legal estabelecido pela lei, se enquadrando no que determina a lei para áreas de app em áreas consolidadas

2.8.2 Análise da Potabilidade da Água

Foram realizadas análises físico-químicas da água em três momentos distintos: antes da proteção da nascente, após a proteção e após o teste de jarros com sulfato de alumínio. As análises microbiológicas foram conduzidas em duas etapas: antes e após a proteção da nascente.

A Tabela 2 apresenta os resultados físico-químicos obtidos antes da intervenção, incluindo os valores médios e respectivos desvios padrão. Esses dados servem como referência para avaliar a eficácia das medidas adotadas na melhoria da qualidade da água.



Tabela 2 - Resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos após proteção de nascente

| Parâmetros | Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 | Média | Desvio |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-------|--------|
| Cloretos | 24 | 20 | 22 | 22 | 1,6330 |
| Dureza Total | 25 | 20 | 18 | 20 | 2,9439 |
| Alcalinidade | 25 | 20 | 23 | 23 | 2,0548 |
| Cloro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| pH | 4 | 5 | 4,54 | 4,54 | 0,4087 |
| Cor | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| Ferro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |

Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

Já a Tabela 3 por sua vez apresenta os valores obtidos para os mesmos parâmetros físico-químicos após a realização da proteção de nascente.

Tabela 3 - Resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos após proteção de nascente.

| Parâmetros | Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 | Média | Desvio |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-------|--------|
| Cloretos | 30 | 28 | 31 | 30 | 1,2472 |
| Dureza Total | 8 | 10 | 9 | 9 | 0,8165 |
| Alcalinidade | 14 | 12 | 10 | 12 | 1,6330 |
| Cloro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| pH | 6 | 5,6 | 6 | 6 | 0,1886 |
| Cor | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,0000 |
| Ferro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |

Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

Após o teste de jarros, os resultados físico-químicos estão apresentados na Tabela 4. Foram utilizadas diferentes dosagens de defloculante (1 mL, 2 mL e 3 mL), e as variações entre elas foram pouco significativas. Assim, foi adotada a dosagem que apresentou melhor desempenho nos parâmetros avaliados, demonstrando eficiência no processo de clarificação da água.



Tabela 4 - Resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos após teste de jarros

| Parâmetros | Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 | Média | Desvio |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-------|---------|
| Cloretos | 110 | 80 | 90 | 90 | 12,4722 |
| Dureza Total | 100 | 100 | 90 | 100 | 4,7140 |
| Alcalinidade | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| Cloro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| pH | 4 | 3 | 3,5 | 3,5 | 0,4082 |
| Cor | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |
| Ferro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0000 |

Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

As análises químicas da água evidenciaram variações significativas entre as etapas do estudo. Após a proteção da nascente, observou-se melhora na qualidade da água, com redução da Dureza Total e da Alcalinidade, além de maior estabilidade nos resultados, refletida pelos baixos desvios padrão. Em contrapartida, o teste de jarros resultou em aumento nos níveis de Cloretos e Dureza Total, com maior variabilidade nos dados, indicando menor consistência em relação à proteção aplicada em campo. Os resultados serão detalhados graficamente nos tópicos seguintes.

2.8.3 Análise de Cor

As análises de cor indicaram ausência de alterações significativas nas amostras, com valores consistentemente abaixo do limite de 75 Pt-Co estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/2005. Essa ausência de cor reflete boa qualidade da água, com baixa presença de substâncias dissolvidas ou partículas em suspensão. O resultado está alinhado com estudos como o de Sampaio *et al.* (2019), que também observaram baixos níveis de cor em fontes naturais bem manejadas.

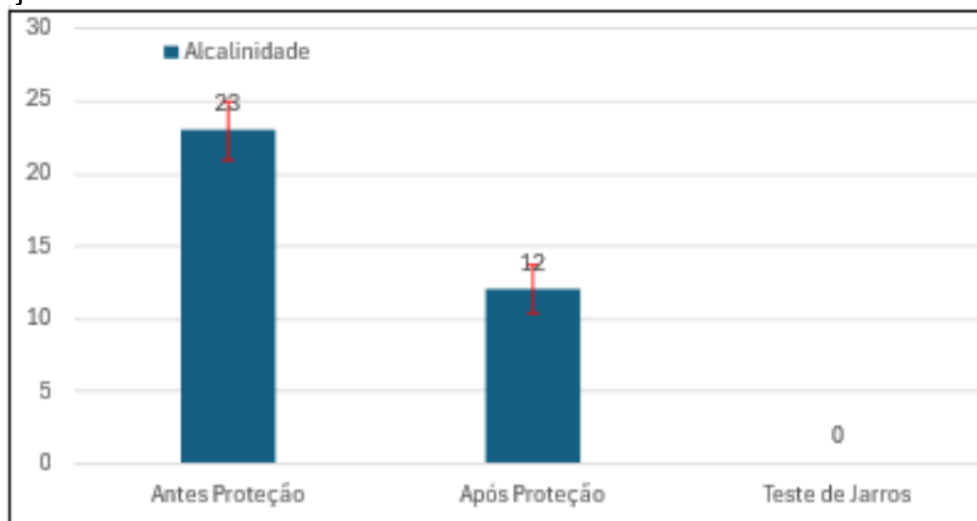
2.8.3 Análise de Alcalinidade

A alcalinidade é um parâmetro essencial no controle dos processos de coagulação química, no amolecimento da água e na prevenção da corrosão, conforme



destacado por Marins *et al.* (2002). A variação dos valores obtidos nas três etapas de análise pode ser visualizada na Figura 4, que ilustra de forma comparativa os resultados obtidos ao longo do estudo.

Figura 4 - Níveis de alcalinidade analisados antes da proteção, após a proteção e no teste de jarros.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

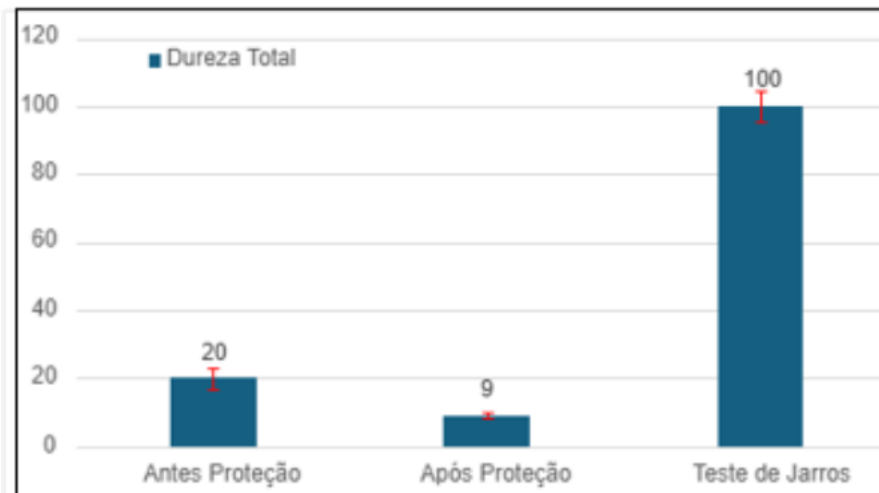
A análise da alcalinidade revelou maior concentração na amostra 1 (antes da proteção), seguida pela amostra 2 (após a proteção), indicando melhora na qualidade da água após a intervenção. A amostra 3 (teste de jarros) não apresentou alcalinidade detectável, resultado atribuído à reação do sulfato de alumínio com os bicarbonatos, conforme Menezes (2018). Embora esse parâmetro não tenha implicações sanitárias diretas segundo a Resolução CONAMA N° 357/2005, níveis elevados podem gerar sabor indesejável.

2.8.4 Análise de Dureza Total

Os resultados obtidos para o parâmetro de dureza total expressos em mg/L de CaCO_3 , estão apresentados na Figura 5.



Figura 5 - Níveis de dureza total analisados antes da proteção, após a proteção e no teste de jarros.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

A dureza total da água apresentou redução significativa após a proteção da nascente, passando de 20 mg/L para 9 mg/L, resultado atribuído à remoção de íons de cálcio e magnésio, conforme Bocchi (2019). Já o teste de jarros indicou possível alteração nas características organolépticas da água, com aumento da dureza relacionado à presença de cálcio no coagulante utilizado (sulfato de alumínio). Todas as amostras permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005, sendo classificadas como águas moles e aptas para consumo.

2.8.5 Análise de Teor de Cloro e Ferro

As análises realizadas não detectaram a presença de cloro nas amostras, um resultado esperado para águas de nascente e outras águas brutas, visto que o cloro não é um componente natural desses ambientes. Em geral, a presença de cloro na água decorre da cloração, um processo intencional de desinfecção utilizado em estações de tratamento para eliminar microrganismos patogênicos antes da distribuição para consumo humano (BOCCHI, 2019).

De acordo com o CONAMA 357/2005, o limite máximo permitido para o ferro



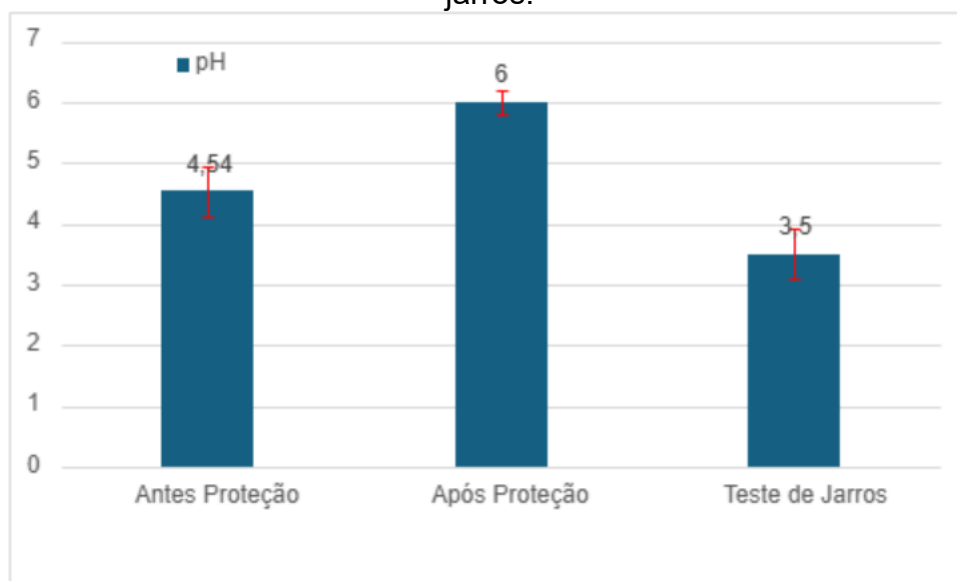
na água potável é de 0,3 mg/L. Nas análises laboratoriais realizadas, não foi detectada a presença de ferro nas amostras examinadas, indicando uma qualidade da água dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos.

A ausência de ferro na água da nascente pode ser explicada pelos fatores geológicos e ambientais do local, que influenciam na composição química do recurso hídrico. Segundo Parron; *et al*, (2009) e Silva (2020), a composição da água de nascentes é fortemente influenciada pelo tipo de solo, minerais e rochas presentes na região, podendo resultar na baixa ou inexistência de determinados elementos, como o ferro, especialmente em áreas onde esses minerais não estão presentes em altas concentrações.

2.8.6 Análise de pH

A Figura 6 ilustra os resultados obtidos através da análise de pH da água, evidenciando a eficácia da proteção na neutralização da acidez da água.

Figura 6- Níveis de pH analisados antes da proteção, após a proteção e no teste de jarros.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

A variável pH apresentou variações significativas ao longo do estudo. Antes da proteção, a água era naturalmente ácida (pH 4,54), mas após a intervenção, o pH foi



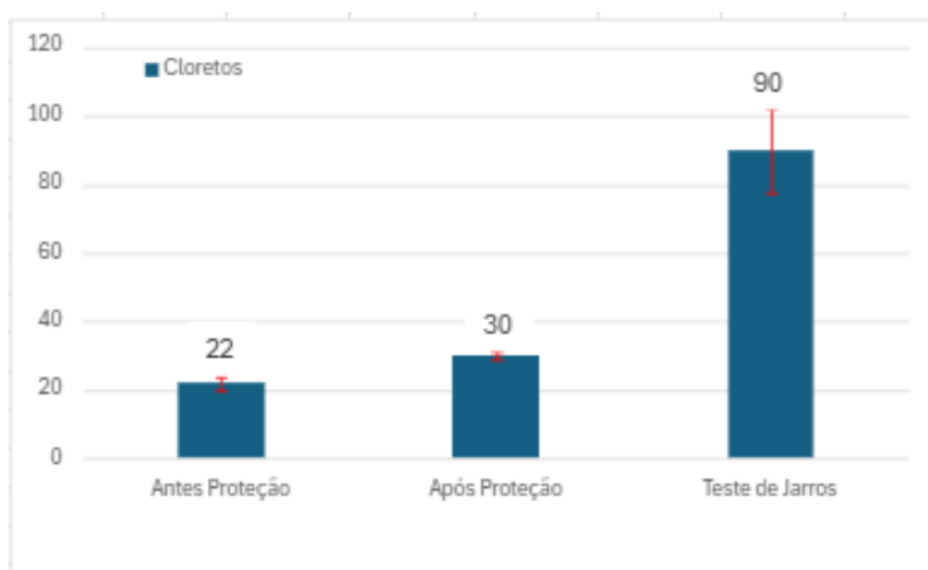
ajustado para 6,00, dentro do limite de potabilidade estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/2005. Já no teste de jarros, o pH caiu para 3,50, indicando forte acidificação.

A amostra coletada antes da proteção da nascente apresentou pH de 4,54, caracterizando uma condição naturalmente ácida da água. Após a implementação da proteção, observou-se uma correção significativa, com o pH elevando-se para 6,00 — valor que corresponde exatamente ao limite inferior da faixa de potabilidade estabelecida pela Resolução CONAMA Nº 357/2005. Esse resultado evidencia a eficácia do sistema de proteção em neutralizar a acidez inicial, promovendo maior equilíbrio químico e tornando a água mais adequada para consumo e outros usos.

2.8.7 Teor de Cloretos

A análise de cloretos, representada na Figura 7, evidenciou que a amostra referente ao Teste de Jarros apresentou a maior concentração entre as três etapas avaliadas.

Figura 7 - Níveis de cloretos analisados antes da proteção, após a proteção e no teste de jarros.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).



Esse aumento pode estar relacionado à presença de impurezas no sulfato de alumínio utilizado como coagulante, conforme apontado por Seneda, Garcia e Reis (2021), além de possíveis interações químicas com compostos dissolvidos previamente existentes na água, como o cloreto de sódio (NaCl), cuja solubilidade pode ser alterada durante o processo de coagulação (MENEZES, 2018).

Apesar da elevação observada, todas as amostras permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 para corpos hídricos das Classes 1 e 2, que permitem até 250 mg/L de cloretos, indicando que a água se manteve adequada para uso.

2.8.8 Análise de Turbidez

As amostras analisadas não apresentaram turbidez, evidenciando a ausência de partículas em suspensão na água da nascente. Esse resultado reforça a qualidade do recurso hídrico, indicando que está dentro dos padrões ideais para consumo humano e demais usos, conforme os critérios de potabilidade. A transparência observada contribui positivamente para a caracterização da nascente como fonte segura e bem preservada.

2.8.9 Análise Microbiológica

Após a realização das análises físico-químicas realizou-se as análises microbiológicas das amostras de água antes da proteção da nascente, após a proteção e após a realização do teste de jarros.

Destaca-se ainda que a Resolução CONAMA Nº 357/2005 não estabelece limites para coliformes totais.

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises microbiológicas das amostras da nascente, comparados aos padrões de potabilidade.



Tabela 5 - Valores obtidos para parâmetros microbiológicos antes e depois da proteção da nascente, comparados aos padrões legais.

| Parâmetro | Antes da Proteção | Após Proteção | Padrão CONAMA 357/2005 - Classe 1 | Padrão para água potável (Portaria GM/MS nº 888/2021) | Observações |
|-------------------------|-------------------|---------------|-------------------------------------|---|--------------|
| Coliformes Totais | 720 | 560 | Não se Aplica | Ausência em 100 mL | Não Conforme |
| <i>Escherichia coli</i> | 240 | 160 | <200 NMP/100 mL em 80% das amostras | Ausência em 100 mL | Não Conforme |

Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

A análise microbiológica realizada antes da proteção da nascente indicou elevados níveis de contaminação, com 720 NMP/100 mL de coliformes totais e 240 NMP/100 mL de *Escherichia coli*, ambos em desacordo com os padrões de potabilidade vigentes (Figura 8). Após a implementação das medidas de proteção, observou-se redução significativa desses indicadores, com valores de 560 NMP/100 mL para coliformes totais e 160 NMP/100 mL para *Escherichia coli*. Apesar da melhora, os resultados ainda não atendem ao padrão exigido para consumo humano, que determina ausência dessas bactérias em 100 mL de amostra.

Figura 8- Amostra Colipaper antes da proteção, com colônias de coliformes totais (círculo vermelho) e *Escherichia coli* (círculo azul).

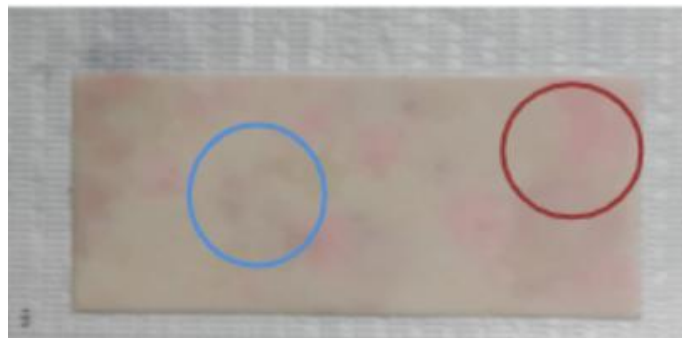


Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).



Após a implementação da proteção na nascente, observou-se uma redução nos níveis de contaminação microbiológica, conforme ilustrado na Figura 9. Os valores registrados foram de 560 NMP/100 mL para coliformes totais e 160 NMP/100 mL para *Escherichia coli*. Apesar da melhora significativa, os resultados permanecem fora dos padrões de potabilidade recomendados, que exigem ausência dessas bactérias em 100 mL de amostra para consumo humano.

Figura 9- Amostra Colipaper após a proteção, mostrando uma redução no número de colônias de coliformes totais (círculo vermelho) e *Escherichia coli* (círculos azuis).



Fonte: Elaborado pelos autores, (2025).

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005, a presença de *Escherichia coli* deve ser nula em 100 mL de amostra, o que não foi alcançado nas análises realizadas, evidenciando a necessidade de melhorias no tratamento ou na proteção da fonte hídrica. Estudos como o de Amaral, Nader e Rossi (2003) apontam que a água de escoamento superficial, especialmente em períodos chuvosos, é um dos principais vetores de contaminação microbiológica em mananciais naturais.

Como alternativa para a eliminação desses microrganismos, destaca-se o uso do hipoclorito de sódio, cuja eficácia na desinfecção de águas para consumo foi comprovada por Santos *et al.* (2012), com redução significativa da carga microbiana em até 45 minutos de contato. Estrela (2004) complementa que esse efeito ocorre pela formação de cloraminas, que interferem no metabolismo celular dos microrganismos e potencializam a ação oxidante, promovendo a descontaminação da água.



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, constatou-se que a técnica de proteção de nascentes com solo-cimento configura-se como uma alternativa eficaz, de baixo custo e viável para aplicação em áreas rurais. As análises físico-químicas e microbiológicas evidenciaram melhorias significativas em parâmetros como dureza total, alcalinidade e pH, demonstrando a efetividade da intervenção na redução de agentes indesejáveis à potabilidade da água.

No entanto, apesar dos avanços observados, a proteção da nascente não foi suficiente para eliminar completamente a contaminação microbiológica por coliformes e *Escherichia coli*, cujos níveis permaneceram acima dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Esse resultado reforça a necessidade de medidas complementares de desinfecção, como a aplicação periódica de hipoclorito de sódio, especialmente quando a água se destina ao consumo humano.

Adicionalmente, o tratamento por meio do teste de jarros, utilizando sulfato de alumínio como coagulante, demonstrou potencial na remoção de impurezas. Contudo, provocou alterações significativas em parâmetros como cloretos e dureza, exigindo atenção quanto à dosagem e ao monitoramento dos impactos secundários gerados por esse processo.

Portanto, este estudo destaca a importância de ações integradas de proteção e tratamento da água em comunidades que dependem de fontes naturais, contribuindo para a promoção da saúde pública, a preservação ambiental e o uso sustentável dos recursos hídricos. Recomenda-se a continuidade de pesquisas em diferentes contextos geográficos e com outras tecnologias de tratamento, visando consolidar práticas seguras, acessíveis e eficazes para a gestão da água em regiões rurais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO (ANA). **Atlas Águas/ Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano**. Brasília, DF, 2021.

ALEMÃO, A. **Manual técnico de proteção de nascentes**. EMATER, 2015.



AMARAL, L. A.; NADER, F. I.; ROSSI, O. D. Contaminação microbiológica em águas superficiais de áreas rurais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2003.

BICUDO, C. E. M., TUNDISI, J.G. & SCHEUENSTUHL, M.C.B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. Instituto de Botânica. São Paulo, 2010.

BOCCHI, A. L. **Tratamento de água: fundamentos e aplicações**. São Paulo: Editora Ambiental, 2019.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. Lotufo. **Introdução a engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. **Lei Federal nº 4.771, de 15.09.65**. Institui o novo Código Florestal – Já alterada pela Lei no 12.651 de 25 de maio de 2012 – Lei de Proteção da Vegetação Nativa. Brasília, DF, 2012.

BRASIL - **Portaria nº 888/ GM - Ministério da Saúde de 04 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2021.

CALHEIROS, R. O. *et al.* **Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida**. São Paulo, 2009. Disponível em:
<https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_1_Preservacao_Nascentes.pdf>. Acessado em 23/out/2024.

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

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

COSTA, M. L. M. **Estabelecimento De Critérios De Outorga De Direito De Uso Para Águas Subterrâneas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pela UFCG, Campina Grande, PB. 2009.

CRISPIM, J.Q.; et.al. **Preservação de Nascentes por meio da técnica solo-cimento**. Artigo apresentado no 35° SEURS. Páginas 1754 - 1759, Foz do Iguaçu, PR, 2017.

ESTRELA, C. Bases farmacológicas da desinfecção da água com hipoclorito de sódio. **Revista de Ciências Farmacêuticas**, 2004.



FRAGA, Y.S.B.; et.al. Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo solo-cimento na construção civil. **Revista Ciências exatas e tecnológicas**, Aracaju, v. 3, n. 3, p. 11-24, Outubro 2016. periodicos.set.edu.br.

FUSATI. **JAR Test – Ensaio de Flocculação**. Disponível em:
<<https://www.fusati.com.br/jar-test-ensaio-de-floculacao/>>. Acesso em: 12 jun. 2024.

IBGE, **Censo Agropecuário 2017, Indicadores Municipais**. Disponível em:
<<https://mapasinterativos.ibge.gov.br/agrocompara/>>. Acessado em: 17/out/2024.

KNEVITZ, L.A. **Avaliação da eficiência de remoção de turbidez de um sistema de clarificação**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química pela UFRGS, Porto Alegre, RS, 2017.

MARINS, R. V., PARAQUETTI, H. H. M., AYRES, G. A. Alternativa analítica para especiação físico-química de mercúrio em águas costeiras tropicais. **Revista Química Nova**, v. 25, n. 3, 372-378, 2002.

MENEZES, M. Cinética de flocculação e impacto de coagulantes na qualidade da água tratada. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, 2018.

PARRON, L.M.; *et al.* Geologia, uso da terra e qualidade dos recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do Rio Preto, MG. **Revista de estudos ambientais**. v.11, n. 2, p. 59-70, jul./dez. 2009

PREFEITURA MUNICIPAL DE ORTIGUEIRA. **Plano municipal de desenvolvimento sustentável da agropecuária do município de Ortigueira 2021/2024**. Disponível em:
<<http://www.ortigueira.pr.gov.br/index.php?sessao=b054603368svb0&id=2918>>
Acessado em 25/ago/2025

SANTOS, R. *et al.* Avaliação da eficácia do hipoclorito de sódio na desinfecção de águas para consumo humano. **Revista Saúde & Ambiente**, 2012.

SANTOS, R. C. L.; LIMA, A. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 33-46, 2018.

SENEDA, L.; GARCIA, M.; REIS, T. Impurezas em coagulantes comerciais e seus efeitos na água tratada. **Revista de Engenharia Química**, 2021.

SILVA, K.M.S. **Descrição das tecnologias de tratamento de água no brasil e suas distribuições por regiões no país**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, PB, 2020.

TELLES, Dirceu D.'Alkmin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. Editora Blucher, 2007.



VALENTE *et al.* **Conservação de nascentes: hidrologia e conservação de bacias hidrográficas de cabeceira.** Viçosa, MG, 2005.

VASCONCELO, C. H.; ANDRADE, R. C.; BONFIM C.V.; RESENDE, R. M. S.; QUEIROZ, F. B.; DANIEL, M. H. B. *Surveillance of the drinking water quality din the Legal Amazon: analysis of vulnerable areas.* **Cad Saude Colet**, 2016

XAVIER, M.V.S.; et.al. Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, e42511125118, 2022.

ZIMPEL, F. **DESEMPENHO DE COAGULANTES COMBINADOS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CURTUME.** TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM ENGENHARIA QUÍMICA PELA UFRGS, PORTO ALEGRE, RS, 2013

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES (marcar com x a contribuição de cada autor)

Nome completo

| Item de colaboração | Igual aos demais | Menor que os demais | Maior que os demais | Não participou deste item |
|--|------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| Contextualização do trabalho | | | | |
| Organização dos dados | | | | |
| Análise formal dos dados | | | | |
| Análise formal do texto | | | | |
| Financiamento para desenvolvimento do trabalho | | | | |
| Investigação e estudo | | | | |
| Metodologia | | | | |
| Administração de cronograma | | | | |
| Administração de recursos | | | | |
| Gestão do projeto | | | | |
| Validação do projeto | | | | |
| Marketing | | | | |
| Escrita do trabalho | | | | |
| Participação em reuniões | | | | |
| Revisão do trabalho | | | | |
| Participação na construção do protótipo | | | | |