

# QUALIDADE DA ÁGUA: UM ENFOQUE NA AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA PARA A SAÚDE PÚBLICA

*Data de submissão: 05/06/2024*

*Data de aceite: 01/08/2024*

### **Sergio Paulo Dejato Rocha**

Universidade Estadual de Londrina  
Londrina PR  
ORCID: 0000-0001-8510-536X

### **Arthur Bossi do Nascimento**

Universidade Estadual de Londrina  
Londrina PR  
ORCID: 0009-0003-6205-0943

### **Gustavo Henrique Migliorini Guidone**

Universidade Estadual de Londrina  
Londrina PR  
ORCID: 0000-0002-6045-5387

### **Bruno Henrique Dias de Oliva**

Universidade Estadual de Londrina  
Londrina PR  
ORCID:0000-0001-5324-4621

### **Luana Carvalho Silva**

Universidade Estadual de Londrina  
Londrina PR  
ORCID: 0000-0001-7313-0840

### **Luana Karolyne Salomão de Almeida**

Universidade Estadual de Londrina  
Londrina PR  
0009-0004-2959-5666

### **Ana Paula dos Santos Alves**

Universidade Estadual de Londrina  
Londrina PR  
ORCID 0009-0003-2066-5675

**RESUMO:** A água é um recurso vital para a vida na Terra, desempenhando um papel essencial em diversos aspectos, desde a manutenção da saúde humana até o suporte aos ecossistemas. Sua importância é inquestionável, pois é necessária para a sobrevivência de todas as formas de vida conhecidas. A qualidade da água pode ser afetada por fatores físico-químicos, (como temperatura, pH, turbidez, cloro e fluoretos), e microbiológicos, (como presença de coliformes e *Escherichia coli*). No entanto, a qualidade microbiológica da água é de particular preocupação, pois a presença de microrganismos patogênicos pode representar uma ameaça significativa à saúde pública. A análise microbiológica da água é uma ferramenta fundamental para avaliar a qualidade microbiológica e garantir que a água seja segura para consumo. Existem métodos tradicionais e métodos rápidos que desempenham um papel crucial nesse processo. Os métodos tradicionais de análise microbiológica da água, como a técnica de filtração por membrana e a técnica de tubos múltiplos, envolvem a cultura de microrganismos em meios de cultura específicos. Embora esses métodos sejam confiáveis, geralmente são demorados e requerem dias para fornecer

resultados, o que pode ser um desafio em emergências. Por outro lado, os métodos rápidos permitem uma análise microbiológica mais rápida e precisa, fornecendo resultados em 24 horas ou menos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade da água; *Escherichia coli*; Coliformes; Saúde pública.

## WATER QUALITY: A FOCUS ON MICROBIOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL ASSESSMENT FOR PUBLIC HEALTH

**ABSTRACT:** Water is a vital resource for life on Earth, playing an essential role in various aspects, from maintaining human health to supporting ecosystems. Its importance is unquestionable, as it is necessary for the survival of all known forms of life. Water quality can be affected by physicochemical factors (such as temperature, pH, turbidity, chlorine, and fluorides) and microbiological factors (such as the presence of coliforms and *Escherichia coli*). However, the microbiological quality of water is especially concerning, as the presence of pathogenic microorganisms can pose a significant threat to public health. Microbiological analysis of water is a fundamental tool for assessing microbiological quality and ensuring that water is safe for consumption. There are traditional methods and rapid methods that play a crucial role in this process. Traditional methods of microbiological water analysis, such as the membrane filtration technique and the multiple-tube fermentation technique, involve culturing microorganisms in specific culture media. While these methods are reliable, they are generally time-consuming and require days to provide results, which can be challenging in emergencies. On the other hand, rapid methods allow for quicker and more accurate microbiological analysis, providing results in 24 hours or less.

**KEYWORDS:** Water quality; *Escherichia coli*; Coliforms; Public health

## INTRODUÇÃO

A água é um patrimônio essencial para a humanidade, manter sua qualidade e potabilidade é crucial para que os povos consigam progredir e viver. Devido a isso, é de extrema importância avaliar as condições da água para ter conhecimento de sua qualidade. Desta maneira, é necessário seguir os níveis de diversos parâmetros determinados, como o pH, temperatura, turbidez, fluoreto, cloreto e a presença de microrganismos patogênicos nas fontes de água (QUEIROZ et al, 2010; VASCONCELOS, 2011).

A qualidade da água também pode ser afetada por fatores antropogênicos, devido às ações dos agentes locais que podem atuar causando a inviabilização da água de diversos modos como, a construção de barragens, cultivo de plantas e animais e pelo desenvolvimento de comunidades em regiões de bacias urbanas. Dessa forma é possível observar que a água pode ser contaminada de várias maneiras e por isso necessita de uma atenção especial, para evitar o desenvolvimento de doenças nas comunidades e conseqüentemente a morte (CORDY, 2001; PIRATOBA, 2017).

## PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

### TEMPERATURA

A temperatura da água pode ser alterada por fatores antropogênicos ou ambientais, sua variação pode levar a oscilação da velocidade das reações químicas e no metabolismo de organismos que vivem nessas fontes de água. No Brasil as águas dos rios e lagos podem variar de 20°C a 30°C, porém em regiões mais frias podem alcançar de 15 °C a 5°C. Os principais fenômenos que podem acarretar a alteração da temperatura da água, é a energia dos raios solares e o despejamento de efluentes com temperaturas elevadas na água, causado por indústrias, principalmente usinas nucleares (CARAPETO, 1999; PATIL et al, 2012).

### POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

O potencial hidrogeniônico (pH) é um indicador da concentração de íons de hidrogênio em uma solução, sendo extremamente importante na avaliação da qualidade da água, pois revela seus níveis de acidez ou alcalinidade. O pH varia de 0 a 14, sendo considerado ácido quando menor que 7 e alcalino quando maior que 7. A Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, determina que os níveis de pH na água devem estar entre 6,5 e 9,5.

Tanto a contaminação por produtos de indústrias e fazendas quanto fatores ambientais, como precipitações, erosões e depósitos minerais, podem afetar o pH da água. É importante manter os valores adequados do pH durante o processo de tratamento para prevenir a corrosão ou incrustação dos equipamentos das redes de fornecimento de água. (SAALINDONG et al, 2022)

### TURBIDEZ

A turbidez é a medida da dispersão e absorção da luz por uma amostra de água, causada por partículas em suspensão, sejam elas de origem mineral ou orgânica. Esse parâmetro tende a estar elevado em regiões onde ocorrem erosões, causando acúmulo de partículas, como areia, argila e fragmentos de pedregulhos na água. Além disso, o descarte de produtos industriais e agrícolas também pode aumentar os níveis de turbidez (HOSSAIN et al, 2007; ASRAFUZZAMAN et al, 2011). A avaliação desse parâmetro geralmente é expressa em unidades de turbidez (UT), variando de 0 a >1000 UT (RICE; BRIDGEWATER; ASSOCIATION, 2012).

O aumento da turbidez pode dificultar o tratamento da fonte de água, pois age como uma proteção para microrganismos patogênicos, sendo importante manter essa medida dentro das normas de segurança para evitar a propagação de doenças nas comunidades. De acordo com a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, os níveis de turbidez não devem ultrapassar 5,0 unidades de turbidez (UT), considerado seguro para o consumo humano.

É importante ressaltar que a turbidez elevada pode ter outras consequências, como impactos na saúde humana e no ecossistema. Por isso, é fundamental monitorar a turbidez da água para garantir sua qualidade e segurança (HOSSAIN et al, 2007; ASRAFUZZAMAN et al, 2011).

## FLUORETO

O fluoreto é um mineral natural importante que está incluído na água em que bebemos, ele possui como principal característica a prevenção do desenvolvimento da cárie dental. O uso desse componente ficou conhecido em 1930 no Reino Unido, quando foi observado uma diminuição dos relatos de cárie em indivíduos que consumiam água com níveis elevados de fluoreto. Por consequência, com o passar do tempo, o flúor foi adicionado na água e tornou-se um requisito para o tratamento da água (HARRISON, 2005; FRAZÃO et al, 2011).

Entretanto o flúor em altas concentrações pode causar danos aos indivíduos levando a quadros de fluorose dentária, sendo assim, a Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, recomenda que os níveis de flúor em 100 ml de água não devem ultrapassar o valor de 1,5 mg/L. Devido a isso, é importante analisar os níveis deste componente na água e manter seus níveis adequados para o consumo.

## COLORO

O cloro é utilizado na água com a principal função de inativar microrganismos, ele pode atuar em bactérias, vírus, além disso pode também agir retirando o odor da água e controlar o crescimento das algas. O fenômeno que ocorre para que o cloro consiga realizar essa inativação é a reação entre o cloro e água que forma o ácido hipocloroso, essa substância é um agente oxidante que atua inibindo o funcionamento enzimático celular (AZEVEDO NETTO & RICHTER, 1998; LEAL, 2012; DE LIMA, 2016).

Para garantir a segurança da água potável, é fundamental que todas as fontes de água utilizadas para consumo sejam cloradas. A Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, estabelece que é obrigatório manter, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado em toda a extensão do sistema de distribuição de água.

## COLIFORMES TOTAIS

Um dos principais parâmetros microbiológicos é a análise da presença de microrganismos na água, dentre eles estão presentes os coliformes totais, grupo de bactérias Gram-negativas, pertencentes a ordem Enterobacteriales, que habitam na maior parte o intestino de animais de sangue quente, podendo atuar como microrganismos patogênicos ou integrantes da microbiota normal. Alguns dos principais gêneros que estão presentes nessa categoria são *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*. Segundo a Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde, não é permitida a presença de coliformes ou *E. coli* em uma quantidade superior a zero em cada 100 ml de água (WHO, 2011; DA SILVA, 2019; BRASIL, 2021).

## E. COLI

*E. coli* é uma bactéria, Gram-negativa, pertencente à família *Enterobacteriaceae*. Normalmente, é comensal no trato gastrointestinal de animais de sangue quente e não patogênico. Entretanto, esse microrganismo através da transferência horizontal de elementos móveis, pode se tornar um possível patógeno (KAPER; NATARO; MOBLEY, 2004). *E. coli* patogênica é capaz de provocar uma diversidade de doenças em seres humanos, abrangendo desde problemas no trato gastrointestinal até ocorrências fora do sistema digestivo, como no trato urinário, na corrente sanguínea e no sistema nervoso central (CROXEN et al., 2013; SMITH; FRATAMICO; GUNTHER, 2007).

Esses microrganismos causam colite ou gastroenterite quando água ou alimentos contaminados são ingeridos (SMITH; FRATAMICO; GUNTHER, 2007). As doenças diarreicas estão entre as causas mais comuns de óbito, em todo o mundo (WANG et al., 2021). Em países subdesenvolvidos, mais de dois milhões de indivíduos perdem a vida anualmente devido a doenças gastrointestinais resultantes da falta de tratamento das fontes de água, sendo a maioria desses casos registrados em crianças (HUNTER, 2003; PEARSON et al., 2016).

## MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA

A qualidade da água oferecida à população pode ser determinada a partir de diversos parâmetros, com a finalidade de garantir a segurança e saúde daqueles que a consomem. Em relação à qualidade microbiológica, bactérias do grupo dos coliformes são utilizadas como indicadores de possível contaminação fecal da água, devido à sua presença em fezes de humanos e outros animais de sangue quente (HACHICH et al, 2012; SOME et al., 2021).

Diversos métodos foram desenvolvidos para a detecção de bactérias coliformes em água, podendo estes serem separados em “convencionais” e “rápidos”. Os métodos considerados convencionais incluem a técnica de fermentação em tubos múltiplos e a análise por membrana filtrante. Apesar de tradicionalmente aceitas como procedimentos confiáveis para a determinação da qualidade microbiológica da água, tais métodos apresentam algumas desvantagens, como extensos períodos de incubação (prolongando-se em até 96 horas), possível interferência por outras bactérias presentes na amostra coletada, baixa especificidade e resultados de difícil interpretação (OLSON et al., 1991).

## MÉTODOS CONVENCIONAIS

### *FERMENTAÇÃO EM TUBOS MÚLTIPLOS*

A técnica de fermentação em tubos múltiplos resulta na determinação do número mais provável (NMP) de coliformes em uma amostra. Neste método, volumes decrescentes da amostra são inoculados em uma série de tubos, em meio apropriado. A produção de gás ou a acidificação após 48 horas de incubação a 35° C apontam resultado positivo para a primeira etapa da técnica, o ensaio presuntivo. Os tubos com resultado presuntivo positivo são submetidos ao ensaio confirmativo, o qual apresenta como confirmação para resultado positivo a produção de gás após 48 horas de incubação à 35° C em caldo lactosado com verde brilhante e bile. Um ensaio complementar para a diferenciação de *E. coli* pode ser realizado, onde a produção de gás após 24 horas de incubação à 44,5°C em meio EC é considerado resultado positivo. Este método apresenta como vantagens o baixo custo, a não utilização de equipamentos sofisticados e a fácil execução. Porém, sua baixa precisão em termos quantitativos e qualitativos (devido à interferência de bactérias não coliformes presentes na amostra, por exemplo), e a alta demanda de trabalho e tempo em comparação com a técnica de membrana filtrante, limitam sua utilização (ROMPRE et al., 2002; SOME et al., 2021).

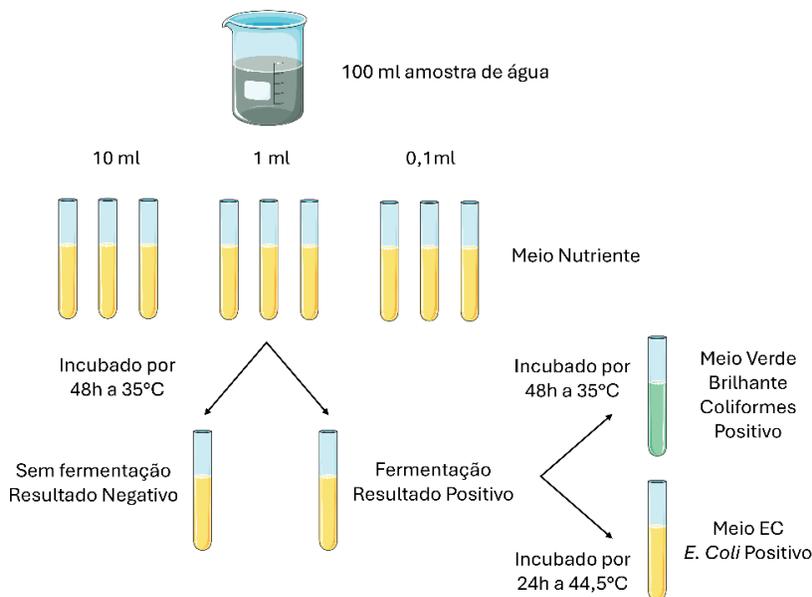


Figura 1: Realização do teste de fermentação em tubos múltiplos para amostras de água.

### FILTRAÇÃO EM MEMBRANA

O método de filtração em membrana envolve a análise de amostras de água filtradas em membrana com poros de  $0,45\mu\text{m}$ , a qual retém bactérias presentes nas mesmas. O filtro é então incubado em meio seletivo, e os resultados obtidos a partir da contagem de colônias presentes na membrana. Medidas de tratamento de água, como a adição de cloro, podem causar danos não letais às bactérias e afetar sua capacidade de formação de colônias em determinados meios, afetando a acurácia do resultado, além de potencialmente alterar sua atividade enzimática da catalase, a qual degrada  $\text{H}_2\text{O}_2$ . A limitação desta atividade causa o acúmulo de  $\text{H}_2\text{O}_2$  tóxico nestas bactérias, reduzindo a formação de colônias e sua contagem final. A técnica apresenta baixa especificidade, porém apresenta resultados quantitativos e permite a análise de maiores volumes de água, oferecendo maior sensibilidade em relação ao método de tubos múltiplos (ROMPRE et al, 2002).

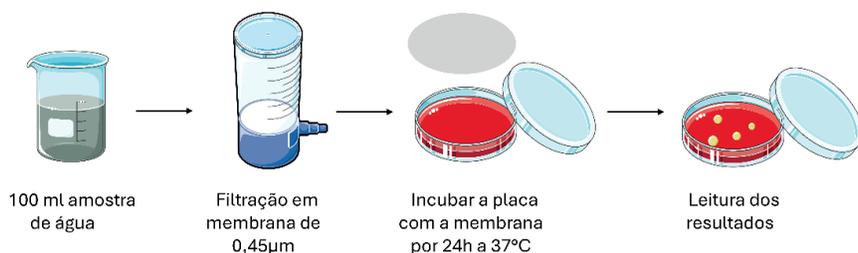


Figura 2: Técnica de filtração por membrana para análise de amostras de água.

## MÉTODOS RÁPIDOS

Técnicas de detecção rápidas de enterobactérias vêm sendo desenvolvidas ao longo do tempo, principalmente na segunda metade do século XX. Em 1973 foi realizado o primeiro Simpósio Internacional em métodos rápidos e automação em microbiologia em Estocolmo, na Suécia. O evento tinha o objetivo de discutir metodologias que possuíam o intuito de reduzir o tempo de obtenção dos resultados com maior acurácia e precisão (FRANCO, 1995).

Neste contexto, metodologias rápidas foram desenvolvidas de modo a simplificar técnicas de detecção e reduzir gastos demonstrados por métodos convencionais, visto que são consideradas técnicas onerosas, alto custo e de elevado tempo para avaliar os resultados.

### COLILERT®

O Colilert é uma técnica amplamente empregada na identificação de microrganismos, especialmente de coliformes totais e *E. coli*. Seu substrato contém dois indicadores nutriente cromogênicos: orto-nitrofenil- $\beta$ -D-galactopiranosídeo (ONPG) e o 4-metilumbeliferil- $\beta$ -D-glucoronídeo (MUG). No caso dos coliformes totais, a enzima  $\beta$ -galactosidase metaboliza o ONPG, causando uma alteração na coloração para amarelo, conforme demonstrado na Figura 3 (FERNANDES; GOIS, 2015)

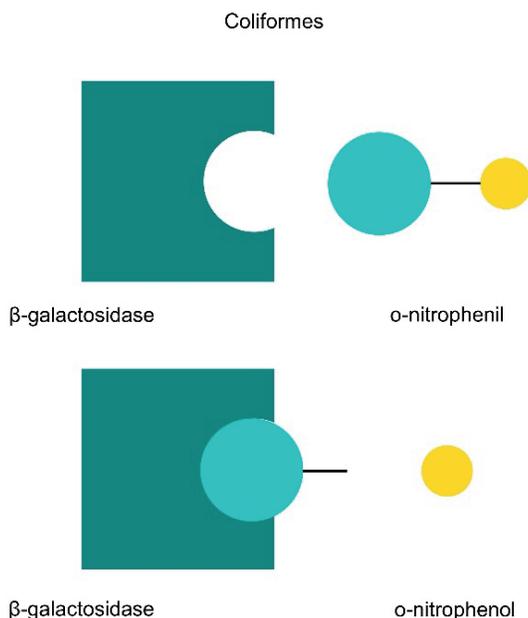
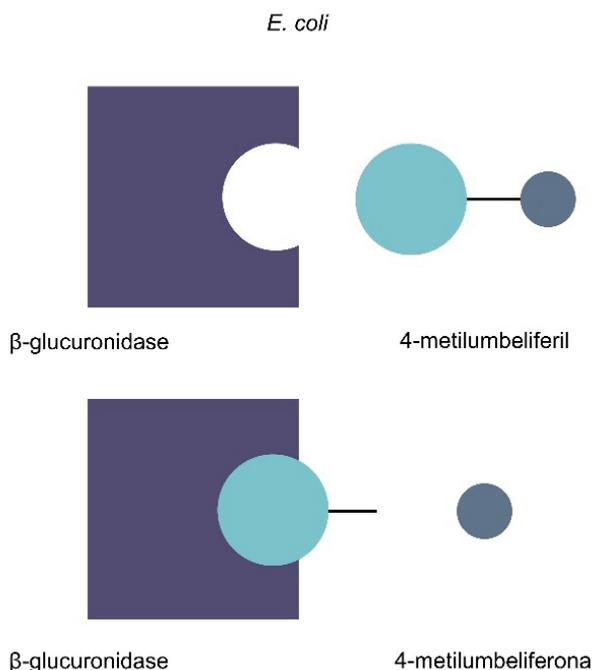


Figura 3: Mecanismo esquemático da enzima  $\beta$ -galactosidase no substrato ONPG e emissão do agente cromogênico o-nitrophenol.

Em relação a espécie *E. coli*, o substrato com a presença de MUG é clivado pela bactéria, por meio da atividade enzimática  $\beta$ -glucuronidase liberando a 4-metilumbeliferona, um substrato fluorogênico, esquematizada na Figura 4.



**Figura 4:** Mecanismo esquemático da enzima  $\beta$ -glucuronidase no substrato MUG e emissão do agente fluorogênico 4-metilumbeliferona.

Em relação aos resultados, após a incubação, caso haja ausência na alteração na coloração, indica que a amostra não apresenta coliformes totais e *E. coli*. Caso a coloração fique amarelada, há presença de coliformes totais e quando utilizado a luz ultravioleta (UV) sob as amostras e uma fluorescência for evidenciada, indicará a presença de *E. coli*.

Esta metodologia se diferencia das convencionais, visto assertividade nos resultados, considerando que a maioria dos outros microrganismos não possuem as enzimas  $\beta$ -galactosidase e  $\beta$ -glucuronidase, e os que possuem são suprimidos devido a características intrínsecas na formulação do teste Colilert®. O ensaio experimental é realizado em um curto período, cerca de 15 minutos, com resultados averiguados em 24 horas. Além disso, a técnica não necessita de vidrarias, preparo e esterilização de meios de cultura e contagem de colônias.

### COLITAG®™

Semelhante ao Colilert, o Colitag™ é um método que avalia a presença de coliformes totais e *E. coli* em amostras de água e segue o mesmo mecanismo de ação utilizando ONPG e MUG, citado anteriormente. Contudo, o Colitag™ se diferencia pela presença do tampão TMAO (óxido de N-trimetilamina) em sua composição. O tampão é capaz de neutralizar o pH baixo, o que auxilia no processo de recuperação de células danificadas por cloro. Neste contexto, a técnica pode ser escolhida para a avaliação de amostras de água tratadas com cloro (FERNANDES; GOIS, 2015). Além disso, o teste também oferece rapidez na avaliação dos resultados, com tempos médios de 16 a 48 horas (MARQUEZI; GALLO; DIAS, 2010).

### MICROSNAP®

A técnica de Microsnap é um dispositivo qualitativo e quantitativo para bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, por meio de uma bioluminescência com a utilização de um luminômetro. Essa técnica pode ser aplicada na avaliação de superfícies, água e alimentos sólidos e líquidos. O Microsnap apresenta versões que são específicas para averiguar a presença de microrganismos, como enterobactérias, coliformes, *E. coli* e espécies do gênero *Listeria*, com limites de detecção e períodos de incubação singulares (MEIGHAN, 2014).

### COMPACT DRY®

A técnica consiste na utilização de placas prontas para a detecção específica e quantificação de amostras de alimentos sólidos ou líquidos, água, superfícies e ambientes. As placas prontas possibilitam a absorção uniforme das amostras a serem averiguadas e permite realizar a contagem através de UFC. Os resultados podem ser obtidos em um período de 20h a 24h (HOSOKAWA; KODAKA, 2010).

### PETRIFILM®

A placa 3M™ Petrifilm™ oferece uma abordagem mais ágil e eficiente na detecção e enumeração de diversos microrganismos em comparação aos métodos de teste convencionais. Existem diversos tipos de placas de contagem 3M™Petrifilm™, podendo ser utilizados para a enumeração de microrganismos, como Coliformes, *E. coli*, *Listeria sp.*, *Staphylococcus aureus*, espécies de *Enterobacteriaceae*, fungos e microrganismos aeróbios (TARROZA et al., 2019).

Destacando a Placa 3M®™ Petrifilm®™ para contagem de *E. coli* e coliformes, é um meio de cultura pronto que contém nutrientes como, bile vermelho violeta, um agente gelificante solúvel em água fria, um indicador de atividade de glucuronidase e um indicador de tetrazólio, facilitando assim a contagem de colônias em amostras de água. Essas placas fornecem informações de contagem tanto para *E. coli* quanto para coliformes totais, com resultados confirmados em um período de apenas 24 a 48 horas.

As colônias de coliformes confirmadas aparecem como colônias vermelhas ou azuis com bolhas de gás associadas, enquanto as colônias de *E. coli* confirmadas apresentam uma coloração azul, também acompanhada por bolhas de gás.

### COLISURE®

O método Colisure utiliza a tecnologia do substrato definido (TSD), com os indicadores CPRG (vermelho de clorofenol) e MUG, para detectar ao mesmo tempo, coliformes totais e *E. coli*, com uma janela de longa leitura (com até 48 horas de incubação), onde os resultados positivos apresentam a coloração magenta, fornecendo mais clareza na leitura dos resultados. Os coliformes utilizam a enzima b-galactosidase para metabolizar o CPRG, mudando a cor de amarelo para magenta, enquanto a *E. coli*, usa a enzima b-glucoronidase para metabolizar o MUG, liberando a fluorescência mediante luz ultravioleta (IDEXX).

Métodos rápidos	Características	Tempo para o resultado
Colilert®	Uso dos substratos ONPG e MUG para identificar e diferenciar coliformes totais e <i>E. coli</i> .	24 horas
Colitag®	Similar ao Colilert® utiliza substratos para identificar e diferenciar coliformes totais e <i>E. coli</i> , porém utiliza um tampão para conseguir avaliar as células mortas pelo cloro.	16 a 48 horas
Microsnap®	Dispositivo capaz de quantificar bactérias Gram-positivas e Gram-negativas através de bioluminescência.	6 a 8 horas
Compact dry®	Placas com meio específico para detecção de microrganismos, a quantificação é realizada por UFC.	20 a 24 horas
Petriefilm®	Similar ao Compact dry®, possui diversas placas específicas para cada microrganismos, a quantificação é realizada por UFC.	24 a 48 horas
Colisure®	Utiliza os substratos CPRG e MUG, para detectar e diferenciar coliformes totais e <i>E. coli</i> , os resultados podem ser lidos em até 48 horas.	24 horas

Tabela 1: Comparação de Diferentes Metodologias de Análise de Água.

## CONCLUSÃO

Em conclusão, a água é um recurso essencial para a vida, sustentando uma ampla gama de funções, desde a manutenção da saúde humana até o apoio aos ecossistemas. Sua qualidade é afetada por uma variedade de fatores físico-químicos e microbiológicos, sendo a qualidade microbiológica uma preocupação crucial devido ao risco de microrganismos patogênicos. A análise microbiológica da água desempenha um papel central na avaliação e garantia da segurança da água para o consumo humano. Embora os métodos tradicionais sejam confiáveis, a demora na obtenção de resultados pode ser problemática, tornando os métodos rápidos, essenciais devido à sua capacidade de fornecer resultados em 24 horas ou menos. Assim, a qualidade da água e sua análise microbiológica desempenham um papel crítico na proteção da saúde pública e na preservação desse recurso essencial para as gerações futuras.

## REFERÊNCIAS

ASHBOLT, Nicholas John. **Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions**. Toxicology, v. 198, n. 1-3, p. 229-238, 2004

ASRAFUZZAMAN, Md; FAKHRUDDIN, A. N. M.; HOSSAIN, Md Alamgir. **Reduction of turbidity of water using locally available natural coagulants**. International Scholarly Research Notices, v. 2011, 2011. BARRETO, Luciano et al. Eutrofização em rios brasileiros. Enciclopédia biosfera, v. 9, n. 16, 2013.

Brasil. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 mai. 2021, seção 1, ed.58, p. 127.

CARAPETO, Cristina. **Poluição das águas: causas e efeitos**. Universidade Aberta, 1999.

CORDY, GAIL E. (March 2001). **“A Primer on Water Quality”**. Reston, VA: U.S. Geological Survey (USGS). FS-027-01.

CROXEN, M. A. et al. **Recent advances in understanding enteric pathogenic Escherichia coli**. Clinical microbiology reviews, v. 26, n. 4, p. 822–880, 2013.

DA SILVA, Caroline Rodrigues et al. **Avaliação da presença e quantificação de coliformes totais e Escherichia coli em amostras de água destinada ao consumo humano proveniente de poços artesanais**. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 40, n. 2, p. 129-140, 2019.

DE LIMA, Sandra Cristina Alves; SANTOS, Carlos Alberto Batista. **Educação e saúde pública: Determinação de cloro e Escherichia coli, na água utilizada para consumo no IFPE, campus Afogados da Ingazeira**. Revista Ouricuri, v. 6, n. 2, p. 029-041, 2016.

FERNANDES, Luana Leal; GOIS, Rosineide Vieira. **Avaliação das Principais Metodologias Aplicadas às Análises Microbiológicas de Água para Consumo Humano Voltadas para a Detecção de Coliformes Totais e Termotolerantes**. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, v. 6, n. 2, p. 49-64, 2015.

FRANCO, Bernadette Dora Gombossy de Melo. **Métodos rápidos de análise microbiológica de alimentos: estudo crítico e avaliação de novas metodologias**. 1995.

FRAZÃO, Paulo; PERES, Marco A.; CURY, Jaime A. **Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto**. Revista de saúde pública, v. 45, p. 964-973, 2011.

HACHICH, E. M. et al. **Comparison of thermotolerant coliforms and Escherichia coli densities in freshwater bodies**. Brazilian Journal of Microbiology, v. 43, p. 675-681, abr.-jun., 2012.

HARRISON, Paul TC. **Fluoride in water: a UK perspective**. Journal of fluorine chemistry, v. 126, n. 11-12, p. 1448-1456, 2005.

HOSOKAWA, S.; KODAKA, H. **Efficacy of Compact Dry EC for coliform detection in seafood**. 2010.

HOSSAIN, M. Alamgir; FAKHRUDDIN, A. N. M.; KHAN, Sirajul Islam. **Impact of raw water ammonia on the surface water treatment processes and its removal by nitrification**. Bangladesh Journal of Microbiology, v. 24, n. 2, p. 85-89, 2007.

- HUNTER, P. R. **Drinking water and diarrhoeal disease due to Escherichia coli**. Journal of water and health, v. 1, n. 2, p. 65–72, 2003.
- KAPER, J. B.; NATARO, J. P.; MOBLEY, H. L. **Pathogenic escherichia coli**. Nature reviews microbiology, v. 2, n. 2, p. 123–140, 2004.
- LEAL, Erick dos Santos et al. **Modelagem da degradação de cloro residual livre em sistemas de adubação de água de abastecimento de porte médio**. Universidade Federal de Campinas Grande, 2012.
- MARMONTEL, Caio Vinicius Ferreira; RODRIGUES, Valdemir Antonio. **Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar**. Floresta e ambiente, v. 22, p. 171-181, 2015.
- MARQUEZI, M.; GALLO, C.; DIAS, C. DOS S. **Comparison of methods for analysis of total coliforms and E. coli in water samples**. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 69, n. 3, p. 291–296, 2010.
- MEIGHAN, P. **Validation of the MicroSnap Coliform and E. coli Test System for Enumeration and Detection of Coliforms and E. coli in a Variety of Foods**. Journal of AOAC International, v. 97, n. 2, p. 453–478, 2014.
- MIRLEAN, Nicolai; VANZ, Argeu; BAISCH, Paulo. **Níveis e origem da acidificação das chuvas na região do Rio Grande, RS**. Química Nova, v. 23, p. 590-593, 2000.
- OLSON, B. H. et al. **Total coliform detection in drinking water: comparison of membrane filtration with Colilert and Coliquik**. Applied and Environmental Microbiology, v. 57, n. 5, p. 1535-1539, 1991.
- PATIL, P. N.; SAWANT, D. V.; DESHMUKH, R. N. **Physico-chemical parameters for testing of water—A review**. International journal of environmental sciences, v. 3, n. 3, p. 1194-1207, 2012.
- PEARSON, J. S. et al. **The genetics of enteropathogenic Escherichia coli virulence**. Annual review of genetics, v. 50, p. 493–513, 2016.
- PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar et al. **Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil**. Revista Ambiente & Água, v. 12, p. 435-456, 2017.
- RICE, Eugene W. et al. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC: American public health association, 2012.
- RICHTER, C.; AZEVEDO NETTO, J. **Tratamento de água: tecnologia autorizada**. Editora Edgard Blücher Ltda, p. 195-279, 1998.
- RIGHETTO, Antonio Marozzi; GOMES, Kaline Muriel; FREITAS, Francisco Rafael Sousa. **Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, p. 1109-1120, 2017.
- ROMPRE, Annie et al. **Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches**. Journal of microbiological methods, v. 49, n. 1, p. 31-54, 2002.

SAALIDONG, Benjamin M. et al. **Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems.** PloS one, v. 17, n. 1, p. e0262117, 2022.

SMITH, J. L.; FRATAMICO, P. M.; GUNTHER, N. W. **Extraintestinal pathogenic Escherichia coli.** Foodborne pathogens and disease, v. 4, n. 2, p. 134–163, 2007.

SOME, Sudip et al. **Microbial pollution of water with special reference to coliform bacteria and their nexus with environment.** Energy Nexus, v. 1, p. 100008, 2021.

TARROZA, A. V. Z. et al. **Utilization of hydrated petrifilm coupled with filtration in the detection and enumeration of escherichia coli in water samples.** Philippine Journal of Science, v. 148, n. 2, p. 395–399, 2019.

TOMAZ, Alveriana Tagarro et al. **Descontaminação de Águas Residuais Contendo Poluentes Orgânicos: Uma Revisão.** Revista Virtual de Química, v. 15, n. 1, 2023.

VASCONCELOS, Vanilda de Magalhães Martins; SOUZA, Claudinei Fonseca. **Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil.** Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 6, n. 2, p. 605-624, 2011.

WANG, L.-P. et al. **Etiological, epidemiological, and clinical features of acute diarrhea in China.** Nature Communications, v. 12, n. 1, p. 2464, 2021.

WHO, G. **Guidelines for drinking-water quality.** World health organization, v. 216, p. 303–304, 2011.