

Artigo

Análise da qualidade da água nas Escolas de Tabira-PE: implicações na saúde pública

Analysis of water quality in schools in Tabira-pe: implications for public health

Análisis de la calidad del agua en escuelas de Tabira, Pernambuco: implicaciones para la salud pública

Pâmela Fagundes Silva¹, Laíza Andrade Soares Diniz¹, Cintya Stefane de Sousa Travassos²
Jonas Ferreira de Almeida¹, Ednaldo Barbosa Pereira Júnior³ & Gabriel Fernandes Pereira⁴

¹Centro Universitário de Patos – UNIFIP, Patos – PB, Brasil. E-mail: pamelafagundes239@gmail.com; laizaecit@gmail.com; jonasbiomed81@gmail.com

²Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – PB, Brasil. E-mail: cintyatravassos94@gmail.com

³Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão da Paraíba – IFPB, Sousa – PB, Brasil. E-mail: ednaldo.pereira@ifpb.edu.br

⁴Colégio Nossa Senhora Auxiliadora (CNSA), Sousa – PB, Brasil. E-mail: fernandesg933@gmail.com

Resumo: O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água destinada ao consumo em escolas públicas do município de Tabira-PE, considerando suas implicações para a saúde pública. Foram analisadas amostras de água coletadas em bebedouros de escolas municipais e estaduais, devidamente identificadas e coletadas em triplicata, sendo posteriormente submetidas a análises físico-químicas, incluindo pH, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, dureza, alcalinidade e íons majoritários, bem como à análise microbiológica para detecção de coliformes totais e *Escherichia coli*, utilizando metodologia baseada em substrato cromogênico e fluorogênico. Os dados foram tratados estatisticamente por meio de delineamento inteiramente casualizado, com aplicação de análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados demonstraram que todos os parâmetros físico-químicos avaliados permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente, indicando estabilidade e adequação da água para consumo humano. Entretanto, na análise microbiológica, verificou-se a presença de coliformes totais em uma das escolas analisadas, enquanto *Escherichia coli* não foi detectada em nenhuma amostra. A ocorrência de coliformes totais, ainda que pontual, sugere possíveis falhas na higienização ou manutenção dos bebedouros, não sendo necessariamente indicativa de contaminação fecal recente, mas representando um risco potencial à saúde. Dessa forma, conclui-se que, embora a qualidade da água seja, em sua maioria, satisfatória, a identificação de inconformidade microbiológica evidencia a necessidade de monitoramento contínuo, manutenção adequada dos sistemas de distribuição e fortalecimento das ações de vigilância sanitária, a fim de garantir a segurança da água consumida e contribuir para a promoção da saúde da população escolar.

Palavras-chaves: Potabilidade; Coliformes totais; Sustentabilidade.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the physicochemical and microbiological quality of drinking water in public schools in the municipality of Tabira, Pernambuco, Brazil, considering its implications for public health. Water samples collected from drinking fountains in municipal and state schools were analyzed. These samples were properly identified and collected in triplicate and subsequently subjected to physicochemical analyses, including pH, electrical conductivity, total dissolved solids, hardness, alkalinity, and major ions, as well as microbiological analysis for the detection of total coliforms and *Escherichia coli*, using a methodology based on chromogenic and fluorogenic substrates. The data were statistically treated using a completely randomized design, with analysis of variance and Tukey's test at a 5% probability level. The results demonstrated that all evaluated physicochemical parameters remained within the limits established by current legislation, indicating the stability and suitability of the water for human consumption. However, in the microbiological analysis, the presence of total coliforms was verified in one of the schools analyzed, while *Escherichia coli* was not detected in any sample. The occurrence of total coliforms, even if sporadic, suggests possible failures in the hygiene or maintenance of the drinking fountains, not necessarily indicative of recent fecal contamination, but representing a potential health risk. Thus, it is concluded that, although

Aceito para publicação em: 15 de junho de 2026 e publicado em: 29 de julho de 2026.

the water quality is mostly satisfactory, the identification of microbiological nonconformity highlights the need for continuous monitoring, adequate maintenance of distribution systems, and strengthening of sanitary surveillance actions, in order to guarantee the safety of the water consumed and contribute to the promotion of the health of the school population.

Keywords: Potability; Total coliforms; Sustainability.

Resumen: Este estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo en escuelas públicas del municipio de Tabira, Pernambuco (PE), considerando las implicaciones para la salud pública. Se analizaron muestras de agua recolectadas de bebederos en escuelas municipales y estatales; dichas muestras fueron debidamente identificadas, recolectadas por triplicado y posteriormente sometidas a análisis fisicoquímicos —incluyendo pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, dureza, alcalinidad e iones mayoritarios—, así como a análisis microbiológicos para detectar coliformes totales y **Escherichia coli** mediante un método basado en sustratos cromogénicos y fluorogénicos. Los datos se analizaron estadísticamente utilizando un diseño completamente al azar, aplicando el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey con un nivel de probabilidad del 5%. Los resultados mostraron que todos los parámetros fisicoquímicos evaluados se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la legislación vigente, lo que indica la estabilidad del agua y su idoneidad para el consumo humano. Sin embargo, el análisis microbiológico reveló la presencia de coliformes totales en una de las escuelas, mientras que no se detectó **Escherichia coli** en ninguna muestra. La presencia de coliformes totales, aunque aislada, sugiere posibles deficiencias en la higienización o el mantenimiento de los bebederos; si bien no indica necesariamente una contaminación fecal reciente, representa un riesgo potencial para la salud. Por lo tanto, se concluye que, aunque la calidad del agua es generalmente satisfactoria, la identificación de incumplimientos microbiológicos pone de manifiesto la necesidad de un monitoreo continuo, un mantenimiento adecuado de los sistemas de distribución y el fortalecimiento de las medidas de vigilancia sanitaria para garantizar la seguridad del agua consumida y contribuir a promover la salud de la población escolar.

Palabras clave: Potabilidad; Coliformes totales; Sostenibilidad.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Silva (2019), a água é um pilar fundamental no desenvolvimento humano, sendo sua qualidade crucial para uma vida saudável. Embora essencial, esse líquido pode atuar como veículo para a transmissão de diversas patologias, conhecidas como doenças de veiculação hídrica. Nesse sentido, a ausência de controle sanitário favorece a contaminação por microrganismos, expondo a população a riscos epidemiológicos severos (Costa; Chaves; Cardoso, 2017).

A garantia da potabilidade depende de múltiplos fatores, desde as condições da fonte até os processos de tratamento e distribuição (Von Sperling *et al.*, 2020). A falha nessas etapas pode resultar na contaminação fecal-oral por coliformes, contribuindo para a propagação de enfermidades como febre tifóide, amebíase e salmonelose. O risco é mensurado pela presença de microrganismos patogênicos, sendo os coliformes totais — que englobam gêneros como *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* — indicadores de particular relevância para a saúde pública (Arbos *et al.*, 2017; Brasil, 2013).

Além dos aspectos microbiológicos, a avaliação da qualidade da água exige a análise de parâmetros físico-químicos, como pH, cloro residual e temperatura, que influenciam diretamente a integridade dos reservatórios e a saúde humana. Para assegurar esses padrões, a Portaria de Consolidação Nº 5 estabelece

medidas técnicas e governamentais rigorosas para o monitoramento e controle da água destinada ao consumo humano (Brasil, 2017; Xavier; Quadros; Da Silva, 2022).

Dessa forma, essa vigilância deve ser ainda mais rigorosa em ambientes escolares, onde crianças e adolescentes constituem um grupo de maior vulnerabilidade a intoxicações e doenças gastrointestinais (Ferreira; Sausen, 2024). A necessidade de inspeções frequentes e a manutenção de padrões de potabilidade tornam-se urgentes quando o consumo ocorre em espaços coletivos, como escolas e creches (Brasil, 2018).

Considerando a associação entre a qualidade da água e a saúde coletiva, especialmente em locais com uso de bebedouros compartilhados, a relevância desta pesquisa reside na necessidade de monitorar a potabilidade da água em ambientes escolares, onde a vulnerabilidade de crianças e adolescentes a patógenos hídricos é maior. O objetivo geral deste estudo foi analisar a qualidade físico-química e microbiológica da água em escolas públicas de Tabira-PE.

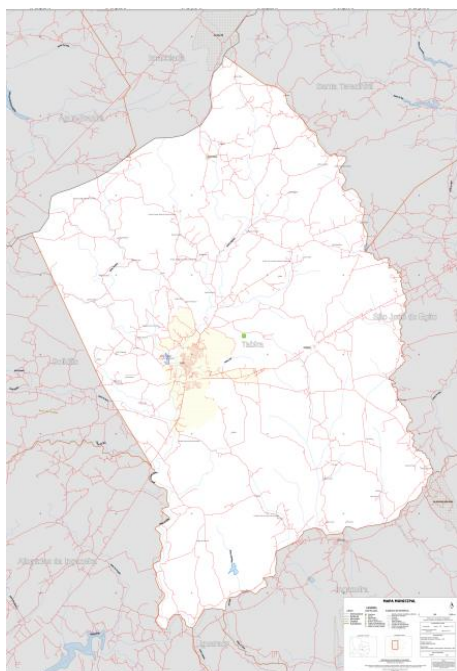
2 METODOLOGIA

2.1 Local de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na cidade de Tabira-PE, localizada na zona urbana do Estado de Pernambuco, nas coordenadas geográficas de latitude 7°35'27" S e longitude 37°32'22" W (Figura 1). O município apresenta uma extensão territorial de 391,6

km², integrando a microrregião do Pajeú. O abastecimento local é operado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), sendo o município beneficiado pela Adutora do Pajeú. Esta infraestrutura, executada pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), capta água do Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) para o suprimento da região (Brasil, 2021). A pesquisa foi conduzida em quatro escolas públicas, sendo duas pertencentes à rede estadual e duas à rede municipal, todas situadas na área urbana da cidade.

Figura 1 – Localização geográfica do município de Tabira.



Fonte: IBGE, 2022.

As instituições participantes foram identificadas por meio de codificação alfanumérica, de modo a preservar sua identidade. As escolas municipais foram designadas como Escola Municipal 1 (EM1) e Escola Municipal 2 (EM2), enquanto as escolas estaduais foram identificadas como Escola Estadual 1 (EE1) e Escola Estadual 2 (EE2).

As escolas EM1, EE1 e EE2 estão localizadas na região central do município de Tabira-PE, nas proximidades das coordenadas geográficas 7°35'24" S e 37°32'24" W, referenciadas no sistema SIRGAS 2000. A escola EM2 está situada no bairro Florentino Leite (Trevo), nas coordenadas aproximadas de 7°35'38" S e 37°32'07" W, também referenciadas pelo sistema citado. As amostras de água foram coletadas em recipientes estéreis, previamente lacrados e adquiridos comercialmente, sendo abertos apenas no momento da coleta e posteriormente durante as análises laboratoriais. Em cada instituição, as amostras foram coletadas em triplicata, sendo cada recipiente individualmente

identificado como G1, G2 e G3, permitindo a identificação e organização das amostras por escola e por frasco coletado.

Durante as visitas técnicas, foram observadas as condições estruturais dos pontos de abastecimento e armazenamento de água das instituições avaliadas. De modo geral, as escolas apresentaram condições intermediárias de conservação e higienização dos bebedouros, torneiras e reservatórios. Em algumas unidades, foram identificados sinais de corrosão e ferrugem em componentes metálicos dos bebedouros e torneiras. Também foi constatado que um dos reservatórios apresentava vedação inadequada, sendo utilizada uma lona plástica para cobrir sua abertura, situação que pode favorecer a entrada de agentes contaminantes e comprometer a qualidade microbiológica da água armazenada.

Cada escola teve suas amostras coletadas em frascos estéreis de 1 litro por instituição para as análises físico-químicas e microbiológicas. O volume coletado foi previamente estabelecido com base na quantidade de análises previstas, assegurando a representatividade das amostras e a confiabilidade dos resultados obtidos, bem como evitando a insuficiência de amostras para análise.

Antes da coleta das amostras, foi realizada a higienização das torneiras em sua parte externa, utilizando álcool etílico a 70%. Em seguida, as torneiras foram abertas para dar continuidade ao procedimento. Posteriormente, foi efetuada a medição da temperatura da água no ato da coleta, utilizando-se um termômetro digital da marca Incoterm®, com o sensor do equipamento inserido diretamente na amostra para o registro imediato dos dados.

Após essa etapa, as amostras foram transportadas ao Laboratório de Análise de Solo e Água do Instituto Federal do Sertão Paraibano (IFSPB), campus Sousa, onde foram analisadas de acordo com a ordem de prioridade estabelecida em função do tempo decorrido entre a coleta e a análise. Todas as avaliações seguiram as orientações contidas no Manual Prático de Análise de Água da FUNASA 2014, em consonância com os padrões estabelecidos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

2.2 Análise Físico-química

A verificação do pH ocorreu em até três horas após a coleta, em temperatura de no máximo 35°C, utilizando um pHmetro da marca Digimed®. O equipamento foi previamente ligado e estabilizado. Em seguida, os eletrodos foram higienizados com água destilada, secos com papel absorvente e calibrados com soluções-padrão de pH 4 e 7. A aferição foi realizada posicionando-se os eletrodos em um béquer contendo cerca de 200 mL da amostra.

A análise de bicarbonato foi realizada por titulação ácido-base. Inicialmente, 100 mL da amostra foram transferidos para um Erlenmeyer, com adição do

indicador fenolftaleína (ponto de viragem em pH 8,3). O titulante utilizado foi ácido sulfúrico 0,02N. Após essa primeira fase, a titulação foi continuada com o indicador verde de bromocresol (ponto de viragem em pH 4,5). Os volumes de ácido utilizados foram registrados para o cálculo da concentração de bicarbonato.

Para a análise da condutividade elétrica, foi empregado um condutivímetro portátil da marca Milwaukee®, devidamente calibrado antes do uso. A amostra foi acondicionada em um bquer com volume de 200 mL para a realização da leitura.

Para estimar a concentração de sólidos dissolvidos totais (SDT), utilizou-se a condutividade elétrica da amostra multiplicada por um fator de correção de 640, conforme metodologia descrita por Lima *et al.* (2019).

As concentrações dos íons sódio e potássio foram determinadas com o uso de um fotômetro de chama, previamente calibrado com soluções-padrão. As leituras basearam-se na intensidade luminosa emitida pelos átomos presentes nas amostras, sendo os dados comparados às curvas de calibração.

A dureza total da água foi mensurada por meio de titulação complexométrica. Para isso, foram utilizados 100 mL da amostra, aos quais foram adicionados 1 mL da solução tampão amônia-amônio e o indicador eriocromo T. A titulação foi realizada com Ácido Etilenodiamino Tetra-acético (EDTA) 0,02N, observando-se a viragem da coloração de rosa para azul, sendo o volume gasto utilizado no cálculo da dureza (mg/L de CaCO_3).

A concentração de cálcio foi obtida também por titulação complexométrica. Nessa etapa, 100 mL da amostra foram colocados em um Erlenmeyer, seguido da adição de 1 mL de NaOH 6N para ajuste do pH para 10. O indicador murexida foi utilizado, e a titulação ocorreu com EDTA 0,02N. A mudança de cor de rosa para púrpura indicou o ponto final, e a diferença entre a dureza total e o valor de cálcio permitiu a determinação da quantidade de magnésio.

A quantificação dos cloretos foi realizada por titulação de precipitação. Utilizou-se um volume de 100 mL da amostra, ao qual foi adicionado 1 mL de cromato de potássio (K_2CrO_4) como indicador. A titulação foi realizada com nitrato de prata (AgNO_3) a 0,0141 N, e a mudança da cor de amarelo para vermelho claro indicou o ponto final da reação, possibilitando o cálculo da concentração de cloretos.

2.3 Análise bacteriológica dos coliformes totais e *Escherichia coli*

A análise microbiológica foi realizada no Laboratório de Análises Clínicas (BIOLAB), utilizando o reagente COLItest®, baseado na técnica do substrato cromogênico-fluorogênico, que permite a detecção simultânea de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) por meio da identificação de atividades enzimáticas específicas, β -galactosidase, característica dos coliformes, e da β -glucuronidase, exclusiva da *E. coli* (FUNASA, 2013). Os meios de cultura utilizados continham compostos indicadores que, ao interagirem com essas enzimas, provocaram alterações visuais na cor do meio.

Após o tempo de incubação previsto, a formação de coloração amarelada no meio foi interpretada como indicativo da presença de coliformes totais. Para a verificação de *E. coli*, as amostras foram iluminadas com luz ultravioleta (365 nm); a emissão de fluorescência azul confirma a presença da bactéria, conforme os protocolos descritos pela fabricante LKP diagnósticos laboratoriais.

2.4 Delineamento e análise estatística

Os dados obtidos foram analisados por meio de delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por quatro tratamentos: Escola Estadual 1 (EE1), Escola Estadual 2 (EE2), Escola Municipal 1 (EM1) e Escola Municipal 2 (EM2), com três repetições cada.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Quando observadas diferenças estatísticas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional IBM SPSS Statistics, conforme descrito por Ferreira (2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para os parâmetros condutividade elétrica (CE), potássio (K^+), sódio (Na^+), Cloreto (Cl^-) e Sólidos Dissolvidos Totais entre os pontos amostrados.

Para os parâmetros pH, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), bicarbonato (HCO_3^-), temperatura, dureza total expressa como carbonato de cálcio (CaCO_3), não foram verificadas diferenças significativas entre as amostras, evidenciando uma relativa homogeneidade química da água de Tabira. A tabela 1 descreve os resultados encontrados na análise de água.

Tabela 1: Dados obtidos na análise estatística.

Local	pH	CE	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	STD
EE1	8,1a	110b	4,29a	9,66a	14a	10,94a	70,76a	24,82a	70,4b
EE2	8,1a	160a	3,12b	5,52b	12a	9,72a	64,05a	10,64b	102,4a

EM1	8,6a	150a	4,29a	9,89a	12a	9,72a	71,37a	21,27a	96,0a
EM2	8,1a	150a	4,29a	9,43a	12a	9,72a	73,20a	28,36a	96,0a
p	0,21ns	<0,05*	<0,05*	<0,05*	0,28ns	0,76ns	0,27ns	<0,05*	<0,05*
CV %	2,43	3,81	5,65	2,78	11,35	22,60	6,14	19,30	4,38

CV% = Coeficiente de variação *= significativo ao nível de 5% de probabilidade ns= não significativo

Fonte: dados da pesquisa, 2026.

Os resultados foram analisados de forma descritiva e comparados com os padrões estabelecidos na legislação vigente, de maneira análoga, a análise de coliformes totais e *E. coli* também seguiu o método descritivo, permitindo uma avaliação qualitativa da potabilidade frente aos índices regulatórios.

A confiabilidade dos resultados é reforçada pelos baixos coeficientes de variação (CV) observados, especialmente para o pH (2,43%) e Sódio (2,78%), o que indica alta precisão nas análises laboratoriais e baixa dispersão entre as repetições.

A interpretação dos dados foi realizada com base nos limites preconizados pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que estabelece os padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano no Brasil.

3.1 Temperatura

Embora a legislação brasileira não estabeleça valores máximos permitidos para esse parâmetro, sua avaliação é relevante devido à sua influência sobre outros aspectos da qualidade da água. Ao observar a Tabela 2, nota-se diferença entre os pontos avaliados, destacando-se a escola EM1, que apresentou média de 27,3 °C, valor superior aos demais locais. Considerando que as medições foram realizadas imediatamente após a coleta, descarta-se interferência decorrente do armazenamento das amostras. Dessa forma, essa variação pode estar associada à baixa eficiência do sistema de refrigeração do bebedouro dessa unidade, contribuindo para a elevação da temperatura da água no ponto de consumo.

Tabela 2: Dados obtidos na análise de temperatura.

Local	Temperatura °C	VMP	Conclusão
EE1	18.3	-	-
EE2	25,3	-	-
EM1	27.3	-	-
EM2	19.9	-	-

VMP – Valor Máximo Permitido **EE1**= Escola Estadual 1 **EE2**= Escola Estadual 2 **EM1**= Escola Municipal 1 **EM2**= Escola Municipal 2

Fonte: dados da pesquisa, 2026.

A temperatura corresponde a um dos padrões organolépticos da água, estando diretamente relacionada à percepção sensorial dos organismos vivos, podendo tornar seu consumo mais ou menos agradável. As variações podem ocorrer tanto por fatores naturais, como a incidência de radiação solar, quanto por interferências externas, incluindo condições estruturais dos sistemas de abastecimento (Soares *et al.*, 2017).

3.2 Potencial Hidrognônico (pH) e Alcalinidade (HCO_3^-)

A relação entre pH e alcalinidade ocorre porque ambos fazem parte do mesmo equilíbrio químico da água: enquanto o pH indica o grau de acidez ou alcalinidade do meio, a alcalinidade representa a capacidade da água de manter esse equilíbrio estável

frente à adição de substâncias ácidas ou básicas. Em outras palavras, águas com maior alcalinidade tendem a apresentar maior estabilidade de pH, evitando oscilações que poderiam comprometer sua qualidade (Amorim *et al.*, 2021).

Ao avaliar os valores obtidos, observa-se que o pH variou entre 8,1 nas escolas estaduais e 8,1 e 8,6 nas escolas municipais, caracterizando a água como levemente alcalina. Esses resultados encontram-se dentro da faixa recomendada pela Portaria nº 2.914/2011, atualizada pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece valores entre 6,0 e 9,5 para água destinada ao consumo humano, indicando conformidade com os padrões de potabilidade. A tabela 3 indica os resultados obtidos.

Tabela 3: Dados obtidos na análise de alcalinidade e pH.

Local	HCO_3^- mg/L	pH	VMP	Conclusão
-------	-----------------------	----	-----	-----------

EE1	70,76	8,1	6 - 9,5	Satisfatório
EE2	64,05	8,1	6 - 9,5	Satisfatório
EM1	71,37	8,6	6 - 9,5	Satisfatório
EM2	73,20	8,1	6 - 9,5	Satisfatório
CV %	6,14	2,43		

CV% = Coeficiente de variação VMP= Valor Máximo Permitido EE1= Escola Estadual 1 EE2= Escola Estadual 2 EM1= Escola Municipal 1 EM2= Escola Municipal 2

Fonte: dados da pesquisa, 2026.

A manutenção do pH dentro dessa faixa é fundamental, uma vez que valores inadequados podem interferir na eficiência dos processos de desinfecção — especialmente porque o pH baixo pode neutralizar agentes que são utilizados para a remoção de microrganismos na água — além de influenciar a solubilidade de metais e alterar características como sabor e cor (Araújo, 2020). Os valores obtidos apresentaram baixa variação entre as amostras analisadas, com concentrações de bicarbonato (HCO_3^-) variando entre 64,1 mg/L e 73,2 mg/L nas escolas avaliadas.

A análise conjunta com a alcalinidade permite uma compreensão mais completa da estabilidade química da água. A predominância das espécies responsáveis pela alcalinidade varia conforme o pH: em valores entre 4,4 e 8,3, predomina a presença de bicarbonatos; entre 8,3 e 9,4, há associação entre bicarbonatos e carbonatos; e, acima de 9,4, predominam carbonatos e hidróxidos (Cornationi, 2010).

Dessa forma, os valores de pH indicam que a alcalinidade está predominantemente associada aos íons bicarbonato, o que é esperado para águas destinadas ao consumo humano. Embora a legislação vigente não estabeleça um valor máximo permitido específico para a alcalinidade, os níveis encontrados estão dentro de faixas consideradas adequadas, não representando risco à saúde.

3.3 Condutividade elétrica e Sólidos Dissolvidos Totais

A condutividade elétrica corresponde à capacidade da água de conduzir corrente elétrica, estando diretamente relacionada à presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e

cátions. Esse parâmetro é geralmente expresso em microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e constitui um importante indicativo indireto da concentração de íons dissolvidos na água (Filho, 2019).

Esse parâmetro está diretamente associado aos SDT, uma vez que ambos refletem a quantidade de substâncias presentes em solução. Os SDT correspondem à soma de todos os compostos dissolvidos na água, incluindo sais minerais, matéria orgânica e outros constituintes em forma molecular, coloidal ou iônica (Felippe; Neto, 2019).

Na Tabela 4, os valores de condutividade elétrica variaram entre 110 $\mu\text{S}/\text{cm}$, observado na escola EE1, e 160 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na escola EE2. Esses resultados demonstram baixa concentração de espécies iônicas, além de apresentarem pouca variação entre os pontos analisados, indicando uniformidade entre as amostras e reforçando a estabilidade do sistema de abastecimento e a ausência de fontes relevantes de poluição.

Os valores de SDT obtidos neste estudo permaneceram bem abaixo do limite máximo de 500 mg/L estabelecido pela legislação vigente, evidenciando que a água analisada apresenta baixa mineralização. O maior valor foi observado na escola EE2 (102,4 mg/L), o que está diretamente relacionado ao fato de essa unidade também apresentar o maior valor de condutividade elétrica, reforçando a relação proporcional entre esses parâmetros.

Embora a condutividade elétrica não represente risco direto à saúde humana, valores elevados de SDT podem estar associados a alterações no sabor da água e, em concentrações muito altas, a possíveis efeitos adversos à saúde, como distúrbios gastrointestinais e sobrecarga de determinados minerais no organismo (Lima et al., 2019).

Tabela 4: Dados obtidos na análise da condutividade elétrica e STD.

Local	CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	STD mg/L	VMP	Conclusão
EE1	110	70,4	500 mg/L	Satisfatório
EE2	160	102,4	500 mg/L	Satisfatório
EM1	150	96,0	500 mg/L	Satisfatório
EM2	150	96,0	500 mg/L	Satisfatório
CV %	3,81	4,38		

CV% = Coeficiente de variação VMP= Valor Máximo Permitido EE1= Escola Estadual 1 EE2= Escola Estadual 2 EM1= Escola Municipal 1 EM2= Escola Municipal 2

Fonte: dados da pesquisa, 2026.

3.4 Potássio (K⁺)

O potássio é um elemento essencial à nutrição humana, estando presente em diversos alimentos, como carnes, peixes e frutas. Em relação à água potável, não há evidências de que as concentrações normalmente encontradas causem danos à saúde do consumidor. No entanto, existe atenção especial para indivíduos pertencentes a grupos de risco, como portadores de

insuficiência renal, hipertensão e diabetes, especialmente em situações em que há ingestão de águas tratadas com compostos contendo potássio (Cetesb, 2013).

Nos resultados da tabela 5 foi observado que a maioria das amostras apresentou concentração de potássio de 4,29 mg/L, com exceção da escola EE2, que apresentou valor de 3,12 mg/L. Esses resultados indicam baixa variação entre os pontos analisados, sugerindo homogeneidade na composição da água.

Tabela 5: Dados obtidos na análise de K⁺.

Local	K ⁺ mg/L	VMP	Conclusão
EE1	4,29	-	-
EE2	3,12	-	-
EM1	4,29	-	-
EM2	4,29	-	-
CV %	5,65		

CV% = Coeficiente de variação VMP= Valor Máximo Permitido EE1= Escola Estadual 1 EE2= Escola Estadual 2 EM1= Escola Municipal 1 EM2= Escola Municipal 2

Fonte: dados da pesquisa, 2026.

Ressalta-se que a legislação brasileira vigente não estabelece valores máximos ou mínimos para a concentração de potássio em água destinada ao consumo humano, o que impossibilita sua comparação direta com padrões de potabilidade. Ainda assim, os níveis encontrados estão dentro de faixas consideradas típicas para águas naturais, não representando risco à saúde da população em geral (Araújo, 2016).

3.5 Sódio (Na⁺)

De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, o valor máximo permitido de sódio em água destinada ao consumo humano é de 200 mg/L, devido à sua relevância para a saúde, especialmente em indivíduos com restrições dietéticas. Os valores obtidos para o íon sódio (Na⁺), apresentados na Tabela 6, demonstram que todas as amostras analisadas se encontram dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente. A maior concentração observada foi de 9,89 mg/L, valor significativamente inferior ao limite máximo permitido.

Tabela 6: Dados obtidos na análise de Na⁺.

Local	Na ⁺ mg/L	VMP	Conclusão
EE1	9,66	200 mg/L	Satisfatório
EE2	5,52	200 mg/L	Satisfatório
EM1	9,89	200 mg/L	Satisfatório
EM2	9,43	200 mg/L	Satisfatório
CV %	2,78		

CV% = Coeficiente de variação VMP= Valor Máximo Permitido EE1= Escola Estadual 1 EE2= Escola Estadual 2 EM1= Escola Municipal 1 EM2= Escola Municipal 2

Fonte: dados da pesquisa, 2026.

Concentrações elevadas de sódio podem conferir sabor desagradável à água e representar um fator de restrição ao consumo. No entanto, esse cenário não foi observado nas amostras analisadas neste estudo.

3.6 Dureza total

A dureza da água está diretamente relacionada à presença de íons cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺), podendo ser classificada em temporária ou permanente.

A dureza temporária é associada principalmente aos bicarbonatos de cálcio e magnésio, enquanto a dureza permanente está relacionada à presença de sais como sulfatos, nitratos e cloretos (Oliveira *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2015).

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de cálcio, magnésio e dureza total expressa em carbonato de cálcio (CaCO₃).

Tabela 7: Dados obtidos na análise de $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ e dureza total.

Local	Ca^{2+} mg/L	Mg^{2+} mg/L	CaCO_3 mg/L	VMP CaCO_3	Conclusão
EE1	14,0	10,94	72,5	500 mg/L	Satisfatório
EE2	12,0	9,72	49,2	500 mg/L	Satisfatório
EM1	12,0	9,72	67,4	500 mg/L	Satisfatório
EM2	12,0	9,72	67,9	500 mg/L	Satisfatório
CV %	11,35	22,60			

Coeficiente de variação **VMP**= Valor Máximo Permitido **EE1**= Escola Estadual 1 **EE2**= Escola Estadual 2 **EM1**= Escola Municipal 1 **EM2**= Escola Municipal 2

Fonte: dados da pesquisa, 2026.

A dureza é usualmente expressa em mg/L de CaCO_3 e pode ser classificada como: água mole (< 50 mg/L), moderadamente dura (50 a 150 mg/L), dura (150 a 300 mg/L) e muito dura (> 300 mg/L) (Brasil, 2014). Com base nessa classificação, observa-se que a água da escola EE2 foi caracterizada como mole, enquanto as demais amostras enquadram-se na categoria de dureza moderada.

Do ponto de vista da saúde, níveis elevados de dureza podem conferir sabor desagradável à água e, em alguns casos, apresentar efeito laxativo (Rocha *et al.*, 2006). O excesso de magnésio, por exemplo, pode causar efeitos como fraqueza muscular, hipotensão, náuseas e, em situações mais graves, alterações respiratórias (Lima *et al.*, 2019).

Entretanto os valores observados não indicam riscos à saúde, uma vez que as concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} encontram-se dentro de níveis considerados normais. Além disso, a legislação vigente não estabelece limites máximos para esses íons especificamente, sendo reconhecido que, em concentrações adequadas, eles

desempenham papel importante no metabolismo humano (Queiroz; Oliveira, 2018).

3.7 Cloreto (Cl^-)

Os cloretos são íons amplamente encontrados em águas naturais, podendo ter origem na dissolução de minerais, bem como em fontes antrópicas, como infiltração de esgotos domésticos. Em concentrações elevadas, podem conferir sabor salgado à água, sendo frequentemente associados à contaminação por efluentes, incluindo esgotos e resíduos orgânicos (Souza *et al.*, 2015).

No presente estudo, todas as amostras analisadas apresentaram concentrações de cloretos inferiores ao valor máximo permitido pela legislação vigente, conforme apresentado na Tabela 8 a maior concentração foi observada na escola EM2, com valor de 28,36 mg/L. Ainda assim, esse valor encontra-se bem abaixo do limite de 250 mg/L estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde para águas destinadas ao consumo humano.

Tabela 8: Dados obtidos na análise de Cl^- .

Local	Cl^- mg/L	VMP	Conclusão
EE1	24,82	250 mg/L	Satisfatório
EE2	10,64	250 mg/L	Satisfatório
EM1	21,27	250 mg/L	Satisfatório
EM2	28,36	250 mg/L	Satisfatório
CV %	19,30		

CV% = Coeficiente de variação **VMP**= Valor Máximo Permitido **EE1**= Escola Estadual 1 **EE2**= Escola Estadual 2 **EM1**= Escola Municipal 1 **EM2**= Escola Municipal 2

Fonte: dados da pesquisa, 2026.

A avaliação desse parâmetro é importante, pois concentrações elevadas de cloretos podem afetar características organolépticas da água, como o sabor, além de estarem associadas a efeitos indesejáveis, como ação corrosiva em tubulações, formação de incrustações. Do ponto de vista da saúde, níveis excessivos podem apresentar efeito laxativo e, quando associados a outros fatores, podem contribuir para alterações no metabolismo, sendo relacionados na literatura a

problemas no sistema cardiovascular, como comprometimento das artérias, e a distúrbios nos rins, bexiga e vias urinárias (Richter, 2009).

3.8 Coliformes totais e *E. coli*

No presente estudo, os resultados descritos na tabela 9 das análises microbiológicas evidenciaram que apenas uma das escolas avaliadas (EM1) apresentou resultado insatisfatório, devido à presença de coliformes totais na amostra analisada. Conforme a legislação

vigente, não é permitida a presença de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL de água destinada ao consumo humano. A ocorrência desses microrganismos pode estar associada às condições de conservação e manutenção dos sistemas de armazenamento e distribuição de água observadas durante as visitas técnicas. Aspectos como a integridade dos reservatórios, a adequada vedação das estruturas e o estado de conservação dos pontos de consumo podem favorecer a contaminação microbiológica da água, comprometendo sua qualidade sanitária mesmo quando os parâmetros físico-químicos se apresentam dentro dos padrões estabelecidos.

Os principais microrganismos encontrados na água incluem vírus, bactérias, protozoários e helmintos, sendo muitos deles potenciais agentes causadores de doenças. Entre as bactérias indicadoras de qualidade sanitária, destacam-se os coliformes totais, grupo que engloba gêneros como *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Serratia* e *Enterobacter*, caracterizados como

bacilos Gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos. Já os coliformes fecais, têm como principal representante a *Escherichia coli* (*E. coli*), cuja presença está diretamente associada à contaminação por material fecal (Pongeluppe *et al.*, 2009; Fernandes; Gois, 2015).

De acordo com Silva *et al.* (2008), o consumo de água em conformidade com os padrões de potabilidade constitui uma importante ação de promoção da saúde pública, contribuindo para a redução de doenças e da mortalidade. Outros autores também apontam que a ingestão de água contaminada por coliformes fecais pode ocasionar quadros de diarreia, cólicas abdominais e, em casos mais graves, síndrome hemolítico-urêmica. Além disso, a contaminação fecal pode indicar a presença de outros patógenos, como vírus e parasitas, associados a doenças como hepatite A e cólera (Silva *et al.*, 2019).

Dessa forma, as demais escolas analisadas atenderam aos padrões de potabilidade, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9: Dados obtidos na análise dos coliformes totais.

Local	Coliformes totais	VMP	Conclusão
EE1	Ausência	Ausência	Satisfatório
EE2	Ausência	Ausência	Satisfatório
EM1	Presença	Ausência	Insatisfatório
EM2	Ausência	Ausência	Satisfatório

VMP – Valor Máximo Permitido EE1= Escola Estadual 1 EE2= Escola Estadual 2
EM1= Escola Municipal 1 EM2= Escola Municipal 2

Resultados semelhantes foram observados por Souza (2021), em estudo realizado no município de

Tabira-PE, no qual foi identificada a presença de coliformes em um dos cinco bebedouros analisados. Por outro lado, estudos conduzidos em Recife, Siqueira *et al.* (2010) verificaram a presença de coliformes totais em 62,5% das amostras e de coliformes fecais em 42,5% das amostras analisadas em estabelecimentos alimentícios situados no entorno da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Essa variação entre os estudos pode estar relacionada às condições de armazenamento,

distribuição e manutenção dos sistemas de abastecimento, especialmente no que se refere aos bebedouros. No contexto desta pesquisa, a ocorrência de coliformes totais em apenas uma unidade sugere contaminação pontual, possivelmente associada às condições específicas do ponto de consumo.

A Tabela 10 apresenta os resultados referentes à investigação de *E. coli*, não sendo detectada sua presença em nenhuma das amostras analisadas. A ausência dessa bactéria indica que não houve contaminação fecal recente, uma vez que a bactéria é um indicador específico desse tipo de poluição.

Tabela 10: Dados obtidos na análise de *Escherichia Coli*.

Local	<i>E. Coli</i>	VMP	Conclusão
EE1	Ausente	Ausência	Satisfatório
EE2	Ausente	Ausência	Satisfatório
EM1	Ausente	Ausência	Satisfatório
EM2	Ausente	Ausência	Satisfatório

VMP – Valor Máximo Permitido EE1= Escola Estadual 1 EE2= Escola Estadual 2
EM1= Escola Municipal 1 EM2= Escola Municipal 2

Dessa forma, a presença de coliformes totais associada à ausência de *E. coli* sugere que a contaminação observada pode estar relacionada a fatores como falhas na higienização dos reservatórios ou

contaminação ambiental no ponto de consumo. Estudos indicam que bebedouros escolares, quando não submetidos à manutenção adequada, podem atuar como fontes de contaminação microbiológica, favorecendo a

presença de microrganismos indicadores, mesmo na ausência de contaminação fecal ativa (Souza, 2021).

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que a água consumida nas escolas públicas de Tabira-PE apresentou parâmetros físico-químicos dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente. Entretanto, a detecção de coliformes totais em uma das escolas avaliadas (EM1) evidenciou uma inconformidade microbiológica, possivelmente relacionada às condições de conservação e manutenção dos sistemas de armazenamento e distribuição de água.

Dessa forma, conclui-se que, embora a água analisada seja predominantemente adequada para o consumo humano, a ocorrência de contaminação microbiológica pontual reforça a necessidade de monitoramento contínuo e de medidas preventivas que garantam a segurança sanitária da água fornecida à população escolar.

REFERÊNCIAS

AMORIM, C. F. *et al.* Análise bacteriológica da água em bebedouros de escolas municipais de Feira de Santana/BA. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 1, 2021.

ARAÚJO, D. L. *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada em bebedouros de instituições de ensino no Brasil: revisão sistemática da literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 4, p. 7301-7324, 2020.

ARAÚJO, E. F. *et al.* **Qualidade da água utilizada para o consumo em escolas públicas municipais de Monteiro-PB.** 2016.

ARBOS, K. A. *et al.* Qualidade microbiológica da água para consumo humano no loteamento nova esperança: litoral sul da Paraíba e sua importância para a saúde pública. **Revista de ciências da saúde nova esperança**, v. 15, n. 2, p. 50-56, 2017.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro**

de 2017, Anexo XX. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política Nacional de atenção integral à saúde da criança: orientações para implementação.** Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

BRASIL. **Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Adutora do Pajeú vai levar água para milhares de pessoas.** Fortaleza: DNOCS, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/noticias/adutora-do-pajeu-vai-levar-agua-para-milhares-de-pessoas>. Acesso em: 10 mar. 2026.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2012.** São Paulo: CETESB, 2013.

CORNATIONI, M. B. **Análises físico-químicas da água de abastecimento do município de Colina – SP.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Faculdades Integradas Fafibe, Bebedouro, 2010.

COSTA, C. I. F.; CHAVES, H. B.; CARDOSO, A. M. análise da qualidade microbiológica da água tratada da cidade de Aruanã Goiás. **Revista Científica da Escola Estadual de Saúde Pública de Goiás" Cândido Santiago"**, v. 3, n. 1, p. 001-009, 2017.

FELIPPE, M. F.; NETO, A. J. O. Comparação de técnicas de obtenção de sólidos totais dissolvidos nas águas: contribuição para os estudos de desnudação geoquímica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 1, p. 19-33, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1440>.

FERNANDES, L. L.; GOIS, R. V. 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. DOI: <https://doi.org/10.31072/rcf.v6i2.339>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Guide for Its Bootstrap Procedures in Multiple Comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FERREIRA, E. S.; SAUSEN, A. T. Z. R.; SAUSEN, P. S. Avaliação Da Qualidade Da Água Dos Bebedouros Da Escola Estadual Padre José Maria Do Sacramento. **Salão do Conhecimento**, v. 10, n. 10, 2024.

FILHO, D. **Caracterização da qualidade da água de Pau dos Ferros quanto a parâmetros físico-químicos.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2256>.

FUNASA. Ministério da Saúde. **Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs.** Brasília: FUNASA, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabira – PE: mapa municipal. Escala 1:50.000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_municipais/colecao_de_mapas_municipais/2022/PE/tabira/A0_2614600/MM.pdf. Acesso em: 15 maio 2025.

LIMA, *et al.* **Avaliação de parâmetros de potabilidade da água de consumo do Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari.** 2019.

OLIVEIRA, E. M. *et al.* Análises físico-químicas e microbiológicas da água de bebedouros em escolas públicas da cidade de Timon-MA. **Pubvet**, v. 12, n. 5, p. 1-6, 2018.

PONGELUPPE, A. T. *et al.* Avaliação de coliformes totais e fecais em bebedouros localizados em uma instituição de ensino de Guarulhos. **Saúde**, p. 5-9, 2009.

QUEIROZ, T. M.; OLIVEIRA, L. C. P. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). **Engenharia Sanitária e Ambiental**,

v. 23, n. 1, p. 173-180, 2018. DOI:
<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018166375>.

RICHTER, C. A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. 1. ed. São Paulo: **Edgard Blücher**, 2009.

ROCHA, C. M. B. M. *et al.* Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, p. 1967-1978, 2006.

SILVA, A. B. A.; UENO, M. Qualidade sanitária das águas do rio Uma, São Paulo, Brasil, no período das chuvas. **Revista Biociências**, v. 14, n. 1, p. 82-86, 2008.

SILVA, A. B. *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, 2019.

SIQUEIRA, L. P. *et al.* Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, n. 1, p. 63-66, 2010.

SOARES, E. *et al.* Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 6, 2017. DOI:
<http://dx.doi.org/10.22292/mas.v13i6.762>.

SOUZA, F. P. *et al.* Qualidade da água de abastecimento da comunidade Tamarindo em Campos dos Goytacazes/RJ. **Exatas & Engenharias**, v. 5, n. 11, p. 1-16, 2015. DOI:
<http://dx.doi.org/10.25242/885x5112015602>.

SOUZA, J. W. F. *et al.* Análise da qualidade da água de bebedouros em escolas públicas de Tabira-PE. **Journal of Medicine and Health Promotion**, v. 6, n. 1, p. 73-83, 2021.

VON SPERLING, M. *et al.* **Avaliação do desempenho de estações de tratamento e dados de qualidade da água: um guia para estudantes, pesquisadores e profissionais**. IWA publishing, 2020.

XAVIER, M. das V. S.; QUADROS, H. C.; DA SILVA, M. S. S. Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 1, 2022.