

DETECÇÃO DE *E. COLI* EM AMOSTRAS DE ÁGUA DA UNIVERSIDADE VALE DO RIO DOCE EM GOVERNADOR VALADARES – MG

Detection of E. coli in water samples from Vale do Rio Doce University in Governador Valadares – MG

Bianca Gaigher Uzais¹

Cleia Rayane Santos Salema²

Keila da Silva Xavier³

Hernani Ciró Santana⁴

Jacqueline Garcia Duarte⁵

RESUMO

Este estudo analisou a qualidade da água do laboratório de microbiologia da Universidade Vale do Rio Doce, Governador Valadares, MG, conforme a Portaria GM/MS nº 888 de 2021. Foram coletadas amostras do rio Doce, água destilada e torneira do laboratório. Testes presuntivo e confirmativo revelaram ausência de contaminação por *Escherichia coli* (*E. coli*) na água da torneira, confirmando sua potabilidade. No entanto, a amostra do rio Doce mostrou contaminação por *E. coli*, evidenciando a poluição contínua devido à falta de tratamento de esgoto. Foi detectada uma bactéria não identificada, sugerindo a necessidade de estudos adicionais. A pesquisa destaca a importância de controles microbiológicos regulares, para garantir a segurança das atividades laboratoriais e do consumo. A melhoria do saneamento básico e a implementação de Estações de Tratamento de Esgoto são cruciais para a saúde pública na região.

Palavras-chave: Potabilidade; Contaminação; Efluentes; *E. coli*; Saúde pública.

¹ Graduanda em Biomedicina pela Universidade Vale do Rio Doce (Univale) – e-mail: bianca.uzais@univale.br

*Autora correspondente

² Graduanda em Biomedicina pela Univale – e-mail: cleia.salema@univale.br

³ Graduanda em Biomedicina pela Univale – e-mail: keila.xavier@univale.br

⁴ Graduação em Gestão Ambiental pela Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde (FCBS). Especialização em Docência do Ensino Superior pela Univale. Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Doutorado em Ciências Humanas pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – e-mail: hernani.santana@univale.br

⁵ Graduação em Ciências Biológicas - Licenciatura pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestrado em Biologia Celular pela UFMG. Professora de Biologia do Ensino Médio e curso TOP pré-vestibular no Colégio Ibituruna-GV. Professora na Univale – e-mail: jacqueline.duarte@univale.br

ABSTRACT

This study analyzed the water quality in the microbiology laboratory at Vale do Rio Doce University, Governador Valadares, MG, following Ordinance GM/MS No. 888 of 2021. Samples were collected from the Doce River, distilled water, and laboratory tap water. Presumptive and confirmatory tests revealed the absence of *Escherichia coli* (*E. coli*) in the tap water, confirming it as potable. However, the Doce River sample showed *E. coli* contamination, highlighting ongoing pollution due to inadequate sewage treatment. An unidentified bacterium was detected, suggesting the need for additional studies. The research underscores the importance of regular microbiological controls to ensure the safety of laboratory activities and consumption. Improving basic sanitation and implementing sewage treatment plants are crucial for public health in the region.

Keywords: Potable water; Contamination; Effluents; *E. coli*; Public health.

Data de submissão: 11/03/2024

Data de aprovação: 10/06/2024

1 INTRODUÇÃO

A biodisponibilidade, qualidade e gestão dos recursos hídricos são temas amplamente debatidos nos últimos anos, especialmente devido ao crescimento exponencial da população e ao aumento do consumo e contaminação da água. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de dois bilhões de pessoas no mundo não têm acesso a água potável. Embora o Brasil seja reconhecido por deter a maior concentração de água doce do mundo (15%), enfrenta um cenário preocupante em relação à qualidade da água, com muitas regiões apresentando escassez e falta de tratamento adequado. Estima-se que cerca de 35 milhões de cidadãos brasileiros não têm acesso a água tratada (Ribeiro *et al.*, 2019).

Sabe-se que um dos quatro pilares do saneamento básico é o tratamento de esgoto, o qual é extremamente limitado no país. Até os dias atuais, quase metade da população continua sem acesso ao serviço. Apesar de muitas cidades possuírem rede coletora, as águas residuais continuam sendo despejadas nos rios devido a inexistência de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) locais (Agência Brasil, 2021).

Portanto, o contexto justifica o cenário incidente de Doenças de Veiculação Hídrica (DVH) no país, que resulta em demandas de saúde pública e econômica. De acordo com um estudo realizado em 2019 pelo Instituto Trata Brasil, foram registradas cerca de 273 mil internações por DVH, revelando que as regiões mais afetadas são aquelas que não possuem

serviços de saneamento básico. Isso evidencia a correlação entre a ausência de saneamento e a ocorrência dessas doenças. As taxas de hospitalizações por DVH resultaram em um custo de aproximadamente 108 milhões de reais para a saúde pública (Instituto Trata Brasil, 2019).

Neste sentido, avaliar a qualidade da água destinada ao consumo é crucial e uma medida de segurança e prevenção. Um dos indicadores de contaminação fecal mais comum é a detecção de coliformes totais e termotolerantes, esta classe é composta de bactérias que habitam o intestino humano e de animais de sangue quente, uma delas é a *Escherichia coli* (*E. coli*), empregada como biomarcador principal de contaminação. Um dos motivos da sua utilização é sua elevada virulência, a *E. coli* enterohemorrágica “EHEC” em específico, é responsável pela Síndrome Hemolítica Urêmica (SHU) e a colite hemorrágica (Vaibich *et al.*, 2014).

A Portaria de Potabilidade GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece diretrizes e normativas para garantir a qualidade da água, sendo um dos principais parâmetros a ausência de *E. coli* na água de distribuição (Thom *et al.*, 2022).

Governador Valadares, em Minas Gerais, conta com uma população estimada em 257.172 habitantes, conforme o censo de 2022. Ocupa uma área territorial de 2.342,376 km² e altitude de 455,85 metros. A região caracteriza-se por um clima tropical semiúmido, com uma média anual de temperatura de 23,9 °C. A umidade relativa do ar média atinge aproximadamente 75%, e a localidade integra a bacia hidrográfica do Rio Doce. Os serviços de saneamento básico da região são geridos pela autarquia Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). No que se refere ao esgotamento sanitário, cerca de 92,8% dos domicílios possuem o serviço. Todavia, a carga de esgoto é lançada diretamente no Rio Doce, que abastece a cidade, devido à ausência de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), um problema associado a demandas econômicas e à geografia local (IBGE cidades, 2023).

A Universidade Vale do Rio Doce, localizada em Governador Valadares, utiliza água fornecida pelo SAAE. Frequentemente, o campus é afetado pelo período de cheia do rio, causando alagamentos que comprometem a segurança das pesquisas realizadas nos laboratórios devido à possível contaminação cruzada. Essa situação destaca a necessidade urgente de realizar controles microbiológicos da água utilizada pela comunidade acadêmica, tanto para consumo quanto para procedimentos científicos.

Tendo em vista que a contaminação da água utilizada no laboratório de microbiologia pode interferir no resultado de pesquisas desenvolvidas no ambiente, se faz

necessário realizar o controle microbiológico da água da torneira, considerando a presente contaminação do rio que abastece a região.

Objetiva-se, analisar a qualidade da água utilizada no laboratório de pesquisa de microbiologia, para averiguar se está em conformidade com a Portaria de Potabilidade GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 e com o relatório emitido pelo SAAE, com intuito de garantir a segurança e a integridade dos resultados das pesquisas realizadas no local.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A bacia hidrográfica do Rio Doce, situada no sudeste do Brasil, se estende por aproximadamente 83.400 km², atravessando os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Este rio possui 853 km de comprimento e é vital para a região, beneficiando cerca de 230 municípios, incluindo Governador Valadares, Ipatinga, Mariana, Colatina e Linhares. Suas águas são sustentadas por afluentes significativos como o Rio Piranga, Rio Casca, Rio Suaçuí Grande, Rio Manhuaçu e Rio Guandu. A bacia do Rio Doce é essencial tanto ecologicamente quanto economicamente, sustentando uma rica biodiversidade e atividades como agricultura, mineração e fornecimento de água. No entanto, enfrenta desafios severos, como poluição e gestão de recursos, destacados pelo desastre ambiental de Mariana em 2015, que evidenciou a necessidade de uma gestão mais sustentável e consciente dos recursos hídricos (Aegea, 2024).

O sistema de abastecimento de água de Governador Valadares, que inclui a Universidade Vale do Rio Doce (Univale), depende primordialmente do rio Doce. A água é captada deste rio e tratada na estação de tratamento de água (ETA) central de Governador Valadares, onde passa por processos como coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, garantindo que a água distribuída atenda aos padrões de qualidade. A ETA possui capacidade significativa para atender tanto as necessidades residenciais quanto institucionais da cidade (Aegea, 2024).

Os coliformes representam um grupo de bactérias Gram-negativas que fermentam a lactose e produzem gás quando incubadas à uma temperatura entre 35-37 °C. Este grupo inclui as bactérias do gênero *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*. Estas são encontradas em diversos ambientes, incluindo solo, água, vegetais e no intestino de humanos e animais endotérmicos (Thom *et al.*, 2022; Póvoas *et al.*, 2020; Silva; Franco *et al.*, 2023).

Quanto as características da bactéria *E. coli*, é uma coliforme termotolerante que reside no intestino de humanos e animais de sangue quente, anaeróbica facultativa,

fermentadora de lactose em temperaturas entre 45 °C. Apresenta uma camada de lipopolissacarídeo (LPS) e flagelos peritríquios, que lhe conferem alta motilidade em meio aquoso, facilitando sua migração para outros locais além do intestino (Baird; Douglas, 2020).

Além disso, a bactéria se distingue em diferentes patótipos, sendo o mais preocupante a *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), devido sua alta virulência, que pode progredir para a Síndrome Hemolítica Urêmica (SHU) e a colite hemorrágica, especialmente em grupos vulneráveis, como idosos e crianças. Uma das vias de transmissão mais comum é a ingestão de água e o consumo de alimentos contaminados, como legumes e verduras. As infecções atingem desde o sistema gastrointestinal ao urinário e respiratório (Vaibich *et al.*, 2014; Gelalcha *et al.*, 2022; Faúla, 2016).

A presença de *E. coli* pode ser detectada em água de poços artesianos e abastecimento, em alguns casos, mesmo após o tratamento de cloração. A contaminação da água pode ocorrer pelo despejo de resíduos fecais *in loco*, ou também devido à proximidade com áreas propícias, como no caso das fossas sépticas, as quais podem contaminar o lençol freático e logo a água captada de poços (Honorato *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2023).

A qualidade da água varia em diferentes regiões do Brasil, sendo particularmente crítica no Norte e no Nordeste, onde a maioria da população não tem acesso a tratamento de água. Nessas áreas, aproximadamente 25% da população enfrenta riscos relacionados à qualidade da água (Helena, 2019; Rodrigues *et al.*, 2019).

Todavia, a promulgação do Novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020) desempenha um papel crucial na busca pela universalização do acesso à água potável e na melhoria dos serviços de tratamento e coleta de esgoto em todo o Brasil. De acordo com a ONU, a meta é que até o ano de 2033, aproximadamente 99% da população tenha acesso à água potável e que 100% da água captada seja tratada. Quanto ao tratamento de esgoto, almeja tratar 50% do esgoto gerado e garantir que 90% da população tenha seu esgoto coletado. Outro ponto importante é a ênfase na redução do desperdício de água, no aumento da qualidade do serviço e no investimento em infraestruturas de tratamento (Agência Brasil, 2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo é uma pesquisa qualitativa focal, realizada em Governador Valadares, MG, no laboratório de microbiologia da Universidade Vale do Rio Doce. Os procedimentos

metodológicos seguiram a 4ª edição do Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional da Saúde, publicado em 2013, devido ao seu alinhamento integral com os padrões de referência em análise de água, "Standard Methods" (Lipps *et al.*, 2023). A fundamentação teórica do artigo baseia-se em 25 estudos recentes, publicados nos últimos 5 anos e indexados nos periódicos da Capes, Scielo, PubMed e Elsevier. Os descritores utilizados na busca foram: "Análise microbiológica", "Coliformes", "E. Coli", "Esgoto sanitário" e "Contaminação". Os critérios de inclusão restringiram-se a artigos indexados e publicados nos últimos 5 anos, e os critérios de exclusão foram aplicados a todos os estudos que não atenderam a essas especificações.

Foram coletadas três amostras, para tal, utilizou-se um frasco estéril de boca larga de 250 ml para cada. Estas estão discriminadas de acordo com a descrição nos tubos de ensaio: água do rio Doce "controle positivo (+)", água destilada "controle negativo (-)" e água da torneira "água da torneira (1)". A justificativa para utilizar a água do rio Doce como controle positivo é devido à ausência de tratamento de efluente a o apresenta estado de contaminação da água por esgoto sanitário. A coleta da amostra de água do rio Doce foi realizada em um único ponto de fácil acesso, localizado nas coordenadas 18°50'39"S 41°54'16"W (FOTOGRAFIA 1). O frasco foi aberto no ato da coleta e imerso na água a uma profundidade de 15 cm. A amostra foi transportada em uma caixa de isopor refrigerada até o laboratório e armazenada na geladeira de reagentes. Optou-se por não adotar múltiplos pontos de coleta, uma vez que a água seria utilizada apenas como controle positivo no estudo. As outras amostras foram coletadas do filtro de água destilada e da torneira do laboratório. Para neutralizar o cloro residual da amostra "água da torneira (1)", adicionou-se 1 g de tiosulfato de sódio (Na₂S₂O₃) a 10%.

Fotografia 1 – Ponto de coleta na Universidade Vale do Rio Doce



Fonte: Google Maps (2024)

As amostras foram armazenadas na geladeira de reagentes para manter a preservação de suas características, sendo retiradas somente para repique e inoculação. Considerando que a degradação poderia ocorrer dentro de um período de 24 horas, os procedimentos foram realizados no mesmo dia.

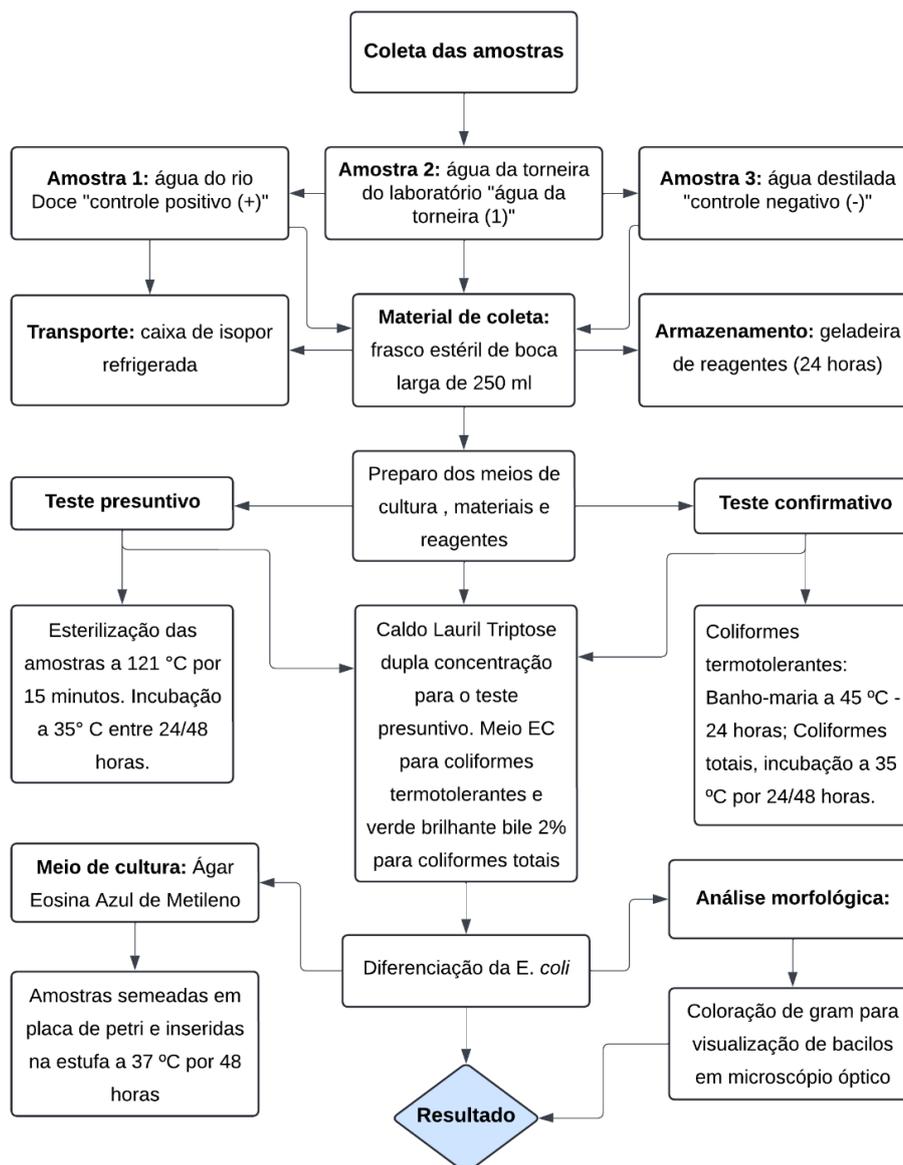
A pesquisa consistiu em dois testes: o presuntivo e o confirmativo, realizados através do método dos tubos múltiplos, com um total de 45 tubos de ensaio, sendo 15 para cada amostra. Os meios de cultura utilizados foram: Caldo Lauril Triptose, meio EC, meio Verde Brilhante Bile (2%) e o Ágar Eosina Azul de Metileno.

No teste presuntivo, empregou-se o meio de cultura Caldo Lauril Triptose de dupla concentração, distribuído em 45 tubos de ensaio, cada um contendo 10 ml do meio, junto com tubos de Durham invertidos. Após esterilização a 121 °C na autoclave por 15 minutos, pipetaram-se 10 ml das amostras nos tubos, que foram incubados na estufa microbiológica a 35 °C por 24/48 horas.

Já no teste confirmativo, utilizou-se a mesma quantidade de tubos de ensaio e dois meios de cultura. Repicou-se a amostra contaminada para 15 tubos de ensaio contendo o meio de cultura EC, que foram incubados em banho-maria a 45 °C por 24 horas. A detecção de coliformes totais ocorreu através do meio de cultura verde brilhante bile a 2%, distribuído em 15 tubos de ensaio e incubado a 35 °C por 24/48 horas.

Para a diferenciação da *E. coli*, as amostras do meio EC foram semeadas em 15 placas de Petri contendo o meio de cultura específico, Ágar Eosina Azul de Metileno. A análise morfológica foi conduzida por coloração de Gram, seguida de observação sob microscopia óptica utilizando a objetiva de 100 vezes.

Fluxograma 1 – Metodologia empregada no estudo



Fonte: Elaborado pelos autores na plataforma Lucidchart (2024)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste presuntivo evidenciou a contaminação da amostra "controle positivo (+)", pois, todos os tubos de ensaio apresentaram um aspecto de turbidez e produção de gás nos tubos de Durham. Como esperado, a amostra "controle negativo (-)" não apresentou características de turbidez, assim como o analito de interesse "água da torneira (1)" (FOTOGRAFIA 2).

Fotografia 2 – Registro fotográfico das amostras



Contaminação na amostra "controle positivo (+)" coletada do rio Doce.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

De acordo com o método de análise da água seguido neste estudo, o teste confirmativo é realizado apenas nas amostras que apresentaram contaminação no teste presuntivo. Neste caso, o objetivo do teste presuntivo é demonstrar a presença ou ausência de microrganismos, e não identificados. Já o confirmativo, utiliza-se meios seletivos para o crescimento de coliformes totais e termotolerantes. Considerando a ausência de contaminação nas amostras "controle negativo (-)" e "água da torneira (1)", elas não foram submetidas ao

teste confirmativo. No entanto, o “controle positivo (+) sim, e o resultado atestou a contaminação por coliformes totais e termotolerantes (FOTOGRAFIA 2).

Isso posto, podemos inferir que o resultado negativo da amostra “água da torneira (1)” nos revela que o serviço prestado pelo SAAE está em conformidade com a Portaria de Potabilidade GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. No entanto, o resultado da pesquisa é apenas qualitativo, impossibilitando uma análise comparativa profunda com os relatórios emitidos pela autarquia. No entanto, o resultado qualitativo se encontra dentro do parâmetro da portaria que estabelece a “ausência de microrganismos” e está em conformidade com o relatório emitido pelo SAAE no mês da realização da pesquisa, em novembro de 2023, este foi publicado no dia 01 de janeiro de 2024, nele consta que houve (0) nº. de resultados anômalos detectados na amostra de água de abastecimento (SAAE, 2024).

É válido destacar que no caso de um resultado positivo, a Portaria de Potabilidade estabelece um limite máximo permitido para a contagem de bactérias, que não deve exceder 500 UFC/ml (Unidades Formadoras de Colônias por mililitro de amostra). É fundamental destacar que o controle microbiológico da água deve ser realizado regularmente, para toda a população. Além disso, cabe à comunidade acadêmica a responsabilidade de gerar informações para auxiliar na conscientização dos cidadãos sobre a importância do consumo de água potável. Na Fotografia 3, a legenda (A), apresenta os meios de cultura antes da inoculação, tendo um aspecto límpido e sem bolhas de gás. Já (B) e (C), apresenta turbidez e produção de gás nos tubos de Durham, sendo os principais indicadores de fermentação bacteriana. Existem alguns fatores que podem influenciar na turbidez, como o aumento da densidade populacional e formação de biofilmes (Baird; Douglas, 2020).

Fotografia 3 – Teste confirmativo para coliformes fecais e termotolerantes



A - Meios de cultura antes da incubação e banho-maria. B - Meio verde brilhante bile a 2% após incubação à 35° C por 24/48 horas. C - Meio EC após banho-maria à 45° C por 24 horas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

O artigo destaca, conforme demonstrado na Fotografia 3, a necessidade da implementação da Estação de Tratamento de Efluente (ETE) na região, evidenciada pela presença de coliformes termotolerantes. Vale lembrar que na cidade existe uma parcela da população que é ribeirinha de baixa renda, sem acesso à água tratada. Além disso, é importante ressaltar que a saúde dos animais também é afetada, uma vez que essas bactérias também são encontradas em seus sistemas intestinais (Amaral *et al.*, 2003). Além disso, foi identificada uma classe de bactérias com as mesmas características da *E. coli*, sendo necessário teste mais específico e seletivo, como sugestão o meio de cultura Ágar BEM.

Após a incubação, observou-se o crescimento de colônias em 6 placas de uma bactéria não identificada, e em 9 placas havia colônias de *E. coli* (FOTOGRAFIA 4). O teste para diferenciar os coliformes termotolerantes em placas de Petri resultou positivo para a presença de *E. coli* na amostra controle (+). O resultado positivo para *E. coli* foi evidenciado pelo crescimento de colônias de coloração preta-azulada e verde metálica ao redor, resultantes dos ácidos metabólicos da fermentação da lactose, conforme indicado na legenda (B). Além disso, nota-se o crescimento de outra espécie bacteriana que não foi identificada. Vale destacar que o meio de cultura BEM favorece o crescimento de outras bactérias com características observadas na legenda (A), como a *Klebsiella pneumoniae* (Rubino *et al.*, 2018).

Fotografia 4 – Cultura e diferenciação de *E. coli* em meio específico

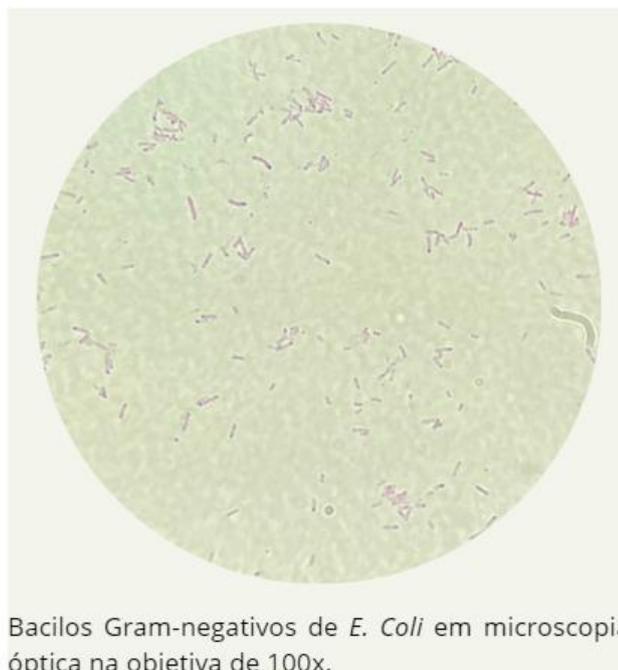


Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

No contexto dos locais desprovidos de tratamento de água, uma das medidas preventivas que podem ser tomadas para se evitar a redução da presença de microrganismos patogênicos e conseqüentemente as DVH, é a fervura da água a 100°C por mais de 20 minutos e o armazenamento adequado (Nunes *et al.*, 2020).

A coloração de Gram confirmou as características morfológicas da bactéria como sendo bastonete e Gram-negativa, o que coincide com as características conhecidas da *E. coli* (FOTOGRAFIA 5).

Fotografia 5 – Coloração de Gram e bacilos Gram-negativos



Bacilos Gram-negativos de *E. Coli* em microscopia óptica na objetiva de 100x.
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A avaliação da morfologia no microscópio óptico não está no método da análise de água, é uma etapa opcional, realizada apenas para enriquecer o estudo. Por fim, é importante ressaltar que a morfologia bacteriana oferece informações relevantes sobre sua patogenicidade (Araújo *et al.*, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se que a água de abastecimento coletada da torneira do laboratório de microbiologia da Universidade Vale do Rio Doce, está ausente de contaminação por *E. coli*, portanto, se encontra em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela Portaria de Potabilidade GM/MS n° 888, de 4 de maio de 2021 e de acordo com o relatório emitido pelo SAAE no período analisado. No entanto, é necessário que o controle microbiológico da água continue sendo realizado, principalmente após o período de cheia do rio Doce, para se evitar o risco de contaminação e garantir a segurança das pesquisas desenvolvidas no local. Ademais,

sugere-se, o desenvolvimento de pesquisas para observar o crescimento e identificar as características da bactéria encontrada durante o presente estudo.

REFERÊNCIAS

AEGEA. Águas de Valadares. **Sistema de abastecimento de água**. Governador Valadares, 2024. Disponível em: <https://www.aguasdevaladares.com.br>. Acesso em: 09 jun. 2024.

AGÊNCIA BRASIL. **Quase 50% dos brasileiros não têm acesso a redes de esgoto**. Agência Brasil, 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-10/quase-50-dos-brasileiros-nao-tem-acesso-redes-de-esgoto>. Acesso em: 14 jul. 2023.

ALVES, S. G. *et al.* Análise microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, Valparaíso de Goiás, v. 7, n. 1, p. 12 -17, abr. 2018.

AMARAL, L. A. do *et al.* Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 510 - 514, ago. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102003000400017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/Gf5rNkVxPCSQYSXxHGykMFB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 nov. 2023.

ARAÚJO, L. F. *et al.* Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro (RJ), v. 27, n. 7, p. 2935- 2947, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232022277.16472021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/df4BcYHkpmXbth4pjyppmSp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 nov. 2023.

BAIRD, R. W.; DOUGLAS, N. M. Re: Epidemiology of Escherichia coli Bacteraemia: A Systematic Literature Review. **Clinical Infectious Diseases**, United Kingdom, v. 72, n. 9, p. 435, 01 may 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1105>. Disponível em: <https://academic.oup.com/cid/article/72/9/e435/5881424>. Acesso em: 05 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Manual prático de análise de água. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: 14 jul. 2023.

CORREIA, C. V. *et al.* Doenças de veiculação hídrica e seu grande impacto no Brasil: consequência de alterações climáticas ou ineficiência de políticas públicas? **Brazilian Medical Students**, Bela Vista, v. 5, n. 8, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.53843/bms.v5i8.100>. Disponível em: <https://bms.ifmsabrazil.org/index.php/bms/article/view/100>. Acesso em: 05 nov. 2023.

ESPÍNDOLA, H. *et al.* Rio Doce: riscos e incertezas a partir do desastre de Mariana (MG). **Revista Brasileira de História**, São Paulo (SP), v. 39, n. 81, p. 141-162, maio/ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-93472019v39n81-07>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbh/a/WVJHkHCGb8HXBRrPX9hjYCv/>. Acesso em: 05 nov. 2023.

FAÚLA, L. L. **Fatores de virulência, sorotipos e susceptibilidade antimicrobiana de amostras de *Escherichia coli* isoladas de alimentos no estado de Minas Gerais, Brasil.** 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SMOC-AA8NER/1/leandro_le_o_fa_la.pdf. Acesso em: 15 jul. 2024.

FRITZ, R. T.; GIMENES, J. de C.; FILHO, A. C. de P. Um estudo da automação para redução de perdas na rede de distribuição de água. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 56408-56416, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-161. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/14736>. Acesso em: 2 jun. 2024.

FURIGO, R. de F. R. Saneamento e Saúde como objetivos do desenvolvimento sustentável. O que o Brasil terá para contar quando 2030 chegar? **Brazilian Medical Students**, Bela Vista, v. 5, n. 8, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.53843/bms.v6i9.306>. Disponível em: <https://bms.ifmsabrazil.org/index.php/bms/article/view/306>. Acesso em: 15 jul. 2024.

GELALCHA, B. D. *et al.* Regulation Mechanisms of Virulence Genes in Enterohemorrhagic *Escherichia coli*. **Foodborne Pathogens and Disease**, USA, v. 19, n. 9, ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1089/fpd.2021.0103>. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/fpd.2021.0103>. Acesso em: 15 jul. 2024.

HELENA, A. S. Análise microbiológica da água em curitibanos - SC e sua ligação com fatores sócio-ambientais. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, Caçador, v. 8, n. 2, p. 15 -20, nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.33362/ries.v8i2.2131>. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ries/article/view/2131>. Acesso em: 15 jul. 2024.

HONORATO, A. L. L. *et al.* Análise microbiológica da água distribuída no município de Piripiri – PI proveniente do Açude Caldeirão e de poços artesanais. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 8, p.1-15, ago. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6318>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6318>. Acesso em: 15 jul. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE Cidades:** Governador Valadares - MG - Panorama populacional e indicadores socioeconômicos diversos para todos os municípios brasileiros. Brasília: IBGE Cidades, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/governador-valadares/panorama>. Acesso em: 15 jul. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Com mais de 273 mil internações por doenças de veiculação hídrica, a falta de saneamento básico faz o Brasil gastar R\$108 milhões com hospitalizações.

2019. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br/saneamento-e-doencas-de-veiculacao-hidrica-ano-base-2019>. Acesso em: 14 jul. 2023.

LIPPS, W. C.; BRAUN-HOWLAND, E. B.; BAXTER, T. E. (ed.). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 24. ed. Brasil: Y American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2023. Disponível em: https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf. Acesso em: 15 jul. 2024.

NUNES, L. M. *et al.* Análise microbiológica de água proveniente de fontes alternativas utilizadas pela população de Tumiritinga, estado de Minas Gerais, após o desastre da Samarco. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 36597- 36611, jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-266>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11511>. Acesso em: 15 jul. 2024.

OLIVEIRA, R. P. B. de *et al.* Análise Microbiológica da água para consumo humano em uma comunidade do Município de Santana do Riacho – MG. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 18552 -18563, abr. 2020. DOI: [10.34117/bjdv6n4-140](https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-140). Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8647>. Acesso em: 2 jun. 2024.

PÓVOAS, L. V. *et al.* Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água do rio Cachoeira, Bahia, BR. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 61258 - 61269, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-516>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/15473/12738>. Acesso em: 15 jul. 2024.

RAMOS, A. de S. *et al.* Qualidade da água: parâmetros e métodos mais utilizados para análise de água de recursos hídricos superficiais. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 19, n. 2, p. 205 - 219, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.14295/holos.v19i2.12315>. Disponível em: <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/12315>. Acesso em: 15 jul. 2024.

RIBEIRO, W. C.; SANTOS, C. L. S.; SILVA, L. P. B. Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: marcos teóricos. **Ambientes: Revista de Geografia e Ecologia Política**, v. 1, n. 2, p. 11- 37, 2019. DOI: <https://doi.org/10.48075/amb.v1i2.23619>. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/ambientes/article/view/23619>. Acesso em: 15 jul. 2024.

RODRIGUES, R. B. *et al.* Análise da água do rio Mogi Guaçu, após o lançamento da água residuária urbana do município de Inconfidentes, MG - Brasil. **Revista Técnica Ciências Ambientais**, Taubaté, v. 1, n. 7, mar. 2023. Disponível em: <https://ipabhi.org/repositorio/index.php/rca/article/view/95/104>. Acesso em: 15 jul. 2024.

RODRIGUES, R. L. *et al.* Desigualdades de acesso a serviços de saneamento básico nas mesorregiões mineiras e objetivos de desenvolvimento sustentável. **Argumentos - Revista do Departamento de Ciências Sociais da Unimontes**, Montes Claros, v. 16, n. 2, p. 165-195,

jul./set. 2019. Disponível em:

<https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/argumentos/article/view/215/251>. Acesso em: 15 jul. 2024.

RUBINO, F. *et al.* Bacterial Contamination of Drinking Water in Guadalajara, Mexico. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Switzerland, v. 16, n. 1, p. 67, dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16010067>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/1/67>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO (SAAE). **Resumo mensal dos resultados das análises referentes aos parâmetros básicos de qualidade da água tratada e servida pelo SAAE na cidade**. Mês de referência: novembro/2023. Disponível em: https://www.saaegv.com.br/arquivo/download/10980/categoria/115/relatorio_mensal__novembro2023. Acesso em: 9 jun. 2024.

SILVA, M. C. da; FRANCO, A. L. de M. X. Síndrome hemolítico-urêmica. **Boletim Epidemiológico Paulista**, São Paulo, v. 20, p. 1-9, fev. 2023. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/BEPA182/article/view/37905/36947>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SILVA, A. B. da *et al.* Análise microbiológica da água de bebedouros nas escolas públicas da cidade de Esperança/PB. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, Rio Branco, v. 6, n. 1, p. 15-29, ago. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2261/1558>. Acesso em: 15 jul. 2024.

SILVA, G. M. da *et al.* Quantificação de metais pesados e análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos na água do estuário do rio Ceará. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, México, v. 16, n. 1, p. 18-32, abr. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.16.1.81046>. Disponível em: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/81046>. Acesso em: 15 jul. 2024.

THOM, C. *et al.* Microbiomes in drinking water treatment and distribution: A meta-analysis from source to tap. **Water Research**, Netherlands, v. 212, p. 1-11, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118106>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135422000690>. Acesso em: 15 jul. 2024.

VALIATTI, T. B. *et al.* Análise microbiológica da água de bebedouros de uma instituição de ensino superior de Rondônia, Brasil. **Revista Saúde**, Santa Maria, v. 47, n. 1, p. 1-9, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236583464944>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/revistasaude/article/view/64944>. Acesso em: 15 jul. 2024.

VIEGAS, A. *et al.* A influência dos fatores físico-químicos e socioeconômicos sobre a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Doce. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 9, jul. 2022. DOI: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31778>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31778>. Acesso em: 15 jul. 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Vale do Rio Doce por ter disponibilizado o laboratório de microbiologia e ao suporte dos orientadores Hernani Ciro Santana e Jacqueline Garcia Duarte, seus esforços desempenharam um papel fundamental no sucesso desta pesquisa.