

**MEDIDAS DOMICILIARES DE DESINFECÇÃO DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO:
ANÁLISE DOS EFEITOS DA FILTRAÇÃO, FERVURA E USO DE HIPOCLORITO DE
SÓDIO NO CONTROLE MICROBIOLÓGICO E PARASITOLÓGICO DA ÁGUA DE
NASCENTES EM COLATINA, ESPÍRITO SANTO**

**HOUSEHOLD MEASURES FOR DISINFECTING WATER FOR HUMAN
CONSUMPTION: ANALYSIS OF THE EFFECTS OF FILTRATION, BOILING AND USE
OF SODIUM HYPOCHLORITE ON THE MICROBIOLOGICAL AND
PARASITOLOGICAL CONTROL OF SPRING WATER IN COLATINA, ESPÍRITO
SANTO**

**MEDIDAS DOMÉSTICAS PARA LA DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO
HUMANO: ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA FILTRACIÓN, EBULLICIÓN Y USO DE
HIPOCLORITO DE SODIO EN EL CONTROL MICROBIOLÓGICO Y
PARASITOLÓGICO DEL AGUA DE MANANTIAL EN COLATINA, ESPÍRITO SANTO**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n8-200>

Data de submissão: 21/07/2025

Data de publicação: 21/08/2025

Milena Zager Gobbo
Especialista em Biomedicina
Instituição: Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC)
E-mail: milenagobbo@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-5843-1660>

Pedro Henrique Pegoreti Lima
Graduando em Medicina Veterinária
Instituição: Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC)
E-mail: pedrohpegol@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-5928-0259>

Clara Gustavo Reis
Graduanda em Medicina Veterinária
Instituição: Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC)
E-mail: clarareis.medvet@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-7607-2377>

Rafaela Fernandes Favero Rodrigues
Graduanda em Biomedicina
Instituição: Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC)
E-mail: rafafernandesfavero0605@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-4661-2018>

Cristiane Pereira de Oliveira
Especialista em Biomedicina
Instituição: Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC)
E-mail: cris-oliveira20155@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-4839-4908>

RESUMO

O presente estudo buscou determinar a eficácia de métodos de tratamento domiciliares da água — filtração por filtro de cerâmica porosa (filtro de barro), fervura da água e adição de hipoclorito de sódio — na redução da contaminação microbiológica e parasitológica de amostras coletadas nas nascentes utilizadas pela população de Colatina (ES). As amostras foram analisadas quanto aos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e parasitológicos, com ênfase na detecção de coliformes totais, incluindo a identificação de *Escherichia coli* e a pesquisa de oocistos. A filtração promoveu aumento nos valores de pH na maioria das amostras analisadas, especialmente da nascente Carlos Germano Naumann. Em relação à cor aparente, o tratamento teve efeito limitado, com leve redução observada apenas na mesma nascente. Notou-se ainda que a turbidez aumentou em algumas amostras após a filtração, como na nascente São Braz. Os resultados mostraram que tanto o método de fervura, quanto a adição de hipoclorito de sódio foram eficazes para a remoção dos coliformes totais da água das nascentes, incluindo *Escherichia coli* e bactérias viáveis em cultura. Em contrapartida, os filtros de barro não se mostraram eficientes na remoção dos microrganismos testados, apresentando resultados positivos para coliformes totais, *Escherichia coli*, bem como bactérias viáveis em cultura, incluindo cocos e bacilos Gram-negativos, com morfologia compatível com enterobactérias de potencial patogênico. Nenhuma amostra apresentou formas parasitárias intestinais, independentemente do tratamento aplicado. Os achados indicam que, embora acessível e culturalmente difundido, o filtro de barro não constitui barreira microbiológica eficaz, podendo inclusive favorecer a persistência ou proliferação de bactérias após a filtração. Já a fervura e a adição de hipoclorito de sódio configuram métodos simples, de baixo custo e de comprovada eficiência para garantir a potabilidade da água em comunidades que dependem de fontes naturais, ressaltando a necessidade de estratégias complementares e monitoramento contínuo da qualidade hídrica.

Palavras-chave: Qualidade da Água. Coliformes Totais. *Escherichia coli*. Hipoclorito de Sódio. Filtro de Barro. Fervura da Água.

ABSTRACT

This study aimed to determine the effectiveness of household water treatment methods—filtration through a porous ceramic filter (“clay filter”), boiling, and the addition of sodium hypochlorite—in reducing microbiological and parasitological contamination in water samples collected from natural springs used by the population of Colatina, Espírito Santo, Brazil. The samples were analyzed for physicochemical, microbiological, and parasitological parameters, with emphasis on the detection of total coliforms, including *Escherichia coli*, as well as the presence of oocysts. Filtration led to an increase in pH values in most of the analyzed samples, particularly in water from the Carlos Germano Naumann spring. With respect to apparent color, filtration had a limited effect, producing only slight reductions in specific cases. Notably, turbidity increased in some samples after filtration, such as those from the São Braz spring. The results demonstrated that both boiling and the addition of sodium hypochlorite were highly effective in eliminating total coliforms, *Escherichia coli*, and viable bacteria in culture. In contrast, clay filters proved ineffective in removing the microorganisms tested, with positive results for total coliforms, *Escherichia coli*, and bacteria including Gram-negative cocci and bacilli with morphologies consistent with potentially pathogenic Enterobacteriaceae. No intestinal parasitic forms were detected in any of the samples, regardless of treatment. These findings indicate

that, while accessible and culturally widespread, the clay filter does not represent an effective microbiological barrier and may even allow for persistence or proliferation of bacteria following filtration. Conversely, boiling and chlorination with sodium hypochlorite are simple, low-cost, and highly efficient methods to ensure water potability in communities that rely on natural springs. The study highlights the importance of adopting complementary strategies and continuous monitoring of water quality to safeguard public health.

Keywords: Water Quality. Total Coliforms. *Escherichia coli*. Sodium Hypochlorite. Clay Filter. Water Boiling.

RESUMEN

Este estudio buscó determinar la efectividad de los métodos domésticos de tratamiento de agua (filtración a través de un filtro cerámico poroso (filtro de arcilla), ebullición del agua y adición de hipoclorito de sodio) para reducir la contaminación microbiológica y parasitológica de muestras recolectadas de manantiales utilizados por la población de Colatina, Espírito Santo. Las muestras se analizaron para parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos, con énfasis en la detección de coliformes totales, incluyendo la identificación de *Escherichia coli* y la detección de ooquistes. La filtración aumentó los valores de pH en la mayoría de las muestras analizadas, especialmente del manantial Carlos Germano Naumann. Con respecto al color aparente, el tratamiento tuvo un efecto limitado, con una ligera reducción observada solo en el mismo manantial. La turbidez también aumentó en algunas muestras después de la filtración, como el manantial São Braz. Los resultados mostraron que tanto el método de ebullición como la adición de hipoclorito de sodio fueron eficaces para eliminar los coliformes totales del agua de manantial, incluyendo *Escherichia coli* y bacterias viables en cultivo. Por el contrario, los filtros de arcilla resultaron ineficaces para eliminar los microorganismos analizados, con resultados positivos para coliformes totales, *Escherichia coli* y bacterias viables en cultivo, incluyendo cocos y bacilos gramnegativos, con morfologías compatibles con enterobacterias potencialmente patógenas. Ninguna muestra presentó parásitos intestinales, independientemente del tratamiento aplicado. Los hallazgos indican que, aunque accesible y culturalmente extendido, el filtro de arcilla no constituye una barrera microbiológica eficaz e incluso puede favorecer la persistencia o proliferación de bacterias después de la filtración. Hervir y agregar hipoclorito de sodio son métodos simples, económicos y de eficacia comprobada para garantizar el agua potable en comunidades que dependen de fuentes naturales, lo que resalta la necesidad de estrategias complementarias y un monitoreo continuo de la calidad del agua.

Palabras clave: Calidad del Agua. Coliformes Totales. *Escherichia coli*. Hipoclorito de Sodio. Filtro de Arcilla. Hervir Agua.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial e insubstituível para a manutenção da vida e da saúde dos seres vivos. Contudo, para que seu consumo humano seja seguro, é imprescindível que atenda a critérios de potabilidade, evitando-se riscos à saúde pública decorrentes de contaminações microbiológicas, parasitológicas, químicas ou físicas. A qualidade da água para consumo humano é um requisito estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888, de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água e seu padrão de potabilidade. A potabilidade da água refere-se ao atendimento a esses padrões, garantindo que a água seja segura para consumo sem oferecer riscos à saúde. Por outro lado, a qualidade da água é um conceito mais amplo, que engloba características físicas, químicas e biológicas influenciadas por fatores naturais e atividades humanas.

Águas naturais, como a água de nascentes, são comumente utilizadas para abastecimento em áreas rurais e periféricas, onde o tratamento adequado nem sempre está disponível, aumentando o risco de contaminação e a necessidade de medidas de desinfecção domiciliar eficazes. É amplamente reportado que a ingestão de água contaminada, ou seja, não potável e de má qualidade, assim como o seu uso para fins de higiene pessoal, está relacionada a complicações gastrointestinais, como diarreia e cólica intestinal (Gusmão, 2013). A relevância dessa temática tornou-se ainda mais evidente após o rompimento da barragem de Fundão, ocorrido em novembro de 2015, no estado de Minas Gerais. O desastre ambiental resultou na liberação de aproximadamente 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro, os quais atingiram o Rio Doce, atravessando centenas de quilômetros até alcançar o oceano Atlântico (Segura et al., 2016; Rudorff et al., 2018; Duarte et al., 2021). Entre os municípios impactados, destaca-se Colatina/Espírito Santo (ES), onde o Serviço Autônomo de Saneamento (SANEAR) precisou interromper temporariamente o fornecimento de água tratada, promovendo, em caráter emergencial, a distribuição de água mineral pela Defesa Civil. Contudo, a demanda superou a capacidade de resposta, levando parte da população a recorrer a nascentes da região que não haviam sido diretamente atingidas pela lama de rejeitos.

Ainda que naturais, a água de nascentes não é isenta de riscos sanitários. A qualidade da água de nascentes depende de fatores como a localização geográfica, a proteção da área de recarga e a proximidade de fontes de poluição. A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece limites para diversos parâmetros, incluindo microbiológicos, físico-químicos e organolépticos. Do ponto de vista microbiológico, destaca-se a necessidade de monitoramento de coliformes totais, com ênfase na detecção de *Escherichia coli* (*E. coli*), reconhecida como o principal indicador de contaminação fecal recente. A presença desse microrganismo está diretamente associada ao risco de veiculação de agentes patogênicos de origem entérica, incluindo bactérias, vírus e protozoários, representando uma ameaça

significativa à saúde pública, especialmente em populações vulneráveis ou expostas a fontes não tratadas (Brasil, 2021).

Parâmetros físico-químicos como turbidez, pH e cor aparente também desempenham papel fundamental na avaliação da qualidade da água. A turbidez elevada pode interferir na eficácia dos processos de desinfecção e sinalizar a presença de partículas em suspensão, enquanto a cor aparente superior a 15 UH pode indicar a presença de compostos orgânicos dissolvidos. O pH, por sua vez, deve manter-se na faixa de 6,0 a 9,0, uma vez que valores fora desses limites podem alterar o sabor da água, aumentar sua corrosividade e representar risco à saúde. Adicionalmente, os parâmetros organolépticos — incluindo sabor, odor e aparência — são essenciais na percepção da qualidade da água pelo consumidor. Dessa forma, a avaliação integrada desses parâmetros é indispensável para garantir a conformidade da água de nascentes com os padrões de potabilidade vigentes, contribuindo para a promoção da saúde pública e o acesso seguro à água como um direito fundamental (Brasil, 2021).

Medidas domiciliares de desinfecção da água são amplamente adotadas pela população brasileira, e incluem métodos químicos e físicos de tratamento. Entre os mecanismos químicos, destaca-se a adição de hipoclorito de sódio (NaClO) a 2,5%. De acordo com o Ministério da Saúde, a dose indicada consiste na adição de duas gotas da solução por litro de água, resultando em uma concentração final de 0,00025%, com tempo mínimo de contato de 30 minutos (Brasil, 2006). No entanto, apesar de sua eficácia reconhecida e baixo custo, o uso do NaClO enfrenta obstáculos práticos, como a resistência de parte da população ao seu emprego devido ao sabor e odor residual, bem como à aplicação incorreta da dosagem recomendada.

Entre os métodos físicos, destacam-se o tratamento térmico através da fervura da água e a utilização de filtros domésticos (De Jesus et al., 2023). Dentre estes, os filtros de cerâmica porosa, popularmente conhecidos como filtros de barro, permanecem como alternativa tradicional, cultural e acessível, especialmente em áreas rurais ou regiões sem cobertura por sistemas públicos de abastecimento (De Jesus et al., 2023). Esses filtros, historicamente confeccionados com argila e outros materiais minerais, atualmente são produzidos com uma diversidade de compostos, como terra diatomácea, vidro moído e partículas finas, e operam por gravidade. Em áreas rurais brasileiras ou sem acesso à rede pública de abastecimento urbano, esses filtros são amplamente utilizados para o tratamento de águas provenientes de nascentes, poços artesianos e sistemas de captação de águas pluviais (Brasil, 2005). Contudo, apesar de sua ampla aceitação popular, ainda são escassas as evidências científicas consistentes que comprovem a eficácia microbiológica desses filtros como métodos efetivos de desinfecção da água.

A qualidade microbiológica e parasitológica da água de nascentes representa um fator crítico para a saúde pública, especialmente em comunidades que dependem diretamente dessas fontes para consumo. Em Colatina/ES, onde o uso de nascentes é recorrente, torna-se essencial investigar soluções simples, acessíveis e eficazes para assegurar a potabilidade da água, sobretudo em contextos de vulnerabilidade ou escassez hídrica. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia de métodos domiciliares de tratamento da água — filtração em filtro de cerâmica porosa (filtro de barro), fervura da água e adição de hipoclorito de sódio — na redução da contaminação microbiológica e parasitológica, contribuindo tanto para a produção científica quanto para a formulação de políticas públicas voltadas à gestão sustentável e segura dos recursos hídricos locais.

2 METODOLOGIA

2.1 AMOSTRAS E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Foram selecionadas três nascentes de frequente uso pela população do município de Colatina, Espírito Santo. Os critérios de inclusão incluíram a frequência de uso da população local, a presença de ponto de captação acessível (com fornecimento de água por meio de torneiras instaladas), vazão contínua e boa acessibilidade. Foram excluídas nascentes de difícil acesso ou pouco utilizadas pela população local. As amostras das nascentes selecionadas foram coletadas nos bairros Operário (Nascente 1), São Braz (Nascente 2) e Carlos Germano Naumann (Nascente 3), sendo que a localização geográfica de cada ponto de coleta está apresentada na Figura 1. Como controle, foi incluída uma amostra de água da torneira, proveniente da rede pública de abastecimento urbano.

Figura 1. Localização geográfica das nascentes estudadas no município de Colatina, Espírito Santo, Brasil. A) Nascente 1 – Bairro Operário (moldura rosa); B) Nascente 2 – Bairro São Braz (moldura azul); C) Nascente 3 – Bairro Carlos Germano Naumann (moldura laranja).



Fonte: Imagens obtidas por meio do Google Maps (2024).

2.2 COLETA E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Antes das coletas, as torneiras das nascentes e da água da rede pública foram previamente higienizadas, conforme os protocolos estabelecidos para coleta de amostras de água. A água foi coletada em galões estéreis de 5 litros. Para cada amostra de água, foram realizados diferentes métodos de tratamento da água, conforme descrito nos tópicos a seguir.

Adicionalmente, uma fração das amostras de água provenientes das três nascentes, bem como da torneira, não foi submetida a qualquer intervenção ou tratamento prévio, com o intuito de servir como controle positivo nas análises comparativas.

2.2.1 Filtração em filtros de cerâmica

A água das nascentes e controle foram filtradas separadamente em filtros de cerâmica porosa feitos de argila, “filtros de barro”, aprovados pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) e obtidos comercialmente, da marca MANANCIAL JABOTICABAL-SP. Anteriormente à filtração da água, os filtros foram lavados, conforme as recomendações do fabricante.

Foram utilizados 3 litros de água coletada para cada filtro, individualmente. As amostras filtradas foram coletadas imediatamente após o processo de filtração, e posteriormente, as análises físico-químicas, microbiológicas e parasitológicas foram realizadas, conforme descrito nas seções subsequentes (FUNASA, 2004).

2.2.2 Desinfecção com hipoclorito de sódio

Uma fração de cada amostra de água foi destinada à desinfecção por hipoclorito de sódio (NaClO). As amostras foram tratadas com uma solução comercial de NaClO a 2,5%, com uma concentração final de 0,00025%, durante 30 minutos (De Jesus et al., 2023). Posteriormente, as amostras foram submetidas às análises físico-químicas, microbiológicas e parasitológicas, conforme descrito nas seções subsequentes.

2.2.3 Fervura da água

Uma fração de cada amostra de água foi submetida à fervura por um período de 3 minutos, em chama de bico de Bunsen (Adaptado de De Jesus et al., 2023) do laboratório de Microbiologia do Centro Universitário do Espírito Santo UNESC. Após resfriamento, as amostras foram submetidas às análises físico-químicas, microbiológicas e parasitológicas, conforme descrito nas seções subsequentes.

2.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

2.3.1 Análises de cor e turbidez

As análises de cor aparente e turbidez foram realizadas conforme metodologia descrita por Alves (2020) e seguindo as orientações do Manual Prático de Análise de Água da FUNASA (2004), em conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021). Foram realizadas análises de cor aparente e turbidez das amostras de água de todos os grupos experimentais, conforme os procedimentos estabelecidos pelas normas técnicas para avaliação da qualidade da água potável. Para a determinação da turbidez, foi utilizado um turbidímetro microprocessado digital, modelo DLT-JE (Dellab®), com sistema de leitura baseado na norma ISO 7027 e faixa de medição de 0 a 1000 NTU. A análise de cor aparente foi realizada com auxílio de um colorímetro microprocessado digital, modelo DLA-COR (Dellab®), que opera por comparação fotométrica automatizada com base na escala de platina-cobalto (Pt-Co), atendendo aos critérios estabelecidos pela APHA e pela NBR 10529:2017.

2.3.2 Análise de pH

Com o intuito de avaliar a acidez ou alcalinidade das amostras, foi realizada a determinação do pH da água de todos os grupos experimentais. O pH foi determinado por meio de um pHmetro portátil, previamente calibrado, seguindo as recomendações dos métodos padronizados para análises físico-químicas da qualidade da água (FUNASA, 2014).

2.3.3 Análise qualitativa de cloro livre

As amostras de água coletadas nos diferentes pontos de captação (nascentes Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann), bem como da rede urbana de abastecimento (água de torneira), foram submetidas à análise qualitativa de cloro livre, com o objetivo de verificar a presença deste composto nas águas analisadas (FUNASA, 2014). O teste utilizado foi o Labcon Cloro Test® (AlconPet/Brasil). Para a análise, foi utilizado o tubo de ensaio fornecido no kit e foram adicionadas seis gotas do reagente à amostra de água coletada, seguida de agitação suave para homogeneização, de acordo com as instruções do fabricante.

2.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS E PARASITOLÓGICAS

2.4.1 Detecção de coliformes totais e *Escherichia coli*

Todas as amostras provenientes dos diferentes grupos experimentais foram submetidas à análise microbiológica para detecção de coliformes totais, com identificação específica de *Escherichia coli* (*E. coli*), microorganismo indicativo de contaminação fecal recente (Brasil, 2013). Para essa análise, foi utilizado o teste rápido COLItest® (LKP Diagnósticos), um método qualitativo baseado em substratos cromogênicos e fluorogênicos incorporados ao meio de cultura. Manafi e Kneifel (1989) destacam que a combinação de substratos cromogênicos e fluorogênicos permite uma identificação simultânea mais precisa e eficiente dessas bactérias em comparação a métodos convencionais.

O princípio do teste baseia-se na atividade de enzimas bacterianas específicas, a β -galactosidase e β -glucuronidase. A β -galactosidase presente em coliformes totais, hidrolisa o substrato cromogênico, promovendo a alteração da cor do meio de púrpura para amarelo. A β -glucuronidase, por sua vez, expressa por *E. coli*, atua sobre o substrato fluorogênico MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glucuronida), liberando um composto fluorescente sob radiação ultravioleta. A confirmação adicional da presença de *E. coli* foi realizada por meio da produção de indol, conforme descrito por Geissler et al. (2000), que validaram esse procedimento como teste complementar eficaz em meios fluorogênicos.

Para cada análise, alíquotas de 100 mL de amostra foram transferidas para frascos estéreis, previamente identificados. Em seguida, foi adicionado o conteúdo de um sachê do meio COLItest® a

cada frasco. As amostras foram homogeneizadas manualmente até completa dissolução do meio e incubadas em estufa bacteriológica a 37 °C por um período de 24 a 48 horas. A interpretação dos resultados foi realizada por inspeção visual da coloração do meio após o período de incubação:

- **Coloração amarela:** indicativa da presença de coliformes totais;
- **Coloração púrpura:** ausência de coliformes totais detectáveis.

As amostras que apresentaram coloração amarela foram selecionadas para análise confirmatória da presença de *E. coli* por meio da reação de indol, conforme instruções do fabricante. Foram transferidos 10 mL da amostra para tubos de ensaio estéreis, aos quais foram adicionadas de 3 a 5 gotas do reativo de Kovacs. Após repouso em temperatura ambiente por aproximadamente 5 minutos, a formação de anel superficial de coloração vermelha foi considerada indicativa de produção de indol, confirmando a presença de *E. coli*.

2.4.2 Análise Bacteriológica

2.4.2.1 Semeadura em caldo lauril sulfato triptose

Para a verificação do crescimento bacteriano, foi realizada a semeadura em caldo lauril sulfato triptose (KASVI, ref: K25-1310), meio de cultura seletivo amplamente utilizado em análises de potabilidade da água (FUNASA, 2014). Foram preparados cinco tubos contendo 10 mL do meio lauril sulfato triptose para todos os grupos experimentais (nascente 1, nascente 2, nascente 3 e água da torneira) submetidos aos diferentes tratamentos (fervura, filtração, adição de NaClO) e à condição natural sem tratamento. Os tubos foram incubados em estufa bacteriológica a 37 °C por um período de 48 horas, com o objetivo de verificar a presença de bactérias indicadoras, por meio da observação de turbidez e produção de gás, quando aplicável.

2.4.2.2 Coloração de Gram

Nos meios de cultura que apresentaram evidência de crescimento bacteriano, uma pequena amostra foi coletada para preparo de lâmina e coloração. Foi realizada a coloração de Gram com posterior análise microscópica para identificação morfológica bacteriana (cocos, bacilos e espirilos) e classificação de Gram (positivo ou negativo), bem como sua classificação quanto à retenção do corante cristal violeta, distinguindo-se, assim, bactérias Gram-positivas e Gram-negativas observadas em microscopia óptica, objetiva de 100x em óleo de imersão.

2.4.3 Análise microscópica de formas parasitárias de protozoários

Foram coletadas duas alíquotas de cada amostra de água para a investigação microscópica de formas parasitárias, com ênfase na detecção de oocistos de *Cryptosporidium spp.* e *Giardia spp.* As alíquotas foram inicialmente submetidas à centrifugação a 2.500 rpm durante 10 minutos, utilizando uma centrífuga modelo BE-4004 (BIO ENG Indústria e Comércio Ltda, Brasil). Posteriormente, os sedimentos obtidos foram cuidadosamente transferidos para lâminas de vidro, cobertos com lamínulas e examinados por microscopia óptica em aumento de 400x. O procedimento seguiu protocolo semelhante ao descrito por Sales et al. (2019), que utilizaram técnicas de concentração e observação direta para avaliação de parasitas em amostras ambientais de água.

3 RESULTADOS

3.1 INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE TRATAMENTO DOMÉSTICO NOS VALORES DE PH DA ÁGUA DE NASCENTES E TORNEIRA

Os valores de pH variaram conforme a origem da amostra e o método de tratamento. A amostra controle (água da torneira) apresentou o valor médio de pH inicial de 6,51 na água natural, com elevação progressiva nos tratamentos, atingindo 7,14 após adição de NaClO e 7,48 após filtração (Tabela 1).

A amostras de água das nascentes e água da torneira apresentaram pH mais ácido nas condições naturais, com destaque para as nascentes do bairro São Braz e Operário, que obtiveram valores médios de pH 5,2 e 5,43, respectivamente, e a água da torneira, que obteve valor médio de pH 6,51. Contudo, o tratamento com NaClO e a filtração em filtro de barro resultaram em elevação significativa do pH, especialmente na nascente Carlos Germano Naumann, cuja água filtrada apresentou o valor mais elevado (valor médio de pH: 8,44), situando-se dentro da faixa ideal para consumo (Tabela 1).

A fervura da água aumentou o valor médio de pH da água de todas as nascentes analisadas e água da torneira. O valor médio do pH da água da torneira natural e água fervida foram 5,51 e 6,95, respectivamente. O valor médio do pH da água natural da nascente Operário e água fervida foram 5,43 e 6,71, respectivamente. O valor médio do pH da água natural da nascente São Braz e água fervida foram 5,21 e 6,87, respectivamente. O valor médio do pH da água natural da nascente Carlos Germano Naumann e água fervida foram 6,09 e 6,71, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de pH das amostras de água coletadas da torneira e das nascentes Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann.

Grupos	Água Natural	Água Fervida	Água com NaClO	Água filtrada
Controle Torneira	6,51	6,95	7,48	7,14
Nascente Operário	5,43	6,71	5,84	6,92
Nascente São Braz	5,21	6,87	5,59	6,66
Nascente C. Germano Naumann	6,09	6,71	6,08	8,44

Legenda: Valores médios de pH das amostras de água coletadas da torneira (controle) e das nascentes Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann. Os valores foram obtidos a partir da média de três medições realizadas para cada amostra.

Fonte: Própria dos autores.

3.2 IMPACTO DOS MÉTODOS DE TRATAMENTO DOMICILIAR NA COR APARENTE DAS ÁGUAS COLETADAS EM FONTES NATURAIS E TORNEIRA

A cor aparente das amostras, medida em Unidades de Cor (UC), variou entre 5 e 12 UC. Observou-se que as amostras de água natural apresentaram valores distintos de coloração entre os diferentes pontos de coleta: a água da torneira controle registrou 10 UC, enquanto amostras de água das nascentes dos bairros Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann apresentaram 6 UC, 7 UC e 11 UC, respectivamente. A água da nascente do bairro Operário destacou-se por apresentar os menores valores e menor variação de cor aparente em todos os tratamentos aplicados (Tabela 2).

Após o tratamento térmico, observou-se que a fervura resultou em manutenção ou leve aumento da cor aparente em todas as amostras. A água fervida da nascente do bairro Operário manteve o valor de 6 UC, enquanto as amostras de água das nascentes dos bairros São Braz e Carlos Germano Naumann apresentaram aumento na coloração após a fervura, passando de 7 para 8 UC e de 11 para 12 UC, respectivamente. A amostra da água da torneira fervida também apresentou elevação, de 10 para 11 UC.

O tratamento com NaClO apresentou efeitos distintos entre os pontos de coleta. A maior redução foi observada na água da nascente Operário, com 5 UC. As demais amostras, incluindo a água das nascentes São Braz e Carlos Germano Naumann, apresentaram valores de 8 UC e 12 UC, respectivamente, os mesmos observados na água fervida. A amostra da torneira apresentou o maior valor neste tratamento, com 12 UC.

A filtração da água também resultou em efeitos variados. A água da nascente Carlos Germano Naumann filtrada apresentou cor aparente de 10 UC, inferior aos valores observados nas amostras fervida e tratada com NaClO, ambas com 12 UC. A água filtrada da nascente Operário apresentou valor igual à amostra natural e fervida, 6 UC. Na nascente São Braz, o valor manteve-se constante em 8 UC. Em contrapartida, a água da torneira filtrada manteve-se como a água natural, 10 UC.

Tabela 2. Valores da cor aparente (UC) das amostras de água coletadas da torneira e das nascentes Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann.

Grupos	Água Natural	Água Fervida	Água com NaClO	Água filtrada
Controle Torneira	10 UC	11 UC	12 UC	10 UC
Nascente Operário	6 UC	6 UC	5 UC	6 UC
Nascente São Braz	7 UC	8 UC	8 UC	8 UC
Nascente C. Germano Naumann	11 UC	12 UC	12 UC	10 UC

Legenda: Valores de cor aparente das amostras de água, expressos em Unidades de Cor (UC), coletadas da torneira (controle) e das nascentes Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann.

Fonte: Própria dos autores.

3.3 IMPACTO DOS MÉTODOS DE TRATAMENTO DOMICILIAR NA TURBIDEZ DAS ÁGUAS COLETADAS EM FONTES NATURAIS E TORNEIRA

A Tabela 3 apresenta os valores de turbidez das amostras de água coletadas, os quais estão expressos em Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). Observou-se que as amostras naturais das nascentes Operário e São Braz apresentaram os menores valores de turbidez, 0,35 NTU e 0,12 NTU, respectivamente. Por outro lado, as amostras de água com os maiores valores de turbidez foram as amostras de água da torneira e das nascentes Operário e São Braz submetidas à filtração.

Todos os tratamentos empregados na amostra de água das nascentes Operário e São Braz resultaram em um aumento da turbidez. As amostras de água da nascente Operário apresentaram: 0,4 NTU (adição de NaClO), 0,53 NTU (água fervida) e 0,54 NTU (água filtrada). As amostras São Braz apresentaram: 0,13 NTU (adição de NaClO), 0,23 NTU (água fervida) e 0,36 NTU, o qual triplicou com a filtração da água quando comparado a amostra natural, obtendo o valor mais alto de turbidez dentre os grupos experimentais deste ponto de coleta.

Em relação às amostras da nascente Carlos Germano Naumann, a água natural apresentou 2,64 NTU, enquanto a água filtrada apresentou o menor valor, com 2,59 NTU. Contudo, os tratamentos com adição de NaClO e fervura resultaram em aumento da turbidez, alcançando 2,71 NTU e 3,03 NTU, respectivamente. Destaca-se que a água fervida dessa nascente apresentou o maior valor de turbidez entre todos os grupos experimentais analisados.

No que diz respeito à água da torneira, os menores valores de turbidez foram 1,53 NTU, referente à amostra de água com adição de NaClO, e a água natural 1,54 NTU. No entanto, a fervura e a filtração da água aumentaram a turbidez, atingindo 1,66 NTU e 1,80 NTU, respectivamente.

Tabela 3. Valores da turbidez (NTU) das amostras de água coletadas da torneira e das nascentes Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann.

Grupos	Água Natural	Água Fervida	Água com NaClO	Água filtrada
Controle Torneira	1,54 NTU	1,66 NTU	1,53 NTU	1,80 NTU
Nascente Operário	0,35 NTU	0,53 NTU	0,40 NTU	0,54 NTU
Nascente São Braz	0,12 NTU	0,23 NTU	0,13 NTU	0,36 NTU
Nascente C. Germano Naumann	2,64 NTU	3,03 NTU	2,71 NTU	2,59 NTU

Legenda: Valores de turbidez das amostras de água, expressos em Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), coletadas da torneira (controle) e das nascentes Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann.

Fonte: Própria dos autores.

3.4 ANÁLISE QUALITATIVA DA PRESENÇA DE CLORO LIVRE NAS AMOSTRAS DE ÁGUA

O teste qualitativo para cloro livre indicou resultado positivo apenas na amostra de água da torneira, em sua forma natural (controle). Nenhuma das amostras provenientes das nascentes apresentou presença detectável de cloro livre residual (Tabela 4).

Tabela 4. Resultado do teste de presença de cloro nas amostras de água

Amostras de água natural	Cloro
N1 – Natural Operário	-
N2 – Natural São Braz	-
N3 – Natural C. Germano Naumann	-
N4 – Natural Controle (Torneira)	+

Legenda: Resultados do teste qualitativo para detecção de cloro livre nas amostras de água coletadas das nascentes Operário, São Braz, Carlos Germano Naumann e da torneira (controle). Foi detectada presença de cloro apenas na amostra natural da torneira (controle). O símbolo positivo (+) indica presença de cloro livre, enquanto o símbolo negativo (-) representa sua ausência.

Fonte: Própria dos autores.

3.5 PRESENÇA DE COLIFORMES TOTAIS E *E. COLI* EM AMOSTRAS DE ÁGUA: IMPACTO DOS DIFERENTES MÉTODOS DE TRATAMENTO DOMICILIAR

As análises microbiológicas evidenciaram a presença de coliformes totais (+) e *E. coli* (+ e++) na água das nascentes dos bairros Operário (N1) e Carlos Germano Naumann (N3), sendo observada maior intensidade de contaminação por *E. coli* na amostra N3 (++) . Por outro lado, não foi detectado a presença de coliformes totais (-) e *E. coli* (-) na água da nascente São Braz (N2) e na água da torneira (Tabela 5).

Contudo, após a aplicação dos tratamentos por fervura e pela adição de NaClO, não foi mais detectada a presença desses microrganismos, o que demonstra a eficácia de ambos os métodos na eliminação de coliformes totais e *E. coli* (Tabela 5). Em contrapartida, a filtração da água das nascentes dos bairros Operário e Carlos Germano Naumann, utilizando filtros de cerâmica porosa (filtros de

barro), não foi capaz de eliminar esses microrganismos (+ e ++). As demais amostras analisadas apresentaram resultado negativo (-) para coliformes totais e *E. coli* (Figura 2 e Tabela 5).

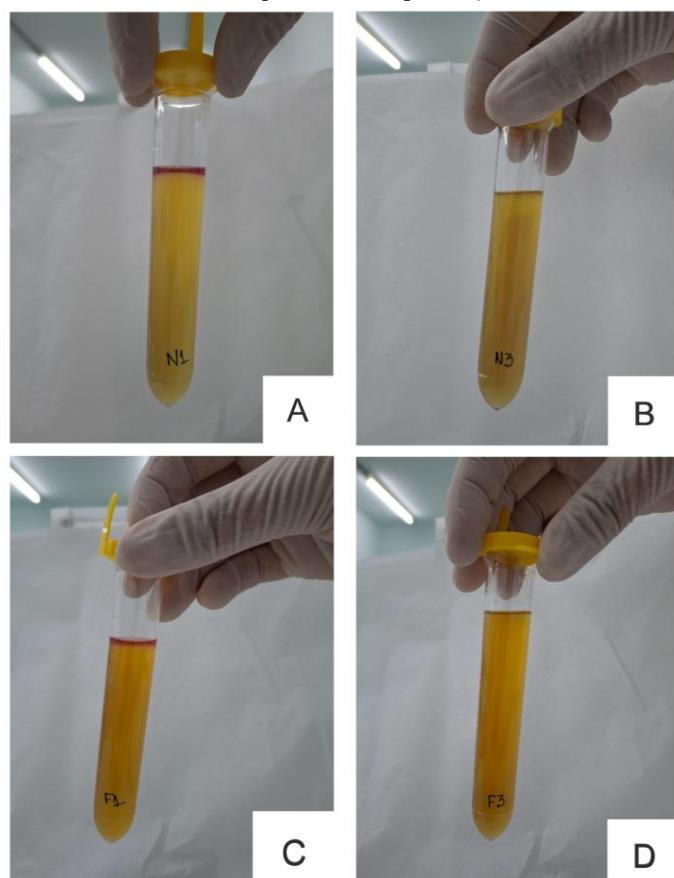
Tabela 5. Análise microbiológica da água da torneira e das nascentes localizadas nos bairros Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann.

Amostra	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
N1 – Natural Operário	+	++
N2 – Natural São Braz	-	-
N3 – Natural C. Germano Naumann	+	+
N4 – Natural Controle (Torneira)	-	-
FV1 – Fervida Operário	-	-
FV2 – Fervida São Braz	-	-
FV3 – Fervida C. Germano Naumann	-	-
FV4 – Fervida Controle (Torneira)	-	-
F1 – Filtrada Operário	+	++
F2 – Filtrada São Braz	-	-
F3 – Filtrada C. Germano Naumann	+	+
F4 – Filtrada Controle (Torneira)	-	-
NaClO (1) – Operário	-	-
NaClO (2) – São Braz	-	-
NaClO (3) – C. Germano Naumann	-	-
NaClO (4) – Controle (Torneira)	-	-

Legenda: Resultados da análise microbiológica das amostras de água coletadas da torneira e das nascentes Operário, São Braz e Carlos Germano Naumann. O símbolo negativo (-) representa ausência dos microrganismos analisados, enquanto os símbolos positivos (+ e++) indicam presença, sendo que o número de sinais "+" é diretamente proporcional à intensidade da contaminação.

Fonte: Própria dos autores.

Figura 2. Teste confirmatório da presença de *E. coli* por meio da reação de indol em amostras de água natural e filtrada das nascentes dos bairros Operário (N1, F1) e Carlos Germano Naumann (N3, F3). (A) água natural da nascente N1; (B) água natural da nascente N3; (C) água filtrada da nascente F1; (D) água filtrada da nascente F3. A formação de um anel superior com coloração vermelha na superfície após adição do reativo de Kovacs indica resultado positivo para produção de indol e, consequentemente, presença de *E. coli*.



Fonte: Acervo particular.

3.6 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO BACTERIANO EM AMOSTRAS DE ÁGUA NATURAL E SUBMETIDAS A MÉTODOS DE TRATAMENTO DOMICILIAR: EVIDÊNCIAS BASEADAS EM CULTURA E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

As culturas realizadas em caldo lauril sulfato triptose revelaram crescimento bacteriano evidente nas amostras naturais das três nascentes. A água da nascente do bairro Operário apresentou 5 tubos positivos, enquanto as nascentes São Braz e Carlos Germano apresentaram 4 tubos positivos e 1 negativo, indicando presença significativa de microrganismos viáveis. Em contrapartida, a amostra controle (água da torneira) apresentou os 5 tubos negativos, reforçando a adequação microbiológica da água tratada pela rede pública (Tabela 6).

Os tratamentos por fervura e por adição de NaClO demonstraram eficácia total na inibição do crescimento bacteriano, com 100% dos tubos negativos em todas as amostras testadas, inclusive nas previamente contaminadas. Esses resultados confirmam a ação bactericida dos dois métodos, sendo consistentes com os dados obtidos pelos testes de coliformes e *E. coli* (Tabela 5).

A filtração em filtro de barro, por sua vez, apresentou limitações. A água filtrada proveniente da nascente do bairro Operário apresentou crescimento bacteriano em 100% dos tubos testados (5/5), indicando que o método não foi capaz de promover a eliminação dos microrganismos. De modo semelhante, as amostras filtradas das nascentes dos bairros São Braz e Carlos Germano Naumann apresentaram crescimento bacteriano em 4 dos 5 tubos analisados, também evidenciando persistência de contaminação microbiológica após o tratamento (Tabela 6).

A análise microscópica das culturas bacterianas coradas pela técnica de Gram revelou a presença predominante de bacilos e cocos Gram-negativos nas amostras de água analisadas. Na amostra bruta da nascente localizada no bairro Operário (sem filtração), observaram-se bacilos e cocos Gram-negativos (Figura 3A), evidenciando um perfil microbiano diversificado. Após a filtração da mesma água em filtro de barro, ainda foram identificados bacilos Gram-negativos (Figura 3B), indicando que o processo de filtração doméstica não foi completamente eficaz na eliminação dessas bactérias. Por outro lado, na amostra da nascente do bairro São Braz, tanto antes quanto após a filtração, foram visualizados bacilos Gram-negativos organizados em cadeias (estreptobacilos) (Figura 3C), sugerindo a persistência de microrganismos potencialmente patogênicos mesmo após o tratamento por filtração. A amostra analisada da nascente Carlos Germano Naumann apresentou presença de cocos e bacilos Gram-negativos (Figura 3D), tanto antes quanto após a filtração (Figura 3E), indicando que o processo de filtração não promoveu alteração significativa nesses microrganismos. Esses resultados demonstram a limitação da filtração por filtro de barro na remoção de certas formas bacterianas presentes na água das nascentes avaliadas. Essa morfologia é sugestiva de bactérias enteropatogênicas comumente associadas a ambientes aquáticos contaminados por matéria orgânica ou esgoto, como espécies do gênero *Escherichia*, *Klebsiella* e *Enterobacter*. Além disso, a presença de formas mistas (cocos e bacilos) também pode indicar diversidade bacteriana, com possível origem fecal (Tabela 6).

Nas amostras fervidas, tratadas com NaClO e da água da torneira, não foram observados microrganismos na análise bacteriológica, corroborando a eficácia desses métodos.

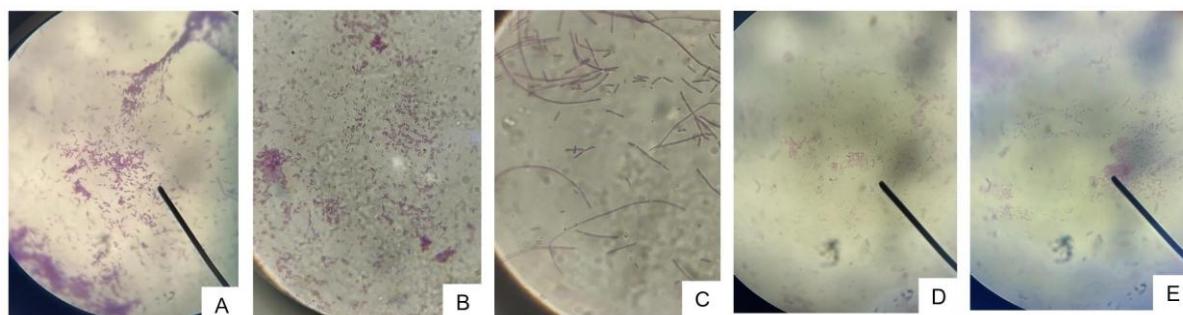
Tabela 6. Resultados das culturas em caldo lauril sulfato triptose das amostras de água submetidas a diferentes tratamentos.

Amostra	Resultado nos Tubos	Morfologia Bacteriana (Gram)
N1 – Natural Operário	5 Tubos positivos	Cocos e bacilos Gram negativos
N2 – Natural São Braz	4 tubos positivos, 1 negativo	Streptobacilos, bacilos e cocos Gram negativos
N3 – Natural C. Germano Naumann	4 tubos positivos, 1 negativo	Cocos e bacilos Gram negativos
N4 – Natural Controle (Torneira)	5 tubos negativos	Ausência de microrganismos
FV1 – Fervida Operário	Todos os tubos negativos	Ausência de microrganismos
FV2 – Fervida São Braz	Todos os tubos negativos	Ausência de microrganismos
FV3 – Fervida C. Germano Naumann	Todos os tubos negativos	Ausência de microrganismos
FV4 – Fervida Controle (Torneira)	Todos os tubos negativos	Ausência de microrganismos
F1 – Filtrada Operário	5 tubos positivos	Cocos e bacilos Gram negativos
F2 – Filtrada São Braz	4 tubos positivos, 1 negativo	Streptobacilos Gram negativos
F3 – Filtrada C. Germano Naumann	4 tubos positivos, 1 negativo	Cocos e bacilos Gram negativos
F4 – Filtrada Controle (Torneira)	5 Tubos negativos	Ausência de microrganismos
NaClO (1) – Operário	Todos os tubos negativos	Ausência de microrganismos
NaClO (2) – São Braz	Todos os tubos negativos	Ausência de microrganismos
NaClO (3) – C. Germano	Todos os tubos negativos	Ausência de microrganismos
NaClO (4) – Controle (Torneira)	Todos os tubos negativos	Ausência de microrganismos

Legenda: Resultados obtidos após incubação das amostras de água em caldo Lauril Sulfato. Foram analisadas amostras naturais, fervidas, filtradas e tratadas com NaClO, oriundas das nascentes Operário, São Braz, Carlos Germano Naumann e da torneira (controle). As análises microbiológicas consideraram o número de tubos positivos e a morfologia das bactérias coradas pelo método de Gram.

Fonte: Própria dos autores

Figura 3: Imagens de análise microscópica de lâminas coradas pela técnica de Gram, obtidas a partir de cultivos com crescimento bacteriano positivo, evidenciando predominância de cocos e bacilos Gram-negativos, incluindo formas organizadas em estreptobacilos. (A) Cocos e Bacilos Gram-negativos encontrados em meio de cultura da água da Nascente do bairro Operário (natural, sem filtração), objetiva de 100x em óleo de imersão. (B) Bacilos Gram-negativos encontrados em meio de cultura da água da Nascente do bairro Operário após filtração em filtro de barro, objetiva de 100x em óleo de imersão. (C) Bacilos Gram-negativos (estreptobacilos) observados em culturas da água da Nascente do bairro São Braz, tanto antes quanto após filtração em filtro de barro, objetiva de 100x em óleo de imersão. (D) Cocos e Bacilos gram-negativos observados em culturas da água natural da Nascente Bairro Carlos Germano Naumann. (E) Cocos e Bacilos Gram-negativos encontrados em meio de cultura da água filtrada da Nascente do Bairro Carlos Germano Naumann.



Fonte: Própria dos autores.

3.7 AVALIAÇÃO PARASITOLÓGICA DAS AMOSTRAS DE ÁGUA NÃO REVELA PRESENÇA DE PROTOZOÁRIOS INTESTINAIS

A investigação parasitológica, conduzida por centrifugação e leitura em objetiva de 40x, não detectou a presença de oocistos em nenhuma das amostras analisadas, sejam elas naturais, fervidas, filtradas ou tratadas com NaClO. Esses resultados indicam que, no período e condições amostradas, não houve evidência de contaminação parasitária por formas resistentes como cistos ou oocistos de protozoários intestinais (Tabela 7).

Tabela 7. Pesquisa de oocistos em amostras de água analisadas com objetiva de 40x

Amostra	Resultado para presença de oocistos
N1 – Natural Operário	-
N2 – Natural São Braz	-
N3 – Natural C. Germano	-
N4 – Natural Controle (Torneira)	-
FV1 – Fervida Operário	-
FV2 – Fervida São Braz	-
FV3 – Fervida C. Germano	-
FV4 – Fervida Controle (Torneira)	-
F1 – Filtrada Operário	-
F2 – Filtrada São Braz	-
F3 – Filtrada C. Germano	-
F4 – Filtrada Controle (Torneira)	-
NaClO ₂ (1) – Operário	-
NaClO ₂ (2) – São Braz	-
NaClO ₂ (3) – C. Germano	-
NaClO ₂ (4) – Controle (Torneira)	-

Legenda: Resultado da pesquisa de oocistos em amostras de água submetidas a diferentes tratamentos (natural, fervura, filtração e NaClO), provenientes das nascentes Operário, São Braz, Carlos Germano Naumann e da torneira (controle). A análise foi realizada em microscopia óptica com objetiva de 40x, e todas as amostras apresentaram resultado negativo para presença de oocistos.

Fonte: Própria dos autores

4 DISCUSSÃO

A qualidade da água é um fator determinante para a saúde pública, especialmente em comunidades que dependem de fontes naturais para abastecimento. Esse é o caso de diversas localidades de Colatina (ES), onde desde o rompimento da barragem de Fundão, a população passou a recorrer intensamente às nascentes naturais da região, muitas vezes utilizando a água sem qualquer tipo de tratamento prévio. Nesse cenário, torna-se indiscutível a avaliação da eficácia de métodos domiciliares de desinfecção acessíveis e de baixo custo. Assim, os achados deste estudo não apenas contribuem para a literatura científica sobre o tema, mas também oferecem subsídios práticos para ações de saúde pública e educação sanitária em comunidades expostas a riscos hídricos decorrentes de desastres ambientais. Os resultados deste estudo demonstram que métodos domiciliares simples, como

a fervura e a adição de NaClO, foram eficazes na desinfecção microbiológica das amostras analisadas, eliminando completamente coliformes totais, incluindo *E. coli* e microrganismos viáveis em cultura, nas amostras de água de diferentes nascentes. Por outro lado, o método de filtração domiciliar por filtros de cerâmica porosa, popularmente conhecido como filtro de barro, não apresentou tal eficácia satisfatória na completa eliminação microbiológica das águas analisadas, especialmente para coliformes totais e *E. coli*. Resultado semelhante foi observado por Oliveira de Jesus et al. (2023), que constataram que, mesmo após a filtragem, as amostras permaneceram positivas para coliformes totais e *E. coli*, indicando uma baixa capacidade de remoção desses microrganismos. Corroborando com esse achado, esse resultado também foi identificado no relatório técnico da FUNASA (Gusmão et al., 2005), o qual demonstrou que os filtros não foram capazes de eliminar completamente os coliformes totais, sendo frequentemente detectadas bactérias na água filtrada pelo filtro de barro, especialmente nos primeiros dias de uso. Resultado semelhante foi observado em uma pesquisa realizada no município de Corrente (Piauí), de acordo com Araujo (2019), observou-se que os filtros de barro apresentaram alterações microbiológicas em diversas amostras, mesmo após a filtragem, com predominância dos parâmetros coliformes totais. Essas evidências propõem que, apesar da ampla aceitação e uso popular dos filtros de barro no Brasil, sua eficácia microbiológica é limitada, reforçando a necessidade de outros métodos de desinfecção para garantir a potabilidade da água.

Por outro lado, diferentemente do que foi observado neste estudo, Azevedo et al. (2014) relatou que o uso de filtros de barro, tanto em arranjos simples quanto em arranjos combinados, resultou em uma redução de coliformes totais e *E. coli*. Os arranjos avaliados incluíam o uso isolado do filtro de barro, bem como sua associação com coadores de pano e sedimentação prévia em potes de barro. Embora esses sistemas tenham promovido diminuição considerável da carga microbiológica, não foram capazes de eliminar completamente os microrganismos indicadores de contaminação. Essa diferença em relação aos resultados obtidos neste trabalho, pode ser atribuída a diferentes fatores, como o tipo de água utilizada, o tempo e as condições de uso dos filtros ou o uso de técnicas conjuntas. Apesar dessa divergência, ambos os estudos reforçam a limitação dos filtros de barro utilizados isoladamente e indicam a importância da adoção de outros métodos eficazes de desinfecção para assegurar a potabilidade da água.

Em contraste, a desinfecção química por hipoclorito de sódio neste estudo demonstrou-se altamente eficaz na inativação de coliformes totais e *E. coli* em amostras de água, resultados esses plenamente compatíveis com os relatados por Oliveira de Jesus et al. (2023), que evidenciaram a eliminação completa da bactéria em amostras contaminadas submetidas a diferentes concentrações do

desinfetante. A literatura técnica reforça essa eficácia, especialmente quando são respeitados os critérios de concentração e tempo de contato definidos por órgãos oficiais de saúde pública.

O tratamento térmico por fervura apresentou, neste estudo, elevada eficácia na eliminação de coliformes totais e *E. coli*, alinhando-se ao que foi observado em investigações anteriores. A pesquisa de Oliveira de Jesus et al. (2023) evidenciou que a fervura da água por pelo menos três minutos foi suficiente para inativar completamente as cepas de *E. coli*, mesmo em elevadas concentrações. Essa abordagem, amplamente recomendada por agências de saúde pública, constitui um método acessível e eficaz, sobretudo em contextos emergenciais ou em locais desprovidos de infraestrutura sanitária adequada. Brown e Sobsey (2012) chegaram a conclusões semelhantes em um estudo extenso realizado no Camboja, no qual demonstraram que o método de ferver a água resultou em uma diminuição de cerca de 98,5% nos níveis de *E. coli*. Eles enfatizam que, quando executada corretamente, a fervura é uma defesa bastante eficaz contra os microrganismos que provocam enfermidades, sendo considerada uma das estratégias essenciais para a purificação da água destinada ao consumo humano.

Além dos resultados bacteriológicos e da identificação de coliformes, a análise microscópica das culturas revelou a presença de bacilos e cocos Gram-negativos, morfologias frequentemente associadas a enterobactérias de origem fecal, como *E. coli*, *Klebsiella* e *Enterobacter*. Esse achado evidencia não apenas a persistência de microrganismos viáveis mesmo após a filtração com filtro de barro, como também levanta preocupações quanto à possível presença de patógenos de maior complexidade. Estudos anteriores reforçam a importância desse tipo de avaliação microscópica. Freitas et al. (2015), por exemplo, identificaram a ocorrência recorrente de *Cryptosporidium spp.* e *Giardia spp.* no rio Beberibe (PE), ambos protozoários de origem fecal que, assim como as enterobactérias, são marcadores importantes de contaminação sanitária em águas superficiais. A presença desses patógenos em corpos hídricos utilizados como fonte de abastecimento demonstra que, mesmo em locais onde há algum tipo de tratamento, o risco de contaminação por microrganismos patogênicos permanece significativo, especialmente quando os métodos aplicados não incluem barreiras eficazes contra partículas com elevada resistência ambiental. Além disso, conforme descrito pela EPA (2005) na Metodologia 1623, tanto *Cryptosporidium* quanto *Giardia* podem escapar de sistemas convencionais de filtração devido ao seu pequeno tamanho e resistência a desinfetantes, o que reforça a importância do uso combinado de métodos físicos e químicos robustos, como os demonstrados neste estudo com hipoclorito de sódio e fervura.

Os valores de pH das amostras analisadas apresentaram aumento após a aplicação dos diferentes métodos de tratamento. Inicialmente, observou-se que as águas das nascentes Operário e São Braz, sem tratamento prévio, apresentaram valores abaixo do limite mínimo estabelecido pela

Portaria GM/MS nº 888/2021, que define como aceitável a faixa de 6,0 a 9,5 para água potável. Essa característica é frequentemente observada em águas subterrâneas e de nascentes, que tendem a apresentar pH mais ácido devido à presença de dióxido de carbono dissolvido, que reage com a água formando ácido carbônico, além da influência de solos ricos em matéria orgânica e processos naturais de decomposição, como descrito por Reginato et al. (2012) e Medeiros Filho (2009). Após a aplicação dos métodos de tratamento, foi observada uma elevação nos valores de pH, sendo esse efeito mais acentuado nos tratamentos com hipoclorito de sódio e, principalmente, na filtração com filtros de barro. Este comportamento pode ser explicado, na filtração, pela adsorção de íons hidrogênio na matriz cerâmica do filtro, além da possível liberação de minerais alcalinos, como cálcio e magnésio, provenientes da composição do próprio filtro, que atuam como agentes tamponantes, contribuindo para o aumento do pH (Silva; Almeida, 2000). O tratamento com hipoclorito de sódio também resultou na elevação dos valores de pH nas amostras analisadas. Esse comportamento é atribuído à dissociação do hipoclorito na água, processo pelo qual ocorre a formação de ácido hipocloroso (HOCl) e íon hipoclorito (OCl^-), além da liberação de íons hidroxila (OH^-), que são responsáveis pelo aumento da alcalinidade do meio. Esse fenômeno é descrito por Santos et al. (2019), que destacam que o aumento do pH é um efeito imediato e esperado após a aplicação de hipoclorito, devido à geração desses íons durante o processo de dissociação na água. Além disso, conforme observado por Souza et al. (2018), a elevação do pH ocorre rapidamente nos primeiros minutos após a adição do desinfetante, sendo um parâmetro que influencia diretamente a eficiência da cloração e a estabilidade do desinfetante na água. A fervura, por sua vez, apresentou efeito mais discreto na elevação do pH, porém ainda perceptível. Isso se deve à volatilização do dióxido de carbono dissolvido, que reduz a formação de ácido carbônico na água, tornando-a ligeiramente menos ácida, como também descrito por Medeiros Filho (2009).

Os valores de cor aparente das amostras analisadas apresentaram pouca variação entre os diferentes métodos de tratamento aplicados. Esse comportamento sugere uma baixa concentração de compostos orgânicos dissolvidos, argilas, sais metálicos e outras partículas responsáveis pela coloração da água, tanto nas amostras sem tratamento quanto nas tratadas. Na presente análise, mesmo após a aplicação de métodos como fervura, filtração e adição de hipoclorito de sódio, os valores de cor não apresentaram reduções expressivas, o que está alinhado com o achado de que a carga inicial de substâncias cromóforas na água já era baixa, limitando, portanto, o efeito visível dos processos de tratamento sobre esse parâmetro. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2020), que avaliaram a qualidade da água de poços rasos em uma comunidade rural de Minas Gerais e observaram valores de cor abaixo dos padrões máximos permitidos, com pouca variação entre as diferentes amostras coletadas. Os autores associaram esse comportamento às características geológicas

e hidrogeológicas locais, que não favorecem a presença de altos teores de matéria orgânica dissolvida e de partículas coloidais na água subterrânea.

Na análise da turbidez, os resultados demonstraram um aumento significativo após os processos de fervura e filtração, comportamento que — embora não seja amplamente documentado na literatura, e não se pode afirmar que foi o caso das análises em questões, visto que não foram analisados todos os parâmetros necessários para sustentar essa afirmação — pode ser explicado à base de fenômenos físico-químicos. No caso da fervura, esse aumento da turbidez pode estar associado à precipitação de sais minerais, especialmente carbonato de cálcio (CaCO_3). Durante o aquecimento da água, ocorre a decomposição do CaCO_3 , formando carbonato de cálcio sólido, dióxido de carbono e água. O CaCO_3 precipitado permanece em suspensão, contribuindo diretamente para o aumento da turbidez. Esse mecanismo foi documentado por Zeng et al. (2024), que relataram a formação de flóculos visíveis de CaCO_3 durante o processo de fervura, resultado da redução da solubilidade desse sal com o aumento da temperatura. Para o aumento da turbidez observado após a filtração com filtros de barro, o fenômeno pode ser atribuído à lixiviação do meio filtrante cerâmico, principalmente nas primeiras utilizações. Isso ocorre devido à liberação de partículas de argila, silicatos e outros materiais presentes na composição da vela cerâmica. Esse comportamento foi relatado por Oliveira (2021), que observou esse efeito em filtros utilizados com água de baixa mineralização, como águas de chuva e nascentes, cujas características físico-químicas favorecem a agressividade da água sobre o meio cerâmico, facilitando a liberação de partículas.

A turbidez é um parâmetro amplamente reconhecido como indicador indireto de risco microbiológico. Níveis elevados de turbidez estão diretamente relacionados à maior presença de partículas em suspensão — como argilas, sedimentos, matéria orgânica e detritos biológicos — que servem como vetores e ambientes de proteção para microrganismos patogênicos (EPA, 2021; Müller et al., 2022). Essas partículas proporcionam superfícies de adsorção e microambientes protegidos, dificultando a penetração e ação de agentes desinfetantes, como o cloro. A *Environmental Protection Agency* (EPA, 2021) destaca que a turbidez não se limita a representar um problema estético, mas tem implicações diretas na eficácia dos processos de desinfecção, podendo proteger microrganismos como bactérias, vírus e protozoários contra a inativação química. Portanto, os resultados deste estudo evidenciam a estreita relação entre a turbidez da água e a eficácia microbiológica dos métodos de tratamento analisados. Na análise dos resultados, observa-se que a ineficiência dos filtros cerâmicos na remoção microbiológica não pode ser dissociada dos elevados valores de turbidez registrados após a filtração. Conforme previamente discutido, o fato de o próprio filtro contribuir para o aumento da turbidez, possivelmente por meio da lixiviação do material cerâmico, agrava ainda mais sua limitação

microbiológica, uma vez que incrementa a quantidade de partículas capazes de proteger coliformes presentes na água, como também relatado em estudos anteriores (Oliveira, 2021; LeChevallier et al., 1981). Essa correlação direta entre turbidez e risco microbiológico é um conceito amplamente consolidado nas normativas internacionais e nacionais. Tanto a Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021) quanto às Diretrizes da EPA (EPA, 2004) e da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017) estabelecem limites de turbidez não apenas por critérios estéticos, mas, sobretudo, como parâmetro crítico de controle de risco sanitário. Níveis elevados de turbidez são reconhecidos como indicadores diretos de falha nos processos de remoção de patógenos, seja pela ineficiência de etapas de filtração, seja pela redução da eficiência dos processos de desinfecção subsequentes.

Similarmente, a cloração com NaClO mostrou-se um método de desinfecção altamente eficiente neste trabalho. A aplicação de NaClO na água resulta na formação das espécies químicas ácido hipocloroso (HOCl) e íon hipoclorito (OCl⁻), cuja soma constitui o cloro residual livre, responsável pela ação desinfetante (FUNASA, 2014; ACQUABLOG, 2023). A legislação brasileira, por meio da Portaria GM/MS nº 888/2021, exige a manutenção de um teor mínimo desse cloro residual livre na rede de distribuição (tipicamente 0,2 mg/L) para garantir a proteção contra recontaminações (Brasil, 2021). Contudo, a simples adição de NaClO não garante automaticamente a presença desse residual protetor ao longo do tempo; a dose inicial aplicada deve ser suficiente para reagir com a matéria orgânica e outras substâncias presentes na água (demanda de cloro) e ainda assim manter a concentração residual desejada após o tempo de contato necessário (Brasil, 2006; Handa, 2016). Fatores como pH, temperatura, e a qualidade da água bruta influenciam significativamente o consumo de cloro e a estabilidade do cloro residual, exigindo monitoramento e controle adequados para assegurar a eficácia contínua da desinfecção (MICROAMBIENTAL, 2020; Brasil, 2006).

5 CONCLUSÕES

Com base nos achados experimentais, analisados à luz da literatura técnica e das normas sanitárias, é nítido que o uso isolado de filtros cerâmicos não foi suficiente para garantir a segurança microbiológica da água nas condições avaliadas. Sua limitada capacidade de remoção de microrganismos, somada ao aumento da turbidez observado após a filtração, compromete sua eficácia como barreira sanitária, tornando-o inadequado como único método de tratamento, sobretudo em contextos de maior risco microbiológico.

Sob outra perspectiva, a fervura e a cloração com hipoclorito de sódio mostraram-se métodos de desinfecção altamente eficazes na eliminação de coliformes totais, *Escherichia coli* e microrganismos viáveis em cultura, independentemente da qualidade inicial da água. Esses métodos,

além de fácil acesso e de baixo custo, mantiveram estabilidade nos parâmetros físico-químicos analisados, sem comprometer a potabilidade. Vale ressaltar, que nenhuma das amostras analisadas apresentou contaminação parasitológica durante o período do estudo.

Portanto, para assegurar a potabilidade, especialmente com fontes de água de qualidade incerta ou variável, recomenda-se fortemente a adoção de uma etapa de desinfecção eficaz, como a fervura ou a cloração adequada, possivelmente combinada com pré-tratamento para redução da turbidez, se necessário, configurando uma abordagem de múltiplas barreiras. Essa abordagem, alinhada ao conceito de múltiplas barreiras, contribui de maneira crucial para a redução de riscos sanitários e a promoção da saúde pública em comunidades que dependem de fontes alternativas de abastecimento.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. P. Análise da qualidade da água do abastecimento público do município de Santa Maria da Vitória – BA. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 6, n. 10, p. 101-117, 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharias/qualidade-da-agua>. Acesso em: 3 jun. 2025.

ARAÚJO, Eugenice Pereira de. Eficiência do uso de filtros de barro para o tratamento da água utilizada para consumo humano em residência de Corrente, PI. 2019. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Instituto Federal do Piauí) - Campus Corrente, Corrente, 2019. Disponível em: <http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/171>.

AZEVEDO, R. C. M. de. Uso de tecnologias sociais para adequação da qualidade da água armazenada em cisternas para consumo humano. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/14995>.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 85, p. 88-103, 5 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, ano 159, n. 85, p. 129, 7 maio 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 25 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Filtros domésticos: avaliação de sua eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos. Recife: Fundação Nacional de Saúde, 2005. Relatório final. Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento. Coordenador: Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão.

DE JESUS, Francisca Oliveira de et al. Eficácia das medidas domiciliares de desinfecção da água para consumo humano: enfoque para o contexto de Santarém, Pará, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 39, n. 2, e00205322, 2023. DOI: 10.1590/0102-311XPT205322. Disponível em: <https://cadernos.ensp.fiocruz.br/>.

BROWN, J.; SOBSEY, M. D. Boiling as household water treatment in Cambodia: a longitudinal study of boiling practice and microbiological effectiveness. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, v. 87, n. 3, p. 394-398, 2012. DOI: 10.4269/ajtmh.2012.11-0715.

DI LEO, M.; DI BERNARDO, L. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 158-171, 1995. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/pQy9fHxmbtW7Jx7BkxNjtp/>. Acesso em: 25 maio 2025.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Turbidity – Parameter Factsheet. Washington, 2021. Disponível em: https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/parameter-factsheet_turbidity.pdf. Acesso em: 24 maio 2025.

FONSECA, Eliny Rodrigues. Análise das estimativas de precipitação baseadas em satélites para estudo de eventos extremos na Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba/MG. 2021. 97 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2021. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/profagua/dissertacoesdefendidas/dissertacao-eliny-rodrigues-fonseca.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

FONSECA, J. A. M.; CAMPOS, M. L. O.; MOURA, J. R. S. Avaliação da qualidade da água de nascentes em áreas rurais e sua adequação aos parâmetros de potabilidade. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 16, n. 5, e2717, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/WD8dQTLFLX3n7jq9ZnQftnD/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2025.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades. [Brasília, DF]: FUNASA, [s.d.]. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualdecloracaodeaguaempequenascomunidades.pdf. Acesso em: 25 maio 2025.

FUNASA. Filtros domésticos: avaliação de sua eficácia e aplicabilidade no tratamento de água para consumo humano. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/documents/20182/275000/%5B12%5D-2419351_Documento_FILTROS_DOMESTICOS__avaliacao_de_sua_eficacia.pdf. Acesso em: 24 maio 2025.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua2ed.pdf. Acesso em: 3 jun. 2025.

GEISSLER, K. et al. Quantitative determination of total coliforms and *Escherichia coli* in marine waters with chromogenic and fluorogenic media. *Journal of Applied Microbiology*, v. 88, n. 2, p. 280-285, 2000.

HANDA, Rosangela Mitiyo. Avaliação da eficiência da desinfecção de água para consumo humano com hipoclorito de sódio gerado in loco. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/46497/R%20-%20D%20-%20ROSANGELA%20MITIYO%20HANDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 maio 2025.

MANAFI, M.; KNEIFEL, W. A combined chromogenic-fluorogenic medium for the simultaneous detection of coliform groups and *Escherichia coli* in water. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin*, v. 189, n. 3, p. 225-234, 1989.

MEDEIROS FILHO, J. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação da qualidade da água para consumo humano. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 70-83, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/q6YqwDvZ5ctjNMYs3fzD8bg/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Fundação Nacional de Saúde. Departamento de Engenharia de Saúde Pública. Filtros domésticos: avaliação de sua eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos – relatório final. Coord. Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão. Recife: Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 5 maio 2021.

MOURA, J. R. S. et al. Avaliação da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de nascentes em microbacias hidrográficas. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 15, n. 6, e2580, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/VFQrtXJLbbdxJvyyD4xRnTj/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2025.

MÜLLER, A. L. C. et al. Análise físico-química e microbiológica da água subterrânea em poços do bairro Lomba Grande, município de Novo Hamburgo-RS. *Águas Subterrâneas*, v. 36, n. 4, p. 323-334, 2022. Disponível em:
<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/30182/19466/112220>. Acesso em: 24 maio 2025.

MOURA, Romário Wanderson Martins de; COUTO, Eduardo de Aguiar do; FREITAS, Ana Carolina Vasques. Impacto das mudanças climáticas na qualidade da água na Bacia do Rio Piracicaba/MG. In: SEMINÁRIO NACIONAL DO PROFÁGUA, 4., 2022, Brasília. Anais [...]. Brasília, DF: ANA, 2022. p. 1-3. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/profagua/romario-wanderson-martins-de-moura_resumo-expandido---seminarios-ii.pdf. Acesso em: 25 maio 2025.

OLIVEIRA DE JESUS, F. et al. Eficácia das medidas domiciliares de desinfecção da água para consumo humano: enfoque para o contexto de Santarém, Pará, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 39, n. 1, e00010222, 2023. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/csp/a/ptzxTcC5tycHkX7SjFJr3jw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 maio 2025.

OLIVEIRA, M. de. Filtros lentos domiciliares para tratamento de água da chuva: avaliação da remoção de *Escherichia coli* e de parâmetros físico-químicos. 2021. 148 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. DOI: 10.11606/D.18.2021.tde-06082021-184244. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-06082021-184244/>.

REGINATO, P. A. R. et al. Caracterização hidrogeológica e hidroquímica do aquífero livre do manto de alteração da Formação Serra Geral, na bacia hidrográfica Taquari-Antas, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 143-162, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/fzWVbyQ7fYWmCFSvRCDNvCt/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2025.

SILVA, M. C. S.; ALMEIDA, M. F. Avaliação de filtros domésticos comerciais para purificação de água. *Química Nova*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 58-61, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/cnq37wvWd9DhdghfD69TnqC/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2025.

SILVA, L. O. et al. Avaliação da qualidade da água de poços rasos na comunidade rural de Olho D'água dos Pires, município de Tabuleiro – MG. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 15, n. 3, p. 1-17, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/j7V9Y7pGFnf6kGcZFz8sKzJ/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2025.

SANTOS, A. A. et al. Avaliação do uso de cloro na desinfecção de águas e sua influência nos parâmetros físico-químicos. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 237-244, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/XQmht9QqH9bF7yPqX3JY4Pp/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2025.

SOUZA, B. P. et al. Degradação parcial de 17 β -estradiol por cloração aplicada ao tratamento de água: influência do pH. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 207-216, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/6xWnZ3bDhFgnhkVVK5WtqgN/?lang=pt>. Acesso em: 24 maio 2025.

SALES, A. C. R. et al. Avaliação da qualidade da água utilizada para consumo humano em comunidades rurais do município de Beberibe, Ceará. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 35, n. 12, e00032119, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/ptzxTcC5tycHkX7SjFJr3jw/>. Acesso em: 3 jun. 2025.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Guidance Manual for Compliance with the Surface Water Treatment Rules: Turbidity Provisions. EPA 815-R-04-007. Washington, DC: EPA, 2004 (Updated June 2020). Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-06/documents/swtr_turbidity_gm_final_508.pdf. Acesso em: 25 maio 2025.

VOGEL, Natália. Filtros cerâmicos à base de argila, com reciclagem de vidro e adição de agente porogênico, destinados à remoção de microplásticos. 2021. 101 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia e Engenharia de Materiais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Caxias do Sul, 2021. Disponível em: <https://dspace.ifrs.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1940/1234567891940.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 maio 2025.

ZENG, Y. et al. Drinking boiled tap water reduces human intake of nanoplastics and microplastics. *Environmental Science & Technology Letters*, v. 11, n. 3, p. 273-279, 2024. DOI: 10.1021/acs.estlett.4c00081. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.4c00081>.