



Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Geografia, Geociências e Saúde Coletiva IGESC
Pós-graduação em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador PPGSAT
Mestrado Profissional em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador



FARLEY FABIANO RIBEIRO SILVA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM POÇOS
ARTESIANOS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO E CONSUMO HUMANO EM
ESCOLAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA**

UBERLÂNDIA

2024

FARLEY FABIANO RIBEIRO SILVA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM POÇOS
ARTESIANOS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO E CONSUMO HUMANO EM
ESCOLAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós- Graduação Mestrado Profissional em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador do Instituto de Geografia, Geociências e Saúde Coletiva da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito obrigatório para obtenção do título de Mestre.

Linha de Pesquisa: Saúde ambiental

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Karine Rezende de Oliveira

UBERLÂNDIA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586a
2024 Silva, Farley Fabiano Ribeiro, 1982-
 Análise da eficiência do tratamento de água em poços artesianos para
 o abastecimento público e consumo humano em escolas rurais do
 município de uberlândia [recurso eletrônico] / Farley Fabiano Ribeiro
 Silva. - 2024.

Orientadora: Karine Rezende de Oliveira.

Dissertação (Mestrado profissional) - Universidade Federal de
Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Saúde Ambiental e Saúde do
Trabalhador.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5506>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Saude ambiental. 2. Água - Qualidade. 3. Parasitologia. 4. Escolas
rurais. I. Oliveira, Karine Rezende de, 1978-, (Orient.). II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Saúde Ambiental
e Saúde do Trabalhador. III. Título.

CDU: 614:574

Rejâne Maria da Silva
Bibliotecária-Documentalista – CRB6/1925



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Saúde Ambiental
e Saúde do Trabalhador

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 3E, Sala 128 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG,
CEP 38400-902

Telefone: 34-3239-4591 - www.ppgat.ig.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Profissional PPGSAT				
Data:	04/12/2024	Hora de início:	14h:20	Hora de encerramento:	16h:20
Matrícula do Discente:	12312GST013				
Nome do Discente:	Farley Fabiano Ribeiro Silva				
Título do Trabalho:	ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM POÇOS ARTESIANOS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO E CONSUMO HUMANO EM ESCOLAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA				
Área de concentração:	Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador				
Linha de pesquisa:	Saúde Ambiental				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se em web conferência, em conformidade com a PORTARIA Nº 36, DE 19 DE MARÇO DE 2020 da COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES, pela Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, assim composta: Professores(as) Doutores(as):

Nome completo	Departamento/Faculdade de origem
João Carlos de Oliveira	ESTES/UFU
Weberson Pereira da Silva	Núcleo de produção de água potável- ETA Bom Jardim/DMAE
Karine Rezende de Oliveira (Orientadora do candidato)	ICENP/UFU

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Dra. Karine Rezende de Oliveira apresentou a Comissão Examinadora o candidato, agradeceu a presença do público e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

APROVADO

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Weberson Pereira da Silva, Usuário Externo**, em 05/12/2024, às 09:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Carlos de Oliveira, Professor(a) do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**, em 05/12/2024, às 11:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Karine Rezende De Oliveira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/12/2024, às 20:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5870035** e o código CRC **79C9EB07**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores e colaboradores do Programa de Mestrado Profissional em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador da Universidade Federal de Uberlândia e de maneira muito especial a minha orientadora a Profa. Karine Rezende de Oliveira, pela paciência e parceria na realização desse trabalho e por ter me fornecido as diretrizes essenciais para percorrer essa jornada tão importante e concluir mais essa etapa da minha vida profissional e pessoal.

Aos meus familiares, principalmente os meus pais, Getúlio Alves da Silva e Antônia Aparecida Ribeiro da Silva, que apesar de todas as dificuldades sempre me deram o essencial para estudar e acima de tudo sempre foram os meus exemplos de superação e minha referência no que diz respeito a valores essenciais para se ter uma vida digna e honesta, aos meus irmãos Wagner Ribeiro da Silva e Cristina Ribeiro da Silva que mesmo a distância, sempre me incentivaram e a minha querida sobrinha e afilhada, Mariana Ribeiro Diniz que com a ternura do seu sorriso sincero e inocente me alegrava a alma e renovava o ânimo.

Agradeço ao companheiro de todas as horas, José Bonifácio Vaz, pela paciência, incentivo e por acreditar na minha capacidade de vencer esse desafio, foram muitos os momentos em que pensei em desistir e desabafando com ele, renovei forças para continuar a luta.

Aos colegas do mestrado, de forma muito especial as amigas Bruna Domingos Peres e Francisca Bárbara Gomes da Silva, pelo apoio mútuo e por compartilhar comigo cada momento dessa empreitada. Obrigado meninas.

E aos colegas do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) que deram contribuições valiosas na realização desse trabalho, quero destacar aqui o Vanderley Magalhães e a querida amiga Regilaine da Cunha Duarte Garcia que na ausência de palavras que possam expressar com fidelidade a minha gratidão, deixo o meu sincero obrigado.

RESUMO

Introdução: A água é constituinte primários de todos os seres vivos e elemento fundamental para a sobrevivência das espécies, considerando esses fatores são estabelecidos pela legislação brasileira e pela Organização Mundial da Saúde padrões rígidos quanto à qualidade da água, que estabelece critérios de classificação quanto às suas características físico-químicas.

Objetivo: Neste sentido, este estudo teve como objetivo analisar a eficiência do tratamento de água proveniente de poços artesianos em escolas rurais do município de Uberlândia, do ponto de vista da potabilidade para consumo humano e sustentabilidade a fim de garantir a preservação ambiental do manancial subterrâneo. **Metodologia:** Para isso foram realizadas coletas periódicas em quatro escolas municipais, localizadas na zona rural do município de Uberlândia, em que foram analisadas as seguintes características: cor aparente, cloro residual, fluoreto, pH, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli*, temperatura e análise parasitológica, além disso foi aplicado um questionário para caracterização dos locais de coleta. **Resultados e Discussão:** De maneira geral, as análises físico-químicas-microbiológicas estavam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, o que demonstra a efetividade no tratamento da água dos poços artesianos fornecidos às escolas na zona rural, entretanto, evidenciou-se a presença do parasito *E. nana* em determinadas amostras, evidenciando assim deficiências e risco de contaminação principalmente em estruturas internas como encanamentos, bebedouros, reservatórios e caixas d'água. A presença de *E. nana* pode ser um importante marcador de exposição a contaminantes fecais e indicar a presença de outros organismos patogênicos. **Conclusão:** Mesmo dentro dos padrões de qualidade da água notou-se a presença de parasitas o que indica a necessidade de realizar este tipo de monitoramento em escolas da zona rural, devido a presença de chiqueiros, gados entre outros, no local o que propicia a proliferação deste tipo de parasita.

Palavra-chave: Qualidade da água, Parasitologia, Instituição escolar, *Endolimax nana*.

ABSTRACT

Introduction: Water is a primary component of all living beings and a fundamental element for the survival of species. Considering these factors, strict standards regarding water quality are established by Brazilian legislation and the World Health Organization, defining criteria for classification based on its physical and chemical characteristics. **Objective:** This study aimed to analyze the efficiency of water treatment from artesian wells in rural schools in the municipality of Uberlândia, focusing on potability for human consumption and sustainability to ensure the environmental preservation of the underground water source. **Methodology:** Periodic collections were conducted at four municipal schools located in the rural area of Uberlândia. The following parameters were analyzed: apparent color, residual chlorine, fluoride, pH, turbidity, total coliforms, *Escherichia coli*, temperature, and parasitological analysis. Additionally, a questionnaire was applied to characterize the sampling sites. **Results and Discussion:** Overall, the physicochemical and microbiological analyses met the standards established by Brazilian legislation, demonstrating the effectiveness of water treatment from the artesian wells supplying the rural schools. However, the parasite *Endolimax nana* was detected in certain samples, revealing deficiencies and contamination risks, particularly in internal structures such as pipelines, drinking fountains, reservoirs, and water tanks. The presence of *E. nana* can be an important marker of exposure to fecal contaminants and may indicate the presence of other pathogenic organisms. **Conclusion:** Despite compliance with water quality standards, the presence of parasites highlights the need for this type of monitoring in rural schools. The proximity of pigsties, cattle, and other potential contamination sources in these areas fosters the proliferation of such parasites.

Keywords: Water quality, Parasitology, School institution, *Endolimax nana*.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. Contaminação e saúde pública.....	10
2.2.Regulamentos para controle de qualidade.....	11
2.3.Contaminantes microbiológicos.....	12
2.4.Contaminantes bacterianos	13
2.5.Contaminação por protozoários intestinais.....	14
3. METODOLOGIA	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 ARTIGO ORIGINAL	
4.2 RELATÓRIO TÉCNICO	
5. CONCLUSÕES.....	48
6. REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICE I. QUESTIONÁRIO PROFISSIONAL DMAE	56
APÊNDICE II. CONTROLE E AVALIAÇÃO PARASITOLÓGICA DAS AMOSTRAS.....	57
APÊNDICE III. PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	59
APÊNDICE IV. ARTIGO ORIGINAL.....	62
APÊNDICE V. RELATÓRIO TÉCNICO	88

1. INTRODUÇÃO

A água que está presente na constituição da maioria dos organismos vivos, sendo assim, de grande importância para a manutenção da vida, é o principal solvente inorgânico na natureza, possibilita a ocorrência de inúmeras reações químicas, além de ser o principal constituinte dos tecidos no ser humano e responsável pelo transporte de nutrientes e outras substâncias vitais. É utilizada em diversas atividades como: transporte de pessoas e bens, geração de energia, produção e processamento de alimentos, diversos processos industriais e recreação, dentre os usos múltiplos da água observa-se a de receptora de esgoto, seja industrial ou doméstico, o que torna este último potencialmente uma das aplicações menos nobres desse importante recurso (Mierzwa, 2005).

Em decorrência da crescente demanda dos países em desenvolvimento e das economias emergentes, têm-se observado um aumento exponencial do uso da água no mundo. Tal comportamento tem sido impelido pelo crescimento populacional, pelo desenvolvimento socioeconômico e pela elevação dos padrões de consumo. No Brasil a agricultura é a atividade que mais utiliza água, representando cerca de 70% das extrações anuais a nível global, seguida pela indústria com 20% e pelo consumo familiar com 10% (SNIS 2021).

Com o aumento da produção industrial e dos efeitos colaterais dessas atividades, é possível observar, mais precisamente nas últimas décadas, alterações bruscas no ciclo hidrológico, as estações chuvosas tornaram-se mais irregulares e as precipitações mais escassas, colocando o mundo a beira de uma crise hídrica resultantes dessas atividades.

De acordo com o SNIS (2021), entre os anos de 2012 a 2017, a redução do índice de chuvas comprometeu significativamente o volume dos reservatórios no Brasil. Na cidade de São Paulo, em 2014, houve a necessidade de se utilizar o “volume morto” do Sistema Cantareira” em decorrência da crise, para manter o abastecimento de água no período mais crítico da seca (Brasil, 2017). Já no ano de 2016, no mês de dezembro, mais de cem cidades do Nordeste Setentrional, com uma população total de aproximadamente um milhão e meio de habitantes encontravam-se em colapso de abastecimento e mais de oitocentos municípios eram abastecidos por carros-pipa (Brasil, 2019).

A lei 9433/97 “Da Política Nacional de Recursos Hídricos”, estabelece que a água é um bem de domínio público, logo, é de suma importância a busca incessante de medidas preventivas dentro da política nacional de recursos hídricos por parte dos órgãos governamentais, dos comitês de bacias e demais autoridades competentes, que garantam o fornecimento de água de forma eficiente e sustentável, bem como, a segurança dos mananciais e nascentes que possibilitam diversas atividades econômicas com base nos usos múltiplos da água, sobretudo, de forma prioritária para o abastecimento público (BRASIL, 2020).

Com base nesta perspectiva, os sistemas alternativos de abastecimento de água devem ser acompanhados e avaliados acerca de sua eficiência, viabilidade econômica e segurança para a saúde, bem como dos impactos que essas atividades podem gerar ao meio ambiente, mais precisamente nas fontes hídricas de onde a água é captada.

De modo geral os sistemas de tratamento de água alternativos coletivos, adotados nas escolas rurais do município de Uberlândia, são relativamente simples, isto porque, a captação ocorre em mananciais subterrâneos, por meio de poços artesianos. Na maioria dos casos, as águas subterrâneas são mais limpas que as superficiais, e os aquíferos são protegidos por centenas de metros de rocha e não requerem o mesmo nível de tratamento para o consumo humano (Paludo, 2010). A água então é bombeada para a superfície também com auxílio de um conjunto motobomba e direcionada geralmente a um tratamento simplificado (SNIS, 2021).

Contudo, estes corpos hídricos não estão isentos de riscos de contaminantes químicos e biológicos, principalmente quando não há um manejo correto do solo em virtude das atividades agrícolas ou na ausência de esgotamento sanitário adequado. As causas da poluição de aquíferos estão relacionadas a diversos fatores ligados às atividades antrópicas. Em áreas sem sistemas de tratamento de esgoto, a poluição por esgoto doméstico ocorre com altas concentrações de produtos químicos, incluindo alguns metais pesados e concentrações variadas de microrganismos patogênicos (Schmidt, 2006).

Em áreas agrícolas, é comum o uso de fertilizantes inorgânicos e orgânicos para corrigir solos pobres em nutrientes. Esses produtos são ricos em compostos de sais e nitrogênio que fluem pela água de infiltração e atingem os aquíferos. O manuseio inadequado do esterco animal também representa um risco, pois substâncias nocivas são introduzidas na água, principalmente sulfeto de hidrogênio, amônia e matéria orgânica (Fellenberg, 2003). Logo, aponta-se como questão norteadora: O tratamento de água em poços artesianos para o abastecimento público e consumo humano em escolas rurais do município de Uberlândia é eficiente?

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo analisar a eficiência do tratamento de água proveniente de poços artesianos em escolas rurais do município de Uberlândia, com base nas normas de potabilidade para consumo humano.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Contaminação e saúde pública

A água é uma substância inorgânica de imensa importância na manutenção da vida na Terra, carecendo tanto de cor quanto de odor (Bacci; Pataca, 2008). Para os humanos, é reconhecido como um dos nutrientes fundamentais, sendo o principal constituinte das células e um solvente biológico ubíquo, participando de todos os processos químicos dentro da forma humana. A água compõe quase dois terços do corpo humano, estando presente em cerca de 98% dos diversos seres aquáticos, vegetais, frutas e folhas verdes (Libânio, 2010).

Embora amplamente disponível, muitos ainda enfrentam a falta de água potável que atenda aos padrões de qualidade exigidos. A poluição da água, intensificada após a Segunda Guerra Mundial devido à urbanização e industrialização, provém de fontes como resíduos industriais e domésticos, escoamento urbano e agrícola, e deposição atmosférica. Essa contaminação transforma a água em um vetor de doenças, contendo patógenos como bactérias, vírus e parasitas. Além disso, poluentes como metais traço e pesticidas envenenam a cadeia alimentar por biomagnificação, afetando gravemente os ecossistemas (Pierzynski et al., 1994; Sparks, 1995).

Conforme constatado por Razzolini e Gunther (2008), o estado do saneamento básico está diretamente relacionado com a qualidade tanto do meio ambiente quanto da saúde humana. Em situações de inexistência ou inadequação de sistemas de esgotamento sanitário, os resíduos (sólidos e líquidos) são dispostos a céu aberto. Isso leva a um aumento populacional de insetos e roedores, que se tornam vetores de contaminação e espalham poluentes para fontes e reservatórios de água, resultando na proliferação de doenças infecciosas.

Desde 2013, a Organização das Nações Unidas (ONU) relata que existem mais de 7 bilhões de pessoas vivendo neste planeta. Surpreendentemente, 40% da população, que chega a 2,6 bilhões de indivíduos, não têm acesso ao esgotamento sanitário. Todos os anos, impressionantes 200 milhões de toneladas de dejetos humanos são despejados em rios e lagos, resultando em consequências devastadoras. Tragicamente, as mortes por doenças transmitidas pela água, como tifo, cólera e diarreia, afetam principalmente as crianças.

Segundo pesquisa realizada pelo IBGE (2010), apenas 78,6% da população brasileira tem acesso à água tratada. A falta de acesso à água tratada, aliada ao saneamento básico inadequado, pode ameaçar a saúde, o bem-estar e a qualidade de vida geral da população, além de contribuir para a deterioração do meio ambiente. Nas áreas rurais, a responsabilidade

pelo monitoramento dos sistemas alternativos de abastecimento de água recai sobre os próprios usuários, que muitas vezes são inexperientes ou nunca foram educados sobre a importância de fiscalizar a água destinada ao consumo humano.

As doenças transmitidas pela água representam uma ameaça maior para as áreas rurais, onde a contaminação bacteriana da água é mais aparente. Isso se deve principalmente ao fato de que a água é captada de poços geralmente antigos, estruturalmente comprometidos com o passar do tempo, e muitas vezes carecem de manutenção e vedação adequadas. Além disso, esses poços estão localizados próximos a fontes de contaminação, como fossas sépticas e áreas de pastagem, levando à poluição hídrica localizada (Stukel et al., 1990; Rigobelo et al., 2009). No caso das escolas rurais, muitas crianças sofrem de doenças persistentes causadas pela má qualidade da água disponível para consumo, o que tem um impacto profundo no seu direito à educação, qualidade de vida, engajamento social e muito mais.

A saúde ambiental abrange mais do que apenas o bem-estar do meio ambiente, mas também inclui a saúde dos aspectos socioeconômicos, culturais e psicológicos de nosso entorno. O meio ambiente, de fato, desempenha um papel crucial na saúde humana, pois é produto da produção social. Assim, os determinantes sociais da saúde podem ser entendidos como os espaços físicos e sociais em que as pessoas residem, trabalham e praticam atividades de lazer, bem como as rotas que conectam esses espaços. Assim, considerações sobre saúde ambiental são parte integrante das discussões sobre qualidade de vida (Lima, 2013).

De acordo com a pesquisa de Almeida et al. (2001), a adequação das águas superficiais para consumo humano em regiões rurais está intimamente ligada a múltiplos fatores. A ocupação do solo e a conversão de ecossistemas naturais em terras agrícolas, bem como o uso desregulado de defensivos e fertilizantes impactam a qualidade da água. Além disso, a ausência de tratamento de dejetos animais e humanos também pode contribuir para a queda da qualidade da água.

2.2. Regulamentos para controle de qualidade

A pesquisa será realizada tendo como embasamento teórico as legislações citadas acima, qual seja a Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe os procedimentos para tratamento e controle de qualidade da água para consumo humano, bem como Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008, que classifica as águas doces, salobras e salinas bem como os seus níveis de qualidade, avaliados por indicadores e parâmetros específicos, de modo a assegurar seus usos múltiplos e de acordo com a sua

finalidade.

A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, dispõe que os responsáveis pela solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC), estabeleça planos de amostragem para a coleta de amostras de água destinadas ao abastecimento público, na saída do tratamento e também na rede de distribuição, além de dispor sobre o quantitativo de ensaios físico-químicos e microbiológicos a serem realizados, que serão calculados de acordo com o parâmetro de interesse, considerando ainda o número de habitantes que serão abastecidos pelo sistema alternativo de tratamento de água.

Além das Portarias citadas acima serão analisados laudos e relatórios técnicos provenientes das estações de tratamento sobre a qualidade da água dos poços, que atestam a eficiência do tratamento utilizado, visto que, tais documentos, por serem de interesse público estão disponibilizados pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto para consulta pública. Estes dados serão confrontados com documentos que atestam a capacidade de produção de água do poço, como o volume outorgado, testes de vazão, além de outros relatórios técnicos e ambientais que indiquem o nível de segurança do poço e a preservação da fonte hídrica.

Sob essa ótica, com base na consulta a outras obras e autores, tais como o Standard Methods for the Examinations of Water and Wasterwater, a NBR ISO/IEC 17025, entre outros. Esse estudo verificará as possíveis deficiências nos sistemas de tratamento de água empregados nas escolas rurais, permitindo assim realizar apontamentos sobre melhorias que contribuirão para a eficiência e sustentabilidade do tratamento além da viabilidade do empreendimento aos cofres públicos.

2.3. Contaminantes microbiológicos

O consumo de água com impurezas, entre outros fatores contribuintes, tem sido apontado como a principal causa de 80% das doenças que atingem a população em geral, sendo responsável por mais de um terço das mortes nos países em desenvolvimento. Além disso, uma pessoa perde em média 10% do seu tempo de trabalho devido a doenças relacionadas à água, como resultado direto da ausência de serviços de saneamento (Moraes; Jordão, 2002). As principais doenças que resultam do consumo de água não potável incluem Leptospirose, Giardíase, Amebíase, Diarréia Infecciosa, Esquistossomose, Ascaridíase, Cólera, Febre Tifoide e Hepatite A (Godecke; Decker, 2014).

Os recursos hídricos podem ser contaminados por matéria orgânica biodegradável, como efluentes industriais e sanitários, com alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5).

Essa contaminação leva à proliferação de bactérias que servem para estabilizar ou quebrar a matéria orgânica depositada. No entanto, esse processo reduz o oxigênio dissolvido nesses corpos de água, o que pode resultar em condições anaeróbicas. Isso pode causar a morte de organismos aeróbicos, incluindo peixes, ao mesmo tempo em que dissolve vários compostos químicos e aumenta a toxicidade de certos elementos. Além disso, condições anaeróbicas geram gases fétidos que causam odores desagradáveis e problemas estéticos (Brasil, 2006).

2.4. Contaminantes bacterianos

Microrganismos patogênicos são os poluentes mais preocupantes das fontes de água, especialmente em países em desenvolvimento, devido aos graves problemas de saúde pública que causam. A contaminação por excrementos animais e humanos torna os mananciais impróprios para consumo, facilitando a transmissão de doenças por vias como ingestão, higiene, agricultura e recreação. Bactérias como os coliformes, especialmente *E. coli*, podem causar enterites, diarreias infantis e epidemias, representando sérios riscos à saúde (Brasil, 2014).

Os coliformes totais são um grupo de bactérias conhecidas por sua capacidade de fermentar a lactose, produzindo ácidos, aldeídos e gás a 35°C em um período de 24 a 48 horas. Os gêneros bacterianos que se enquadram nessa classificação incluem *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Os coliformes fecais, ou coliformes termotolerantes, são um subgrupo dos coliformes totais com capacidade de fermentar a lactose a uma temperatura de 44-45°C ($\pm 0,2$) em 24 horas. Entre as principais espécies desse grupo está a *Escherichia coli*, que tem origem exclusivamente fecal (Santos; Silva; Rezende. 2014).

Não é incomum que os sintomas de doenças transmitidas por alimentos, como vômitos, dores de cabeça e diarreia, sejam causados por vários tipos de microorganismos. Isso se deve ao fato de que, durante a produção de alimentos, vários contaminantes podem ser introduzidos se não forem tomadas as devidas precauções. Esses contaminantes podem incluir mãos, superfícies de preparo, armazenamento inadequado e água contaminada (Silva; Rebouças; Mendonça, 2022).

Após o nascimento, mamíferos e aves são colonizados por bactérias *Escherichia coli* em seus intestinos, que se tornam parte de sua microbiota entérica. Embora a maioria das cepas não seja patogênica, várias cepas têm sido associadas a uma série de doenças humanas e animais. Surto graves de doenças transmitidas por alimentos foram rastreados até *E. coli* enterohemorrágica. Algumas cepas de *E. coli* enterohemorrágica têm a capacidade de produzir

toxinas Shigalike, que podem causar danos às células epiteliais ao se ligarem a múltiplos receptores localizados nas células endoteliais renais e nas vilosidades intestinais. Uma vez incorporada a toxina, ela se liga ao RNA ribossômico, interrompendo a síntese de proteínas. Em última análise, isso leva à destruição das vilosidades, o que resulta em redução da absorção e aumento da secreção de fluidos. Além disso, há uma diminuição da filtração glomerular, o que pode causar insuficiência renal aguda devido à tendência da toxina de atingir as células do glomérulo renal, levando à Síndrome Hemolítico-Urêmica (SHU) (Murray et al., 2014).

2.5. Contaminação por protozoários intestinais

A contaminação dos recursos hídricos por protozoários e helmintos patogênicos de veiculação hídrica tornou-se um desafio significativo para os sistemas de produção e distribuição de água em todo o mundo. Apesar da água ser considerado importante veículo na transmissão das enteroparasitoses, poucos laboratórios de companhias de abastecimento de água realizam a detecção de formas evolutivas de protozoários e helmintos, alegando falta de padronização, complexidade das técnicas e custo elevado (Lima et al., 2003).

Os enteroparasitas, que são uma categoria de doenças transmitidas pela água, são transmitidos pelo consumo de água ou alimentos contaminados com fezes de humanos ou animais, que podem apresentar ovos de helmintos e/ou cistos de protozoários. Os principais patógenos responsáveis pela transmissão pela água são *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* e *Cryptosporidium parvum*. Isso representa um problema significativo de saúde pública, principalmente em países em desenvolvimento (WHO, 2017).

As duas espécies mais comuns responsáveis por surtos de gastroenterite nos últimos 25 anos, responsáveis por cerca de 90% dos casos em países como Estados Unidos, Canadá e Japão, são *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. (Karanis et al., 2007). A criptosporidiose é uma infecção transmitida pela água prevalente em todo o mundo, e é considerada uma das mais comuns. Vale ressaltar que as infecções causadas por *Cryptosporidium* spp. estão associadas principalmente a condições adversas de saúde. Nas regiões rurais, por exemplo, cerca de 70% dos domicílios consomem água de fontes informais cuja potabilidade não é monitorada. Estima-se que cerca de um terço da população mundial esteja infectada com doenças parasitárias intestinais. A criptosporidiose, em particular, tem alta incidência entre os protozoários intestinais, segundo Cunha (2022).

A contaminação também pode ser causada por protozoários, incluindo espécies como

G. lamblia, *G. intestinalis* ou *G. duodenale*, todos sinônimos do mesmo protozoário flagelado. O consumo de água contaminada com cistos do parasito costuma estar associado a esses casos. Em adultos, menos de 20% das infecções intestinais por *Giardia* resultam em sintomas, com muitos portadores permanecendo assintomáticos. Esses portadores podem excretar cistos em suas fezes por períodos prolongados, permanecendo os cistos viáveis e resilientes no ambiente. Como resultado, podem contaminar fontes de água e alimentos por semanas ou até meses (Dixon, 2021).

Dessa forma no Brasil, vários estudos têm sido realizados para avaliar a ocorrência de parasitos tanto na água potável quanto nas nascentes naturais. Esses estudos identificaram a presença de parasitas patogênicos, destacando a necessidade crucial de monitoramento contínuo da qualidade da água (Belo et al., 2012).

2. METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa. Tal abordagem proporciona múltiplas informações e permite formular interpretações profundas e legítimas, de modo a responder a questionamentos intrínsecos ao tema em estudo (Minayo; Gomes, 2010). Este trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada na medida em que visa gerar conhecimento para utilizações práticas que abordam problemas específicos e envolve verdades e interesses locais (Prodanov; Freitas 2013, p.51). Uma característica deste trabalho é facilitar a resolução de problemas por meio da geração de informações para os moradores locais.

Em termos de abordagem aos seus objetivos, trata-se de uma investigação exploratória, onde o investigador “intenciona fornecer mais informação sobre o tema que pretende aprofundar, possibilitando a sua definição e planejamento, ou seja, facilitando a delimitação dessa temática; um guia para definir metas e formular hipóteses” (Prodanov; Freitas 2013, p. 52).

Do ponto de vista técnico, a pesquisa realizada foi subdividida em duas fases, uma a pesquisa de campo, a partir da amostragem da água tratada em bebedouros e cantinas de escolas localizadas na zona rural de Uberlândia, para realização de análises físico-químicas-bacteriológicas e parasitológicas em diferentes locais em determinado período de tempo, além da aplicação de questionários para caracterização dos locais de estudo. A segunda fase compreendeu a elaboração de um relatório técnico a partir dos resultados obtidos na pesquisa

de campo.

3.1. Local de coleta

De acordo com os dados do portal da prefeitura de Uberlândia, a cidade atualmente possui 172 escolas, dentre essas 68 são escolas municipais de educação infantil e 54 de ensino fundamental, e as outras 50 correspondem a escolas conveniadas sendo que desse total, tem-se 11 escolas localizadas em área rural, representadas por distritos como Miraporanga que fica a 38 Km do Centro de Uberlândia, conta com 12.923 moradores, distrito Cruzeiro dos Peixotos, que fica a 30 km do centro de Uberlândia com cerca de 2300 habitantes e Martinésia que apresenta atualmente uma população de aproximadamente 1.000 habitantes, que tem nas atividades agropecuárias sua base econômica. O estudo foi desenvolvido nas escolas rurais, cujo responsável pelo tratamento da água proveniente de poços artesianos e o seu respectivo controle de qualidade é o Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia (DMAE).

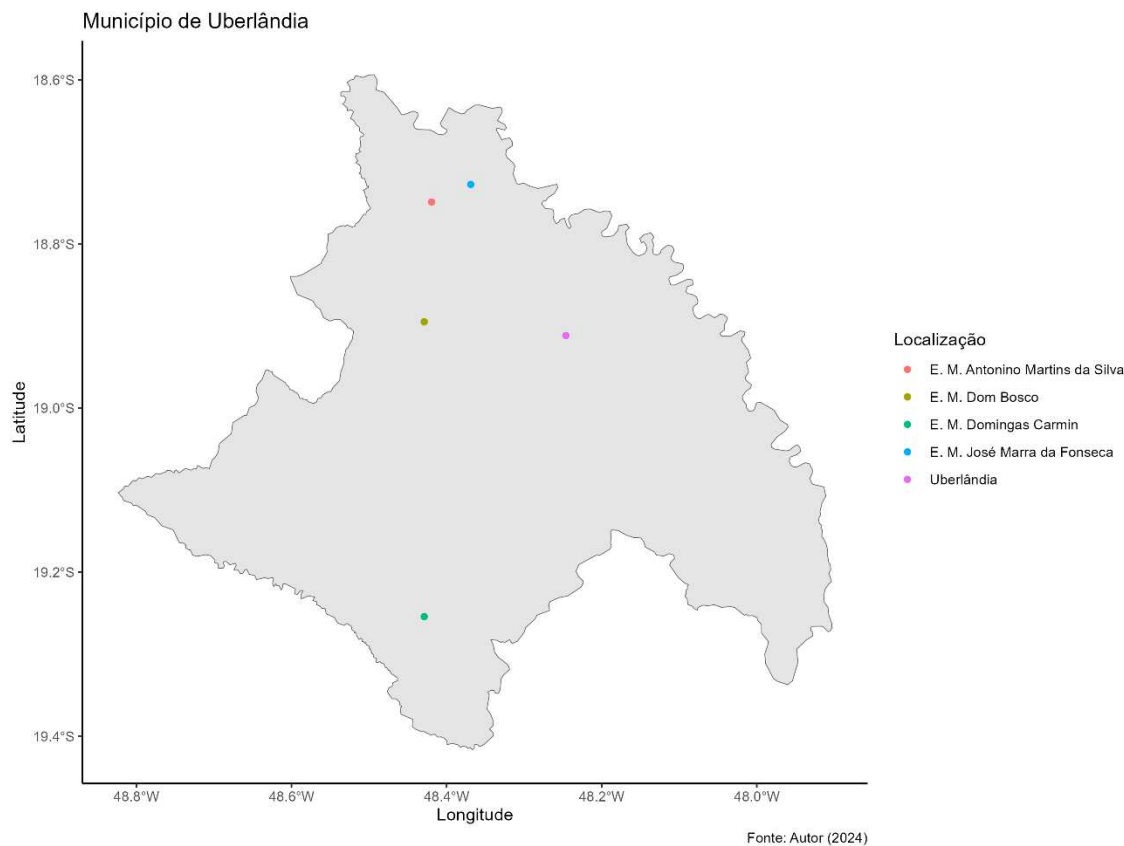
O DMAE realiza o controle de qualidade da água para consumo humano em 11 escolas municipais rurais, sendo elas, Escola Municipal Dom Bosco, Escola Municipal do Moreno, Escola Municipal Leandro José de Oliveira, Escola Municipal Professora Maria Regina Arantes Lemes, Escola Municipal Carlos Tucci, Escola Municipal José Marra Fonseca, Escola Municipal Antônio Martins, Escola Municipal Domingas Camin, Escola Municipal Sebastião Rangel, Escola Municipal do Sobradinho (Agrotécnica) e Escola Olhos D'água.

Neste estudo, foram realizadas coletas em quatro escolas públicas localizadas na área rural no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. As coletas foram realizadas nas seguintes escolas: E. M. Dom Bosco, E. M. Antonino Martins (Distrito de Martinésia), E. M. Domingas Camin (Miraporanga) e E. M. José Marra da Fonseca (Distrito de Cruzeiro dos Peixotos), além disso, foram realizadas coletas de amostras de água da distribuição do DMAE, como comparativo. Durante um período de quatro meses foram realizadas coletas a cada 30 dias tanto da água tratada proveniente dos bebedouros e torneiras das cantinas presentes nas escolas (Figura 1 e Quadro 1).

Neste estudo, foram realizadas coletas em quatro escolas públicas localizadas na área rural no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, em especial nas seguintes escolas: E. M. Dom Bosco, E. M. Antonino Martins (Distrito de Martinésia), E. M. Domingas Camin (Miraporanga) e E. M. José Marra da Fonseca (Distrito de Cruzeiro dos Peixotos). Também, como comparativo, foram realizadas coletas de amostras de água da distribuição do DMAE

(Figura 1 e Tabela 1).

Figura 1. Localização geográfica município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil e das escolas: Escola Municipal Dom Bosco; Escola Municipal Antonino Martins da Silva; Escola Municipal Domingas Carmin; Escola Municipal José Marra da Fonseca; e a Sede do DMAE. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Tabela 1. Localização geográfica das escolas das coletas dos dados. Uberlândia, MG (2024).

LOCAIS DE COLETAS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTITUDE (m)
	LATITUDE (S)	LONGITUDE (O)	
Escola Municipal Dom Bosco	18°53'41,14''	48°26'11,93''	794
Escola Municipal Antonino Martins da Silva	18°44'53,73''	48°25'06,32''	813
Escola Municipal Domingas Carmin	19°15'14,36''	48°25'44,06''	725

Escola Municipal José Marra da Fonseca	18°43'38,05''	48°22'07,73''	868
DMAE	18°53'47,24''	48°15'14,94''	875

Fonte: Autor (2024).

Durante um período de março a junho de 2024 foram realizadas coletas a cada 30 dias tanto da água tratada proveniente dos bebedouros e torneiras das cantinas presentes nas escolas.

Todas as escolas selecionadas para realização do estudo são localizadas na zona rural do município de Uberlândia-MG. Essas instituições atendem a população local disponibilizando as modalidades de ensino fundamental e educação infantil, sendo que a E. M. Antonino Martins acolhe crianças de 4 meses até os 14 anos de idade e as demais escolas atendem crianças a partir dos 4 anos até os 14 anos de idade. Dentre as escolas a E. M. Dom Bosco oferece somente o turno matutino, as demais ofertam tanto o matutino como o vespertino. "A escola mais distante da sede do DMAE é a E. M. Domingas Carmin, localizada a 48,4 km. As demais escolas estão situadas a uma distância entre 25 e 30 km da sede do DMAE (Tabela 2).

Tabela 2. Turnos, faixa etária, modalidade de ensino e distância DMAE das escolas municipais da zona rural do município de Uberlândia-MG em que foram realizadas as coletas de amostras de água. Uberlândia-MG, 2024.

Local de coleta	Turnos	Faixa etária	Modalidade de ensino	Distância da Sede do DMAE	Número de alunos atendidos
E. M. Dom Bosco	Matutino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	24,9 km	250
E. M. Antonino Martins	Matutino e Vespertino	4 meses a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	29,1 km	110
E. M. Domingas Carmin	Matutino e Vespertino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	48,4 km	128
E. M. José Marra da Fonseca	Matutino e Vespertino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	25,8 km	118

Fonte: Autor (2024).

As amostragens foram realizadas entre os meses de março a junho de 2024 no período

da manhã, sendo quatro amostras por mês, totalizando 64 amostras, considerando as torneiras dos bebedouros e/ou torneiras da cantina das escolas (Figura 2).

Figura 2. Amostragem de água nas torneiras das escolas municipais rurais de Uberlândia-MG. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Para a amostragem das análises físico-químicas, foram utilizados frascos de polietileno previamente higienizados com água e detergente neutro em laboratório, junto com a caixa de coleta. O procedimento seguiu etapas específicas: (i) o registro da torneira é aberto para escoar a água parada dentro do duto, mantendo uma velocidade moderada; e (ii) após um escoamento inicial, por aproximadamente três minutos, o frasco é aberto e é coletada determinada quantidade de água, de onde retira-se uma alíquota. Esse procedimento é repetido três vezes consecutivas para assegurar a ausência de interferentes nos ensaios. Em seguida, coleta-se a amostra principal de água, com volume equivalente à capacidade do frasco de 500 ml, que é fechado e armazenado na caixa de coleta para transporte ao laboratório.

A amostra para as análises bacteriológicas é realizada com frascos de borossilicato, que são higienizados com água, detergente neutro e hipoclorito de sódio, seguidos de esterilização em autoclave. As caixas de coleta são desinfetadas com uma solução de álcool 70% aplicada com algodão, e as caixas térmicas são preenchidas com gelo para manter a temperatura das amostras entre 4°C e 8°C, e os frascos são colocados na vertical para evitar tombamento durante o transporte.

No ponto de amostragem, abre-se o registro da torneira para escoar a água parada no duto com uma velocidade moderada; em seguida, fecha-se a torneira para higienizar a parte

externa do sistema com algodão embebido em álcool 70%. Após isso, a torneira é reaberta e a água é deixada escoando por mais um minuto, ajustando a vazão para coletar a amostra. Próximo ao fluxo de água, abre-se o frasco e amostra-se um volume de 100 ml, fechando-o imediatamente e armazenando-o na caixa térmica com gelo, mantendo a temperatura próxima de 4°C. A análise para coliformes totais e *Escherichia coli* é realizada em até 24 horas após a coleta para garantir a validade dos resultados.

Durante as visitas técnicas *in loco* nas escolas rurais que são atendidas pelo serviço do DMAE também foi verificada, por meio de questionários a presença e situação dos poços artesianos, o tipo de tratamento utilizado, quais os produtos químicos aplicados e suas respectivas concentrações e dosagens, a presença de esgotamento sanitário adequado. Além disso, foi verificado se é realizado algum tipo de prática de agricultura nas proximidades, além da observação das condições dos reservatórios e da rede de distribuição.

Os dados foram coletados com a utilização de recurso próprios e em parceria com o DMAE, através da observação direta *in loco*, com anotação dos dados em diário de campo próprio, utilizando materiais simples como caneta, bloco de anotações, além de recursos como fotos para melhor registro das instalações e etapas do tratamento de água.

3.2. Análises das amostras

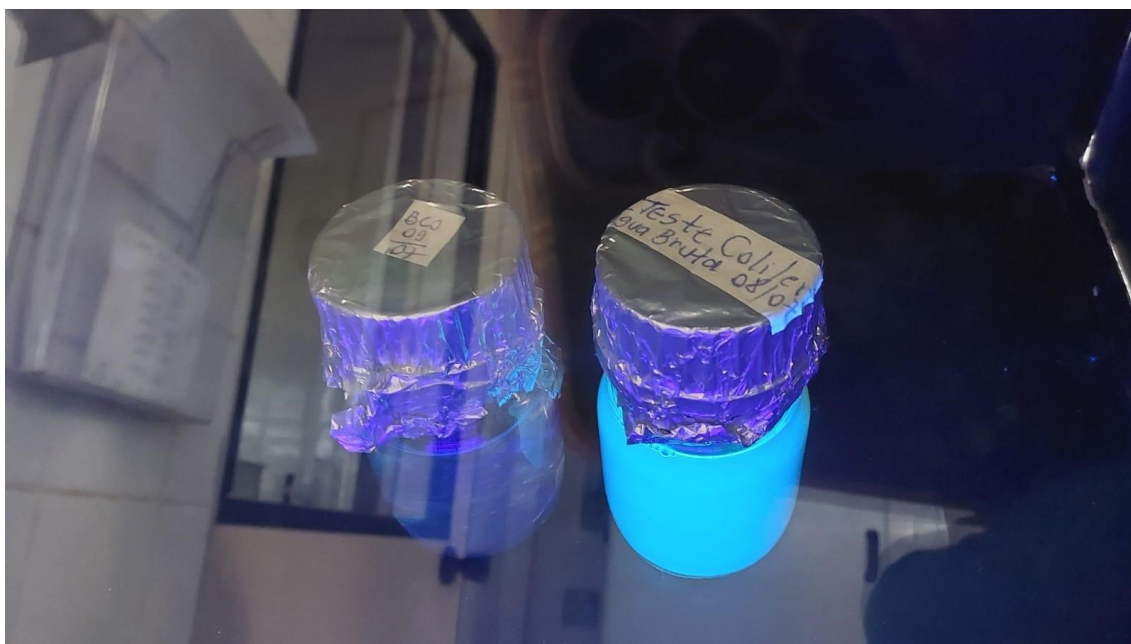
Os ensaios de avaliação da qualidade da água foram realizados em laboratórios capacitados da própria autarquia, seguindo as recomendações de procedimentos de coleta e análise da Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, e demais normativas técnicas como a ABNT e a NBR ISO/IEC 17025.

Identificação e determinação de Coliformes Totais e *Escherichia coli* pelo método do substrato enzimático

A identificação e determinação de coliformes totais e *Escherichia coli* envolvem uma série de etapas bem definidas que garantem a precisão e confiabilidade dos resultados. O processo começa com a preparação adequada dos materiais e equipamentos necessários, incluindo uma câmara com luz ultravioleta com comprimento de onda de 366 nm e potência de 6W, um comparador colorimétrico para padrões amarelo e fluorescente, uma estufa de incubação, e frasconetes contendo substrato cromogênico enzimático definido ONPG – MUG,

disponíveis comercialmente como Colilert ou Colitag (Figura 3) (Rice; Baird; Eaton, 2021).

Figura 3. Amostras submetidas a radiação ultravioleta (UV) para determinação de *Escherichia coli*. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Antes de iniciar o teste, realizou-se a assepsia da parte externa do frasco de coleta para evitar contaminações que possam comprometer os resultados. Em seguida, dentro de uma câmara de fluxo laminar, o conteúdo de um frasconete de substrato cromogênico é adicionado a um frasco contendo 100 ml da amostra de água coletada de cada local nas instituições de ensino. Após adicionar o substrato, o frasco foi fechado e agitado suavemente para garantir que o substrato se misture uniformemente com a amostra. A amostra preparada foi então incubada a uma temperatura de $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por um período inicial de 24 horas (Figura 4) (Rice; Baird; Eaton, 2021).

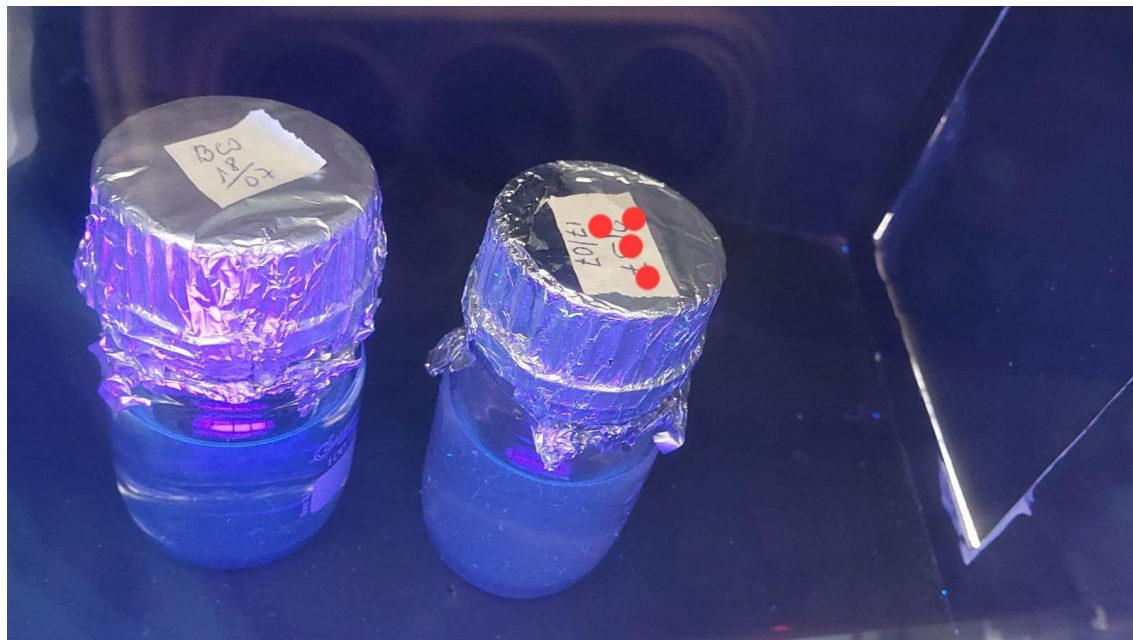
Figura 4. Amostras de água incubada a uma temperatura de 35°C por um período inicial de 24 horas. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Após esse tempo, realizou-se uma análise visual da cor da amostra. Se não houver alteração de cor, a amostra é considerada negativa para coliformes totais e *Escherichia coli*. No entanto, se a amostra apresentar uma coloração amarelada, mas de menor intensidade que o padrão de comparação, é necessário estender o período de incubação. Para o Colilert, a incubação adicional é de 4 horas, enquanto para o Colitag, é de 2 horas. Caso a intensidade da cor atinja o padrão amarelo após esse período adicional, é registrado como positivo para coliformes totais. Para verificar a presença de *Escherichia coli*, a amostra é exposta à luz UV de 366 nm. A presença de fluorescência azul indica a presença de *Escherichia coli* na amostra. Na ausência de fluorescência, a amostra é considerada negativa para *Escherichia coli* (Figura 5) (Rice; Baird; Eaton, 2021).

Figura 5. Ensaio de determinação de *Escherichia coli* em amostras de água tratada. Uberlândia-MG, 2024.

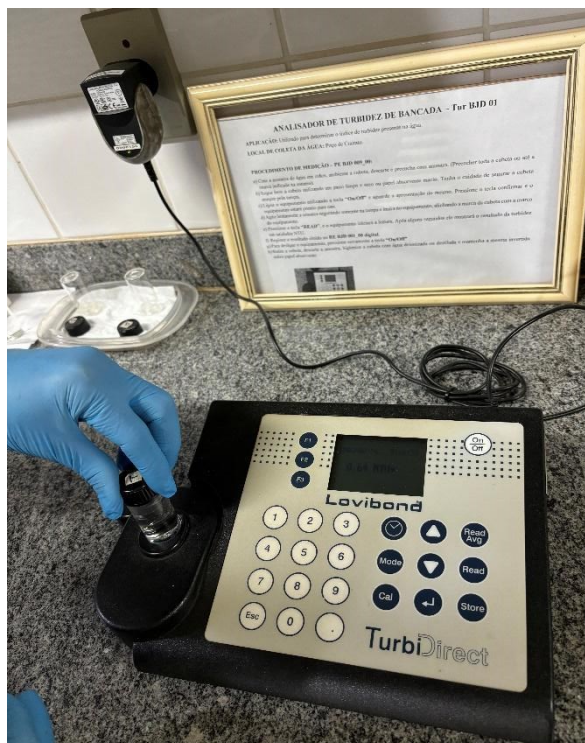


Fonte: Autor (2024).

Determinação de Turbidez

Para a realização do ensaio de turbidez, foram utilizadas as amostras de água que foram agitadas para garantir a homogeneização. Uma alíquota de 10 ml de cada amostra foi retirada e colocada na cubeta. Após a limpeza, a cubeta foi inserida na câmara de leitura do turbidímetro (Figura 6), e a medição da turbidez foi realizada de acordo com o manual do equipamento. O valor obtido foi registrado como o resultado da turbidez da amostra. Este procedimento foi realizado na Estação de Tratamento de Água Bom Jardim – DMAE, seguindo todos os protocolos de segurança e qualidade estabelecidos para garantir a precisão dos resultados (Rice; Baird; Eaton, 2021).

Figura 6. Turbidímetro de bancada. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Determinação de pH em Bancada

O procedimento iniciou-se colocando aproximadamente 100 ml da amostra de água em um béquer, juntamente com uma barra magnética. O agitador magnético foi então ligado, seguindo as instruções do manual do equipamento, para iniciar a agitação da amostra. A leitura do pH e da temperatura foi realizada conforme as instruções do manual do equipamento. Este procedimento foi realizado na Estação de Tratamento de Água Bom Jardim – DMAE, como parte dos ensaios físico-químicos da água coletada (Figura 7) (Rice; Baird; Eaton, 2021).

Figura 7. Ensaio de pH em amostras de água tratada. Uberlândia-MG, 2024.

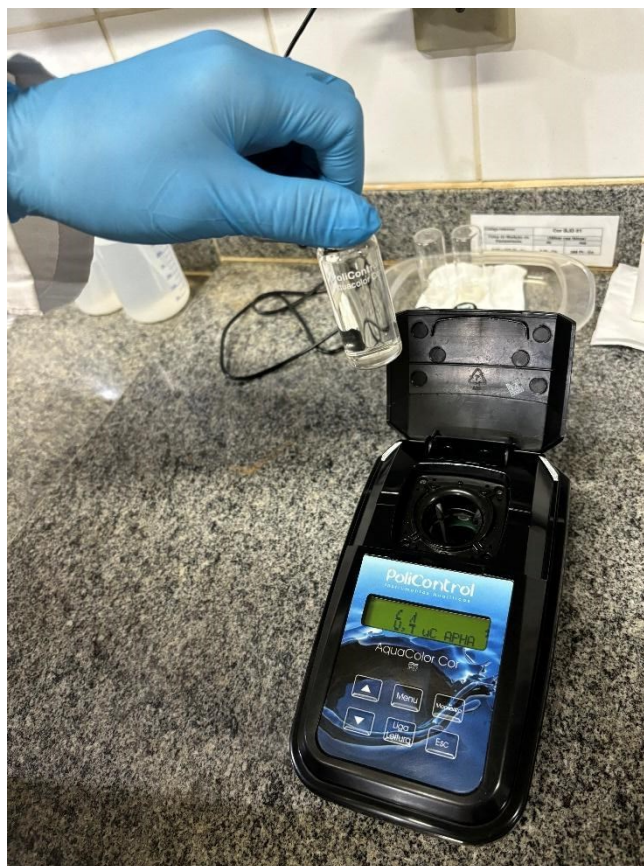


Fonte: Autor (2024).

Determinação de Cor Aparente – Método Colorimétrico

Para realizar o ensaio de cor aparente, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: uma cubeta de 10 ml, um colorímetro de bancada e uma piseta com água deionizada. O procedimento começou com a agitação do frasco contendo a amostra de água, garantindo uma mistura homogênea. Uma alíquota de 10 ml da amostra foi transferida para uma cubeta, preenchendo-a até a marca indicada. Em seguida, a cubeta foi limpa com papel fino e absorvente para remover possíveis gotas ou manchas que poderiam interferir na leitura. Após a limpeza, a cubeta foi inserida no colorímetro de bancada. A leitura da cor aparente da amostra foi então realizada conforme as instruções do manual do equipamento, registrando-se o valor obtido. Este procedimento foi realizado na Estação de Tratamento de Água Bom Jardim – DMAE, como parte dos ensaios físico-químicos da água coletada em escolas (Figura 8) (Rice; Baird; Eaton, 2021).

Figura 8. Ensaio para determinação de cor aparente. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Determinação de Flúor pelo Método Colorimétrico

O procedimento iniciou-se com a transferência de uma alíquota de 10 ml da amostra de água para uma cubeta de vidro de 10 ml, utilizando uma pipeta volumétrica de 10 ml. Em seguida, 2 ml da solução SPADNS foram adicionados à cubeta contendo a amostra, utilizando outra pipeta volumétrica. A mistura foi então agitada e foi aguardado o tempo necessário para a reação. Paralelamente, em outra cubeta, foi preparado um branco para a análise de flúor. Para isso, adicionou-se 10 ml de água deionizada e 2 ml da solução SPADNS, utilizando pipetas volumétricas para cada adição. Após o tempo de reação, a cubeta contendo a amostra e a solução SPADNS foi inserida no compartimento de leitura do fluorímetro de bancada. A leitura foi realizada conforme o manual de instruções do equipamento, comparando-se com o branco para obter a concentração de flúor na amostra. Este procedimento foi realizado na Estação de Tratamento de Água Bom Jardim – DMAE, como parte dos ensaios para a

determinação de parâmetros físico-químicos em amostras de água (Figura 9) (Rice; Baird; Eaton, 2021).

Figura 9. Ensaio para determinação de flúor em amostras de água tratada. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Determinação de Cloro Residual Livre

Para a determinação de cloro residual livre em amostras de água, o procedimento começou com a coleta de 100 ml da amostra de água das escolas. Em seguida, com o auxílio de uma pipeta volumétrica, uma alíquota de 10 ml foi transferida para uma cubeta de vidro, que foi preenchida até a marca indicada. Logo após, foi adicionada uma pastilha de Diethyl-p-Phenylenediamine à cubeta. A solução foi então misturada e foi aguardado o tempo de reação de aproximadamente 20 segundos, necessário para o desenvolvimento da cor. Após o tempo de reação, a cubeta foi inserida na câmara de leitura do aparelho colorimétrico. A leitura da concentração de cloro residual livre foi realizada conforme o manual de instruções do equipamento. Este procedimento foi realizado em campo, no próprio local de coleta, devido à

volatilidade do cloro e à necessidade de minimizar possíveis interferentes que poderiam afetar o resultado do ensaio (Figura 10) (Rice; Baird; Eaton, 2021).

Figura 10. Ensaio para determinação de cloro residual (A) e temperatura (B) em amostras de água. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

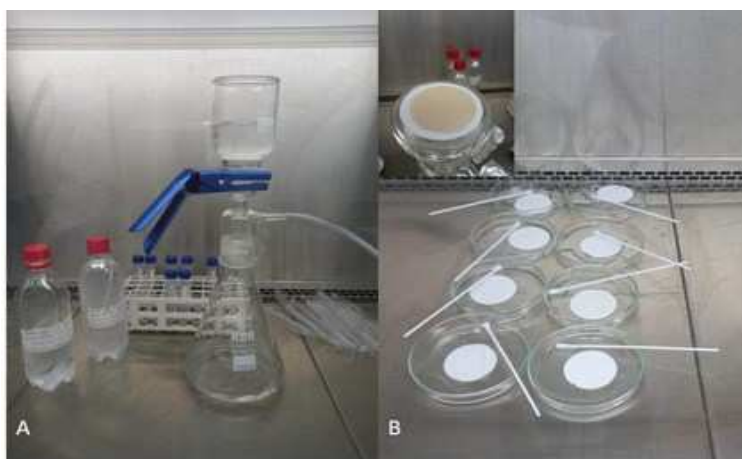
Análise parasitológica das amostras de água

Para análise parasitológica foram coletadas as amostras de água em frascos estéreis de 500 ml de água, em diferentes locais nas escolas rurais de forma aleatória, antes de chegar à caixa d'água (reservatório), e amostras coletados diretamente da torneira (após passar pela caixa d'água). As coletas foram realizadas pela manhã, desprezando os primeiros litros de água (Figura 11A).

As amostras foram devidamente identificadas e transportadas ao Laboratório de Ensaios Biológicos (LAEBIO) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e em seguida submetidas ao processamento e análise. Para concentração das amostras de água foi utilizada a técnica de filtração em membranas Millipore GU (Durapore) em fluoreto de polivinilideno, com porosidade de 0,22 μm (Figura 11A). O material retido na membrana foi ressuspenso em 10 mL de água destilada (Figura 11B e *insert*). Em seguida, o material foi centrifugado por 10

minutos a 2500 rpm em temperatura ambiente. O sobrenadante foi desprezado e o sedimento analisado por meio de lâmina em duplicata utilizando ampliação de 40x.

Figura 11. Equipamento de filtração por meio de membrana Millipore® 0,22µm (A) e amostras de água (garrafas) a serem analisadas. Membranas obtidas após o método de filtração (B). *Insert:* Membrana representando um dos locais, detalhando os resíduos retirados da água. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

3.3. Termo de consentimento e autorização do Comitê de Ética

Foram incluídos responsáveis de escolas rurais que concordarem com a coleta das amostras de água nos locais pré-definidos. Além disso, foram incluídos os funcionários do DMAE, que atuam diretamente nos serviços realizados nas escolas rurais que aceitarem responder o questionário sobre a rotina de tratamento e controle da qualidade de água, após a assinatura do TCLE.

Foram excluídos participantes que não eram responsáveis por escolas rurais, que não aceitaram participar da pesquisa por meio da assinatura do TCLE e que não permitiram a realização de coleta de amostras de água nos locais pré-definidos. Além disso, foram excluídos funcionários do DMAE que não executam atividades nas escolas rurais e aqueles que não aceitaram participar da pesquisa por meio da assinatura do TCLE.

O projeto foi enviado para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFU,

sob parecer nº 6.440.735/2024, em atendimento à Resolução no. 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), do Ministério da Saúde (BRASIL, 2016). Todas as etapas de processamento das amostras respeitarão o que preconiza o Artigo 5 da Lei Geral de Proteção de Dados no. 13.709/2018 (BRASIL, 2018b), havendo proteção e sigilo dos dados dos participantes.

3.4. Análises estatísticas

Após a análise das amostras, os valores obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade, e os dados foram analisados utilizando o pacote ggplot2 utilizando o RStudio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos-microbiológicos foram atendidos devido a realização do processo de tratamento realizado, em que todas as escolas utilizam como fonte de água o manancial subterrâneo, e realizam o tratamento simplificado por meio da aplicação de hipoclorito de sódio e pelo processo de fluoretação da água. Além disso, para garantir a qualidade da água oferecido são realizadas amostragens para o monitoramento de forma semanal (Tabela 3).

Tabela 3. Questionário aplicado ao profissional DMAE que exerce atividades nas escolas municipais da zona rural de Uberlândia-MG, como caracterização do tratamento de água realizado. Uberlândia-MG, 2024.

Questionário profissional DMAE	n (%)
Que tipo de manancial é utilizado para o abastecimento de água nos distritos e áreas rurais?	
Manancial Superficial	0
Manancial Subterrâneo	4 (100)
Qual o tipo de tratamento de água utilizado?	
Convencional	0
Simplificado	4 (100)
O DMAE é responsável pelo tratamento de água de todas as escolas rurais?	
Simplificado	0
Não	4 (100)
No caso do tratamento simplificado, qual o tipo de produto utilizado para a desinfecção da água?	
Gás Cloro	0
Hipoclorito de Sódio	4 (100)
Outro	0
É realizado também o processo de fluoretação em todos os distritos?	
Sim	4 (100)
Não	0
É realizado o controle de qualidade da água tratada? Com qual frequência?	
Semanalmente	4 (100)
Quinzenalmente	0
Mensalmente	0
Não é realizado	0
Qual o volume outorgado para captação de água para os poços artesianos dos distritos:	
Cruzeiro dos Peixotos (133766,40 m ² ano ⁻¹)	
Martinésia (78705,51 m ³ ano ⁻¹)	

Miraporanga (58560 m³ ano⁻¹)

Qual a média do volume diário tratado para os poços dos distritos

Cruzeiro dos Peixotos (139 m³)

Martinésia (120m³)

Miraporanga (95m³)

Fonte: Autor (2024).

Nos distritos são monitorados 76 parâmetros da água bruta (semestralmente), 90 parâmetros da água tratada (semestralmente) e 12 parâmetros da água tratada da rede de distribuição (semestralmente). Além desses semestrais, realiza-se o monitoramento trimestral de 89 parâmetros da água tratada da rede de distribuição, como especificado pela portaria nº 888 do Ministério da Saúde, esses ensaios são realizados nos distritos e essa pesquisa contemplou somente as análises realizadas no laboratório próprio do DMAE, os ensaios completos são realizados por laboratórios acreditados e terceirizados pelo DMAE (Prefeitura de Uberlândia, 2024)

As amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na zona rural de Uberlândia não apresentaram diferenças significativas nas médias de avaliação das análises físico-químicas. Em outras palavras, os valores obtidos nas análises físico-químicas foram semelhantes entre as escolas avaliadas. Isso indica um padrão consistente na qualidade da água fornecida às escolas rurais analisadas (Tabela 4).

Tabela 4. Médias das características físico-químicas da água coletada em diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2024.

Local de coleta	Valores de referência (Brasil, 2021)	Local de coleta				
		E. M Dom Bosco	E. M Domingas Camin (Miraporanga)	E.M Antonino Martins (Martinésia)	E.M José Marra da Fonseca (Cruzeiro dos Peixotos)	Município de Uberlândia (DMAE)
Cloro residual (mg/L) ¹	0,2 a 5,0	1,33	0,56	0,20	0,54	0,46
Cor aparente (uH) ¹	≤ 15	6,95	3,35	1,05	2,525	3,5
Fluoreto (mg/L) ¹	≤ 1,5	0,49	0,50	0,64	0,70	0,64
pH*	6,0 a 9,5	7,55	7,66	7,60	7,64	8,2
Turbidez (uT) ¹	≤ 5,0	0,31	0,32	2,51	0,58	0,83
Coliformes totais (PA/100mL)	A	A	A	A	A	A
<i>Escherichia coli</i> (PA/100mL)	A	A	A	A	A	A
T°C*	-	24,5	22,25	22,25	14,25	26

* diferença significativa ($p \leq 0,05$); ¹ diferença não significativa ($p \leq 0,05$), segundo teste F. DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto.

Fonte: Autor (2024).

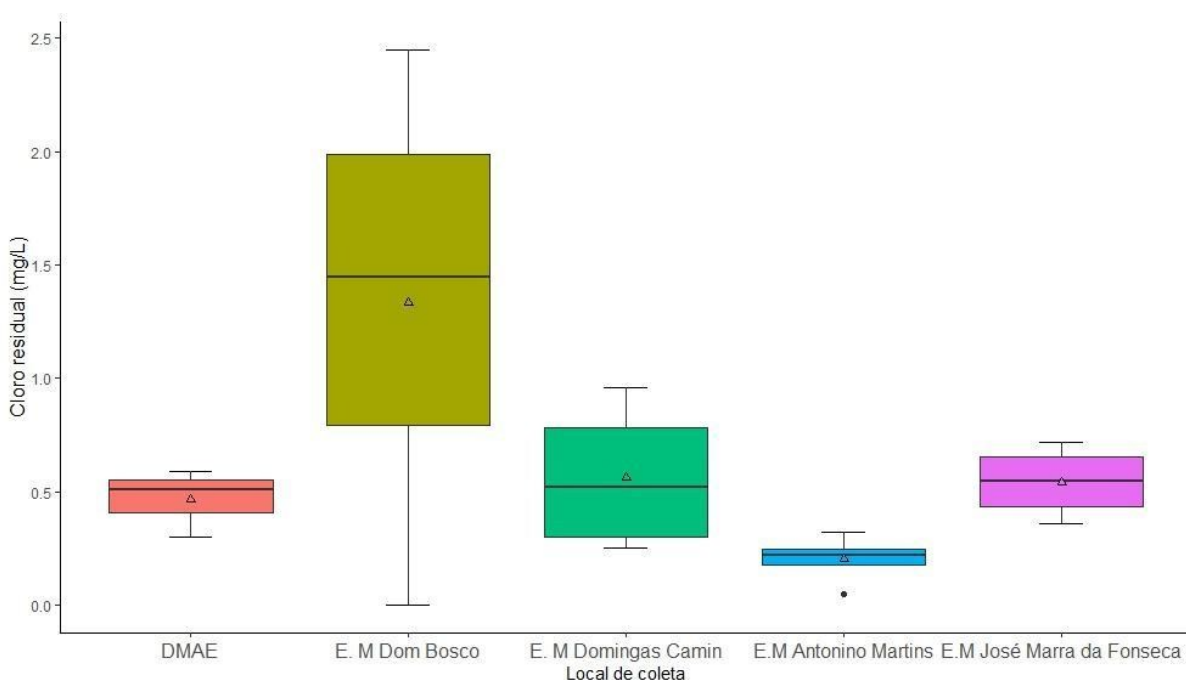
A Portaria GM/MS n° 888, de 4 de maio de 2021, estabelece os padrões de qualidade de água para consumo humano. Os critérios estabelecidos referem-se às características perceptíveis aos sentidos, como aspecto, em que a água deve ser límpida, sem a presença de substâncias em suspensão, sedimentos ou coloração que influencie sua transparência; cor aparente, em que as amostras não podem exceder 15 unidades de cor verdadeira (uH), essa medida indica a presença de materiais orgânicos e inorgânicos que afetam essa característica; turbidez, em que o limite estabelecido é de 5,0 unidades de turbidez nefelométrica (UTN) em 95% das amostras coletadas, o que indica a presença de partículas suspensas; e gosto e odor, em que a água não deve apresentar tais características (Brasil, 2021).

Todas as informações quanto a qualidade da água são compiladas e repassadas para o Ministério da Saúde por meio do SISAGUA, que é um instrumento de informação do VIGIÁGUA, que é o programa responsável pela vigilância da qualidade da água para consumo humano, com o objetivo de realizar o monitoramento da qualidade da água em todas as etapas do sistema de abastecimento; avaliação de risco, em que são identificados possíveis focos de contaminação; promoção da saúde, visando garantir e promover a educação em saúde, por meio da conscientização da importância da qualidade da água e das práticas de

saneamento; realizar a regulação de normatização, por meio de normas como a Portaria GM/MS nº 888/21; e a coordenação interinstitucional, em que o VIGIÁGUA atua em parceria com outras esferas governamentais, como DMAE, para colaborar com o abastecimento e saneamento (Brasil, 2024).

De acordo com as análises coletadas nas escolas percebeu-se que as médias foram estatisticamente iguais, ou seja, as médias observadas não apresentam variação significativa para o teor de cloro residual, no entanto, foi possível observar uma maior amplitude dos valores encontrados na E. M. Dom Bosco, que apresentou maior variabilidade das amostras coletadas, enquanto as demais apresentaram variabilidade menor e próximo aos valores de cloro residual da água distribuída pelo DMAE (Figura 12).

Figura 12. Gráfico *boxplot* para cloro residual de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.



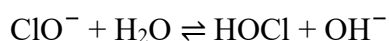
Fonte: Autor (2024).

Dentro dos padrões previstos para qualidade da água é estabelecido que o teor de cloro residual fique entre 0,2 a 5,0 mg L⁻¹ (Brasil, 2021), todos os locais estavam dentro desse parâmetro. O teor mínimo de cloro de 0,2 mg L⁻¹ é estabelecido, pois valores inferiores podem indicar falhas no processo de desinfecção da água. Embora não haja contra indicação a

respeito do teor elevado de cloro na água, há o risco de rejeição da população devido às características físicas da água, como cheiro e gosto (Lemos *et al.*, 2021). Teores de cloro residual acima de 2 mg L⁻¹ já começam a alterar o aspecto da água, gerando odor e gosto, e agregando risco toxicológico (Blokker; Vreeburg; Speight, 2014).

O uso do cloro ou seus derivados como método de desinfecção da água é comumente utilizado devido sua eficácia, estabilidade e baixo custo (Zhang *et al.*, 2017). Deste modo, as normas sanitárias preconizam o processo de cloração em água de abastecimento, seguindo as dosagens específicas para que ao final do processo de tratamento os valores de cloro residual não ultrapassem 2 mg L⁻¹ (Madzivhandila; Chirwa, 2017).

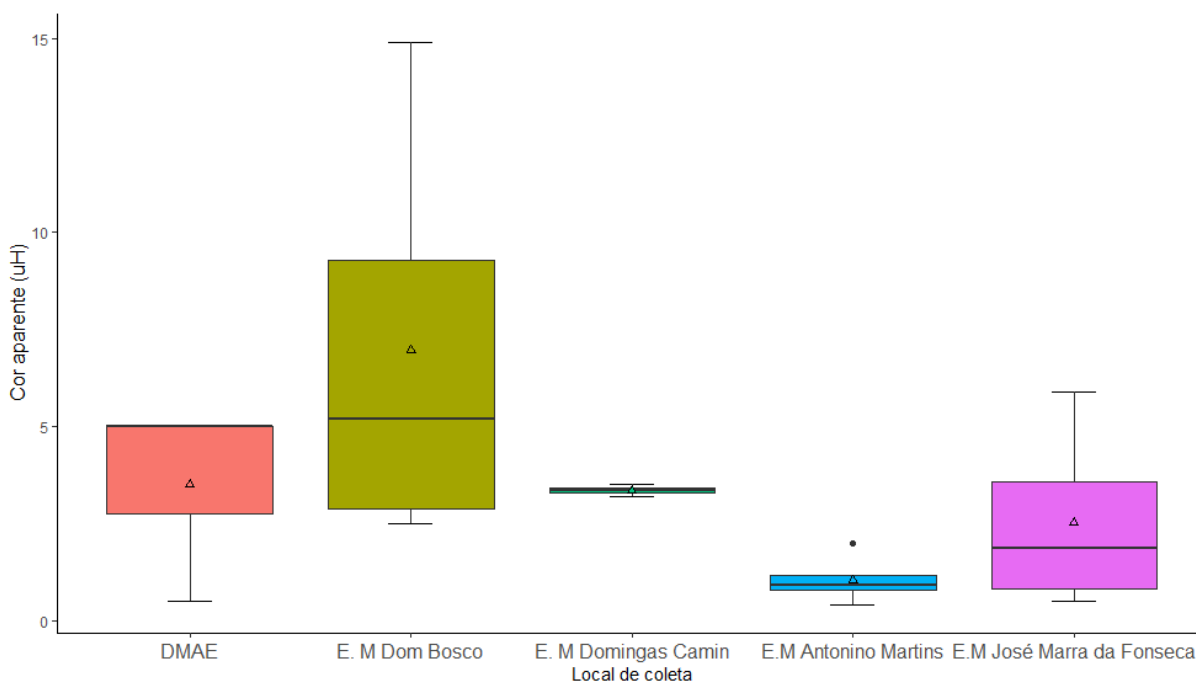
Destaca-se que a reação do hipoclorito (ClO⁻) com a água é importante para entender a ação desinfetante do cloro em soluções aquosas, que segue a seguinte equação química:



Nesta equação o ClO⁻ é o íon hipoclorito, o H₂O é a água, o HOCl é o ácido hipocloroso e o OH⁻ é o íon hidroxila. A reação de equilíbrio químico que depende do pH da solução, em que pH ácido, o ácido hipocloroso (HOCl) predomina, enquanto em pH alcalino, o íon hipoclorito (ClO⁻) é mais abundante, destacando que o ácido hipocloroso é um agente desinfetante mais eficaz do que o íon hipoclorito (Faust; Aly, 2018). Nos distritos do município de Uberlândia o DMAE utiliza o hipoclorito de sódio para o processo de desinfecção da água, produzido nas próprias estações de tratamento do DMAE, por meio da reação de eletrólise da salmoura (CODEN AMBIENTAL, 2024).

O mesmo comportamento de amplitude nos valores obtidos por amostra foi observado na análise de cor aparente, em que a E. M. Dom Bosco apresentou maior variação entre os valores encontrados quando comparados aos demais pontos de coleta (Figura 13). A cor aparente é um parâmetro importante, pois sua determinação indica se um sistema de abastecimento público está esteticamente indesejável ao consumidor (Von Sperling, 2005).

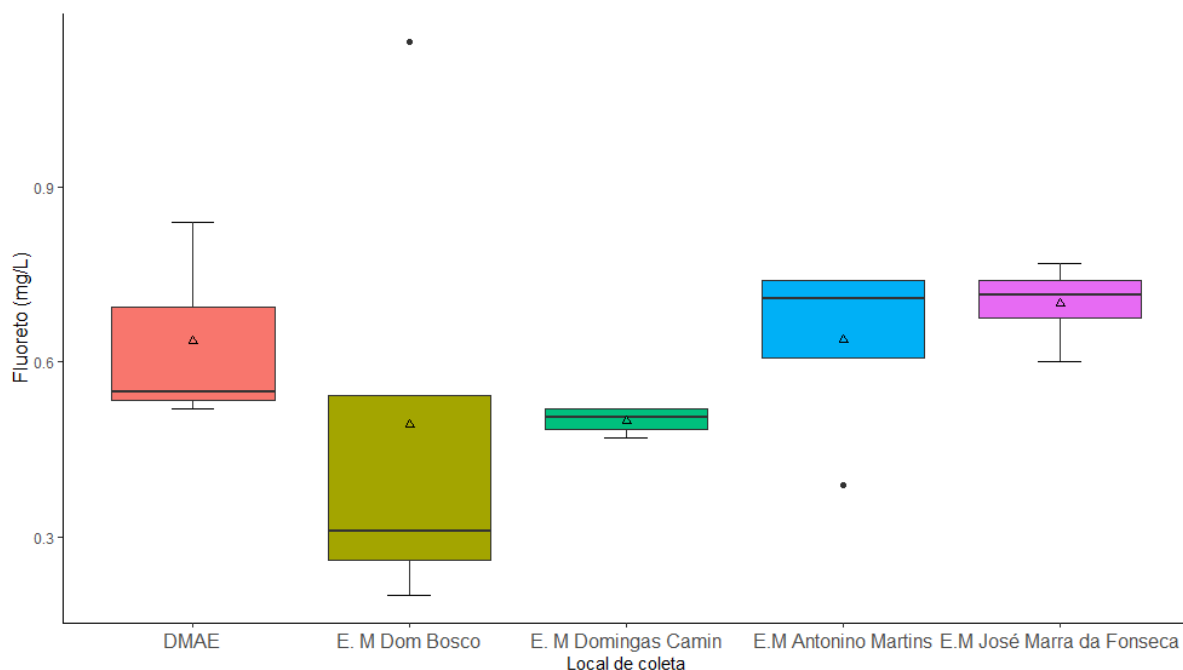
Figura 13. Gráfico *boxplot* para cor aparente de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Quanto ao teor de fluoreto, as médias entre os locais avaliados se mantiveram próximas de dentro do padrão de qualidade da água estabelecido (Figura 14). A determinação do fluoreto na água é um importante requisito dos sistemas de vigilância, reconhecido internacionalmente, considerando sua ação como prevenção de cáries, entre 0,5 e 1,0 mg L⁻¹ (WHO, 2021a).

Figura 14. Gráfico boxplot para fluoreto de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

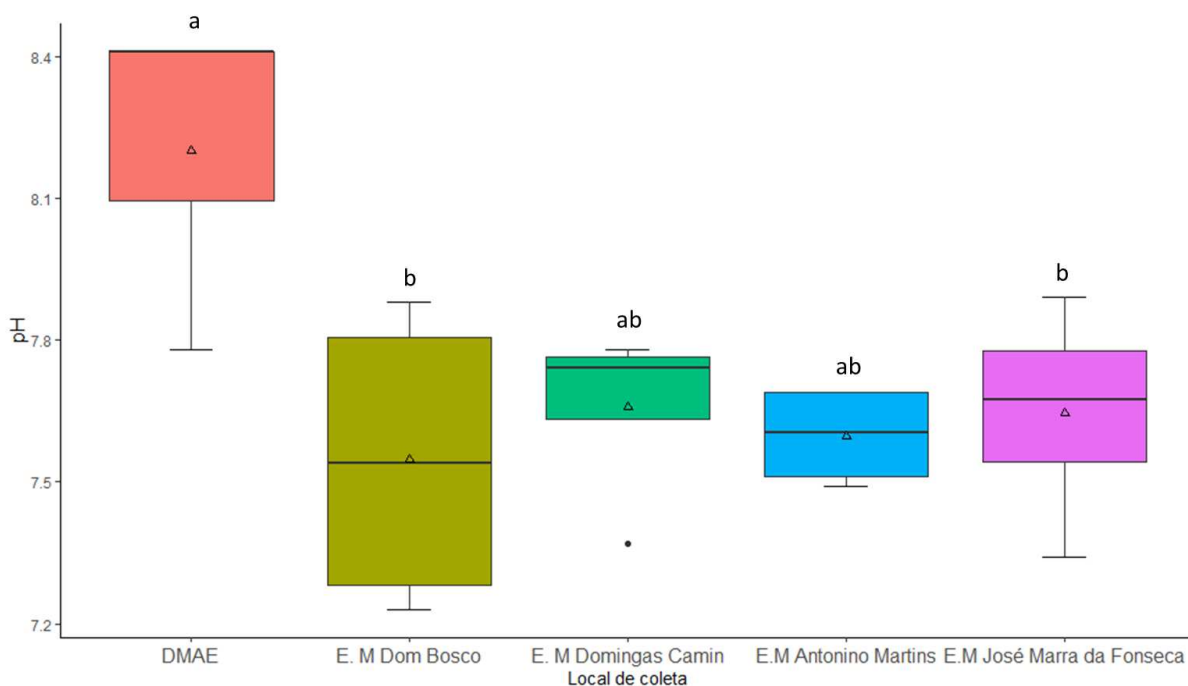


Fonte: Autor (2024).

Vale ressaltar que o fluoreto ocorre tanto de forma natural, como proveniente dos processos de tratamento da água, pelo procedimento de fluoretação, que é uma intervenção de saúde pública adotado em vários países, de alta a baixa renda, sendo obrigatória no Brasil desde 1974 (Frazão; Peres; Cury, 2011).

Ademais, o pH da água apresentou diferença significativa entre os locais de coleta para amostragem, em que amostras de água distribuídas pelo DMAE apresentaram valores superiores ao encontrados em amostras da E. M. Dom Bosco, e os demais locais apresentaram médias semelhantes aos locais já citados. Mesmo apresentando essa divergência os valores encontrados estão dentro do padrão de qualidade da água estabelecido (Figura 15).

Figura 15. Gráfico boxplot para pH de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

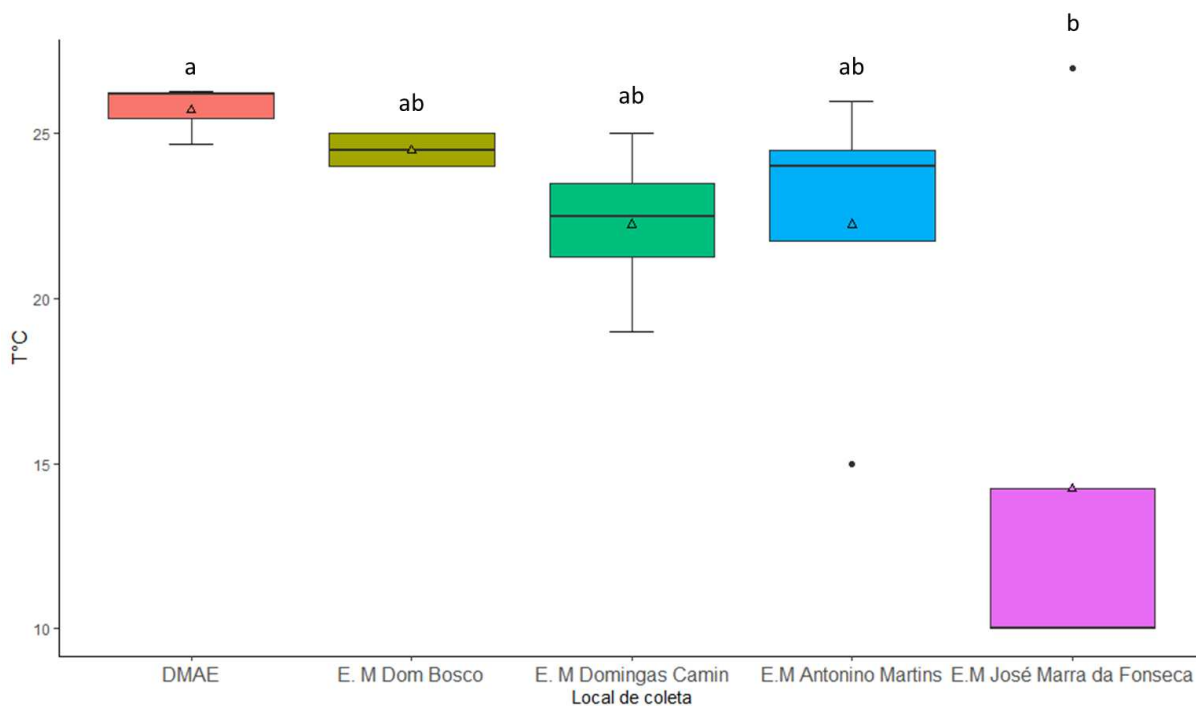


Fonte: Autor (2024).

Segundo a Organização Mundial da Saúde o pH da água deve ter uma amplitude entre 6,5 e 8,5, devendo manter esse intervalo para garantir sua qualidade, considerando que o pH impacta no equilíbrio ácido básico humano, que afeta na biodisponibilidade de certos minerais, absorção de metais pesados (quando a água está mais ácida, $\text{pH} < 6,5$), além de afetar o sensorial, em que águas com baixo pH tendem a apresentar gosto azedo e metálico, enquanto águas com pH alto apresentam gosto alcalino e desagradável (WHO, 2017).

Além disso, houve variação significativa entre a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) das amostras coletadas, em que as amostras coletadas em pontos de distribuição do DMAE apresentaram médias superiores quando comparado à E. M. José Maria da Fonseca, os demais pontos de coleta apresentaram médias semelhantes aos locais já citados (Figura 16).

Figura 16. Gráfico boxplot para temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.



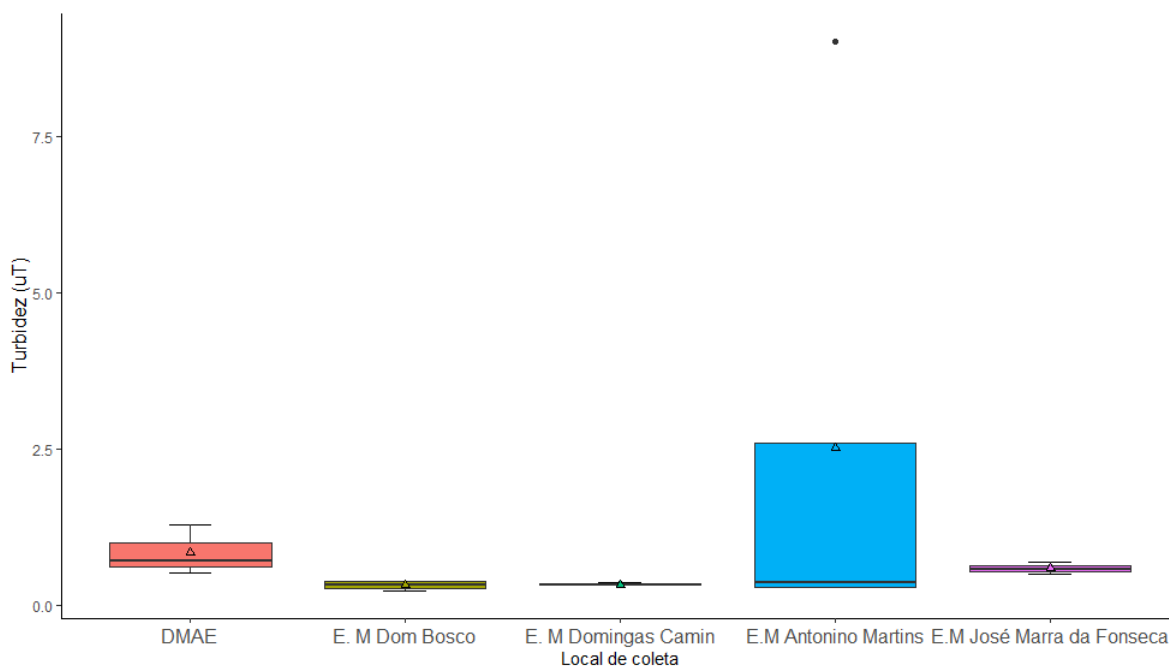
Fonte: Autor (2024).

Destaca-se que a temperatura da água impacta em diversos aspectos de qualidade, e manter a amplitude térmica é importante para evitar a proliferação de patógenos, como a bactéria *Legionella* que potencializa seu crescimento em temperaturas entre 20°C e 50°C , além disso, águas com temperatura elevadas tendem a dissipar o cloro mais rapidamente durante o processo de desinfecção, reduzindo sua eficácia (WHO, 2017).

Sendo assim, as temperaturas encontradas na E. M. José Marra da Fonseca apresentaram uma amplitude térmica próxima ao ideal, por ser inferior à faixa de temperatura ideal para o crescimento de microrganismos patogênicos. Mesmo considerando que não há uma especificação de valores de referência para temperaturas médias, as amostras encontradas (Brasil, 2021).

Quanto à turbidez, não apresentou variação significativo entre os pontos de coleta avaliados, no entanto a E. M. Antônio Martins apresentou maior desvio-padrão, além da presença de *outliers* nos dados coletados. Indicando maior variabilidade deste parâmetro nas amostras coletadas (Figura 17).

Figura 17. Gráfico *boxplot* para turbidez de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

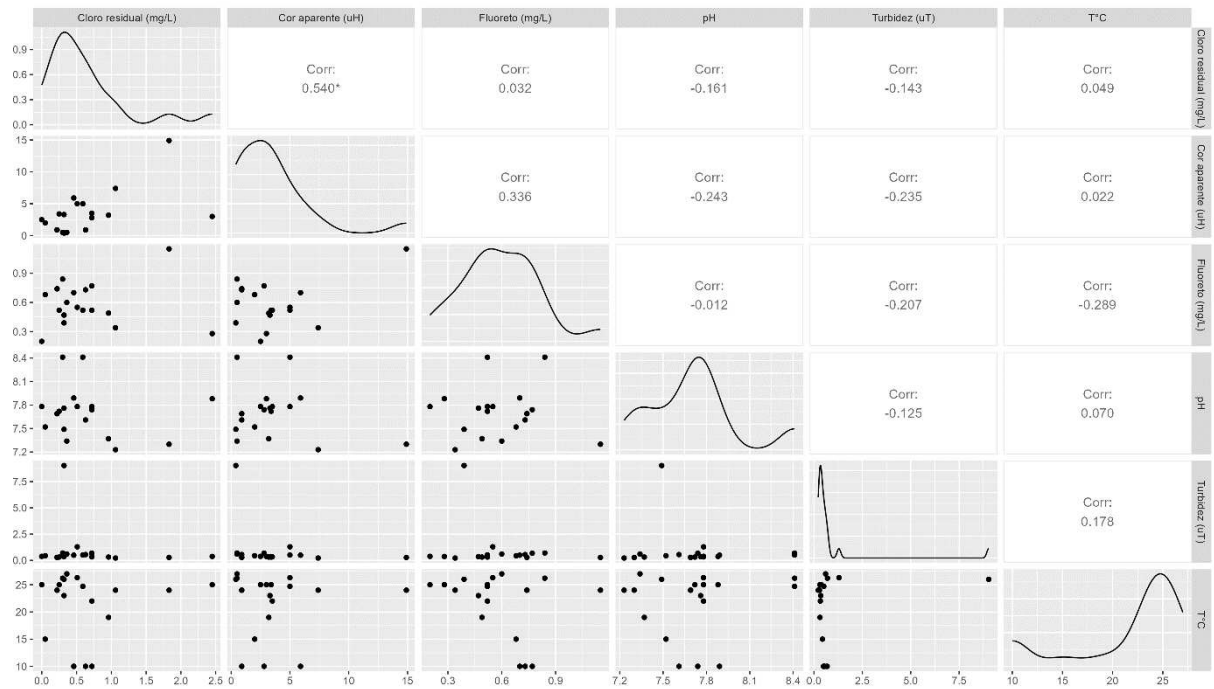
Evidencia-se que a turbidez é um indicador de contaminação, em que altos níveis de turbidez indicam a presença de partículas suspensas, podendo incluir sedimentos, resíduos industriais, efluentes agrícolas dentre outros poluentes. Estas partículas podem ser substratos que potencialize o crescimento de microrganismos, aumentando o risco de doenças transmitidas pela água, além disso a turbidez impacta na eficiência do processo de coagulação e filtração nas estações de tratamento de água, por dificultar a remoção eficaz de contaminantes, deste modo é estabelecido pela OMS que a água potável seja mantida abaixo de 1 NTU (WHO, 2017), e segundo a Portaria nº 888/21 apresenta um limite de 5,0 NTU, para qualquer amostra (Brasil, 2021).

Considerando esses parâmetros, houve um desvio de valores obtidos nas amostras analisadas oriundas da E. M. Antônio Martins em relação aos valores de referência estabelecidos, sendo estes superiores de turbidez, que são indicativos de possível presença de contaminantes, e um alerta para análise da presença de microrganismos patogênicos e parasitas. Mesmo com maiores valores de turbidez, não se observou a presença de coliformes total e *E. coli* na amostra.

Com base na análise de correlação, foi possível observar uma relação entre a

quantidade de cloro residual e a cor aparente da água (Figura 18).

Figura 18. Análise de correlação entre as características físico-químicas da água coletadas em diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Já é conhecido a correlação entre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, como o teor de cloro residual com a temperatura, em que temperaturas elevadas tendem a decompor de forma mais acelerada, além disso, o pH e a turbidez vão influenciar na eficiência do cloro em desinfetar a água, em que o pH mais baixo aumenta a eficácia do cloro, assim como uma menor turbidez (WHO, 2017).

Ademais, a cor aparente tem uma correlação com a turbidez, devido a presença de partículas suspensas influenciar na cor da água. E como observado nesse estudo há uma correlação entre a cor aparente e o cloro residual, em que substâncias que causam a cor podem reagir com o cloro presente na água, e a solubilidade dessas substâncias está correlacionada com o pH (WHO, 2017).

E a presença de microrganismos está correlacionada principalmente com o cloro residual, turbidez e o pH, considerando que com uma baixa eficiência do cloro no processo de desinfecção potencializa o aumento desses microrganismos, assim como a presença de

partículas suspensas, que podem servir como substrato para seu crescimento (WHO, 2017).

Destaca-se que a infecção por *E. coli* pode resultar em diversas condições de saúde, sendo uma das mais comuns a gastroenterite. Esta é caracterizada por sintomas como diarreia, cólicas abdominais, náuseas e vômitos. Além disso, consequência frequente é a infecções do trato urinário, que se manifestam por dor ao urinar, dor abdominal, febre e dor nos rins (GOMES *et al.*, 2016).

Ademais, cepas como a *E. coli* O157, conhecidas por produzir toxina Shiga, podem levar a complicações graves como insuficiência renal, anemia hemolítica e trombocitopenia. Crianças e idosos são particularmente vulneráveis a essas complicações (Doyle; Schoeni, 1987). Além disso, quando recém-nascidos entram em contato com essa bactéria podem desenvolver meningite neonatal, uma infecção grave das membranas que revestem o cérebro e a medula espinhal. Em casos mais graves, a infecção por *E. coli* pode evoluir para septicemia, uma condição potencialmente fatal caso não tratada prontamente. Embora menos comum, *E. coli* também pode causar pneumonia, principalmente em pacientes hospitalizados ou imunocomprometidos (Russo; Johnson, 2003).

Assim como a *E. coli*, a exposição aos coliformes totais pode levar ao desenvolvimento de gastroenterite e infecções do trato urinário. Além disso, o consumo de água ou alimentos contaminados com coliformes totais aumenta o risco de infecção por hepatite A, onde o vírus pode estar presente na matéria fecal. Esta condição se manifesta por sintomas como febre, fadiga, dor abdominal, icterícia e problemas hepáticos. Coliformes totais também podem indicar a presença de outros patógenos, como *Salmonella typhi*, *Shigella*, e *Vibrio cholerae*, que são responsáveis por doenças como febre tifoide, shigelose e cólera, respectivamente (Leclerc *et al.*, 2001).

De forma geral, as amostras coletadas nas diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia, MG, apresentaram parâmetros dentro dos valores de referência estabelecidos (Brasil, 2021). No entanto, outros estudos que também analisaram a água fornecida em escolas públicas em outros municípios brasileiros encontraram valores fora dos padrões, ou seja, evidenciaram que o fornecimento de água é baixa qualidade e necessitam de intervenções para garantir a saúde da população (Silva *et al.*, 2018; Silva; Gonçalves; Friaes, 2022). Além disso, outros estudos detectaram a presença de microrganismos como *E. coli* e coliformes totais na água coletada em bebedouros das escolas públicas, indicando a necessidade de medidas de intervenção sanitária (Limas; Silva, 2020; Silva *et al.*, 2018).

Em um estudo realizado em 10 escolas 70% destas (n=7) estavam fora do padrão de

qualidade físico-químicas, além disso foi detectado microrganismos e protozoários nas amostras coletadas, associado com resultados acima dos valores de referência para cor aparente, turbidez, Fe, Zn e Pb, que afetam a qualidade e potabilidade da água fornecidas as escolas (Fiorvanti *et al.*, 2020).

Quanto às análises parasitológicas, durante o período de março a junho de 2024 foram realizadas coletas a cada 30 dias de água proveniente dos poços artesianos quanto da saída do tratamento e rede de distribuição (500 ml a cada coleta de cada local), dando preferência para aqueles cuja água é utilizada diretamente para o consumo humano como bebedouros e também para o preparo de alimentos como torneiras que abastecem a cozinha e refeitórios.

Foram coletadas e analisadas 32 amostras de água em dois locais específicos (água da torneira e água do bebedouro) em quatro escolas rurais de Uberlândia. Inicialmente foi aplicado um questionário aos professores e/ou funcionários das escolas para caracterizar a área de coleta em relação à estrutura e presença de animais nas áreas de coleta. Em relação a presença de animais, todos os locais (escolas) apresentaram cães nas proximidades das áreas de coleta (Tabela 4).

Tabela 5. Caracterização dos locais de coleta de água nas escolas rurais do município de Uberlândia, MG. Uberlândia-MG, 2024.

Questionário aos professores		n (%)
Presença de animais nas proximidades dos locais de coleta (escola)		
Chiqueiros		1 (25)
Galinheiro		2 (50)
Cães		4 (100)
Gatos		1 (25)
Outros		1 (25)
Não há animais		0
Poço artesiano?		
Sim		3 (75)
Não		1 (25)
Possui hortas ou plantações de verduras nas proximidades?		
Sim		3 (75)
Não		1 (25)
Se sim, a água utilizada para irrigação está:		
Tratada		1 (25)
Rio		0
Córrego		0
Poço		0
Outros		0
Tipo de bebedouro da escola		
Filtro industrial com mais de uma torneira (jato inclinado)		4 (100)
Filtro de barro		0
Outros		0
O material da caixa d'água que abastece a escola:		
Plástico		1 (25)
Amianto		2 (50)
Outros		1 (25)
Não possui caixa d'água		0
A manutenção da caixa d'água que abastece a escola é feita periodicamente?		
Sim		4 (100)
Não		0
Não soube responder		0

Não possui caixa d'água	0
O encanamento/estrutura da escola é recente?	
Sim, menos de 5 anos	0
Não, mais de 10 anos	3 (75)
Não foi possível avaliar	1 (25)
A água utilizada para preparação de alimentos na escola provem:	
Caixa d'água	4 (100)
Poço	0
Da rua	0
Observa-se higiene nos pontos de coleta?	
Sim	4 (100)
Não	0

Fonte: Autor (2024).

Realizou-se a análise geral deste material utilizando técnicas parasitológicas. Por meio da coleta de material e análise após filtração em membrana Milipore de 0,22 micrômetros, foi possível identificar cistos do protozoário *Endolimax nana* em 26,6% (8/30) das amostras de água potável coletadas (Figura 19).

Figura 19. Cisto de *Endolimax nana* encontrado em amostra de água coletada de bebedouro de uma das escolas municipais (seta). 400x. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: Autor (2024).

Importante ressaltar que em um dos locais onde se encontrou o cisto do parasito, a água apresentava muito sedimento, o que pode potencializar o aparecimento destes agentes. *E. nana* são protozoários comensais, não patogênicos do intestino humano. Estes parasitos estão sempre associados a locais sujos, como esgotos, córregos, lagoas e riachos contaminados por serem áreas que acumulam grande quantidade de dejetos e fezes eliminados por pessoas parasitadas, bem como o lixo que costuma atrair insetos e roedores, o que facilita a proliferação desses parasitos (Poulsen; Stensvold, 2016). Neste estudo, foi observado a prevalência de 26,6% (8/30) de *E. nana* nas amostras coletadas. Ressalta-se que entre as amostras positivas, 13% (4/30) pertenciam a uma escola cuja água era oriunda de poço artesiano.

Nos locais de coleta foi possível observar que havia chiqueiros, galinheiro, cães, gatos e até mesmo gado, o que pode trazer ameaça iminente de contaminação da população próxima ao local. Ainda, em três locais afirmou-se a existência de horta (Tabela 4). Considerando a possível contaminação da água por protozoários (*E. nana*) e que a mesma seja utilizada para o consumo humano, animal e irrigação além da presença de animais e hortas próximas ao reservatório de água, sugere-se que seja realizada uma manutenção e planejamento da planta de abastecimento de água local.

Fatores como o acesso à informação, ao saneamento básico e à água encanada e tratada influenciam diretamente na prevalência de parasitos e infecções intestinais nos grupos populacionais. A má qualidade da água contribui para elevados índices de parasitoses, constituindo um problema de saúde pública. São importantes meios de disseminação de formas evolutivas dos parasitos, aumentam a proliferação de enteroparasitoses e, assim, representam fator de risco à saúde humana (Otênio *et al.*, 2007; Giatti *et al.*, 2004; Coelho *et al.*, 2001).

Vale ressaltar que os locais onde se observou a presença de *E. nana*, foi detectada alteração quanto aos níveis de cloro, cor aparente e turbidez, demonstrando que a água dos locais estão propícios ao crescimento de microrganismos, como protozoários intestinais. Segundo Cunha *et al.* (2012) a turbidez se refere a um indicador da transparência física da água o que não impede de apresentar parâmetros de potabilidade, porém o material particulado ali presente pode conter microorganismos patogênicos, além de material fecal (Melo, 2010).

Um estudo realizado por Monteiro (2006) em uma população do município de

Dourados, constatou que 93,75% das amostras de água estavam contaminadas por coliformes em uma região que era abastecida por poço artesiano. Outro estudo realizado em uma reserva indígena Xakriabá, em Minas Gerais, mostrou que 83,3% das amostras de água provenientes de poços tubulares coletadas nas residências eram impróprias para o consumo humano devido à presença de coliformes (Giatti *et al.*, 2007). Assim, sugere-se que a possibilidade de contaminação da água desta escola poderia estar relacionada a contaminação do poço utilizado para o seu abastecimento diário.

Foi observada uma média de $1,34 \text{ mg ml}^{-1}$ de cloro nas amostras de água coletadas no local onde foram detectados cistos de *E. nana*. Este valor de referência está em acordo com o preconizado pela legislação brasileira (Brasil, 2021). Entretanto, sabe-se que cistos de protozoários intestinais podem ser resistentes a concentrações de cloro, o que justifica o encontro do parasito na água coletada (WHO, 2017).

Segundo Teixeira *et al.* (2004), pessoas que afirmaram tratar a água com cloro antes do consumo podem não realizar o tratamento adequado, o que remete à necessidade de incentivo a programas educacionais que orientem sobre as medidas profiláticas mais adequadas.

No caso dos locais onde se constatou a presença de *E. nana*, os responsáveis afirmaram que realizam a limpeza da caixa de água de forma rotineira. Ressalta-se a importância da limpeza das caixas d'água e/ou reservatórios para evitar a contaminação da água destinada ao consumo humano (Carneiro, 2009).

Apesar da *E. nana* não ser considerada uma espécie patogênica, sua significativa prevalência nesse estudo pode indicar uma possível contaminação da água por dejetos fecais de origem humana (Nolla; Cantos, 2005).

Para a realização da pesquisa, foi firmada uma parceria entre a equipe realizadora do trabalho e a instituição coparticipante DMAE. O início da parte prática do trabalho exigiu diversas reuniões entre os pesquisadores e a equipe técnica do DMAE para a autorização do transporte, coleta das amostras nas escolas rurais e a realização dos ensaios nos laboratórios da instituição. Por várias vezes, o acesso foi autorizado e posteriormente negado pelos responsáveis do DMAE, até que finalmente foi possível realizar as coletas.

Para uma maior compreensão e interpretação dos resultados obtidos na pesquisa, seria necessário também coletar a água bruta captada diretamente dos poços artesianos. Contudo, isso não foi possível por questões operacionais dos sistemas de tratamento, já que em alguns casos seria necessária a interrupção provisória do tratamento de água, o que deveria ser

realizado pelos técnicos capacitados do DMAE. No entanto, essa possibilidade era inviável principalmente por questões de logística e deslocamento de pessoal técnico, além da necessidade de conciliar dias e horários para a realização das coletas e o risco de desabastecimento nas áreas rurais.

4. CONCLUSÕES

As amostras de água coletadas nas escolas municipais rurais do município de Uberlândia, localizadas na zona rural, apresentaram características físico-químicas dentro do padrão especificado pela legislação brasileira.

Entretanto, as análises parasitológicas indicaram a presença de *E. nana*, que estava associado à maiores teores de turbidez e cor aparente da água, que são fatores conhecidos por propiciar o desenvolvimento de microrganismos.

A presença desse parasito pode ser associada a presença de chiqueiros, gados, entre outros, observados neste estudo, o que compromete a qualidade da água ofertada, considerando que este tipo de parasito não é controlado de forma efetiva pelo processo de cloração.

Medidas de controle deste tipo de parasito devem ser tomados para evitar a infecção, tais como a lavagem regular das caixas d'água e/ou reservatórios, bem como a desinfecção periódica dos bebedouros, associado ao monitoramento regular de parasitas, considerando que as características físico-químicas-microbiológicas padrão estavam dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira.

A ida a campo para a realização da pesquisa foi particularmente difícil, principalmente por se tratar de escolas rurais, que estão em áreas distantes e de difícil acesso. Conciliar a jornada de trabalho com a realização das disciplinas do programa de mestrado, além de desenvolver a pesquisa, foi extremamente desafiador e exaustivo, exigindo superação física, psicológica e emocional. Em contrapartida, foi possível contar com o apoio de muitos técnicos e servidores do DMAE, que disponibilizaram tempo e materiais valiosos, essenciais para a conclusão do trabalho.

A orientação e o apoio técnico da professora orientadora foram fundamentais para transformar o projeto em um trabalho de pesquisa relevante, com contribuições decisivas, principalmente na realização dos ensaios parasitológicos nos laboratórios de ciências

biomédicas da UFU, o que foi, sem dúvida, o diferencial deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Atlas água**. 2024a. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>. Acesso em: 11 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Panorama do Saneamento no Brasil**. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento/panorama-do-saneamento-no-brasil-1>. Acesso em: 13 jun. 2024.

ALMEIDA, S. G. *et al.* **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira: subsídios à formação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 122p.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. *Estudos Avançados*, **Dossiê Água**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200014>

BELO, V. S. *et al.* Fatores associados à ocorrência de parasitoses intestinais em uma população de crianças e adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 30, n. 2, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822012000200007>

BLOKKER, M.; VREEBURG, J.; SPEIGHT, V. Residual Chlorine in the Extremities of the Drinking Water Distribution System: The Influence of Stochastic Water Demands. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 172–180, 1 jan. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.020>

BRASIL, M. DA S. **PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5**. 2017. Acesso em: 11 jun. 2024.

BRASIL, M. DA S. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 30 jun. 2024

BRASIL, M. DA S. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011**. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 13 jun. 2024.

BRASIL, M. DA S. **VIGIAGUA**. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi/demas/situacao-de-saude/vigiagua>>. Acesso em: 5 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. 5. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde: Brasília, 2006. 284 p.

BUSS, P. M. Promoção da saúde e qualidade de vida. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 5, n. 1, p.

163-177, 2000. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232000000100014>

CAMERON, K. C.; DI, H. J.; MOIR, J. L. **Nitrogen losses from the soil/plant system: A review.** *Annals of Applied Biology*, mar. 2013. <https://doi.org/10.1111/aab.12014>

CHAVES, H. S. *et al.* Estudo da qualidade das águas subterrâneas de abastecimento em bairros na cidade de parauapebas a partir de parâmetros físico-químicos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 113–121, 2 abr. 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.003.0011>

CODEN AMBIENTAL. Nova tecnologia melhora o processo de tratamento de água. 2024. Disponível em: <https://coden.com.br/nova-tecnologia-melhora-o-processo-de-tratamento-de-agua-3/>. Acesso em: 17 dez 2024.

COELHO, L. M. P. S. *et al.* Detecção de formas transmissíveis de enteroparasitas na água e nas hortaliças consumidas em comunidades escolares de Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 5, p. 479-482, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822001000500012>

CUNHA, G. L. C. *et al.* Revisão integrativa: Retrato da presença de *Cryptosporidium* spp. em humanos e águas do Brasil. **Revista Unimontes Científica**, v. 24, n. 1, p. 1-19, 2022. <https://doi.org/10.46551/ruc.v24n1a4>

CUNHA, H. F. A. *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.908>

DIXON, B. R. *Giardia duodenalis* in humans and animals – Transmission and disease. **Research in Veterinary Science**, v. 135, p. 283-289, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.09.034>

DMAE. **O Dmae.** Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/o-dmae/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

DOYLE, M. P.; SCHOENI, J. L. Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from retail fresh meats and poultry. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, n. 10, p. 2394–2396, out. 1987. <https://doi.org/10.1128/aem.53.10.2394-2396.1987>

FAUST, S. D.; ALY, O. M. **Chemistry of Water Treatment, Second Edition.** [s.l.] CRC Press, 2018.

FELLENBERG, G.; FROEHLICH, C. G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental.** EPU, 2003.

FIORVANTI, M. I. A. *et al.* Monitoramento e avaliação da qualidade da água de solução alternativa coletiva de abastecimento de escolas públicas do município de Itatiba, SP. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 8, n. 2, p. 122–133, 29 maio 2020. <https://doi.org/10.22239/2317-269x.01460>

FRAZÃO, P.; PERES, M. A.; CURY, J. A. Qualidade da água para consumo humano e

concentração de fluoreto. **Revista de Saúde Pública**, v. 45, n. 5, p. 964–973, out. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102011005000046>

GIATTI, L. L. *et al.* Condições de saneamento básico em Iporanga, Estado de São Paulo. **Revista Saúde Pública**, v. 38, p. 571-7, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102004000400014>

GODECKE, M. V.; DECKER, A. T. Saneamento básico: estudo do caso de Arroio Grande, **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 1371-1388, 2014. <https://doi.org/10.5902/2236117014966>

GOMES, T. A. T. *et al.* Diarrheagenic *Escherichia coli*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 3–30, dez. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.015>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico-PNSB**: 2008. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama do Censo 2022**. 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/mapas.html?localidade=&recorte=N2>. Acesso em: 13 jun. 2024.

KARANIS, P. *et al.* Waterborne transmission of protozoan parasites: A worldwide review of outbreaks and lessons learnt. **Journal of Water and Health**, v.5, n.1, p.1-38, 2007. <https://doi.org/10.2166/wh.2006.002>

LECLERC, H. *et al.* Advances in the Bacteriology of the Coliform Group: Their Suitability as Markers of Microbial Water Safety. **Annual Review of Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 201–234, out. 2001. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.55.1.201>

LEMOS, D. R. H. *et al.* Análise da qualidade da água de abastecimento de Ibatiba-ES com base no cloro residual livre e cloro residual combinado. Em: **Engenharia no Século XXI – Volume 20**. [s.l.] Editora Poisson, 2021. <https://doi.org/10.36229/978-65-5866-051-4.CAP.03>

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LIMA, E. C.; STAMFORD, T. L. M. *Cryptosporidium* spp. no ambiente aquático: aspectos relevantes da disseminação e diagnóstico. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 791-800, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232003000300013>

LIMA, S.C. **Desigualdades Socioterritoriais e Comportamentos em Saúde**. Lisboa, edições colibri, p.31-46, 2013.

LIMAS, A. R. DE; SILVA, G. C. DA. Avaliação da qualidade da água em bebedouros em escolas de Ensino Fundamental I de cidade do Sertão do Pajeú-PE. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v. v. 10, n. 2, p. 45–49, 2020. <https://doi.org/10.18378/rebes.v10i2.7557>

MADZIVHANDILA, V. A.; CHIRWA, E. M. N. Modeling chlorine decay in drinking water distribution systems using aquasim. **Chemical Engineering Transactions**, v. 57, p. 1111–1116,

2017. <https://doi.org/10.3303/CET1757186>

MELO, J. F. M. Diagnóstico da qualidade de água de abastecimento na comunidade de Santa Cruz, em campos dos Goytacazes (RJ), educação ambiental e alternativas sanitárias. 2010. **Dissertação** (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2010.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018>

MURRAY. P. R. *et al.* **Microbiologia Médica**. 7^o ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014, p. 888.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Un water, statistics: graphs & maps**. Drinking water, sanitation & hygiene. 2013. Disponível em: https://www.unwater.org/statistics_san.html. Acesso em: 10/06/2023.

OTENIO, M. H, *et al.* Saneamento básico, qualidade de água, e levantamento de enteroparasitoses relacionando ao perfil sócio-econômico-ambiental de escolares de uma área rural do município de Bandeirantes-PR. **Salusvita**, v. 26, n. 2, p. 179-188, 2007.

PALUDO, J. R.; BORBA, J. Abastecimento de água e esgotamento sanitário: estudo comparado de modelos de gestão em Santa Catarina. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 1, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2013000100005>

PIERZYNSKI, G. M. *et al.* **Soils and environmental quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 313p.

POULSEN, C.; STENSVOLD, C. Systematic review on *Endolimax nana*: A less well studied intestinal ameba. **Tropical Parasitology**, v. 6, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.4103/2229-5070.175077>

POWERS, S. M. *et al.* Long-term accumulation and transport of anthropogenic phosphorus in three river basins. **Nature Geoscience**, v. 9, n. 5, p. 353–356, 1 maio 2016. <https://doi.org/10.1038/ngeo2693>

PREFEITURA DE UBERLÂNDIA. **Estimativa da população IBGE 2011-2021**. 2021. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/populacao-uberlandia/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

PREFEITURA DE UBERLÂNDIA. **Qualidade da Água**. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/qualidade-da-agua-2/>. Acesso em: 5 ago. 2024.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902008000100003>

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D. **Standard Methods for the Examination of Water**

and Wastewater. 2021.

RIGOBELLO, E. C. *et al.* Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da região de Dracena. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 219-224, 2009. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v7i2.9915>

RUSSO, T. A.; JOHNSON, J. R. Medical and economic impact of extraintestinal infections due to *Escherichia coli*: focus on an increasingly important endemic problem. **Microbes and Infection**, v. 5, n. 5, p. 449–456, abr. 2003. [https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(03\)00049-2](https://doi.org/10.1016/S1286-4579(03)00049-2)

SANTOS, J. A.; SILVA, J. X.; REZENDE, A. J. Avaliação Microbiológica de Coliformes Totais e Termotolerantes em Água e Bebedouros de Uma Escola Pública no Gama-Distrito Federal. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2014.

SCHMIDT, Elisabete I. Estudo e qualidade das águas subterrâneas na região sudoeste do município de Estrela-RS. 2006. 91p. **Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) –Centro Universitário Univates, Lajeado**, 2006.

SILVA, D. R. R. DA *et al.* Qualidade da água em escolas públicas municipais: análise microbiológica e teor de nitrato em Araçatuba, estado de São Paulo-Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Online)**, v. 77, p. 1–8, 2018. <https://doi.org/10.53393/rial.2018.v77.34178>

SILVA, L. A.; REBOUÇAS, S. J. S.; MENDONÇA, L. P. Análise da qualidade de molhos consumidos como acompanhamentos em lanches: Uma revisão integrativa. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 18, p. 89–101, 2022. <https://doi.org/10.14393/Hygeia1859745>

SILVA, N. S. DA; GONÇALVES, M. F.; FRIAES, E. P. P. Potabilidade da água em escolas municipais de Capanema-PA: Uma proposta de melhoria com sistema simplificado de tratamento. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e482111234235, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34235>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Panorama do saneamento básico no Brasil**, SNIS 2021, c2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICNO_BRASIL_SNIS_2021.pdf>. Acesso em 10 de out. de 2022.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-656445-7.50005-X>

STUKEL, T. *et al.* A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. **Environmental Science & Technology**, v. 24, n. 4, p. 571-575, 1990. <https://doi.org/10.1021/es00074a610>

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Documento de informação técnica sobre água, saneamento, higiene e gestão das águas residuais para prevenir infecções e reduzir a**

propagação da resistência aos antimicrobianos. World Health Organization, 2020. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash#tab=tab_1. Acesso em: 13 jun. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for Drinking-water Quality.** 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>. Acesso em: 25 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **World Health Assembly Resolution paves the way for better oral health care.** 2021a. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/27-05-2021-world-health-assembly-resolution-paves-the-way-for-better-oral-health-care>. Acesso em: 24 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000-2020 Five Years into the SDGs.** World Health Organization, 2021b.

ZHANG, C. *et al.* Effect of pipe materials on chlorine decay, trihalomethanes formation, and bacterial communities in pilot-scale water distribution systems. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 85–94, 1 jan. 2017. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1104-2>

APÊNDICE I. QUESTIONÁRIO PROFISSIONAL DMAE

Identificação do participante (código alfa numérico):

Código da escola:

1. Que tipo de manancial é utilizado para o abastecimento de água nos distritos e áreas rurais ?

☐ Manancial superficial ☐ Manancial Subterrâneo

2. Qual o tipo de tratamento de água utilizado?

☐ Convencional ☐ Simplificado

3. O DMAE é responsável pelo tratamento de água de todas as escolas rurais?

☐ sim ☐ não

4. No caso do tratamento simplificado, qual o tipo de produto utilizado para a desinfecção da água?

☐ gás cloro
☐ Hipoclorito de sódio
☐ outro _____

5. É realizado também o processo de fluoretação em todos os distritos?

☐ sim ☐ não

6. É realizado o controle de qualidade da água tratada? Com qual frequência?

☐ sim/ semanalmente
☐ sim/ quinzenalmente
☐ sim/ mensalmente
☐ não é realizado.

7. Qual o volume outorgado para captação de água para os poços artesianos dos distritos:

8. Qual a média do volume diário tratado para os poços dos distritos:

5. APÊNDICE II. CONTROLE E AVALIAÇÃO PARASITOLÓGICA DAS AMOSTRAS

Escola:

a) Identificação (Código) do Ponto de Coleta: _____

b) Data e hora da coleta: ____/____/2024 ____h ____min.

c) Quantidade de amostras coletadas: _____ garrafas de 500 ml

d) Presença de animais nas proximidades dos locais de coleta (escola)

☐ chiqueiros

☐ galinheiro

☐ cães

☐ gatos

☐ outros _____

☐ Não há animais

e) Poço artesiano? ☐ sim ☐ não

f) Horta ou plantação de verduras próximo? ☐ sim ☐ não (passe para letra h)

g) Se sim a água utilizada para irrigação:

☐ tratada ☐ do rio ☐ de córrego ☐ poço ☐ outros

h) Tipo de bebedouro da escola

☐ filtro industrial com mais de uma torneira (jato inclinado)

☐ Filtro de barro

☐ Outros _____

i) O material da caixa d'água que abastece a escola:

☐ plástico

☐ amianto

☐ outros _____

☐ Não tem

j) A manutenção da caixa d'água que abastece a escola é feita periodicamente?

☐ sim a cada _____

☐ não

☐ não soube responder

☐ Não tem

k) O encanamento/estrutura da escola é recente?

- ☐ sim, menos de 5 anos
- ☐ não, mais de 10 anos
- ☐ Não foi possível avaliar

l) A água utilizada para preparação de alimentos na escola provem:

- ☐ caixa d'água
- ☐ poço
- ☐ da rua _____

m) Observa-se higiene nos pontos de coleta?

- ☐ sim
- ☐ ()

não

APÊNDICE III. PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM POÇOS ARTESIANOS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO E CONSUMO HUMANO EM ESCOLAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA

Pesquisador: Karine Rezende de Oliveira

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 74627223.7.0000.5152

Instituição Proponente: PPGAT- MESTRADO PROFISSIONAL EM SAÚDE AMBIENTAL E SAÚDE DO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.440.735

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas dos documentos Informações Básicas da Pesquisa nº 2216825 e Projeto Detalhado (Projeto_CEP_.pdf), postados em 28/09/2023.

INTRODUÇÃO

"Os sistemas de tratamento de água alternativos coletivos, adotados nas escolas rurais do município de Uberlândia, são relativamente simples, isto porque, a captação ocorre em mananciais subterrâneos, por meio de poços artesianos. Contudo, estes corpos hídricos não estão isentos de riscos de contaminantes químicos e biológicos, principalmente quando não há um manejo correto do solo em virtude das atividades agrícolas ou na ausência de esgotamento sanitário adequado. As causas da poluição de aquíferos estão relacionadas a diversos fatores ligados às atividades antrópicas. Em áreas sem sistemas de tratamento de esgoto, a poluição por esgoto doméstico ocorre com altas concentrações de produtos químicos, incluindo alguns metais pesados e concentrações variadas de microrganismos patogênicos. Portanto, o objetivo deste estudo é analisar a eficiência do tratamento de água proveniente de poços artesianos em escolas rurais do município de Uberlândia, do ponto de vista da potabilidade para consumo humano e

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4131 **E-mail:** cep@propp.ufu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA



Continuação do Parecer: 5.440.735

CEP/UFU e descontinuar o estudo após a análise, pelo CEP que aprovou o protocolo (Resolução CNS nº 466/12), das razões e dos motivos para a descontinuidade, aguardando a emissão do parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa que requeiram ação imediata.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Resolução CNS nº 466/12). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro); e enviar a notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) apresentando o seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, destacando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. No caso de projetos do Grupo I ou II, apresentados à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador também deve informá-la, enviando o parecer aprobatório do CEP, para ser anexado ao protocolo inicial (Resolução nº 251/97, item III.2.e).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_P ROJETO_2216825.pdf	26/09/2023 18:31:50		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_.pdf	26/09/2023 18:31:37	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito
Outros	declaracao_CEMEPE.pdf	27/09/2023 16:19:37	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_DMAE.pdf	26/09/2023 14:58:22	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito
Outros	declaracao_DMAE.pdf	26/09/2023 14:56:47	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito
Outros	Termo_equipe.pdf	26/09/2023 14:55:59	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito
Outros	Laítes.doc	25/09/2023 15:15:04	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito

Endereço: Av. João Neves de Ávila 2121 - Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica CEP: 38.408-144
UF: MG Município: UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 Fax: (34)3239-4131 E-mail: cep@propp.ufu.br



Continuação do Parecer: 5.440.735

Outros	Apendice_3.pdf	25/09/2023 15:14:30	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito
Outros	Apendice_2.pdf	25/09/2023 15:14:14	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito
Outros	Apendice_1.pdf	25/09/2023 15:13:52	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_escola.pdf	25/09/2023 14:57:14	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	25/09/2023 14:40:05	Karlne Rezende de Oliveira	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

UBERLÂNDIA, 22 de Outubro de 2023

Assinado por:
ALEANDRA DA SILVA FIGUEIRA SAMPAIO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. João Neves de Ávila 2121 - Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica CEP: 38.405-144
UF: MG Município: UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 Fax: (34)3239-4131 E-mail: cnp@propp.ufu.br

APÊNDICE IV. ARTIGO ORIGINAL

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM POÇOS ARTESIANOS PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO E CONSUMO HUMANO EM ESCOLAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF WATER TREATMENT IN ARTESIAN WELLS FOR PUBLIC SUPPLY AND HUMAN CONSUMPTION IN RURAL SCHOOLS IN THE MUNICIPALITY OF UBERLÂNDIA

RESUMO

A água é o constituinte primário de todos os seres vivos sendo fundamental para a sobrevivência das espécies, nesse sentido é importante zelar pela qualidade da água e para isso são estabelecidos critérios de classificação quanto às suas características físico-químicas e bacteriológicas. Neste sentido, este estudo teve como objetivo analisar a eficiência do tratamento de água proveniente de poços artesianos em escolas rurais do município de Uberlândia, do ponto de vista da potabilidade para consumo humano e sustentabilidade a fim de garantir a preservação ambiental do manancial subterrâneo. Para isso foram realizadas coletas periódicas em quatro escolas municipais, localizadas na zona rural do município de Uberlândia, em que foram analisados os seguintes parâmetros: cor aparente, cloro residual, fluoreto, pH, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli*, temperatura e análise parasitológica, além disso foi aplicado um questionário para caracterização dos locais de coleta. De maneira geral, as análises físico-químicas-bacteriológicas estavam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, o que demonstra a efetividade no tratamento da água dos poços artesianos fornecidos às escolas na zona rural, entretanto, evidenciou-se a presença do parasito *Endolimax nana* em determinadas amostras, evidenciando assim deficiências e risco de contaminação principalmente em estruturas internas como encanamentos, bebedouros, reservatórios e caixas d'água. O parasito *E. nana* não precisa de tratamento, entretanto pode ser um marcador de exposição a contaminantes fecais e indicar a presença de outros organismos patogênicos. Mesmo dentro dos padrões de qualidade da água notou-se a presença de parasitas o que indica a necessidade de realizar este tipo de monitoramento em escolas da zona rural, devido a presença de chiqueiros, gados entre outros, no local o que propicia a proliferação deste tipo de parasito.

Palavras-chave: Qualidade da água. Parasitologia. Instituição escolar. *Endolimax nana*.

ABSTRACT OU RESUMEN (caso o artigo tenha sido redigido em espanhol)

Water is the primary constituent of all living beings and fundamental to the survival of species. In this sense, it is important to ensure water quality, for which classification criteria are established based on its physicochemical and bacteriological characteristics. This study aimed to analyze the efficiency of water treatment from artesian wells in rural schools in the municipality of Uberlândia, focusing on potability for human consumption and sustainability to ensure the environmental preservation of the underground water source. To this end, periodic sampling was conducted in four municipal schools located in Uberlândia's rural area, analyzing the following parameters: apparent color, residual chlorine, fluoride, pH, turbidity, total coliforms, *Escherichia coli*, temperature, and parasitological analysis. Additionally, a questionnaire was applied to characterize the sampling locations. Overall, the physicochemical and bacteriological analyses were within the standards established by Brazilian legislation, demonstrating the effectiveness of the water treatment in artesian wells supplying the rural schools. However, the presence of the parasite *E. nana* was detected in certain samples, indicating issues with water storage and consumption within the schools. Although this parasite is not pathogenic to humans, its presence is concerning and underscores the need to implement initiatives for its control. Conclusion: Despite meeting water quality standards, the presence of parasites highlights the necessity of monitoring this type in rural schools due to the proximity of pigsties, cattle, and other factors in the area, which facilitate the proliferation of such parasites.

Keywords: Water quality. Parasitology. Scholar institution. *Endolimax nana*.

INTRODUÇÃO

A água está presente na constituição da maioria dos organismos vivos, sendo assim, de grande importância para a manutenção da vida, além de ser o principal solvente inorgânico na natureza. A água é o principal constituinte dos tecidos humanos e participa de diversas reações bioquímicas. Além disso, é utilizada em diversas atividades como transporte de pessoas e bens, geração de energia, produção e processamento de alimentos, processamentos industriais e recreação. Dentre os usos múltiplos da água também observa a sua utilização como receptora de esgoto, tanto industrial como doméstico (WHO, 2020).

Observa-se que nos últimos anos houve um aumento exponencial do uso da água, em decorrência da crescente demanda dos países em desenvolvimento e das economias emergentes, que apresentaram crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e elevação dos padrões de consumo. No Brasil a agricultura é a atividade que mais utiliza água, representando cerca de 70% das extrações anuais a nível global, seguida pela indústria com 20% e pelo consumo familiar com 10% (ANA, 2024a).

O abastecimento familiar em áreas urbanas e rurais é fundamental para garantir o acesso à água potável, essencial para a saúde e o bem-estar das populações. A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca que o acesso à água potável é crucial para a redução da mortalidade infantil, o combate a doenças como cólera e diarreia, e o desenvolvimento socioeconômico. Destaca-se que segundo estimativas cerca de 80% da população urbana mundial tinha acesso a serviços de abastecimento de água potável (WHO, 2021b).

No Brasil, o abastecimento de água pela rede geral é de 91,17% para região Sudeste, 86,96% para região Sul, 85,65% para região Centro-Oeste, 77,00% para região Nordeste e 56,45% para região Norte do país (IBGE, 2022). Para melhorar esse cenário foi desenvolvido o Programa de Vigilância em Saúde Ambiental relacionado à Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA), com o objetivo de garantir o acesso à água pela população, que atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos (Brasil, 2011).

Para isso realiza-se o monitoramento da qualidade da água por diversas entidades governamentais conforme estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (Brasil, 2017), atualizado pela Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021 e pela portaria nº 2472 de 28 de setembro de 2021, que atualiza os procedimentos de controle e monitoramento da qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade, modificando os anexos XX e XXI. Esse processo envolve a análise de parâmetros químicos, microbiológicos e físicos da água destinada ao consumo humano, acrescentando cronogramas específicos para implementar o monitoramento de bactérias aeróbias e

ajustes nos padrões de dureza da água (Brasi, 2021).

As amostras são analisadas em laboratórios credenciados para verificar a presença de contaminantes químicos, como metais pesados e pesticidas, contaminantes microbiológicos, como bactérias e vírus, e parâmetros físicos, como turbidez e cor. Os resultados são compilados em relatórios enviados às autoridades de saúde pública e frequentemente disponibilizados ao público por meio de portais online das companhias de saneamento e das secretarias de saúde. São especificados os limites máximos permitidos para esses contaminantes, tais como chumbo: 0,01 mg L⁻¹, cádmio: 0,005 mg L⁻¹ e mercúrio: 0,001 mg L⁻¹. Para contaminantes microbiológicos, é exigida a ausência de *Escherichia coli* em 100 mL de amostra de água. Quanto aos parâmetros físicos, a turbidez máxima permitida é de 5,0 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez) (Brasil, 2017).

Destaca-se que companhias de saneamento como o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), do município de Uberlândia, realizam o tratamento e monitoramento da água fornecida aos consumidores (DMAE, [s.d.]). De acordo com o último censo o município conta com cerca de 713.224 habitantes, sendo 2,85% habitantes da zona rural (Prefeitura de Uberlândia, 2021; IBGE, 2022).

Evidencia-se que as áreas urbanas são abastecidas, geralmente, por sistemas de distribuição que captam água de fontes como rios, lagos e reservatórios subterrâneos. A água superficial passa por um processo de tratamento em estações de tratamento de água (ETAs) para remover impurezas, microrganismos e substâncias químicas nocivas, tornando-a segura para o consumo humano (ANA, 2024b).

Já em áreas rurais, o abastecimento de água pode ser mais desafiador devido à dispersão da população e à falta de infraestrutura. Muitas comunidades rurais dependem de fontes locais, como poços, nascentes e cisternas. É importante garantir que a água dessas fontes seja segura para o consumo, o que muitas vezes requer tratamentos simples, como filtração, cloração e desinfecção solar (WHO, 2021b).

De modo geral os sistemas de tratamento de água alternativos coletivos, adotados nas escolas rurais do município de Uberlândia, ocorrem pela captação de mananciais subterrâneos, por meio de poços artesianos. Na maioria dos casos, as águas subterrâneas são mais limpas que as superficiais, e os aquíferos são protegidos por centenas de metros de rocha e não requerem o mesmo nível de tratamento para o consumo humano (Paludo, 2013). A água então é bombeada para a superfície também com auxílio de um conjunto motobomba e direcionada geralmente a um tratamento simplificado (ANA, 2024b).

Contudo, estes corpos hídricos não estão isentos de riscos de contaminantes químicos e biológicos, principalmente quando não há um manejo correto do solo em virtude das atividades agrícolas ou na ausência de esgotamento sanitário adequado. As causas da poluição de aquíferos estão relacionadas a diversos fatores ligados às atividades antrópicas. Em áreas sem sistemas de tratamento de esgoto, a poluição por esgoto doméstico ocorre com altas concentrações de produtos químicos, incluindo alguns metais pesados e concentrações variadas de microrganismos patogênicos (Chaves *et al.*, 2020).

Em áreas agrícolas, é comum o uso de fertilizantes inorgânicos para corrigir solos pobres em nutrientes. Esses produtos são ricos em compostos de sais e nitrogênio que fluem pela água de infiltração e atingem

os aquíferos. O manuseio inadequado do esterco animal também representa um risco, pois substâncias nocivas são introduzidas na água, principalmente sulfeto de hidrogênio, amônia e matéria orgânica (Cameron; Di; Moir, 2013; Powers *et al.*, 2016).

Destaca-se que soluções alternativas coletivas de abastecimento de água utilizadas devem ser adequadas às regiões, às comunidades locais, buscando sempre a viabilidade econômica e primordialmente a sustentabilidade nas operações, ou seja, devem ser adequadas a todas as situações. A orientação é que as tecnologias utilizadas visam melhorar as condições de saúde e higiene das comunidades que vivem nessas áreas por meio de técnicas adequadas, respeitando a cultura e o conhecimento local e que sejam ecologicamente sustentáveis (SNIS, 2021).

Em escolas rurais do município de Uberlândia são utilizados sistemas de tratamento de água alternativos coletivos, em que ocorre a captação em mananciais subterrâneos, por meio de poços artesianos. A água então é bombeada para a superfície também com auxílio de um conjunto motobomba e direcionada geralmente a um tratamento simplificado (SNIS, 2021).

Contudo, estes corpos hídricos não estão isentos de riscos de contaminantes químicos e biológicos, principalmente quando não há um manejo correto do solo em virtude das atividades agrícolas ou na ausência de esgotamento sanitário adequado. As causas da poluição de aquíferos estão relacionadas a diversos fatores ligados às atividades antrópicas. Em áreas sem sistemas de tratamento de esgoto, a poluição por esgoto doméstico ocorre com altas concentrações de produtos químicos, incluindo alguns metais pesados e concentrações variadas de microrganismos patogênicos (Schmidt, 2006).

Além disso, em áreas rurais é comum o uso de fertilizantes inorgânicos para corrigir solos pobres em nutrientes. Esses produtos são ricos em compostos de sais e nitrogênio que fluem pela água de infiltração e atingem os aquíferos. O manuseio inadequado do esterco animal também representa um risco, pois substâncias nocivas são introduzidas na água, principalmente sulfeto de hidrogênio, amônia e matéria orgânica (Fellenberg, 2003).

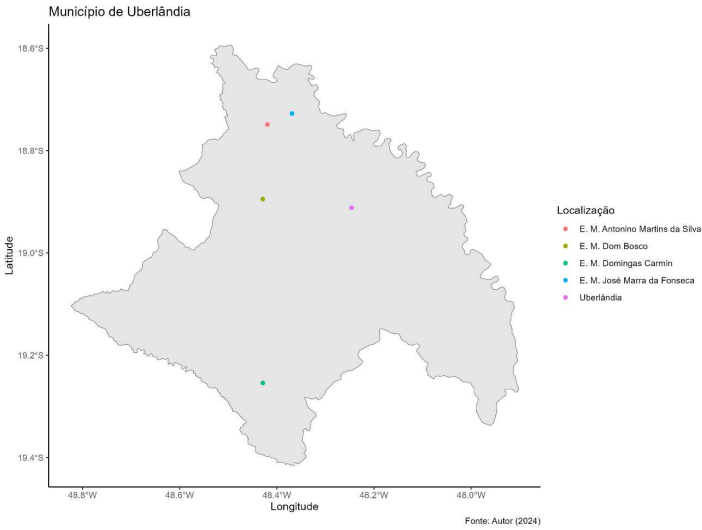
Neste sentido, este estudo tem como objetivo analisar a eficiência do tratamento de água proveniente de poços artesianos em escolas rurais do município de Uberlândia, do ponto de vista da potabilidade para consumo humano.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de coleta

O estudo foi conduzido com base em coletas realizadas nas quatro escolas públicas rurais localizadas no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil (Figura 1).

Figura 1 – Localização geográfica município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil e das escolas: Escola Municipal Dom Bosco, localizada nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 18°53'41,14"S, longitude 48°26'11,93"O e 794m de altitude; Escola Municipal Antonino Martins da Silva, localizada nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 18°44'53,73"S, longitude 48°25'06,32"O e 813m de altitude; Escola Municipal Domingas Carmin, localizada nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 19°15'14,36"S, longitude 48°25'44,06"O e 725m de altitude; Escola Municipal José Marra da Fonseca, localizada nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 18°43'38,05"S, longitude 48°22'07,73"O e 868m de altitude. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

As coletas foram realizadas nas seguintes escolas: E. M. Dom Bosco (Figura 1), E. M. Antonino Martins (Distrito de Martinésia que apresenta atualmente uma população de aproximadamente 1.000 habitantes, que tem nas atividades agropecuárias sua base econômica) (Figura 2), E. M. Domingas Carmin (Miraporanga que fica a 38 Km do Centro de Uberlândia, conta com 12.923 moradores) (Figura 2) e E. M. José Marra da Fonseca (Distrito de Cruzeiro dos Peixotos que fica a 30 km do centro de Uberlândia com cerca de 2300 habitantes) (Figura 1).

Todas as escolas selecionadas para realização do estudo são localizadas na zona rural do município de Uberlândia-MG. Essas instituições atendem a população local disponibilizando as modalidades de ensino fundamental e educação infantil, sendo que a E. M. Antonino Martins acolhe crianças de 4 meses até os 14 anos de idade e as demais escolas atendem crianças a partir dos 4 anos até os 14 anos de idade. Dentre as escolas a E. M. Dom Bosco oferece somente o turno matutino, as demais ofertam tanto o matutino como o vespertino. "A escola mais distante da sede do DMAE é a E. M. Domingas Carmin,

localizada a 48,4 km. As demais escolas estão situadas a uma distância entre 25 e 30 km da sede do DMAE (Tabela 1).

Tabela 1 – Turnos, faixa etária, modalidade de ensino e distância do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE) das escolas municipais da zona rural do município de Uberlândia-MG em que foram realizadas as coletas de amostras de água. Uberlândia-MG, 2024.

Local de coleta	Turnos	Faixa etária	Modalidade de ensino	Distância da Sede do DMAE	Número de alunos
E. M. Dom Bosco	Matutino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	24,9 km	250
E. M. Antonino Martins	Matutino e Vespertino	4 meses a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	29,1 km	110
E. M. Domingas Carmin	Matutino e Vespertino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	48,4 km	128
E. M. José Marra da Fonseca	Matutino e Vespertino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	25,8 km	118

Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Coleta das amostras

As coletas foram realizadas entre os meses de março a junho de 2024 no período da manhã, sendo quatro coletas por mês, totalizando 64 coletas, considerando as torneiras dos bebedouros e/ou torneiras da cantina das escolas. Para a coleta de amostras para análises físico-químicas, foram utilizados frascos de polietileno previamente higienizados com água e detergente neutro em laboratório, junto com a caixa de coleta. O procedimento seguiu etapas específicas: (i) o registro da torneira é aberto para escoar a água parada dentro do duto, mantendo uma velocidade moderada; e (ii) após um escoamento inicial, por aproximadamente três minutos, o frasco é aberto e é coletada determinada quantidade de água, de onde retira-se uma alíquota. Esse procedimento é repetido três vezes consecutivas para assegurar a ausência de interferentes nos ensaios. Em seguida, coleta-se a amostra principal de água, com volume equivalente à capacidade do frasco de 500 ml, que é fechado e armazenado na caixa de coleta para transporte ao laboratório.

A coleta para as análises bacteriológicas é realizada com frascos de borossilicato, que são higienizados com água, detergente neutro e hipoclorito de sódio, seguidos de esterilização em autoclave. As caixas de

coleta são desinfetadas com uma solução de álcool 70% aplicada com algodão, e as caixas térmicas são preenchidas com gelo para manter a temperatura das amostras entre 4°C e 8°C, e os frascos são colocados na vertical para evitar tombamento durante o transporte.

No ponto de coleta, abre-se o registro da torneira para escoar a água parada no duto com uma velocidade moderada; em seguida, fecha-se a torneira para higienizar a parte externa do sistema com algodão embebido em álcool 70%. Após isso, a torneira é reaberta e a água é deixada escoando por mais um minuto, ajustando a vazão para coletar a amostra. Próximo ao fluxo de água, abre-se o frasco microbiológico e coleta-se um volume de 100 ml, fechando-o imediatamente e armazenando-o na caixa microbiológica com gelo, mantendo a temperatura próxima de 4°C. A análise para coliformes totais e *Escherichia coli* é realizada em até 24 horas após a coleta para garantir a validade dos resultados.

Análises das amostras

Foram realizadas as análises de: (i) Identificação e determinação de Coliformes Totais e *Escherichia coli* pelo método do substrato enzimático; (ii) Determinação de Turbidez; (iii) Determinação de pH em Bancada; (iv) Determinação de Cor Aparente – Método Colorimétrico; (v) Determinação de Flúor pelo Método Colorimétrico; (vi) Determinação de Cloro Residual Livre, conforme metodologia especificada por Rice, Baird e Eaton (2021).

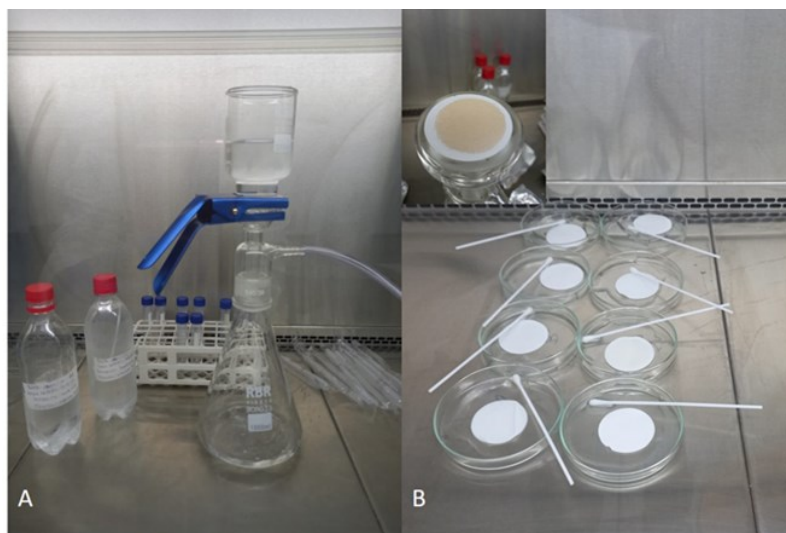
Análise parasitológica das amostras de água

Para análise parasitológica foram coletadas as amostras de água em frascos estéreis de 500 ml de água, em diferentes locais nas escolas rurais de forma aleatória, antes de chegar à caixa d'água (reservatório), e amostras coletados diretamente da torneira (após passar pela caixa d'água). As coletas foram realizadas pela manhã, desprezando os primeiros litros de água (Figura 2A).

As amostras foram devidamente identificadas e transportadas ao Laboratório de Ensaios Biológicos (LAEBIO) da Universidade Federal de Uberlândia e em seguida submetidas ao processamento e análise. Para concentração das amostras de água foi utilizada a técnica de filtração em membranas Millipore GU (Durapore) em PVDF, com porosidade de 0,22 µm (Figura 2A). O material retido na membrana foi ressuspenso em 10 mL de água destilada (Figura 12B e *insert*). Em seguida, o material foi centrifugado por 10 minutos a 2500 rpm em temperatura ambiente. O sobrenadante foi desprezado e o sedimento analisado por meio de lâmina em duplicata utilizando objetiva de 40x.

Figura 2 – Equipamento de filtragem por meio de membrana Millipore® 0,22µm (A) e amostras de água

(garrafas) a serem analisadas. Membranas obtidas após o método de filtração (B). *Insert:* Membrana representando um dos locais, detalhando os resíduos retirados da água. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Análises estatísticas

Após a análise das amostras, os valores obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e análise de correlação de Pearson. Os dados foram plotados utilizando o pacote ggplot2 com o auxílio do software RStudio.

Este estudo foi autorizado por ambas as instituições hospitalares de referência e foi aprovado por Comitê de Ética em Pesquisa da UFU, sob parecer nº 6.440.735/2024.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos-microbiológicos foram atendidos devido a realização do processo de tratamento realizado, em que todas as escolas utilizam como fonte de água o manancial subterrâneo, e realizam o tratamento simplificado por meio da aplicação de hipoclorito de sódio e pelo processo de fluoretação da água. Além disso, para garantir a qualidade da água oferecido são realizadas amostragens para o monitoramento de forma semanal (Tabela 2).

Tabela 2 – Questionário aplicado ao profissional DMAE que exerce atividades nas escolas municipais da zona rural de Uberlândia-MG, como caracterização do tratamento de água realizado. Uberlândia-MG,

2024.

Questionário profissional DMAE	n (%)
Que tipo de manancial é utilizado para o abastecimento de água nos distritos e áreas rurais?	
Manancial Superficial	0
Manancial Subterrâneo	4 (100)
Qual o tipo de tratamento de água utilizado?	
Convencional	0
Simplificado	4 (100)
O DMAE é responsável pelo tratamento de água de todas as escolas rurais?	
Simplificado	0
Não	4 (100)
No caso do tratamento simplificado, qual o tipo de produto utilizado para a desinfecção da água?	
Gás Cloro	0
Hipoclorito de Sódio	4 (100)
Outro	0
É realizado também o processo de fluoretação em todos os distritos?	
Sim	4 (100)
Não	0
É realizado o controle de qualidade da água tratada? Com qual frequência?	
Semanalmente	4 (100)
Quinzenalmente	0
Mensalmente	0
Não é realizado	0
Qual o volume outorgado para captação de água para os poços artesianos dos distritos:	
Cruzeiro dos Peixotos (133766,40 m ² ano ⁻¹)	
Martinésia (78705,51 m ³ ano ⁻¹)	
Miraporanga (58560 m ³ ano ⁻¹)	
Qual a média do volume diário tratado para os poços dos distritos	
Cruzeiro dos Peixotos (139 m ³)	
Martinésia (120m ³)	
Miraporanga (95m ³)	

Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Nos distritos são monitorados 76 parâmetros da água bruta (semestralmente), 90 parâmetros da água tratada (semestralmente) e 12 parâmetros da água tratada da rede de distribuição (semestralmente). Além desses semestrais, realiza-se o monitoramento trimestral de 89 parâmetros da água tratada da rede de distribuição, como especificado pela portaria nº 888 do Ministério da Saúde, esses ensaios são realizados nos distritos e essa pesquisa contemplou somente as análises realizadas no laboratório próprio do DMAE, os ensaios completos são realizados por laboratórios acreditados e terceirizados pelo DMAE (Prefeitura de Uberlândia, 2024)

As amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na zona rural de Uberlândia não apresentaram diferenças significativas nas médias de avaliação das análises físico-químicas. Em outras palavras, os valores obtidos nas análises físico-químicas foram semelhantes entre as escolas avaliadas. Isso indica um padrão consistente na qualidade da água fornecida às escolas rurais analisadas (Tabela 3).

Tabela 3 – Médias das características físico-químicas da água coletada em diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2024.

Local de coleta	Valores de referência, conforme Portaria nº888/2021 (Brasil, 2021)	Local de coleta				
		E. M Dom Bosco	E. M Domingas Camin (Miraporanga)	E.M Antonino Martins (Martinésia)	E.M José Marra da Fonseca (Cruzeiro dos Peixotos)	Município de Uberlândia (DMAE)
Cloro residual (mg/L) ¹	0,2 a 5,0	1,33	0,56	0,20	0,54	0,46
Cor aparente (uH) ¹	≤ 15	6,95	3,35	1,05	2,525	3,5
Fluoreto (mg/L) ¹	≤ 1,5	0,49	0,50	0,64	0,70	0,64
pH*	6,0 a 9,5	7,55	7,66	7,60	7,64	8,2
Turbidez (uT) ¹	≤ 5,0	0,31	0,32	2,51	0,58	0,83
Coliformes totais (PA/100mL)	A	A	A	A	A	A
<i>Escherichia coli</i> (PA/100mL)	A	A	A	A	A	A
T°C*	-	24,5	22,25	22,25	14,25	26

*diferença significativa ($p \leq 0,05$); ¹diferença não significativa ($p \leq 0,05$), segundo teste F. DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto.

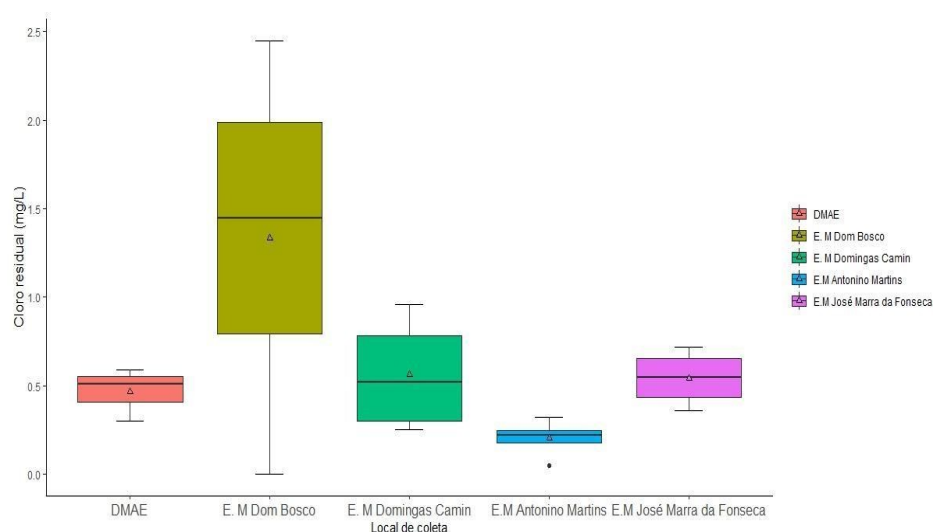
Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece os padrões de qualidade de água para consumo humano. Os critérios estabelecidos referem-se às características perceptíveis ao sentidos, como aspecto, em que a água deve ser límpida, sem a presença de substâncias em suspensão, sedimentos ou coloração que influencie sua transparência; cor aparente, em que as amostras não podem exceder 15 unidades de cor verdadeira (uH), essa medida indica a presença de materiais orgânicos e inorgânicos que afetam essa característica; turbidez, em que o limite estabelecido é de 0,5 unidades de turbidez nefelométrica (UTN) em 95% das amostras coletadas, o que indica a presença de partículas suspensas; e gosto e odor, em que a água não deve apresentar tais características (Brasil, 2021).

Todas as informações quanto a qualidade da água são compiladas e repassadas para o Ministério da Saúde por meio do SISAGUA, que é um instrumento de informação do VIGIÁGUA, que é o programa responsável pela vigilância da qualidade da água para consumo humano, com o objetivo de realizar o monitoramento da qualidade da água em todas as etapas do sistema de abastecimento; avaliação de risco, em que são identificados possíveis focos de contaminação; promoção da saúde, visando garantir e promover a educação em saúde, por meio da conscientização da importância da qualidade da água e das práticas de saneamento; realizar a regulação de normatização, por meio de normas como a Portaria GM/MS nº 888/21; e a coordenação interinstitucional, em que o VIGIÁGUA atua em parceria com outras esferas governamentais, como DMAE, para colaborar com o abastecimento e saneamento (Brasil, 2024).

De acordo com as análises coletadas nas escolas percebeu-se que as médias foram estatisticamente iguais, para o teor de cloro residual, no entanto, foi possível observar uma maior amplitude dos valores encontrados na E. M. Dom Bosco, que apresentou maior variabilidade das amostras coletadas, enquanto as demais apresentaram variabilidade menor e próximo aos valores de cloro residual da água distribuída pelo DMAE (Figura 3).

Figura 3 – Gráfico *boxplot* para cloro residual de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

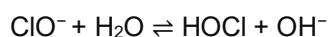


Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Dentro dos padrões previstos para qualidade da água é estabelecido que o teor de cloro residual fique entre 0,2 a 5,0 mg L⁻¹ (Brasil, 2021), todos os locais estavam dentro desse parâmetro. O teor mínimo de cloro de 0,2 mg L⁻¹ é estabelecido, pois valores inferiores podem indicar falhas no processo de desinfecção da água. Embora não haja contra indicação a respeito do teor elevado de cloro na água, há o risco de rejeição da população devido às características físicas da água, como cheiro e gosto (Lemos *et al.*, 2021). Teores de cloro residual acima de 2 mg L⁻¹ já começam a alterar o aspecto da água, gerando odor e gosto, e agregando risco toxicológico (Blokker; Vreeburg; Speight, 2014).

O uso do cloro ou seus derivados como método de desinfecção da água é comumente utilizado devido sua eficácia, estabilidade e baixo custo (Zhang *et al.*, 2017). Deste modo, as normas sanitárias preconizam o processo de cloração em água de abastecimento, seguindo as dosagens específicas para que ao final do processo de tratamento os valores de cloro residual não ultrapassem 2 mg L⁻¹ (Madzivhandila; Chirwa, 2017).

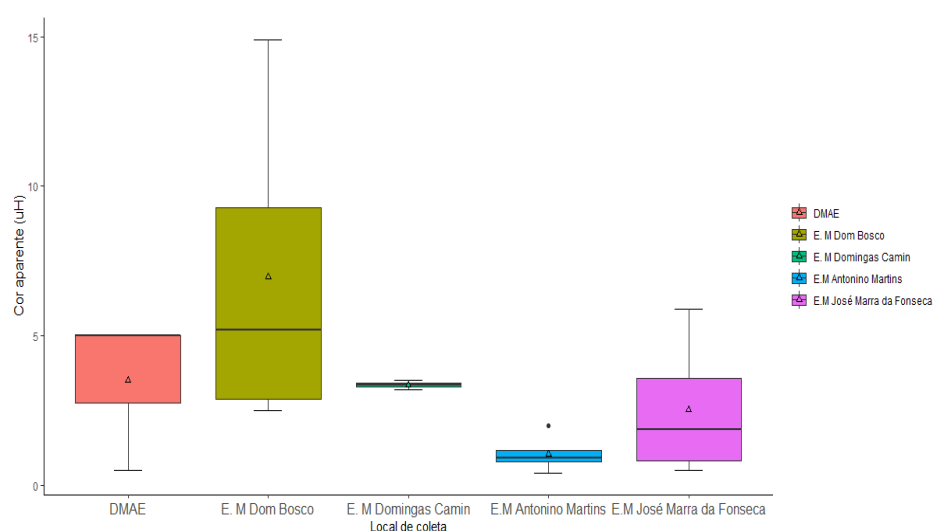
Destaca-se que a reação do hipoclorito (ClO⁻) com a água é importante para entender a ação desinfetante do cloro em soluções aquosas, que segue a seguinte equação química:



Nesta equação o ClO⁻ é o íon hipoclorito, o H₂O é a água, o HOCl é o ácido hipocloroso e o OH⁻ é o íon hidróxido. A reação de equilíbrio químico que depende do pH da solução, em que pH ácido, o ácido hipocloroso (HOCl) predomina, enquanto em pH alcalino, o íon hipoclorito (ClO⁻) é mais abundante, destacando que o ácido hipocloroso é um agente desinfetante mais eficaz do que o íon hipoclorito (Faust; Aly, 2018). Nos distritos do município de Uberlândia o DMAE utiliza o hipoclorito de sódio para o processo de desinfecção da água, produzido nas próprias estações de tratamento do DMAE, por meio da reação de eletrólise da salmoura.

O mesmo comportamento de amplitude nos valores obtidos por amostra foi observado na análise de cor aparente, em que a E. M. Dom Bosco apresentou maior variação entre os valores encontrados quando comparados aos demais pontos de coleta (Figura 4). A cor aparente é um parâmetro importante, pois sua determinação indica se um sistema de abastecimento público está esteticamente indesejável ao consumidor (Von Sperling, 2005).

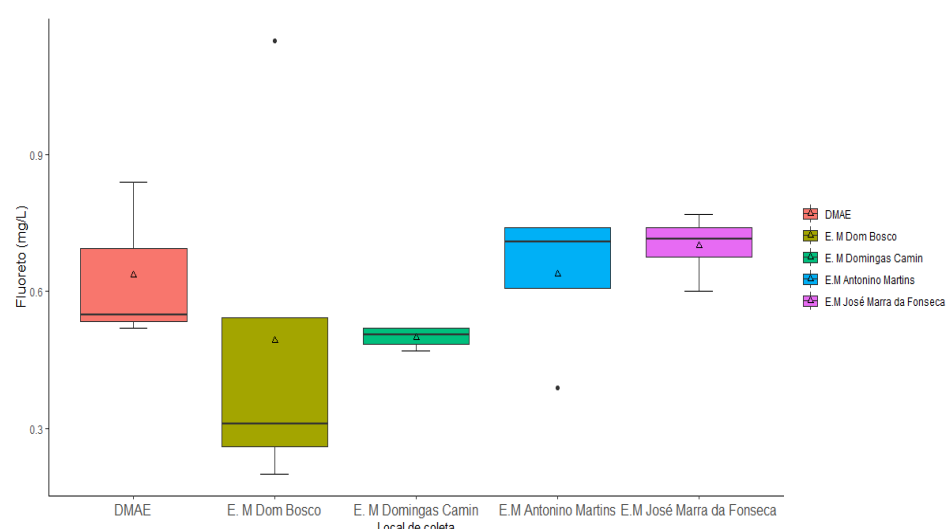
Figura 4 – Gráfico *boxplot* para cor aparente de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Quanto ao teor de fluoreto, as médias entre os locais avaliados se mantiveram próximas de dentro do padrão de qualidade da água estabelecido (Figura 5). A determinação do fluoreto na água é um importante requisito dos sistemas de vigilância, reconhecido internacionalmente, considerando sua ação como prevenção de cáries, entre 0,5 e 1,0 mg L⁻¹ (WHO, 2021a).

Figura 5 – Gráfico *boxplot* para fluoreto de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

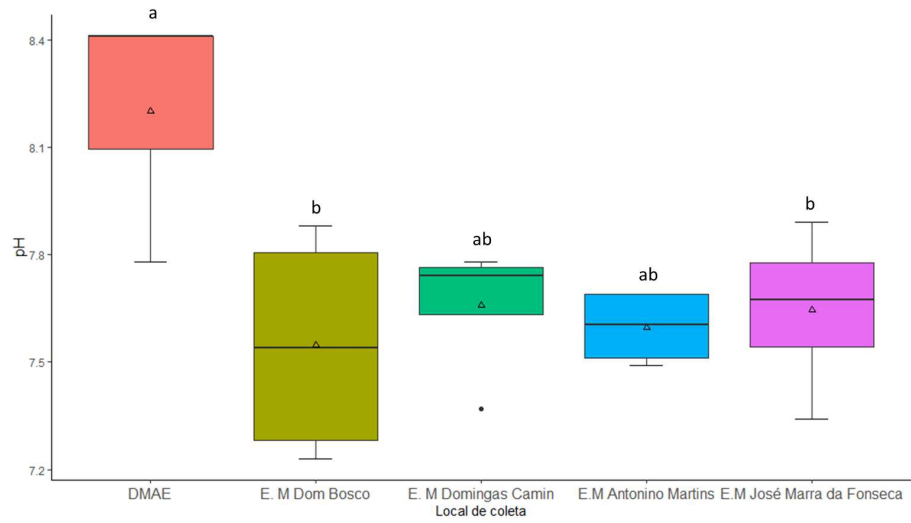


Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Vale ressaltar que o fluoreto ocorre tanto de forma natural, como proveniente dos processos de tratamento da água, pelo procedimento de fluoretação, que é uma intervenção de saúde pública adotado em vários países, de alta a baixa renda, sendo obrigatória no Brasil desde 1974 (Frazão; Peres; Cury, 2011).

Ademais, o pH da água apresentou diferença significativa entre os locais de coleta para amostragem, em que amostras de água distribuídas pelo DMAE apresentaram valores superiores ao encontrados em amostras da E. M. Dom Bosco, e os demais locais apresentaram médias semelhantes aos locais já citados. Mesmo apresentando essa divergência os valores encontrados estão dentro do padrão de qualidade da água estabelecido (Figura 6).

Figura 6 – Gráfico *boxplot* para pH de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

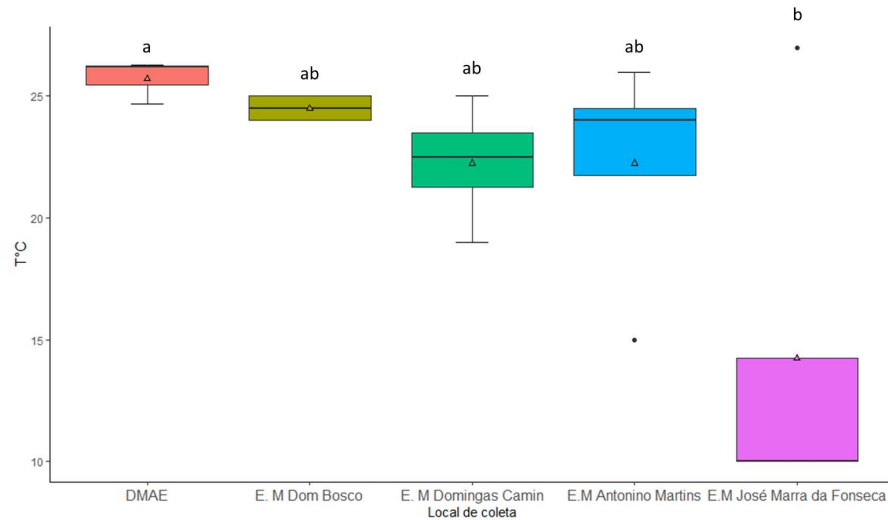


Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Segundo a Organização Mundial da Saúde o pH da água deve ter uma amplitude entre 6,5 e 8,5, devendo manter esse intervalo para garantir sua qualidade, considerando que o pH impacta no equilíbrio ácido básico humano, que afeta na biodisponibilidade de certos minerais, absorção de metais pesados (quando a água está mais ácida, $\text{pH} < 6,5$), além de afetar o sensorial, em que águas com baixo pH tendem a apresentar gosto azedo e metálico, enquanto águas com pH alto apresentam gosto alcalino e desagradável (WHO, 2017).

Além disso, houve variação significativa entre a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) das amostras coletadas, em que as amostras coletadas em pontos de distribuição do DMAE apresentaram médias superiores quando comparado à E. M. José Maria da Fonseca, os demais pontos de coleta apresentaram médias semelhantes aos locais já citados (Figura 7).

Figura 7 – Gráfico *boxplot* para temperatura ($T^{\circ}\text{C}$) de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.



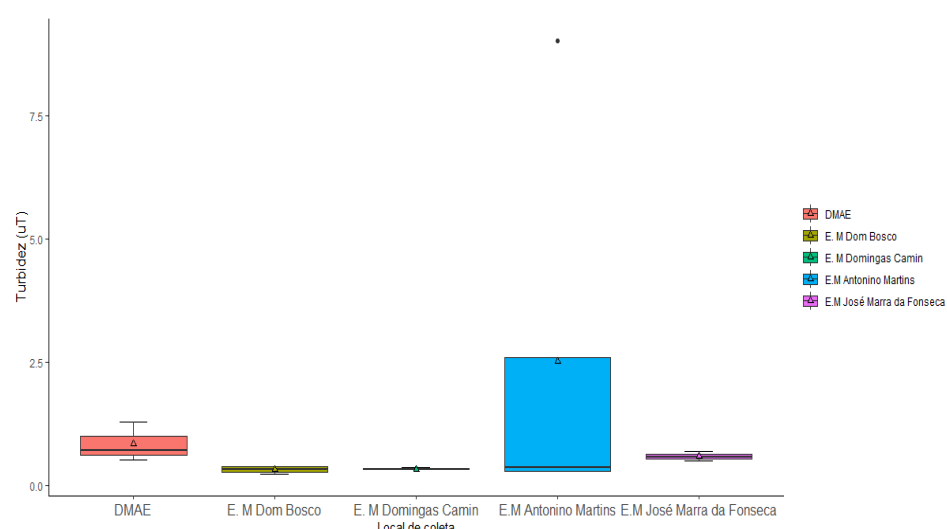
Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Destaca-se que a temperatura da água impacta em diversos aspectos de qualidade, e manter a amplitude térmica é importante para evitar a proliferação de patógenos, como a bactéria *Legionella* que potencializa seu crescimento em temperaturas entre 20°C e 50°C, além disso, águas com temperatura elevadas tendem a dissipar o cloro mais rapidamente durante o processo de desinfecção, reduzindo sua eficácia (WHO, 2017).

Sendo assim, as temperaturas encontradas na E. M. José Marra da Fonseca apresentaram uma amplitude térmica próxima ao ideal, por ser inferior à faixa de temperatura ideal para o crescimento de microrganismos patogênicos. Mesmo considerando que não há uma especificação de valores de referência para temperaturas médias, as amostras encontradas (Brasil, 2021).

Quanto à turbidez, não apresentou variação significativa entre os pontos de coleta avaliados, no entanto a E. M. Antônio Martins apresentou maior variação dos dados, além da presença de *outliers* nos dados coletados. Indicando maior variabilidade deste parâmetro nas amostras coletadas (Figura 8).

Figura 8 – Gráfico *boxplot* para turbidez de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.



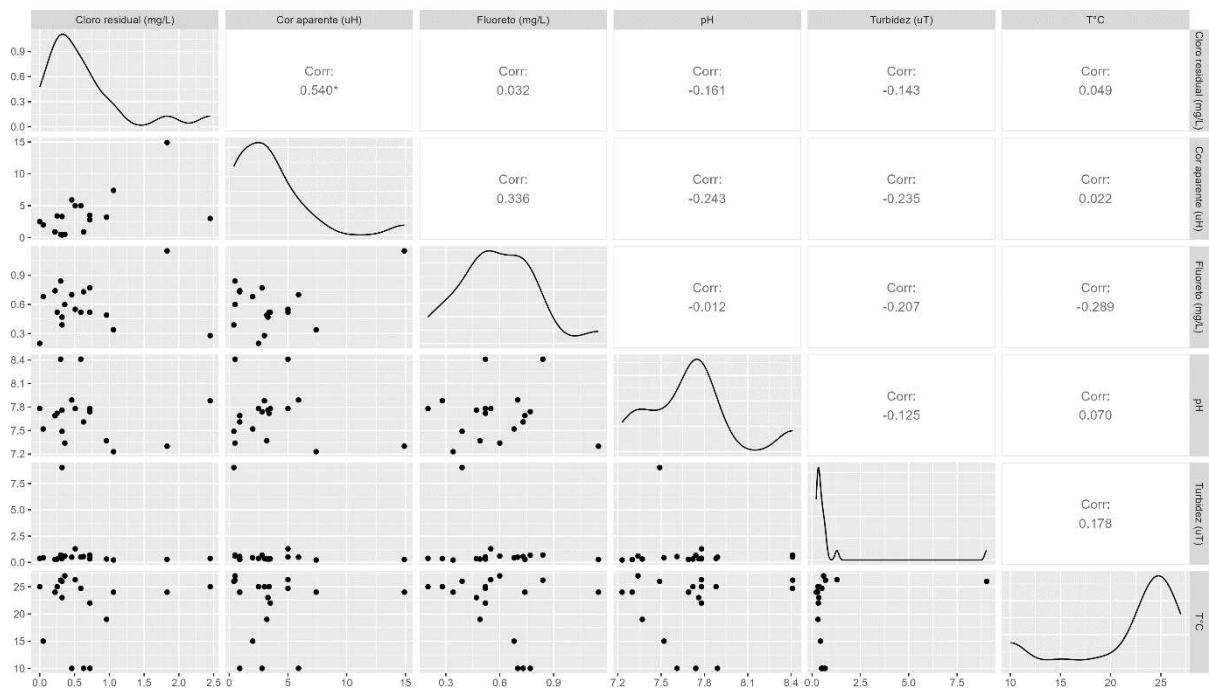
Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Evidencia-se que a turbidez é um indicador de contaminação, em que altos níveis de turbidez indicam a presença de partículas suspensas, podendo incluir sedimentos, resíduos industriais, efluentes agrícolas dentre outros poluentes. Estas partículas podem ser substratos que potencialize o crescimento de microrganismos, aumentando o risco de doenças transmitidas pela água, além disso a turbidez impacta na eficiência do processo de coagulação e filtração nas estações de tratamento de água, por dificultar a remoção eficaz de contaminantes, deste modo é estabelecido pela OMS que a água potável seja mantida abaixo de 1 NTU (WHO, 2017), e segundo a Portaria nº 888/21 apresenta um limite de 5,0 NTU, para qualquer amostra (Brasil, 2021).

Considerando esses parâmetros, houve um desvio de valores obtidos nas amostras analisadas oriundas da E. M. Antônio Martins em relação aos valores de referência estabelecidos, sendo estes superiores de turbidez, que são indicativos de possível presença de contaminantes, e um alerta para análise da presença de microrganismos patogênicos e parasitas. Mesmo com maiores valores de turbidez, não se observou a presença de coliformes total e *E. coli* na amostra.

Com base na análise de correlação, foi possível observar uma relação entre a quantidade de cloro residual e a cor aparente da água (Figura 9).

Figura 9 – Análise de correlação entre as características físico-químicas da água coletadas em diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Já é conhecido a correlação entre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, como o teor de cloro residual com a temperatura, em que temperaturas elevadas tendem a decompor de forma mais acelerada, além disso, o pH e a turbidez vão influenciar na eficiência do cloro em desinfetar a água, em que o pH mais baixo aumenta a eficácia do cloro, assim como uma menor turbidez (WHO, 2017).

Ademais, a cor aparente tem uma correlação com a turbidez, devido a presença de partículas suspensas influenciar na cor da água. E como observado nesse estudo há uma correlação entre a cor aparente e o cloro residual, em que substâncias que causam a cor podem reagir com o cloro presente na água, e a solubilidade dessas substâncias está correlacionada com o pH (WHO, 2017).

E a presença de microrganismos está correlacionada principalmente com o cloro residual, turbidez e o pH, considerando que com uma baixa eficiência do cloro no processo de desinfecção potencializa o aumento desses microrganismos, assim como a presença de partículas suspensas, que podem servir como substrato para seu crescimento (WHO, 2017). Destaca-se que a infecção por *E. coli* pode resultar em diversas condições de saúde, sendo uma das mais comuns a gastroenterite. Esta é caracterizada por sintomas como diarreia, cólicas abdominais, náuseas e vômitos. Além disso, consequência frequente é a infecções do trato urinário, que se manifestam por dor ao urinar, dor abdominal, febre e dor nos rins (GOMES *et al.*, 2016).

Ademais, cepas como a *E. coli* O157, conhecidas por produzir toxina Shiga, podem levar a complicações graves como insuficiência renal, anemia hemolítica e trombocitopenia. Crianças e idosos são particularmente vulneráveis a essas complicações (Doyle; Schoeni, 1987). Além disso, quando recém-

nascidos entram em contato com essa bactéria podem desenvolver meningite neonatal, uma infecção grave das membranas que revestem o cérebro e a medula espinhal. Em casos mais graves, a infecção por *E. coli* pode evoluir para septicemia, uma condição potencialmente fatal caso não tratada prontamente. Embora menos comum, *E. coli* também pode causar pneumonia, principalmente em pacientes hospitalizados ou imunocomprometidos (Russo; Johnson, 2003).

Assim como a *E. coli*, a exposição aos coliformes totais pode levar ao desenvolvimento de gastroenterite e infecções do trato urinário. Além disso, o consumo de água ou alimentos contaminados com coliformes totais aumenta o risco de infecção por hepatite A, onde o vírus pode estar presente na matéria fecal. Esta condição se manifesta por sintomas como febre, fadiga, dor abdominal, icterícia e problemas hepáticos. Coliformes totais também podem indicar a presença de outros patógenos, como *Salmonella typhi*, *Shigella*, e *Vibrio cholerae*, que são responsáveis por doenças como febre tifoide, shigelose e cólera, respectivamente (Leclerc *et al.*, 2001).

De forma geral, as amostras coletadas nas diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia, MG, apresentaram parâmetros dentro dos valores de referência estabelecidos (Brasil, 2021). No entanto, outros estudos que também analisaram a água fornecida em escolas públicas em outros municípios brasileiros encontraram valores fora dos padrões, ou seja, evidenciaram que o fornecimento de água é baixa qualidade e necessitam de intervenções para garantir a saúde da população (Silva *et al.*, 2018; Silva; Gonçalves; Friaes, 2022). Além disso, outros estudos detectaram a presença de microrganismos como *E. coli* e coliformes totais na água coletada em bebedouros das escolas públicas, indicando a necessidade de medidas de intervenção sanitária (Limas; Silva, 2020; Silva *et al.*, 2018).

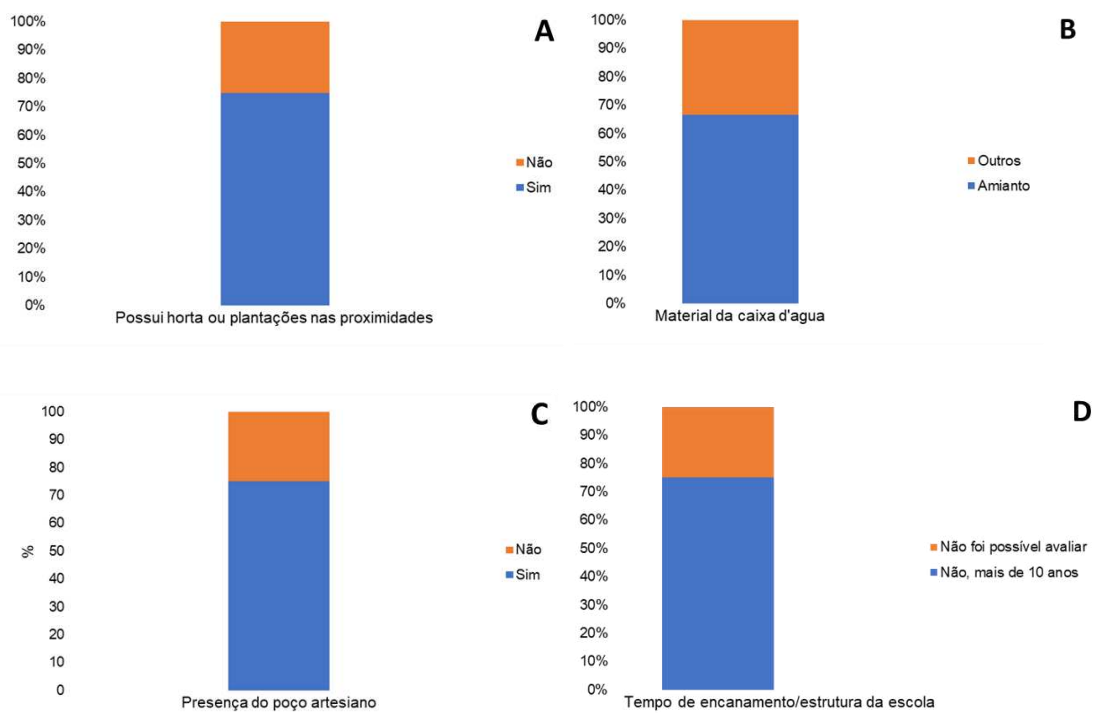
Em um estudo realizado em 10 escolas 70% destas (n=7) estavam fora do padrão de qualidade físico-químicas, além disso foi detectado microrganismos e protozoários nas amostras coletadas, associado com resultados acima dos valores de referência para cor aparente, turbidez, Fe, Zn e Pb, que afetam a qualidade e potabilidade da água fornecidas às escolas (Fiorvanti *et al.*, 2020).

Quanto às análises parasitológicas, durante o período de março a junho de 2024 foram realizadas coletas a cada 30 dias de água proveniente dos poços artesianos quanto da saída do tratamento e rede de distribuição (500 ml a cada coleta de cada local), dando preferência para aqueles cuja água é utilizada diretamente para o consumo humano como bebedouros e também para o preparo de alimentos como torneiras que abastecem a cozinha e refeitórios.

Foram coletadas e analisadas 32 amostras de água em dois locais específicos (água da torneira e água do bebedouro) em quatro escolas rurais de Uberlândia. Inicialmente foi aplicado um questionário aos professores e/ou funcionários das escolas para caracterizar a área de coleta em relação à estrutura e presença de animais nas áreas de coleta. Em relação a presença de animais, todos os locais (escolas) apresentaram cães nas proximidades das áreas de coleta (Figura 10).

Figura 10 – Caracterização dos locais de coleta de água nas escolas rurais do município de Uberlândia,

MG. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Realizou-se a análise geral deste material utilizando técnicas parasitológicas. Por meio da coleta de material e análise após filtração em membrana Milipore de 0,22 micrômetros, foi possível identificar cistos do protozoário *Endolimax nana* em 26,6% (8/30) das amostras de água potável coletadas (Figura 11).

Figura 11 – Cisto de *Endolimax nana* encontrado em amostra de água coletada de bebedouro de uma das escolas municipais (seta). 400x. Uberlândia-MG, 2024.



Fonte: SILVA, F. F. R., 2024.

Importante ressaltar que em um dos locais onde se encontrou o cisto do parasito, a água apresentava muito sedimento, o que pode potencializar o aparecimento destes agentes. *E. nana* são protozoários comensais, não patogênicos do intestino humano. Estes parasitos estão sempre associados a locais sujos, como esgotos, córregos, lagoas e riachos contaminados por serem áreas que acumulam grande quantidade de dejetos e fezes eliminados por pessoas parasitadas, bem como o lixo que costuma atrair insetos e roedores, o que facilita a proliferação desses parasitos (Poulsen; Stensvold, 2016). Neste estudo, foi observado a prevalência de 26,6% (8/30) de *E. nana* nas amostras coletadas. Ressalta-se que entre as amostras positivas, 13% (4/30) pertenciam a uma escola cuja água era oriunda de poço artesiano.

Nos locais de coleta foi possível observar que havia chiqueiros, galinheiro, cães, gatos e até mesmo gado, o que pode trazer ameaça iminente de contaminação da população próxima ao local. Ainda, em três locais afirmou-se a existência de horta (Tabela 4). Considerando a possível contaminação da água por protozoários (*E. nana*) e que a mesma seja utilizada para o consumo humano, animal e irrigação além da presença de animais e hortas próximas ao reservatório de água, sugere-se que seja realizada uma manutenção e planejamento da planta de abastecimento de água local.

Fatores como o acesso à informação, ao saneamento básico e à água encanada e tratada influenciam diretamente na prevalência de parasitos e infecções intestinais nos grupos populacionais. A má qualidade da água contribui para elevados índices de parasitoses, constituindo um problema de saúde pública. São importantes meios de disseminação de formas evolutivas dos parasitos, aumentam a proliferação de enteroparasitoses e, assim, representam fator de risco à saúde humana (Otênio *et al.*, 2007; Giatti *et al.*, 2004; Coelho *et al.*, 2001).

Vale ressaltar que os locais onde se observou a presença de *E. nana*, foi detectada alteração quanto aos níveis de cloro, cor aparente e turbidez, demonstrando que a água dos locais estão propícios ao crescimento de microrganismos, como protozoários intestinais. Segundo Cunha *et al.* (2012) a turbidez se refere a um indicador da transparência física da água o que não impede de apresentar parâmetros de potabilidade, porém o material particulado ali presente pode conter microorganismos patogênicos, além de material fecal (Melo, 2010).

Um estudo realizado por Monteiro (2006) em uma população do município de Dourados, constatou que 93,75% das amostras de água estavam contaminadas por coliformes em uma região que era abastecida

por poço artesiano. Outro estudo realizado em uma reserva indígena Xakriabá, em Minas Gerais, mostrou que 83,3% das amostras de água provenientes de poços tubulares coletadas nas residências eram impróprias para o consumo humano devido à presença de coliformes (Giatti *et al.*, 2007). Assim, sugere-se que a possibilidade de contaminação da água desta escola poderia estar relacionada a contaminação do poço utilizado para o seu abastecimento diário.

Foi observada uma média de 1,34 mg ml⁻¹ de cloro nas amostras de água coletadas no local onde foram detectados cistos de *E. nana*. Este valor de referência está em acordo com o preconizado pela legislação brasileira (Brasil, 2021). Entretanto, sabe-se que cistos de protozoários intestinais podem ser resistentes a concentrações de cloro, o que justifica o encontro do parasito na água coletada (WHO, 2017).

Segundo Teixeira *et al.* (2004), pessoas que afirmaram tratar a água com cloro antes do consumo podem não realizar o tratamento adequado, o que remete à necessidade de incentivo a programas educacionais que orientem sobre as medidas profiláticas mais adequadas.

No caso dos locais onde se constatou a presença de *E. nana*, os responsáveis afirmaram que realizam a limpeza da caixa de água de forma rotineira. Ressalta-se a importância da limpeza das caixas d'água e/ou reservatórios para evitar a contaminação da água destinada ao consumo humano (Carneiro, 2009).

Apesar da *E. nana* não ser considerada uma espécie patogênica, sua significativa prevalência nesse estudo pode indicar uma possível contaminação da água por dejetos fecais de origem humana (Nolla; Cantos, 2005).

CONCLUSÕES

As amostras de água coletadas nas escolas municipais rurais do município de Uberlândia, localizadas na zona rural, apresentaram características físico-químicas dentro do padrão especificado pela legislação brasileira.

Entretanto, as análises parasitológicas indicaram a presença de *E. nana*, que estava associado à maiores teores de turbidez e cor aparente da água, que são fatores conhecidos por propiciar o desenvolvimento de microrganismos.

A presença desse parasito pode ser associada a presença de chiqueiros, gados, entre outros, observados neste estudo, o que compromete a qualidade da água ofertada, considerando que este tipo de parasito não é controlado de forma efetiva pelo processo de cloração.

Medidas de controle deste tipo de parasito devem ser tomados para evitar a infecção, tais como a lavagem regular das caixas d'água e/ou reservatórios, bem como a desinfecção periódica dos bebedouros, associado ao monitoramento regular de parasitas, considerando que as características físico-químicas-microbiológicas padrão estavam dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação

brasileira.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao: DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia; CEMEP – Centro Municipal de Estudos e Projetos Educacionais Julieta Diniz pelo apoio e auxílio neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Atlas água**. 2024a. Disponível em: <<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Panorama do Saneamento no Brasil**. 2024b. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento/panorama-do-saneamento-no-brasil-1>>. Acesso em: 13 jun. 2024.

ALMEIDA, S. G. *et al.* **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira: subsídios à formação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 122p.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. Estudos Avançados, **Dossiê Água**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200014>

BELO, V. S. *et al.* Fatores associados à ocorrência de parasitoses intestinais em uma população de crianças e adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 30, n. 2, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822012000200007>

BLOKKER, M.; VREEBURG, J.; SPEIGHT, V. Residual Chlorine in the Extremities of the Drinking Water Distribution System: The Influence of Stochastic Water Demands. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 172–180, 1 jan. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.020>

BRASIL, M. DA S. **PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5**. 2017. Acesso em: 11 jun. 2024.

BRASIL, M. DA S. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. 2021. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>. Acesso em: 30 jun. 2024

BRASIL, M. DA S. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 13 jun. 2024.

BRASIL, M. DA S. **VIGIAGUA**. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt->

br/composicao/seidigi/demas/situacao-de-saude/vigiagua>. Acesso em: 5 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. 5. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde: Brasília, 2006. 284 p.

BUSS, P. M. Promoção da saúde e qualidade de vida. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 5, n. 1, p. 163-177, 2000. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232000000100014>

CAMERON, K. C.; DI, H. J.; MOIR, J. L. **Nitrogen losses from the soil/plant system: A review**. **Annals of Applied Biology**, mar. 2013. <https://doi.org/10.1111/aab.12014>

CHAVES, H. S. *et al.* Estudo da qualidade das águas subterrâneas de abastecimento em bairros na cidade de parauapebas a partir de parâmetros físico-químicos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 113–121, 2 abr. 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.003.0011>

COELHO, L. M. P. S. *et al.* Detecção de formas transmissíveis de enteroparasitas na água e nas hortaliças consumidas em comunidades escolares de Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 5, p. 479-482, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0037-86822001000500012>

CUNHA, G. L. C. *et al.* Revisão integrativa: Retrato da presença de *Cryptosporidium* spp. em humanos e águas do Brasil. **Revista Unimontes Científica**, v. 24, n. 1, p. 1-19, 2022. <https://doi.org/10.46551/ruc.v24n1a4>

CUNHA, H. F. A. *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.908>

DIXON, B. R. *Giardia duodenalis* in humans and animals – Transmission and disease. **Research in Veterinary Science**, v. 135, p. 283-289, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.09.034>

DMAE. **O Dmae**. Disponível em: <<https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/o-dmae/>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

DOYLE, M. P.; SCHOENI, J. L. Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from retail fresh meats and poultry. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, n. 10, p. 2394–2396, out. 1987. <https://doi.org/10.1128/aem.53.10.2394-2396.1987>

FAUST, S. D.; ALY, O. M. **Chemistry of Water Treatment, Second Edition**. [s.l.] CRC Press, 2018.

FELLENBERG, G.; FROELICH, C. G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. EPU, 2003.

FIORVANTI, M. I. A. *et al.* Monitoramento e avaliação da qualidade da água de solução alternativa

coletiva de abastecimento de escolas públicas do município de Itatiba, SP. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 8, n. 2, p. 122–133, 29 maio 2020. <https://doi.org/10.22239/2317-269x.01460>

FRAZÃO, P.; PERES, M. A.; CURY, J. A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. **Revista de Saúde Pública**, v. 45, n. 5, p. 964–973, out. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102011005000046>

GIATTI, L. L. *et al.* Condições de saneamento básico em Iporanga, Estado de São Paulo. **Revista Saúde Pública**, v. 38, p. 571-7, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102004000400014>

GODECKE, M. V.; DECKER, A. T. Saneamento básico: estudo do caso de Arroio Grande, **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 1371-1388, 2014. <https://doi.org/10.5902/2236117014966>

GOMES, T. A. T. *et al.* Diarrheagenic *Escherichia coli*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 3–30, dez. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.015>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico-PNSB**: 2008. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama do Censo 2022**. 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/mapas.html?localidade=&recorte=N2>>. Acesso em: 13 jun. 2024.

KARANIS, P. *et al.* Waterborne transmission of protozoan parasites: A worldwide review of outbreaks and lessons learnt. **Journal of Water and Health**, v.5, n.1, p.1-38, 2007. <https://doi.org/10.2166/wh.2006.002>

LECLERC, H. *et al.* Advances in the Bacteriology of the Coliform Group: Their Suitability as Markers of Microbial Water Safety. **Annual Review of Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 201–234, out. 2001. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.55.1.201>

LEMOS, D. R. H. *et al.* Análise da qualidade da água de abastecimento de Ibatiba-ES com base no cloro residual livre e cloro residual combinado. Em: **Engenharia no Século XXI – Volume 20**. [s.l.] Editora Poisson, 2021. <https://doi.org/10.36229/978-65-5866-051-4.CAP.03>

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LIMA, E. C.; STAMFORD, T. L. M. *Cryptosporidium* spp. no ambiente aquático: aspectos relevantes da disseminação e diagnóstico. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 791-800, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232003000300013>

LIMA, S.C. **Desigualdades Socioterritoriais e Comportamentos em Saúde**. Lisboa, edições colibri, p.31-46, 2013.

LIMAS, A. R. DE; SILVA, G. C. DA. Avaliação da qualidade da água em bebedouros em escolas de Ensino Fundamental I de cidade do Sertão do Pajeú-PE. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v. 10, n. 2, p. 45–49, 2020.

MADZIVHANDILA, V. A.; CHIRWA, E. M. N. Modeling chlorine decay in drinking water distribution systems using aquasim. **Chemical Engineering Transactions**, v. 57, p. 1111–1116, 2017.

MELO, J. F. M. **Diagnóstico da qualidade de água de abastecimento na comunidade de Santa Cruz, em campos dos Goytacazes (RJ), educação ambiental e alternativas sanitárias**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2010.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018>

MURRAY. P. R. *et al.* **Microbiologia Médica**. 7º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014, p. 888.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Un water, statistics: graphs & maps**. Drinking water, sanitation & hygiene. 2013. Disponível em: <https://www.unwater.org/statistics_san.html> Acesso em: 10/06/2023.

OTENIO, M. H, *et al.* Saneamento básico, qualidade de água, e levantamento de enteroparasitoses relacionando ao perfil sócio-econômico-ambiental de escolares de uma área rural do município de Bandeirantes-PR. **Salusvita**, v. 26, n. 2, p. 179-188, 2007.

PALUDO, J. R.; BORBA, J. Abastecimento de água e esgotamento sanitário: estudo comparado de modelos de gestão em Santa Catarina. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 1, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2013000100005>

PIERZYNSKI, G. M. *et al.* **Soils and environmental quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 313p.

POULSEN, C.; STENSVOLD, C. Systematic review on *Endolimax nana*: A less well studied intestinal ameba. **Tropical Parasitology**, v. 6, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.4103/2229-5070.175077>

POWERS, S. M. *et al.* Long-term accumulation and transport of anthropogenic phosphorus in three river basins. **Nature Geoscience**, v. 9, n. 5, p. 353–356, 1 maio 2016. <https://doi.org/10.1038/ngeo2693>

PREFEITURA DE UBERLÂNDIA. **Estimativa da população IBGE 2011-2021**. 2021. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/populacao-uberlandia/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

PREFEITURA DE UBERLÂNDIA. **Qualidade da Água**. Disponível em: <<https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/qualidade-da-agua-2/>>. Acesso em: 5 ago. 2024.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902008000100003>

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 2021.

RIGOBELLO, E. C. *et al.* Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da região de Dracena. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 219-224, 2009. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v7i2.9915>

RUSSO, T. A.; JOHNSON, J. R. Medical and economic impact of extraintestinal infections due to *Escherichia coli*: focus on an increasingly important endemic problem. **Microbes and Infection**, v. 5, n. 5, p. 449–456, abr. 2003. [https://doi.org/10.1016/S1286-4579\(03\)00049-2](https://doi.org/10.1016/S1286-4579(03)00049-2)

SANTOS, J. A.; SILVA, J. X.; REZENDE, A. J. Avaliação Microbiológica de Coliformes Totais e Termotolerantes em Água e Bebedouros de Uma Escola Pública no Gama-Distrito Federal. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2014.

SCHMIDT, Elisabete I. Estudo e qualidade das águas subterrâneas na região sudoeste do município de Estrela-RS. 2006. 91p. **Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) –Centro Universitário Univates, Lajeado**, 2006.

SILVA, D. R. R. DA *et al.* Qualidade da água em escolas públicas municipais: análise microbiológica e teor de nitrato em Araçatuba, estado de São Paulo-Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Online)**, v. 77, p. 1–8, 2018. <https://doi.org/10.53393/rial.2018.v77.34178>

SILVA, L. A.; REBOUÇAS, S. J. S.; MENDONÇA, L. P. Análise da qualidade de molhos consumidos como acompanhamentos em lanches: Uma revisão integrativa. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 18, p. 89–101, 2022. <https://doi.org/10.14393/Hygeia1859745>

SILVA, N. S. DA; GONÇALVES, M. F.; FRIAES, E. P. P. Potabilidade da água em escolas municipais de Capanema-PA: Uma proposta de melhoria com sistema simplificado de tratamento. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e482111234235, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34235>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Panorama do saneamento básico no Brasil**, SNIS 2021, c2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICNO_BRASIL_SNIS_2021.pdf>. Acesso em 10 de out. de 2022.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-656445-7.50005-X>

STUKEL, T. *et al.* A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. **Environmental science & technology**, v. 24, n. 4, p. 571-575, 1990. <https://doi.org/10.1021/es00074a610>

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Documento de informação técnica sobre água, saneamento, higiene e gestão das águas residuais para prevenir infecções e reduzir a propagação**

da resistência aos antimicrobianos. World Health Organization, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash#tab=tab_1>. Acesso em: 13 jun. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for Drinking-water Quality.** 2017. Acesso em: 25 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **World Health Assembly Resolution paves the way for better oral health care.** 2021a. Disponível em: <<https://www.who.int/news/item/27-05-2021-world-health-assembly-resolution-paves-the-way-for-better-oral-health-care>>. Acesso em: 24 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000-2020 Five Years into the SDGs.** World Health Organization, 2021b.

ZHANG, C. *et al.* Effect of pipe materials on chlorine decay, trihalomethanes formation, and bacterial communities in pilot-scale water distribution systems. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 85–94, 1 jan. 2017. <https://doi.org/10.1007/s13762-016-1104-2>

APÊNDICE V. RELATÓRIO TÉCNICO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ZONA RURAL: UMA
AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS-BACTERIOLÓGICAS-
PARASITOLÓGICAS DA ÁGUA FORNECIDA ÀS ESCOLAS DA ZONA RURAL DE
UBERLÂNDIA-MG**

UBERLÂNDIA/MG

2024

EQUIPE TÉCNICA

Farley Fabiano Ribeiro Silva

QUÍMICO/ TÉCNICO DE SANEAMENTO – OPERAÇÃO ETAs e ETES

Núcleo de produção de água potável- ETA Bom Jardim - DMAE

CRQ 02408874

Prof.^a Dr.^a Karine Rezende de Oliveira

Coordenadora Laboratório de Ciências Biomédicas

Universidade Federal de Uberlândia-ICENP/Pontal

SIAPE: 1685315

SUMÁRIO

1.	Motivação e Objetivo para Elaboração do Relatório.....	Error!
	Bookmark not defined.	
2.	Contexto.....	Error!
	Bookmark not defined.	
3.	Experimental.....	Error!
	Bookmark not defined.	
a.	Órgãos envolvidos.....	Error!
	Bookmark not defined.	
b.	Caracterização do local e das coletas.....	Error!
	Bookmark not defined.	
c.	Procedimentos utilizados nas análises da qualidade da água.....	Error!
	Bookmark not defined.	
4.	Resultados e Discussão.....	Error!
	Bookmark not defined.	
5.	Considerações sobre a possibilidade de ajustes e monitoramento da água nos locais de avaliação.....	Error!
	Bookmark not defined.	
6.	Anexo 1: Registros dos locais de coleta.....	Error! Bookmark not defined.
7.	Referências.....	Error!
	Bookmark not defined.	

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Síntese das respostas do questionário aplicado ao profissional do DMAE, sobre a caracterização do tratamento de água realizado nas escolas municipais da zona rural de Uberlândia-MG, 2024. 15

Figura 2. Gráfico boxplot para cloro residual de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024. 19

Figura 3. Gráfico boxplot para cor aparente de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024. 20

Figura 4. Gráfico boxplot para fluoreto de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024 21

Figura 5. Gráfico boxplot para pH de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024. 22

Figura 6. Gráfico boxplot para temperatura (T°C) de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024. 23

Figura 7. Gráfico boxplot para turbidez de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024. 24

Figura 8. Análise de correlação entre as características físico-químicas da água coletadas em diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2024. 25

Figura 9. Caracterização dos locais de coleta de água nas escolas rurais do município de Uberlândia, MG, quanto a presença de animais. Uberlândia-MG, 2024. 26

Figura 10. Presença de plantações e hortas (A); composição da caixa d'agua (B); presença de poços artesianos (C) e tempo de instalação do encanamento em escolas rurais do município de Uberlândia, MG. Uberlândia-MG, 2024. 27

Figura 11. Cisto de *Endolimax nana* encontrado em amostra de água coletada de bebedouro de uma das escolas municipais (seta). 400x. Uberlândia-MG, 2024. 28

RESUMO

Introdução: A água é o constituinte primário de todos os seres vivos e fundamental para a sobrevivência das espécies, nesse sentido é importante zelar pela qualidade da água e para isso são estabelecidos critérios de classificação quanto às suas características físico-químicas e bacteriológicas. **Objetivo:** Neste sentido, este estudo teve como objetivo analisar a eficiência do tratamento de água proveniente de poços artesianos em escolas rurais do município de Uberlândia, do ponto de vista da potabilidade para consumo humano e sustentabilidade a fim de garantir a preservação ambiental do manancial subterrâneo. **Metodologia:** Para isso foram realizadas coletas periódicas em quatro escolas municipais, localizadas na zona rural do município de Uberlândia, em que foram analisados os seguintes parâmetros: cor aparente, cloro residual, fluoreto, pH, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli*, temperatura e análise parasitológica, além disso foi aplicado um questionário para caracterização dos locais de coleta. **Resultados e discussão:** De maneira geral, as análises físico-químicas-bacteriológica estavam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira, o que demonstra a efetividade no tratamento da água dos poços artesianos fornecidos às escolas na zona rural, entretanto, evidenciou-se a presença do parasito *E. nana* em determinadas amostras, o que indica problemas quando ao armazenamento e consumo da água no interior das escolas, no entanto, este parasita não é patogênico aos seres humanos, em contrapartida é alarmante, devendo instalar iniciativas para realizar seu controle. **Conclusão:** Mesmo dentro dos padrões de qualidade da água notou-se a presença de parasitas o que indica a necessidade de realizar este tipo de monitoramento em escolas da zona rural, devido a presença de chiqueiros, gados entre outros, no local o que propícia a proliferação deste tipo de parasito.

1. Motivação e Objetivo para Elaboração do Relatório

Este relatório tem como objetivo apresentar dados relacionados a eficiência do tratamento de água proveniente de poços artesianos em escolas rurais de Uberlândia, com ênfase na potabilidade para consumo humano.

Foram avaliados a existência e eficácia do monitoramento da qualidade da água; a adequação da vazão captada e outorgada para atender à demanda local e preservar o lençol freático; as condições de armazenamento e distribuição da água; a presença de riscos de contaminação microbiológica e parasitológica; e a necessidade de melhorias nas instalações, equipamentos, produtos químicos e processos de tratamento.

2. Contexto

A gestão das águas no Brasil foi instituída nacionalmente pela Lei Federal nº 9.433/1997, conhecida também como "Lei das Águas", a qual se baseia na gestão participativa para o atendimento ao uso múltiplo das águas, definindo a bacia hidrográfica como unidade de gestão, tendo como um de seus objetivos "assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos". Assim, o conhecimento da qualidade da água é uma etapa fundamental para o desenvolvimento de ações eficientes para a gestão dos recursos hídricos, dando apoio no planejamento, organização e regulação da utilização deste recurso.

A água desempenha um papel fundamental para a manutenção da vida, sendo o principal solvente inorgânico e componente essencial dos tecidos humanos. Ela está presente nas reações bioquímicas e é amplamente utilizada em diversas atividades, como transporte, geração de energia, produção de alimentos, recreação, e até mesmo como receptor de esgotos industriais e domésticos (WHO, 2020). No entanto, a crescente demanda por esse recurso, impulsionada pelo desenvolvimento socioeconômico e o aumento populacional, trouxe à tona a importância do seu monitoramento e tratamento, especialmente em países em desenvolvimento.

Define-se, portanto, que, a água potável é o consumo seguro e consciente, ou seja, que não oferece riscos à saúde do consumidor cuja potabilidade compreende um rigoroso processo, respeitando os padrões de qualidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde.

Dentre as definições constantes na portaria, destacam-se para fins deste relatório o seguinte:

I- água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;

II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido neste Anexo e que não ofereça riscos à saúde;

III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido neste Anexo;

IV - padrão organoléptico: conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;

[...]

VI - sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;

VII - solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição;

VIII - solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares;

[...]

XVI - vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento a este Anexo, considerados os aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana;

Para que uma água seja considerada potável, deve-se atender aos padrões estabelecidos para parâmetros físicos (Cor e Turbidez), químicos (Cloro Livre e pH), microbiológicos (Contagem de Bactérias Heterotróficas, Coliformes Totais e *Escherichia coli*), organolépticos (Sabor, Odor e Aspecto), cianobactérias/cianotoxinas e radioatividade.

Deste modo, as análises da qualidade da água buscam detectar contaminantes químicos, como metais pesados e pesticidas, além de agentes microbiológicos, como bactérias patogênicas (Brasil, 2017). Parâmetros como a turbidez e a cor da água também são verificados. Os limites máximos permitidos para contaminantes, como chumbo, cádmio e mercúrio, são rigidamente controlados, bem como a ausência de *Escherichia coli* em amostras de água, assegurando que estejam dentro dos padrões estabelecidos (Brasil, 2021).

No Brasil, a agricultura é a principal atividade consumidora de água, representando cerca de 70% das extrações anuais, seguida pela indústria (20%) e pelo consumo doméstico (10%) (ANA, 2024a). O acesso à água potável é crucial, especialmente nas áreas urbanas e rurais, sendo um direito básico essencial para a saúde e o bem-estar. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a falta de água potável está diretamente ligada a problemas graves de saúde, como cólera, diarreia e mortalidade infantil, afetando o desenvolvimento socioeconômico de muitas comunidades (WHO, 2021b).

Ressalta-se que os índices brasileiros de acesso à água variam entre as regiões. Enquanto o Sudeste atinge 91,17% de abastecimento pela rede geral, o Norte registra apenas 56,45% (IBGE, 2022). Para enfrentar esses desafios, foi instituído o Programa de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionado à Qualidade da Água (VIGIAGUA), que visa assegurar que a

água destinada ao consumo atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos (Brasil, 2011).

O monitoramento da qualidade da água, conforme regulamentado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde, envolve a análise de parâmetros químicos, microbiológicos e físicos. Essa fiscalização é realizada por órgãos de saúde pública, que conduzem inspeções regulares e coletam amostras para análise. Essa legislação foi atualizada pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que regulamenta os procedimentos para tratamento e controle da qualidade da água, estabelecendo os parâmetros de amostragem e análise, tanto na saída do tratamento quanto na rede de distribuição. Isso inclui ensaios físico-químicos e microbiológicos, de acordo com a quantidade de habitantes e o sistema de abastecimento (Brasil, 2021).

Além disso, a Resolução CONAMA nº 396/2008 também classifica as águas doces e salobras, determinando seus níveis de qualidade para diferentes usos, assegurando assim a saúde pública e a preservação ambiental. Considerando que os riscos de contaminação dos aquíferos estão diretamente relacionados às atividades humanas, como o uso indiscriminado de fertilizantes e a falta de tratamento adequado de esgotos. A poluição dessas águas pode trazer consequências graves, tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente. Por isso, soluções de abastecimento precisam ser adequadas às características locais, respeitando o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade das operações (SNIS, 2021).

Ressalta-se que em áreas urbanas, a água captada de rios, lagos e aquíferos é tratada em estações específicas para garantir sua segurança para o consumo. Já em áreas rurais, o abastecimento pode ser mais desafiador. Muitas dessas comunidades dependem de fontes locais, como poços artesianos e nascentes. Apesar de muitas vezes as águas subterrâneas serem mais limpas, elas ainda podem estar sujeitas a contaminações por práticas agrícolas inadequadas ou pela falta de saneamento básico (WHO, 2021b). Em escolas rurais, por exemplo, o abastecimento de água geralmente provém de mananciais subterrâneos, e é essencial garantir que essas fontes sejam seguras (Robinson *et al.*, 2018).

Portanto, o monitoramento contínuo da qualidade da água, aliado ao cumprimento das normas estabelecidas, é essencial para garantir que a população tenha acesso a água de qualidade, evitando riscos à saúde e contribuindo para a sustentabilidade dos recursos hídricos.

3. Experimental

1- Órgãos envolvidos

Para a realização destas análises foram envolvidos os seguintes órgãos:

- ✓ Secretaria Municipal de Educação do Município de Uberlândia-CEMEP
- ✓ Departamento de água e Esgoto de Uberlândia-DMAE
- ✓ Universidade Federal de Uberlândia, Campus Pontal

2- Caracterização do local e das coletas

O estudo foi realizado com base em coletas de água em quatro escolas públicas rurais do município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. As escolas incluídas foram: E. M. Dom Bosco, E. M. Antonino Martins, localizada no Distrito de Martinésia, E. M. Domingas Carmin, situada em Miraporanga, e E. M. José Marra da Fonseca, no Distrito de Cruzeiro dos Peixotos (Figura 1).

Além dessas, foram realizadas coletas de água distribuída pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), como amostra controle, coletadas na rede de abastecimento dos distritos de Miraporanga, Martinésia e Cruzeiro dos Peixotos.

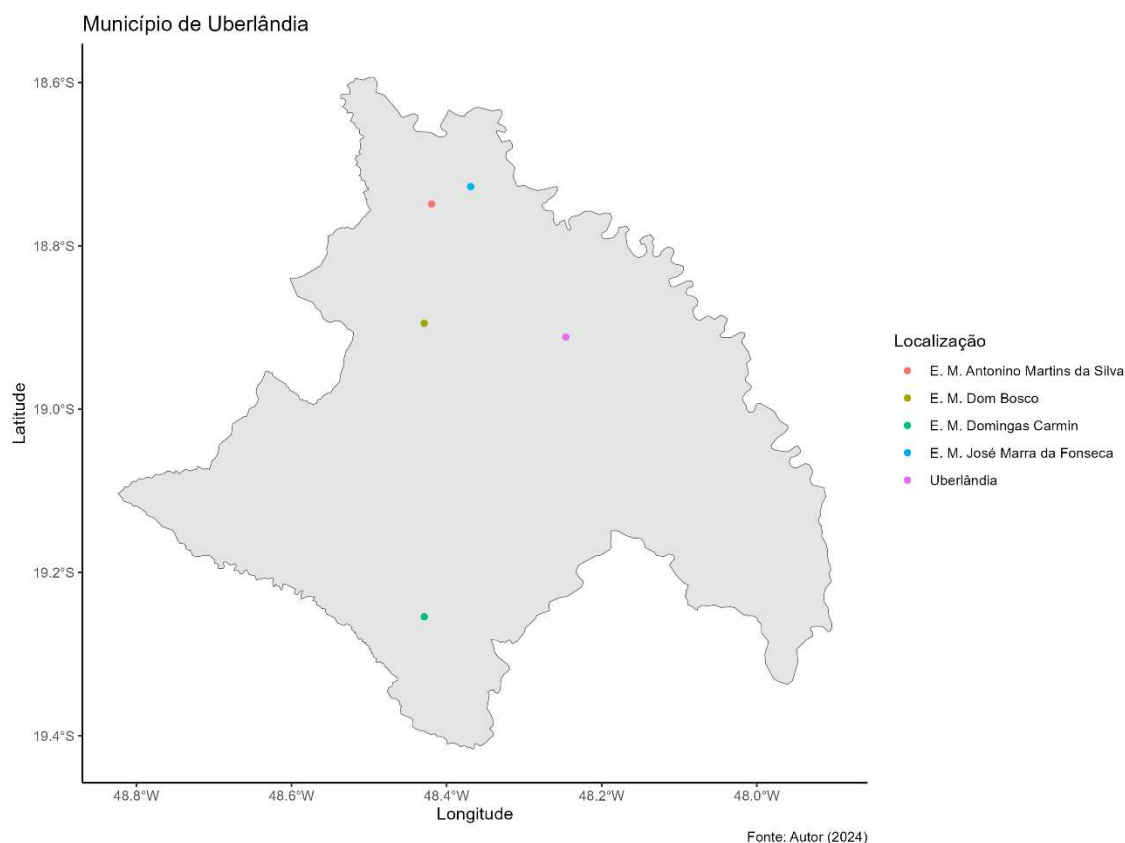


Figura 1. Localização geográfica município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil e das escolas: Escola Municipal Dom Bosco, localizada nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 18°53'41,14"S, longitude 48°26'11,93"O e 794m de altitude; Escola Municipal Antonino Martins da Silva, localizada nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 18°44'53,73"S, longitude 48°25'06,32"O e 813m de altitude; Escola Municipal Domingas Carmin, localizada nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 19°15'14,36"S, longitude 48°25'44,06"O e 725m de altitude; Escola Municipal José Marra da Fonseca, localizada nas seguintes coordenadas geográficas, latitude 18°43'38,05"S, longitude 48°22'07,73"O e 868m de altitude. Uberlândia-MG, 2024. Fonte: Autor (2024).

A E. M. Antonino Martins atende crianças de 4 meses a 14 anos de idade, enquanto as demais escolas atendem alunos de 4 a 14 anos (Tabela 1).

Tabela 1. Informações das escolas municipais do município de Uberlândia-MG em que foram

realizadas as coletas de amostras de água. Uberlândia-MG, 2024.

Local de coleta	Turnos	Faixa etária	Modalidade de ensino	Distância da Sede do DMAE
E. M. Dom Bosco	Matutino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	24,9 km
E. M. Antonino Martins	Matutino e Vespertino	4 meses a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	29,1 km
E. M. Domingas Carmin	Matutino e Vespertino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	48,4 km
E. M. José Marra da Fonseca	Matutino e Vespertino	4 a 14 anos	Ensino Fundamental Educação Infantil	25,8 km

Fonte: Prefeitura de Uberlândia (2024).

As coletas foram realizadas entre os meses de março a junho de 2024, totalizando quatro coletas por local, considerando as torneiras dos bebedouros e/ou torneiras da cantina das escolas.

3- Procedimentos utilizados nas análises da qualidade da água

Para a coleta de amostras para análises físico-químicas, foram utilizados frascos de polietileno previamente higienizados com água e detergente neutro em laboratório, junto com a caixa de coleta. O procedimento seguiu etapas específicas: (i) o registro da torneira é aberto para escoar a água parada dentro do duto, mantendo uma velocidade moderada; e (ii) após um escoamento inicial, por aproximadamente três minutos, o frasco é aberto e é coletada determinada quantidade de água, de onde retira-se uma alíquota. Esse procedimento é repetido três vezes consecutivas para assegurar a ausência de interferentes nos ensaios. Em seguida, coleta-se a amostra principal de água, com volume equivalente à capacidade do frasco de 500 ml, que é fechado e armazenado na caixa de coleta para transporte ao laboratório.

A coleta para as análises bacteriológicas é realizada com frascos de borossilicato, que são higienizados com água, detergente neutro e hipoclorito de sódio, seguidos de esterilização em autoclave. As caixas de coleta são desinfetadas com uma solução de álcool 70% aplicada com algodão, e as caixas térmicas são preenchidas com gelo para manter a temperatura das amostras entre 4°C e 8°C, e os frascos são colocados na vertical para evitar tombamento durante o transporte.

No ponto de coleta, abre-se o registro da torneira para escoar a água parada no duto com uma velocidade moderada; em seguida, fecha-se a torneira para higienizar a parte externa do sistema com algodão embebido em álcool 70%. Após isso, a torneira é reaberta e a água é deixada escoando por mais um minuto, ajustando a vazão para coletar a amostra. Próximo ao fluxo de água, abre-se o frasco microbiológico e coleta-se um volume de 100 ml, fechando-o imediatamente e armazenando-o na caixa microbiológica com gelo, mantendo a temperatura próxima de 4°C. A análise para coliformes totais e *Escherichia coli* é realizada em até 24 horas após a coleta para garantir a validade dos resultados.

i. Determinação e identificação de Coliformes Totais e *Escherichia coli* pelo método do substrato enzimático

A determinação e identificação de coliformes totais e *Escherichia coli* envolvem uma série de etapas bem definidas que garantem a precisão e confiabilidade dos resultados. O processo começa com a preparação adequada dos materiais e equipamentos necessários, incluindo uma câmara com luz ultravioleta com comprimento de onda de 366 nm e potência de 6W, um comparador colorimétrico para padrões amarelo e fluorescente, uma estufa de incubação, e frascos contendo substrato cromogênico enzimático definido ONPG – MUG, disponíveis comercialmente como Colilert ou Colitag (Rice; Baird; Eaton, 2021).

Antes de iniciar o teste, realizou-se a assepsia da parte externa do frasco de coleta para evitar contaminações que possam comprometer os resultados. Em seguida, dentro de uma câmara de fluxo laminar, o conteúdo de um frascote de substrato cromogênico é adicionado a um frasco contendo 100 ml da amostra de água coletada de cada local nas instituições de ensino. Após adicionar o substrato, o frasco foi fechado e agitado suavemente para garantir que o substrato se misture uniformemente com a amostra. A amostra preparada foi então incubada a uma temperatura de $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por um período inicial de 24 horas (Rice; Baird; Eaton, 2021).

Após esse período, realizou-se uma análise visual da cor da amostra. Se não houver alteração de cor, a amostra é considerada negativa para coliformes totais e *Escherichia coli*. No entanto, se a amostra apresentar uma coloração amarelada, mas de menor intensidade que o padrão de comparação, é necessário estender o período de incubação. Para o Colilert, a incubação adicional é de 4 horas, enquanto para o Colitag, é de 2 horas. Caso a intensidade da cor atinja o padrão amarelo após esse período adicional, é registrado como positivo para coliformes totais. Para verificar a presença de *Escherichia coli*, a amostra é exposta à luz UV de 366 nm. A presença de fluorescência azul indica a presença de *Escherichia coli* na amostra. Na ausência de fluorescência, a amostra é considerada negativa para *Escherichia coli* (Rice; Baird; Eaton, 2021).

ii. Determinação de Turbidez

Para a realização do ensaio de turbidez, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: um béquero de 100 ml, uma cubeta de 10 ml e um turbidímetro de bancada. O procedimento começou com a preparação do turbidímetro. Em seguida, as amostras de água foram agitadas para garantir a homogeneização. Uma alíquota de 10 ml de cada amostra foi retirada e colocada na cubeta. A cubeta foi então cuidadosamente limpa com papel fino e absorvente para remover quaisquer gotas ou manchas que pudessem interferir na leitura. Após a limpeza, a cubeta foi inserida na câmara de leitura do turbidímetro, e a medição da turbidez foi realizada de acordo com o manual do equipamento. O valor obtido foi registrado como o resultado da turbidez da amostra. Este procedimento foi realizado na Estação de Tratamento

de Água Bom Jardim – DMAE, seguindo todos os protocolos de segurança e qualidade estabelecidos para garantir a precisão dos resultados (Rice; Baird; Eaton, 2021).

iii. Determinação de pH em Bancada

Para a realização deste procedimento, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: um agitador magnético, barras magnéticas, béckers de 100 ml, um cronômetro, um pHmetro de bancada e uma solução de cloreto de potássio de 3 molar. O procedimento iniciou-se colocando aproximadamente 100 ml da amostra de água em um béquer, juntamente com uma barra magnética. O agitador magnético foi então ligado, seguindo as instruções do manual do equipamento, para iniciar a agitação da amostra. Antes de realizar a medição, o eletrodo e o compensador de temperatura do pHmetro foram lavados com água deionizada e secos suavemente com papel fino e absorvente, tomando cuidado para não friccionar. Após a limpeza, o eletrodo e o compensador de temperatura foram mergulhados na amostra de água em agitação. A leitura do pH e da temperatura foi realizada conforme as instruções do manual do equipamento. Após aguardar um minuto ou até a estabilização da leitura, os valores de pH e temperatura foram registrados conforme exibido no display do aparelho. Finalizada a medição, a agitação foi interrompida desligando o agitador magnético de acordo com o manual, e o eletrodo e o compensador de temperatura foram retirados da amostra de água. Este procedimento foi realizado na Estação de Tratamento de Água Bom Jardim – DMAE, como parte dos ensaios físico-químicos da água coletada (Rice; Baird; Eaton, 2021).

iv. Determinação de Cor Aparente – Método Colorimétrico

Para realizar o ensaio de cor aparente, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: uma cubeta de 10 ml, um colorímetro de bancada e uma pisseta com água deionizada. O procedimento começou com a agitação do frasco contendo a amostra de água, garantindo uma mistura homogênea. Uma alíquota de 10 ml da amostra foi transferida para uma cubeta, preenchendo-a até a marca indicada. Em seguida, a cubeta foi limpa com papel fino e absorvente para remover possíveis gotas ou manchas que poderiam interferir na leitura. Após a limpeza, a cubeta foi inserida no colorímetro de bancada. A leitura da cor aparente da amostra foi então realizada conforme as instruções do manual do equipamento, registrando-se o valor obtido. Este procedimento foi realizado na Estação de Tratamento de Água Bom Jardim – DMAE, como parte dos ensaios físico-químicos da água coletada em escolas (Rice; Baird; Eaton, 2021).

v. Determinação de Flúor pelo Método Colorimétrico

Para a determinação de flúor em amostras de água, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: um béquer de 100 ml, uma cubeta de 10 ml, um fluorímetro de

bancada, pipetas volumétricas de 10 ml e 2 ml, e uma solução SPADNS. O procedimento iniciou-se com a transferência de uma alíquota de 10 ml da amostra de água para uma cubeta de vidro de 10 ml, utilizando uma pipeta volumétrica de 10 ml. Em seguida, 2 ml da solução SPADNS foram adicionados à cubeta contendo a amostra, utilizando outra pipeta volumétrica. A mistura foi então agitada e foi aguardado o tempo necessário para a reação. Paralelamente, em outra cubeta, foi preparado um branco para a análise de flúor. Para isso, adicionou-se 10 ml de água deionizada e 2 ml da solução SPADNS, utilizando pipetas volumétricas para cada adição. Após o tempo de reação, a cubeta contendo a amostra e a solução SPADNS foi inserida no compartimento de leitura do fluorímetro de bancada. A leitura foi realizada conforme o manual de instruções do equipamento, comparando-se com o branco para obter a concentração de flúor na amostra. Este procedimento foi realizado na Estação de Tratamento de Água Bom Jardim – DMAE, como parte dos ensaios para a determinação de parâmetros físico-químicos em amostras de água (Rice; Baird; Eaton, 2021).

vi. Determinação de Cloro Residual Livre

Para a determinação de cloro residual livre em amostras de água, foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos: um béquer de 100 ml, uma cubeta de 10 ml, uma pipeta volumétrica de 10 ml, uma pastilha de DPD (N,N-dietil-1,4-fenilenodiamino), e um aparelho colorimétrico para determinação de cloro livre de campo. O procedimento começou com a coleta de 100 ml da amostra de água. Em seguida, com o auxílio de uma pipeta volumétrica, uma alíquota de 10 ml foi transferida para uma cubeta de vidro, que foi preenchida até a marca indicada. Logo após, foi adicionada uma pastilha de DPD à cubeta. A solução foi então misturada e foi aguardado o tempo de reação de aproximadamente 20 segundos, necessário para o desenvolvimento da cor. Após o tempo de reação, a cubeta foi inserida na câmara de leitura do aparelho colorimétrico. A leitura da concentração de cloro residual livre foi realizada conforme o manual de instruções do equipamento. Este procedimento foi realizado em campo, no próprio local de coleta, devido à volatilidade do cloro e à necessidade de minimizar possíveis “interferentes” que poderiam afetar o resultado do ensaio (Rice; Baird; Eaton, 2021).

vii. Análise parasitológica das amostras de água

Para análise parasitológica foram coletadas as amostras de água em frascos estéreis de 500 ml de água, em diferentes locais nas escolas rurais de forma aleatória, antes de chegar à caixa d'água (reservatório), e amostras coletados diretamente da torneira (após passar pela caixa d'água). As coletas foram realizadas pela manhã, desprezando os primeiros litros de água (Figura 15A).

As amostras foram devidamente identificadas e transportadas ao Laboratório de Ensaios Biológicos (LAEBIO) da Universidade Federal de Uberlândia e em seguida submetidas ao processamento e análise. Para concentração das amostras de água foi utilizada a técnica

de filtração em membranas Millipore GU (Durapore) em PVDF, com porosidade de 0,22 μm (Figura 15A). O material retido na membrana foi ressuspensão em 10 mL de água destilada (Figura 15B e *insert*). Em seguida, o material foi centrifugado por 10 minutos a 2500 rpm em temperatura ambiente. O sobrenadante foi desprezado e o sedimento analisado por meio de lâmina em duplicata utilizando objetiva de 40x.

4. Resultados e Discussão

A água tratada fornecida nas escolas analisadas atende aos parâmetros físico-químicos-bacteriológicos, em que todas as escolas utilizam como fonte de água o manancial subterrâneo, e realizam o tratamento simplificado por meio da aplicação de hipoclorito de sódio e pelo processo de fluoretação da água. Além disso, para garantir a qualidade da água oferecido são realizadas amostragens para o monitoramento de forma semanal (Figura 1).

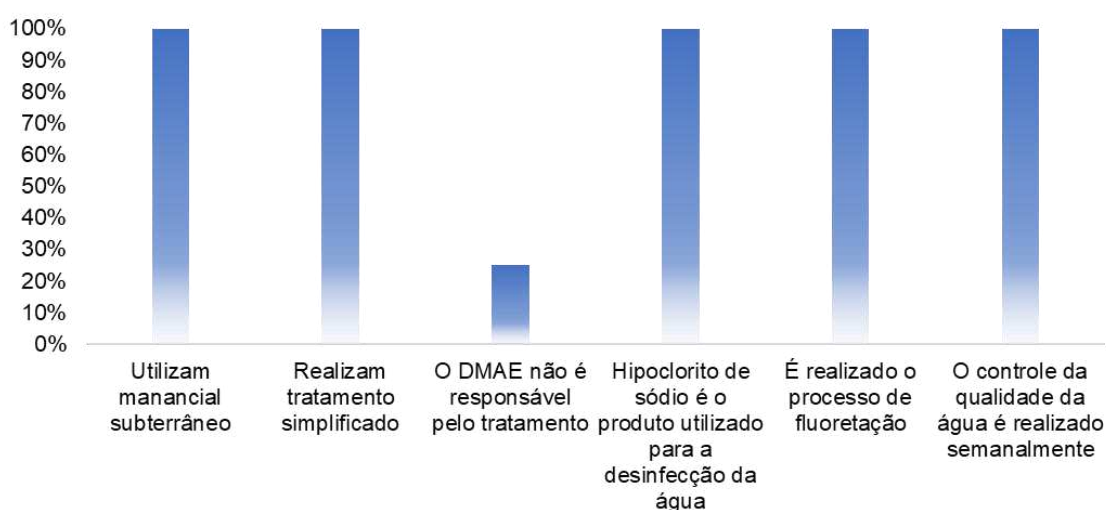


Figura 2. Síntese das respostas do questionário aplicado por um profissional do DMAE nas escolas municipais da zona rural de Uberlândia-MG, como caracterização do tratamento de água realizado. Uberlândia-MG, 2024.

Os distritos analisados neste estudo — Cruzeiro dos Peixotos, Martinésia e Miraporanga — possuem outorgas para captação de água variando entre 58.560 e 113.766 m^3 por ano. Esses distritos realizam um tratamento médio diário de aproximadamente 118 m^3 de água (Tabela 1).

Tabela 2. Volume de outorga e de tratamento médio diário em três distritos do município de Uberlândia, MG. Uberlândia-MG, 2024.

Distrito	Volume outorgado para captação de água ($\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$)	Volume outorgado para captação de água ($\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$)	Média do volume diário tratado (m^3)
Cruzeiro dos	113766	311,68	139

Peixotos			
Martinésia	78706	215,63	120
Miraporanga	58560	160,43	95

As amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na zona rural de Uberlândia não apresentaram diferenças significativas nas médias de avaliação das análises físico-químicas. Em outras palavras, os valores obtidos nas análises físico-químicas foram semelhantes entre as escolas avaliadas. Isso indica um padrão consistente na qualidade da água fornecida às escolas rurais analisadas (Tabela 3).

Tabela 3. Médias das características físico-químicas da água coletada em diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2024.

Local de coleta	Valores de referência, conforme Portaria nº888/2021 (Brasil, 2021)	Local de coleta				
		E. M Dom Bosco	E. M Domingas Camin (Miraporanga)	E.M Antonino Martins (Martinésia)	E.M José Marra da Fonseca (Cruzeiro dos Peixotos)	DMAE
Cloro residual (mg/L) ¹	0,2 a 5,0	1,33	0,56	0,20	0,54	0,46
Cor aparente (uH) ¹	≤ 15	6,95	3,35	1,05	2,525	3,5
Fluoreto (mg/L) ¹	≤ 1,5	0,49	0,50	0,64	0,70	0,64
pH*	6,0 a 9,5	7,55	7,66	7,60	7,64	8,2
Turbidez (uT) ¹	≤ 5,0	0,31	0,32	2,51	0,58	0,83
Coliformes totais (PA/100mL)	A	A	A	A	A	A
<i>Escherichia coli</i> (PA/100mL)	A	A	A	A	A	A
T°C*	-	24,5	22,25	22,25	14,25	26

* diferença significativa ($p \leq 0,05$); ¹ diferença não significativa ($p \leq 0,05$), segundo teste F.

A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece os padrões de qualidade de água para consumo humano. Os critérios estabelecidos referem-se às características perceptíveis ao sentidos, como aspecto, em que a água deve ser límpida, sem a presença de substâncias em suspensão, sedimentos ou coloração que influencie sua transparência; cor aparente, em que as amostras não podem exceder 15 unidades de cor verdadeira (uH), essa medida indica a presença de materiais orgânicos e inorgânicos que afetam essa característica; turbidez, em que o limite estabelecido é de 5 unidades de turbidez nefelométrica (NTU) em 95% das amostras coletadas, o que indica a presença de partículas suspensas; e gosto e odor, em que a água não deve apresentar tais características (Brasil, 2021).

Todas as informações quanto a qualidade da água são compiladas e repassadas para o Ministério da Saúde por meio do SISAGUA, que é um instrumento de informação do VIGIÁGUA, que é o programa responsável pela vigilância da qualidade da água para consumo humano, com o objetivo de realizar o monitoramento da qualidade da água em todas as etapas do sistema de abastecimento; avaliação de risco, em que são identificados possíveis focos de contaminação; promoção da saúde, visando garantir e promover a educação em saúde, por meio da conscientização da importância da qualidade da água e das práticas de saneamento; realizar a regulação de normatização, por meio de normas como a Portaria GM/MS nº 888/21; e a coordenação interinstitucional, em que o VIGIÁGUA atua em parceria com outras esferas governamentais, como DMAE, para colaborar com o abastecimento e saneamento (Brasil, 2024).

De acordo com as análises coletadas nas escolas percebeu-se que as médias foram estatisticamente iguais, para o teor de cloro residual, no entanto, foi possível observar uma maior amplitude dos valores encontrados na E. M. Dom Bosco, que apresentou maior variabilidade das amostras coletadas, enquanto as demais apresentaram variabilidade menor e próximo aos valores de cloro residual da água distribuída pelo DMAE (Figura 3).

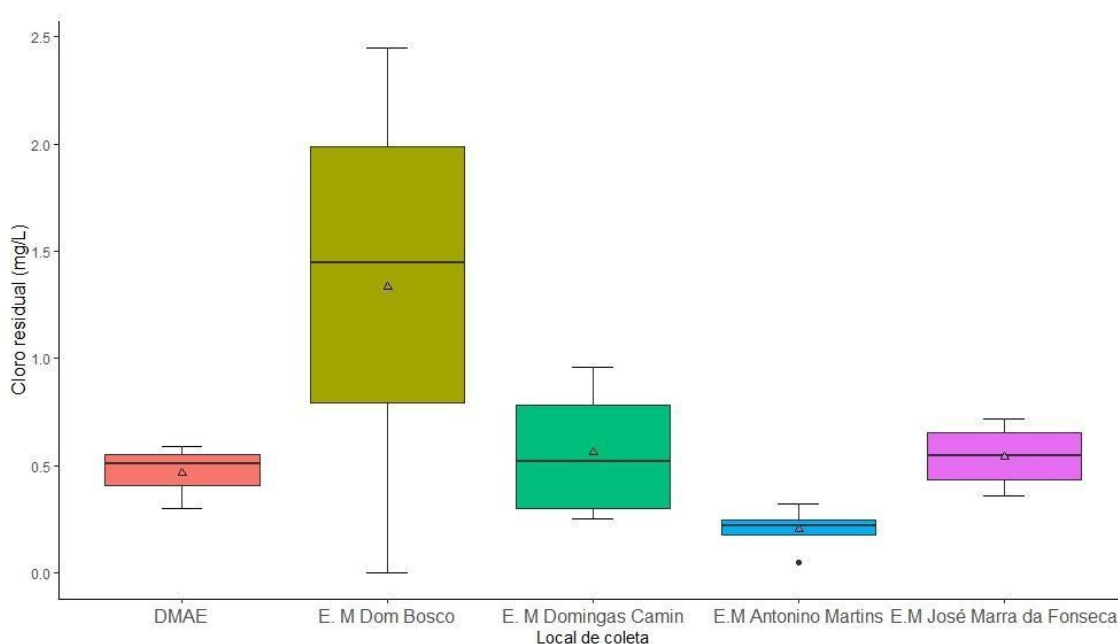


Figura 3. Gráfico boxplot para cloro residual de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

Dentro dos padrões previstos para qualidade da água é estabelecido que o teor de cloro residual fique entre 0,2 a 5,0 mg L⁻¹ (Brasil, 2021), todos os locais estavam dentro desse parâmetro. O teor mínimo de cloro de 0,2 mg L⁻¹ é estabelecido, pois valores inferiores podem indicar falhas no processo de desinfecção da água. Embora não haja contra indicação a respeito do teor elevado de cloro na água, há o risco de rejeição da população devido às características físicas da água, como cheiro e gosto (Lemos *et al.*, 2021). Teores de cloro residual acima de 2 mg L⁻¹ já começam a alterar o aspecto da água, gerando odor e gosto, e agregando risco toxicológico (Blokker; Vreeburg; Speight, 2014). Deste modo, as normas sanitárias preconizam o processo de cloração em água de abastecimento, seguindo as dosagens específicas para que ao final do processo de tratamento os valores de cloro residual não ultrapassem 2 mg L⁻¹ (Madzivhandila; Chirwa, 2017).

Nos distritos do município de Uberlândia o DMAE utiliza o hipoclorito de sódio para o processo de desinfecção da água, produzido nas próprias estações de tratamento do DMAE, por meio da reação de eletrólise da salmoura.

O mesmo comportamento de amplitude nos valores obtidos por amostra foi observado na análise de cor aparente, em que a E. M. Dom Bosco apresentou maior variação entre os valores encontrados quando comparados aos demais pontos de coleta (Figura 4). A cor aparente é um parâmetro importante, pois sua determinação indica se um sistema de abastecimento público está esteticamente indesejável ao consumidor (Von Sperling, 2005).

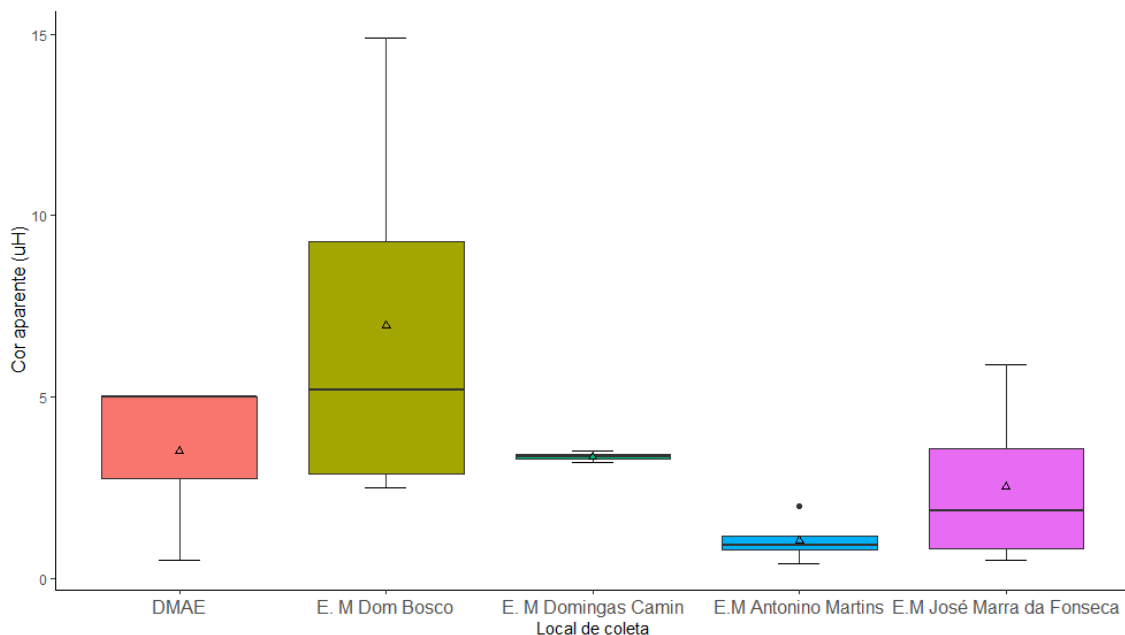


Figura 4. Gráfico boxplot para cor aparente de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

Quanto ao teor de fluoreto, as médias entre os locais avaliados se mantiveram próximas e dentro do padrão de qualidade da água estabelecido (Figura 5). A determinação do fluoreto na água é um importante requisito dos sistemas de vigilância, reconhecido internacionalmente, considerando sua ação como prevenção de cáries, entre 0,5 e 1,0 mg L⁻¹ (WHO, 2021a).

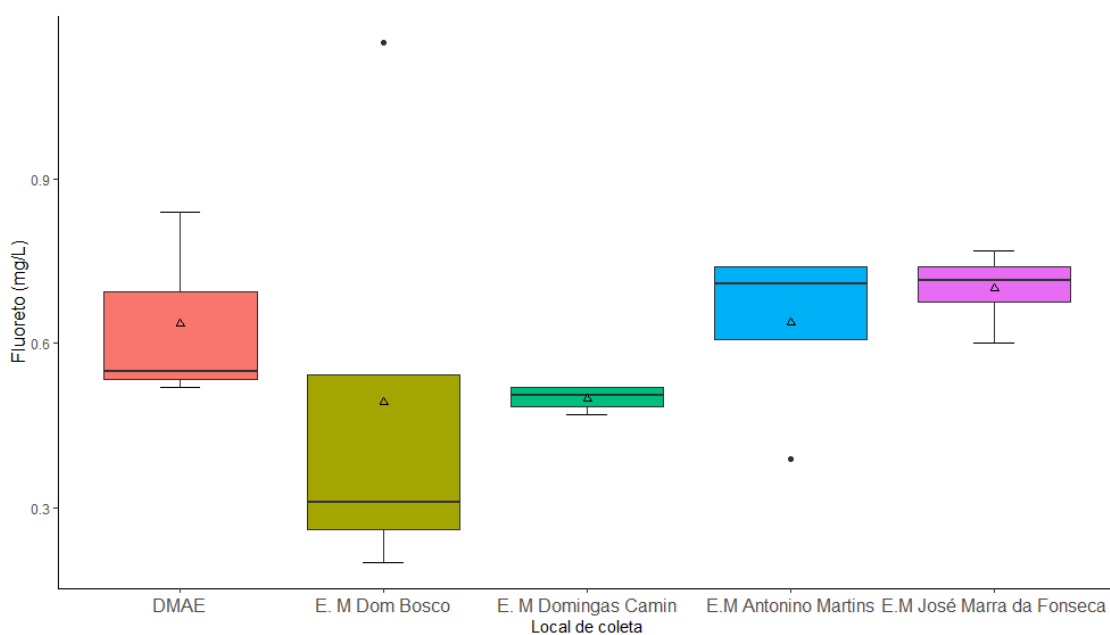


Figura 5. Gráfico boxplot para fluoreto de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água

tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024

Vale ressaltar que o fluoreto ocorre tanto de forma natural, como proveniente dos processos de tratamento da água, pelo procedimento de fluoretação, que é uma intervenção de saúde pública adotado em vários países, de alta a baixa renda, sendo obrigatória no Brasil desde 1974 (Frazão; Peres; Cury, 2011).

Quando aos valores de pH da água, as amostras coletadas na rede de distribuição do DMAE apresentaram um pH levemente alcalino, enquanto as amostras coletadas nas escolas mostraram valores próximos ao pH neutro (Figura 6). Mesmo apresentando essa divergência os valores encontrados estão dentro do padrão de qualidade da água estabelecido (Brasil, 2021).

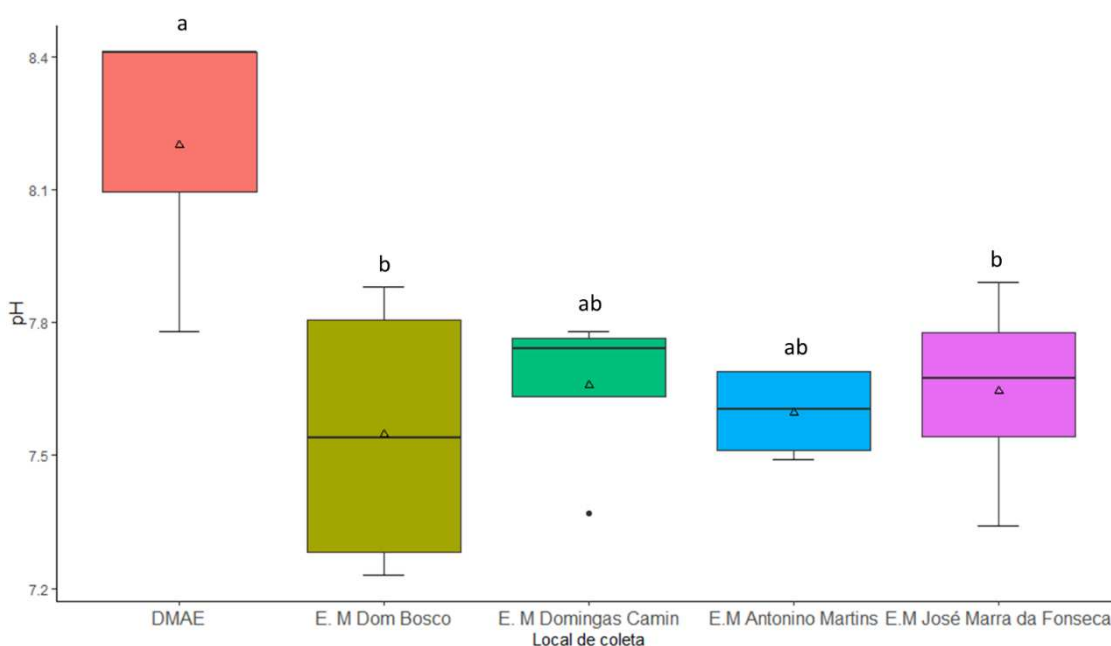


Figura 6. Gráfico boxplot para pH de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

Segundo a Organização Mundial da Saúde o pH da água deve ter uma amplitude entre 6,5 e 8,5, devendo manter esse intervalo para garantir sua qualidade. Além disso, houve variação significativa entre a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) das amostras coletadas, em que as amostras coletadas em pontos de distribuição do DMAE apresentaram médias superiores quando comparadas à E. M. José Maria da Fonseca, os demais pontos de coleta apresentaram médias semelhantes aos locais já citados (Figura 7).

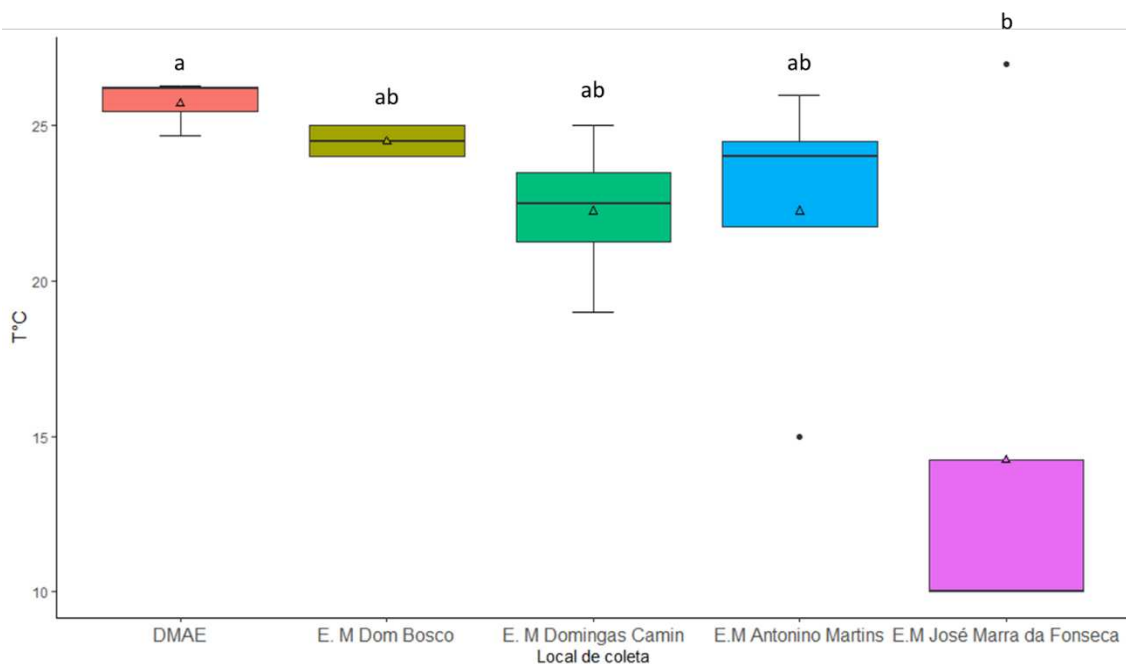


Figura 7. Gráfico boxplot para temperatura (T°C) de amostras de água coletadas em diferentes escolas localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

Quanto à turbidez, não apresentou variação significativa entre os pontos de coleta avaliados, no entanto a E. M. Antônio Martins apresentou maior variação dos dados, além da presença de *outliers* nos dados coletados. Indicando maior variabilidade deste parâmetro nas amostras coletadas (Figura 8).

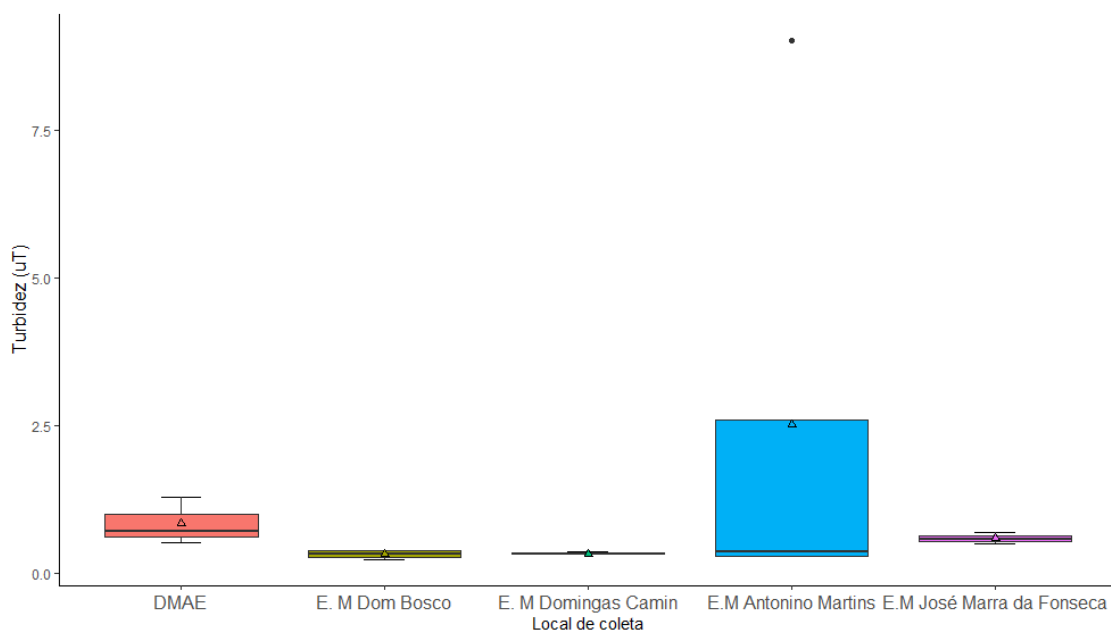


Figura 8. Gráfico boxplot para turbidez de amostras de água coletadas em diferentes escolas

localizadas na Zona Rural do município de Uberlândia e em um ponto de distribuição de água tratada pelo DMAE. Uberlândia-MG, 2024.

Evidencia-se que a turbidez é um indicador de contaminação, em que altos níveis de turbidez indicam a presença de partículas suspensas, podendo incluir sedimentos, resíduos industriais, efluentes agrícolas dentre outros poluentes. Estas partículas podem ser substratos que potencialize o crescimento de microrganismos, aumentando o risco de doenças transmitidas pela água, além disso a turbidez impacta na eficiência do processo de coagulação e filtração nas estações de tratamento de água, por dificultar a remoção eficaz de contaminantes, deste modo é estabelecido pela OMS que a água potável seja mantida abaixo de 1 NTU (WHO, 2017).

Considerando esses parâmetros, houve um desvio de valores obtidos nas amostras analisadas oriundas da E. M. Antônio Martins em relação aos valores de referência estabelecidos, sendo estes superiores de turbidez, que são indicativos de possível presença de contaminantes, e um alerta para análise da presença de microrganismos patogênicos e parasitas. Mesmo com maiores valores de turbidez, não se observou a presença de coliformes totais e *E. coli* nas amostras.

Com base na análise de correlação, foi possível observar uma relação entre a quantidade de cloro residual e a cor aparente da água (Figura 9).

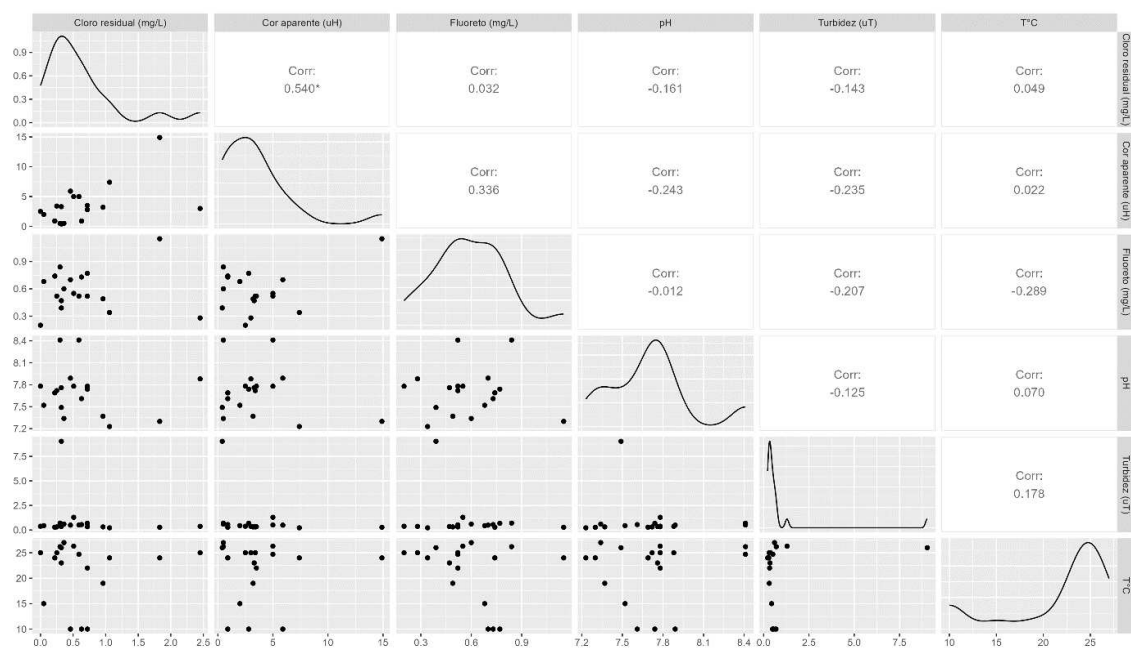


Figura 9. Análise de correlação entre as características físico-químicas da água coletadas em diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2024.

Já é conhecido a correlação entre os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, como o teor de cloro residual com a temperatura, em que temperaturas elevadas tendem a decompor de forma mais acelerada, além disso, o pH e a turbidez vão influenciar na

eficiência do cloro em desinfectar a água, em que o pH mais baixo aumenta a eficácia do cloro, assim como uma menor turbidez (WHO, 2017).

Ademais, a cor aparente tem uma correlação com a turbidez, devido a presença de partículas suspensas influenciar na cor da água. E como observado nesse estudo há uma correlação entre a cor aparente e o cloro residual, em que substâncias que causam a cor podem reagir com o cloro presente na água, e a solubilidade dessas substâncias está correlacionada com o pH (WHO, 2017).

E a presença de microrganismos está correlacionada principalmente com o cloro residual, turbidez e o pH, considerando que com uma baixa eficiência do cloro no processo de desinfecção potencializa o aumento desses microrganismos, assim como a presença de partículas suspensas, que podem servir como substrato para seu crescimento (WHO, 2017).

De forma geral, as amostras coletadas nas diferentes escolas localizadas na zona rural do município de Uberlândia, MG, apresentaram parâmetros dentro dos valores de referência estabelecidos pela Portaria n° 888/2021 (Brasil, 2021).

Quanto às análises parasitológicas, durante o período de março a junho de 2024 foram realizadas coletas a cada 30 dias, em que foram coletadas amostras de 500 ml a cada coleta de cada local, coletados dos bebedouros e torneira da cantina.

Foram coletadas e analisadas de 36 amostras de água em dois locais específicos (água da torneira e água do bebedouro) oriundos de quatro diferentes escolas rurais de Uberlândia. Inicialmente foi caracterizada a área de coleta em relação a estrutura e presença de animais nestas áreas. Em relação a presença de animais, todos os locais (escolas) apresentaram cães nas proximidades das áreas de coleta (Figura 10).

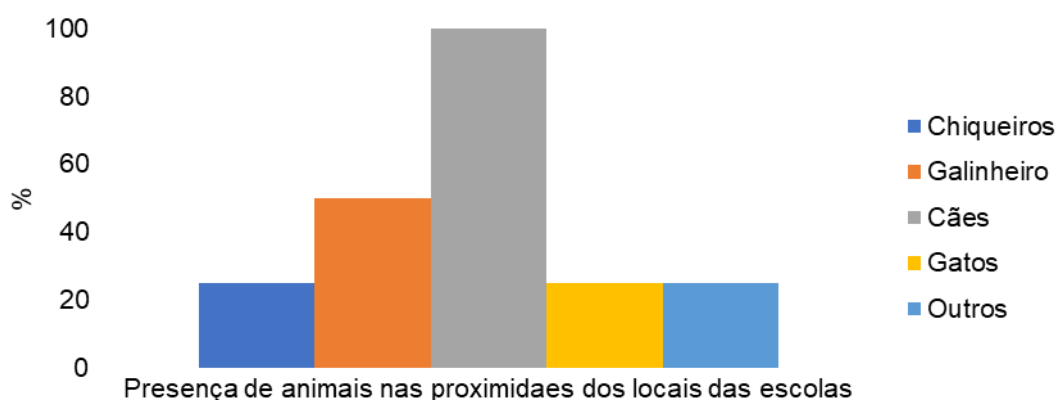


Figura 10. Caracterização dos locais de coleta de água nas escolas rurais do município de Uberlândia, MG, quanto a presença de animais. Uberlândia-MG, 2024.

Além disso, 75% das escolas participantes do estudo possuem hortas ou plantações nas proximidades. Da mesma forma, 75% das caixas d'água são feitas de amianto. Em relação ao encanamento, 75% das escolas possuem tubulações instaladas há mais de 10 anos, enquanto 25% dos respondentes não souberam informar o tempo de instalação do

encanamento (Figura 11).

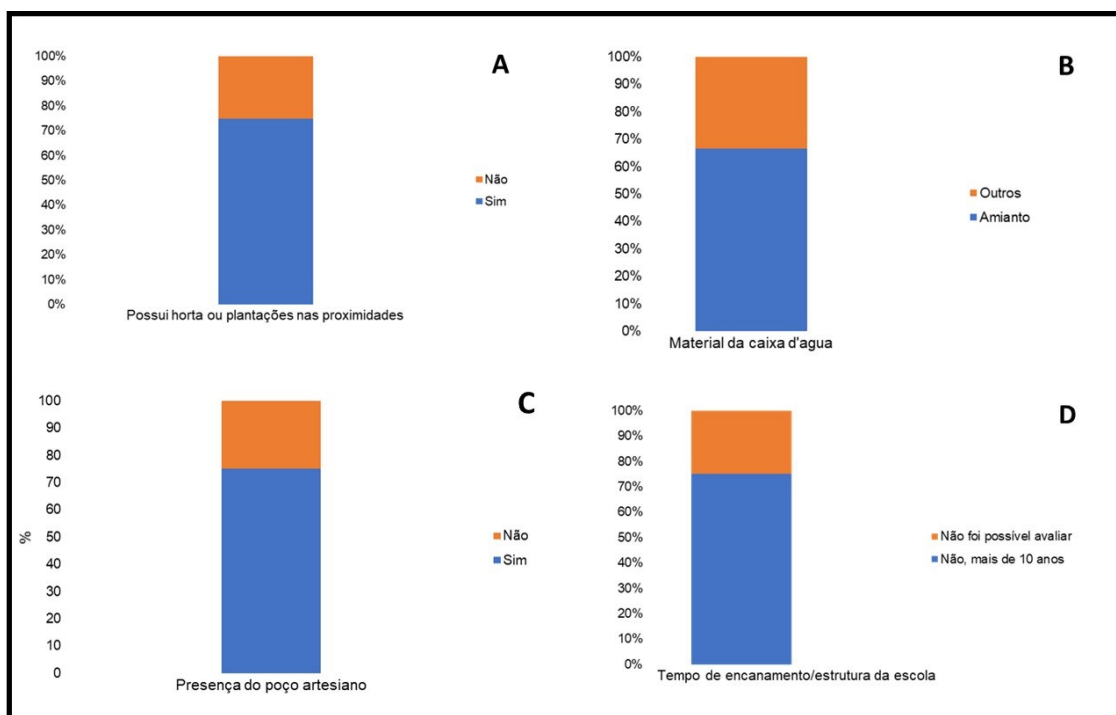


Figura 11. Presença de plantações e hortas (A); composição da caixa d'agua (B); presença de poços artesianos (C) e tempo de instalação do encanamento em escolas rurais do município de Uberlândia, MG. Uberlândia-MG, 2024

Realizou-se a análise geral deste material utilizando técnicas parasitológicas. Por meio da coleta de material e análise após filtração em membrana Milipore de 0,22 micrômetros, foi possível identificar cistos do protozoário *Endolimax nana* em 26,6% (8/30) das amostras de água potável coletadas (Figura 12).



Figura 12. Cisto de *Endolimax nana* encontrado em amostra de água coletada de bebedouro de uma das escolas municipais (seta). 400x. Uberlândia-MG, 2024.

FOTO: Rezende-Oliveira, K, 2024.

Importante ressaltar que em um dos locais onde se encontrou o cisto do parasito, a água apresentava muito sedimento, o que pode potencializar o aparecimento destes agentes. *E. nana* são protozoários comensais, não patogênicos do intestino humano. Estes parasitos estão sempre associados a locais sujos, como esgotos, córregos, lagoas e riachos contaminados por serem áreas que acumulam grande quantidade de dejetos e fezes eliminados por pessoas parasitadas, bem como o lixo que costuma atrair insetos e roedores, o que facilita a proliferação desses parasitos (Poulsen; Stensvold, 2016). Neste estudo, foi observado a prevalência de 26,6% (8/30) de *E. nana* nas amostras coletadas.

Nos locais de coleta foi possível observar que havia chiqueiros, galinheiro, cães, gatos e até mesmo gado, o que pode trazer ameaça iminente de contaminação da população próxima ao local. Ainda, em três locais afirmou-se a existência de horta (Tabela 4). Considerando a possível contaminação da água por protozoários (*E. nana*) e que a mesma seja utilizada para o consumo humano, animal e irrigação além da presença de animais e hortas próximas ao reservatório de água, sugere-se que seja realizada uma manutenção e planejamento da planta de reservação de água local.

Vale ressaltar que os locais onde se observou a presença de *E. nana*, foi detectada alteração quanto aos níveis de cloro, cor aparente e turbidez, demonstrando que a água dos locais estão propícios ao crescimento de microrganismos, como protozoários intestinais. Segundo Cunha *et al.* (2012) a turbidez se refere a um indicador da transparência física da água o que não impede de apresentar parâmetros de potabilidade, porém o material particulado ali presente pode conter microorganismos patogênicos, além de material fecal (Melo, 2010).

Apesar da *E. nana* não ser considerada uma espécie patogênica, sua significativa prevalência nesse estudo pode indicar uma possível contaminação da água por dejetos fecais de origem humana (Nolla; Cantos, 2005).

5. Considerações sobre a possibilidade de ajustes e monitoramento da água nos

locais de avaliação

- 1- As análises físico-químicas realizadas em amostras de água coletadas em escolas municipais da zona rural de Uberlândia indicaram conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira.
- 2- No entanto, as análises parasitológicas revelaram a presença de *Entamoeba nana* (E. nana), cuja ocorrência foi associada a níveis elevados de turbidez e cor aparente da água — fatores que favorecem o desenvolvimento de microrganismos.
- 3- A presença desse parasita pode estar relacionada a fontes de contaminação próximas, como chiqueiros e rebanhos, identificados durante o estudo. Isso compromete a qualidade da água ofertada, uma vez que *E. nana* não é efetivamente eliminado pelo processo convencional de cloração.

Diante desse cenário, é essencial implementar medidas de controle para evitar a disseminação de parasitas e a potencial infecção dos consumidores.

Entre as ações recomendadas, destacam-se:

1. **Manutenção regular dos sistemas de abastecimento de água**, incluindo a limpeza periódica de caixas d'água e reservatórios.
2. **Desinfecção sistemática dos bebedouros**, especialmente aqueles de uso coletivo.
3. **Monitoramento contínuo da qualidade da água**, com ênfase na análise parasitológica, complementando as avaliações físico-químicas e bacteriológicas já realizadas.

Além disso, medidas estruturais e de gestão podem ser adotadas para melhorar a qualidade e segurança da água consumida nas escolas:

- Substituição frequente dos filtros e manutenção preventiva de bebedouros, especialmente os do tipo industrial.
- Elaboração de um plano de amostragem periódico, em conformidade com a legislação vigente, para o monitoramento contínuo da qualidade da água.
- Estabelecimento de parcerias entre as escolas, laboratórios de controle de qualidade da água tratada da Prefeitura e o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), otimizando recursos para análises mais abrangentes.

A adoção dessas estratégias é fundamental para assegurar o fornecimento de água potável de qualidade e prevenir problemas de saúde associados à contaminação por parasitas, especialmente em comunidades vulneráveis como as escolas rurais.

Por fim, que as informações aqui apresentadas possam servir como fonte inicial para uma possível proposta de enquadramento do tratamento de água baseado na Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e nas resoluções nº91 de 05 de novembro de 2008 do CNRH e resolução nº 357 de 17 de março de 2005 da CONAMA.

Este é o relatório.

Uberlândia, _____ de Novembro de 2024.

Anexo 1: Registros dos locais de coleta

Figura A. Coleta das amostras de água nas torneiras das escolas municipais rurais de Uberlândia-MG. Uberlândia-MG, 2024. Foto: Silva, F.F.R., 2024.

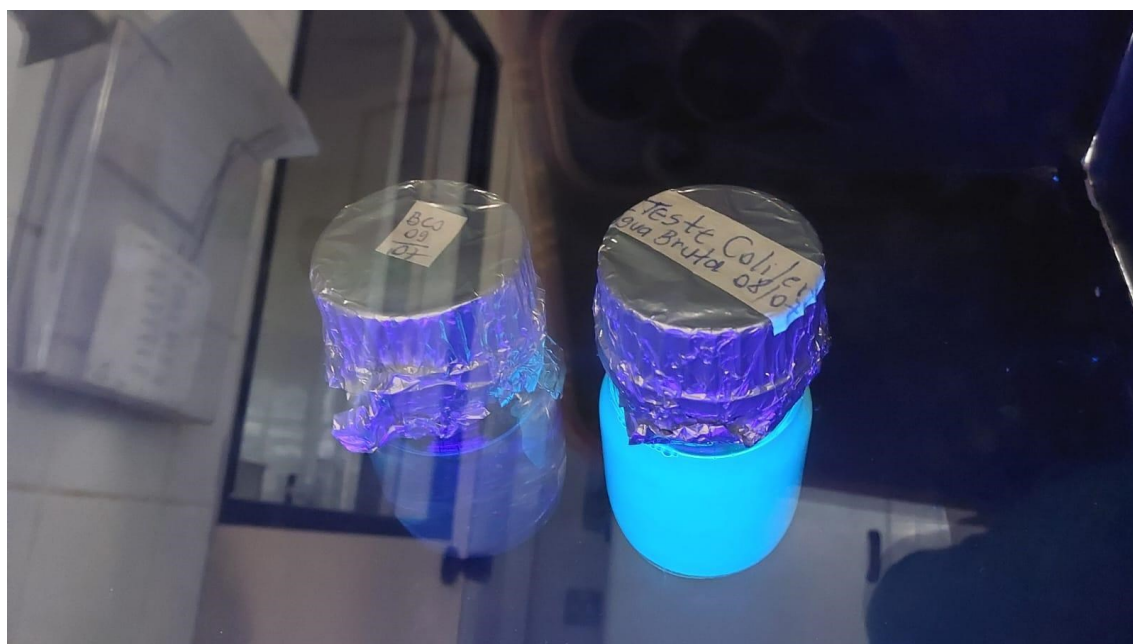


Figura B. Amostras submetidas a radiação UV para determinação de *Escherichia coli*. Uberlândia-MG, 2024. Foto: Silva, F.F.R., 2024.



Figura C. Amostras de água incubada a uma temperatura de 35°C por um período inicial de 24 horas. Uberlândia-MG, 2024. Foto: Silva, F.F.R., 2024.

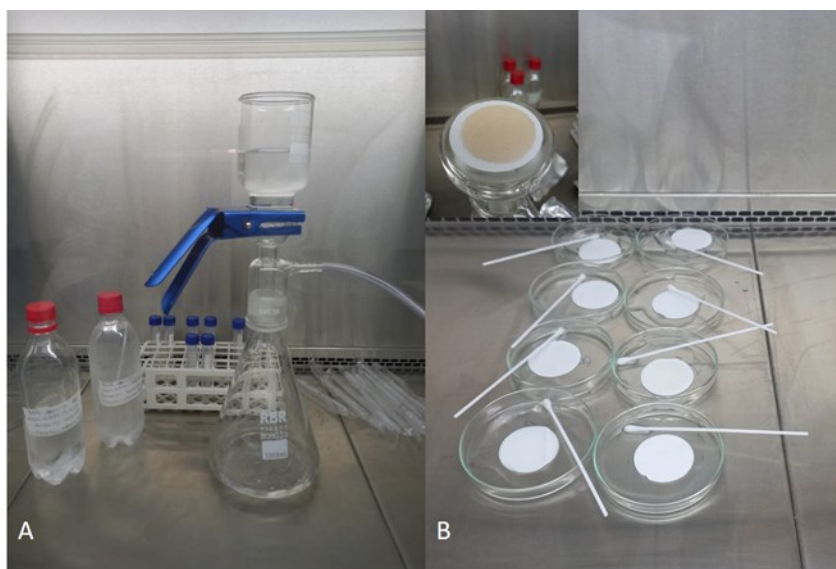


Figura D. Equipamento de filtração por meio de membrana Millipore® 0,22µm (A) e amostras de água (garrafas) a serem analisadas. Membranas obtidas após o método de filtração (B). *Insert:* Membrana representando um dos locais, detalhando os resíduos retirados da água. Uberlândia-MG, 2024. Foto: Rezende-Oliveira, K, 2024.



Figura E. Captação de água da Escola Municipal Dom Bosco (A e B). Uberlândia-MG, 2024.
Foto: Silva, F.F.R., 2024.



Figura F. Bebedouro industrial pertencente a Escola Municipal Dom Bosco. Uberlândia-MG, 2024. Foto: Silva, F.F.R., 2024.



Figura G. Estrutura de tratamento de água no Distrito de Miraporanga (A, B, C, D e E), do Município de Uberlândia, Minas Gerais. Uberlândia-MG, 2024. Foto: Silva, F.F.R., 2024.



Figura H. Curral localizado em frente à Escola Municipal Domingas Camin, no Distrito de Miraporanga. Uberlândia-MG, 2024. Foto: Silva, F.F.R., 2024.

6. Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Atlas água**. 2024a. Disponível em: <<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>>. Acesso em: 11 jun. 2024.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Panorama do Saneamento no Brasil**. 2024b. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento/panorama-do-saneamento-no-brasil-1>>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- ALMEIDA, S. G. *et al.* **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira: subsídios à formação de diretrizes ambientais para o desenvolvimento agrícola**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. 122p.
- BACCI, D. C.; PATAKA, E. M. Educação para a água. *Estudos Avançados*, **Dossiê Água**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200014>
- BELO, V. S. *et al.* Fatores associados à ocorrência de parasitoses intestinais em uma população de crianças e adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 30, n. 2, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822012000200007>
- BLOKKER, M.; VREEBURG, J.; SPEIGHT, V. Residual Chlorine in the Extremities of the Drinking Water Distribution System: The Influence of Stochastic Water Demands. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 172–180, 1 jan. 2014.
- BRASIL, M. DA S. **PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5**. 2017. Acesso em: 11 jun. 2024.
- BRASIL, M. DA S. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. 2021. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>. Acesso em: 30 jun. 2024
- BRASIL, M. DA S. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011**. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- BRASIL, M. DA S. **VIGIAGUA**. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi/demas/situacao-de-saude/vigiagua>>. Acesso em: 5 ago. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. 5. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.
- BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde: Brasília, 2006. 284 p.
- BUSS, P. M. Promoção da saúde e qualidade de vida. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 5, n. 1, p. 163-177, 2000. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232000000100014>
- CAMERON, K. C.; DI, H. J.; MOIR, J. L. Nitrogen losses from the soil/plant system: A review. **Annals of Applied Biology**, mar. 2013.
- CHAVES, H. S. *et al.* Estudo da qualidade das águas subterrâneas de abastecimento em bairros na cidade de parauapebas a partir de parâmetros físico-químicos. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 113–121, 2 abr. 2020.

COELHO, L. M. P. S. *et al.* Detecção de formas transmissíveis de enteroparasitas na água e nas hortaliças consumidas em comunidades escolares de Sorocaba, São Paulo, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 5, p. 479-482, 2001.

CUNHA, G. L. C. *et al.* Revisão integrativa: Retrato da presença de *Cryptosporidium* spp. em humanos e águas do Brasil. **Revista Unimontes Científica**, v. 24, n. 1, p. 1-19, 2022. <https://doi.org/10.46551/ruc.v24n1a4>

CUNHA, H. F. A. *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012.

DIXON, B. R. *Giardia duodenalis* in humans and animals – Transmission and disease. **Research in Veterinary Science**, v. 135, p. 283-289, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.09.034>

DMAE. **O Dmae**. Disponível em: <<https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/o-dmae/>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

FAUST, S. D.; ALY, O. M. **Chemistry of Water Treatment, Second Edition**. [s.l.] CRC Press, 2018.

FELLENBERG, G.; FROEHLICH, C. G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. EPU, 2003.

FRAZÃO, P.; PERES, M. A.; CURY, J. A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. **Revista de Saúde Pública**, v. 45, n. 5, p. 964–973, out. 2011.

GIATTI, L. L. *et al.* Condições de saneamento básico em Iporanga, Estado de São Paulo. **Revista Saúde Pública**, v. 38, p. 571-7, 2004.

GODECKE, M. V.; DECKER, A. T. Saneamento básico: estudo do caso de Arroio Grande, **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 1371-1388, 2014. <https://doi.org/10.5902/2236117014966>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico-PNSB**: 2008. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama do Censo 2022**. 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/mapas.html?localidade=&recorte=N2>>. Acesso em: 13 jun. 2024.

KARANIS, P. *et al.* Waterborne transmission of protozoan parasites: A worldwide review of outbreaks and lessons learnt. **Journal of Water and Health**, v.5, n.1, p.1-38, 2007. <https://doi.org/10.2166/wh.2006.002>

LEMOS, D. R. H. *et al.* Análise da qualidade da água de abastecimento de Ibatiba-ES com base no cloro residual livre e cloro residual combinado. Em: **Engenharia no Século XXI – Volume 20**. [s.l.] Editora Poisson, 2021.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LIMA, E. C.; STAMFORD, T. L. M. *Cryptosporidium* spp. no ambiente aquático: aspectos relevantes da disseminação e diagnóstico. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 791-800, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232003000300013>

LIMA, S.C. **Desigualdades Socioterritoriais e Comportamentos em Saúde**. Lisboa, edições colibri, p.31-46, 2013.

MADZIVHANDILA, V. A.; CHIRWA, E. M. N. Modeling chlorine decay in drinking water distribution systems using aquasim. **Chemical Engineering Transactions**, v. 57, p. 1111–1116, 2017.

MELO, J. F. M. **Diagnóstico da qualidade de água de abastecimento na comunidade de Santa Cruz, em campos dos Goytacazes (RJ), educação ambiental e alternativas sanitárias**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2010.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000300018>

MURRAY. P. R. *et al.* **Microbiologia Médica**. 7^o ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014, p. 888.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Un water, statistics: graphs & maps**. Drinking water, sanitation & hygiene. 2013. Disponível em: <https://www.unwater.org/statistics_san.html> Acesso em: 10/06/2023.

OTENIO, M. H, *et al.* Saneamento básico, qualidade de água, e levantamento de enteroparasitoses relacionando ao perfil sócio-econômico-ambiental de escolares de uma área rural do município de Bandeirantes-PR. **Salusvita**, v. 26, n. 2, p. 179-188, 2007.

PALUDO, J. R.; BORBA, J. Abastecimento de água e esgotamento sanitário: estudo comparado de modelos de gestão em Santa Catarina. **Ambiente & Sociedade**, v. 16, n. 1, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2013000100005>

PIERZYNSKI, G. M. *et al.* **Soils and environmental quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 313p.

POULSEN, C.; STENSVOLD, C. Systematic review on *Endolimax nana*: A less well studied intestinal ameba. **Tropical Parasitology**, v. 6, n. 1, 2016. <https://doi.org/10.4103/2229-5070.175077>

POWERS, S. M. *et al.* Long-term accumulation and transport of anthropogenic phosphorus in three river basins. **Nature Geoscience**, v. 9, n. 5, p. 353–356, 1 maio 2016.

PREFEITURA DE UBERLÂNDIA. **Estimativa da população IBGE 2011-2021**. 2021. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/populacao-uberlandia/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

PREFEITURA DE UBERLÂNDIA. **Qualidade da Água**. Disponível em: <<https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/qualidade-da-agua-2/>>. Acesso em: 5 ago. 2024.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 2021.

RIGOBELLO, E. C. *et al.* Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da região de Dracena. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 7, n. 2, p. 219-224, 2009.

ROBINSON, D. T. *et al.* Assessing the Impact of a Risk-Based Intervention on Piped Water Quality in Rural Communities: The Case of Mid-Western Nepal. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 1616, 2018.

<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15081616>

SANTOS, J. A.; SILVA, J. X.; REZENDE, A. J. Avaliação Microbiológica de Coliformes Totais e Termotolerantes em Água e Bebedouros de Uma Escola Pública no Gama-Distrito Federal. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v. 3, n. 1, p. 9-15, 2014.

SCHMIDT, Elisabete I. Estudo e qualidade das águas subterrâneas na região sudoeste do município de Estrela-RS. 2006. 91p. **Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro Universitário Univates, Lajeado**, 2006.

SILVA, D. R. R. DA *et al.* Qualidade da água em escolas públicas municipais: análise microbiológica e teor de nitrato em Araçatuba, estado de São Paulo-Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz (Online)**, v. 77, p. 1–8, 2018.

SILVA, L. A.; REBOUÇAS, S. J. S.; MENDONÇA, L. P. Análise da qualidade de molhos consumidos como acompanhamentos em lanches: Uma revisão integrativa. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 18, p. 89–101, 2022. <https://doi.org/10.14393/Hygeia1859745>

SILVA, N. S. DA; GONÇALVES, M. F.; FRIAES, E. P. P. Potabilidade da água em escolas municipais de Capanema-PA: Uma proposta de melhoria com sistema simplificado de tratamento. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e482111234235, 21 set. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Panorama do saneamento básico no Brasil**, SNIS 2021, c2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICNO_BRASIL_SNIS_2021.pdf>. Acesso em 10 de out. de 2022.

SPARKS, D. L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267p.

STUKEL, T. *et al.* A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community drinking water supplies. **Environmental science & technology**, v. 24, n. 4, p. 571-575, 1990.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Documento de informação técnica sobre água, saneamento, higiene e gestão das águas residuais para prevenir infecções e reduzir a propagação da resistência aos antimicrobianos**. World Health Organization, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash#tab=tab_1>. Acesso em: 13 jun. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 2017. Acesso em: 25 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **World Health Assembly Resolution paves the way for better oral health care**. 2021a. Disponível em: <<https://www.who.int/news/item/27-05-2021-world-health-assembly-resolution-paves-the-way-for-better-oral-health-care>>. Acesso em: 24 jul. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000-2020 Five Years into the SDGs**. World Health Organization, 2021b.

ZHANG, C. *et al.* Effect of pipe materials on chlorine decay, trihalomethanes formation, and bacterial communities in pilot-scale water distribution systems. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 85–94, 1 jan. 2017.