

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE POÇOS TUBULARES NO SERTÃO BAIANO: CONTAMINANTES, MICRORGANISMOS E PARÂMETROS DE POTABILIDADE

CHARACTERIZATION OF TUBE WELL WATER IN THE SERTÃO REGION OF BAHIA: CONTAMINANTS, MICROORGANISMS, AND POTABILITY PARAMETERS

Ana Paula Batista da Silva¹; Ludy Leonor Lima Borges²; Edmundo Marinho Neto³; Ana Lucila Dos Santos Costa⁴; Marcos de Souza Dantas⁵; Kátia Cilene da Silva Félix⁶; Rafaell Batista Pereira⁷; Kaline Catiely Campos Silva⁸; Micherlane Freire de Santana⁹; Ricardo Marques Nogueira Filho¹⁰; Karolayne Silva Souza¹¹; Milena Roberta Freire da Silva¹²

- ¹ Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS), Paulo Afonso/BA, Brasil. Email: annynhaa94@outlook.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2723-7692>
- ² Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS), Paulo Afonso/BA, Brasil. Email: luhleonor@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0083-2710>
- ³ Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas/SP, Brasil. Email: edmundomarinho@academico.ufs.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3176-3540>
- ⁴ Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS), Paulo Afonso/BA, Brasil. Email: ana.costa@unirios.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7618-2371>
- ⁵ Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS), Paulo Afonso/BA, Brasil. Email: marcos.dantas@unirios.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7565-0007>
- ⁶ Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS), Paulo Afonso/BA, Brasil. Email: katia.felix@unirios.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4791-7177>
- ⁷ Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, AL, Brasil. Email: rafaellspfc@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4358-4029>
- ⁸ Centro Universitário do Rio São Francisco (UNIRIOS), Paulo Afonso/BA, Brasil. Email: kalinne campos@yahoo.com.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3356-1560>
- ⁹ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil. Email: micherlane.santana@unirios.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8904-686X>
- ¹⁰ Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Paulo Afonso/BA, Brasil. Email: ricardo.filho@unirios.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7213-7423>
- ¹¹ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil. Email: karolayne.silvasouza@ufpe.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2627-7385>
- ¹² Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, PE, Brasil. Email: milena.freire@ufpe.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0203-4506>

Resumo: As águas subterrâneas são essenciais para o abastecimento em regiões semiáridas, sendo os poços tubulares uma fonte primária em áreas com infraestrutura limitada. Este estudo avaliou a qualidade da água de dez poços tubulares em cinco povoados de Paulo Afonso, Bahia, por meio de análises físico-químicas, microbiológicas e parasitológicas, com base nos padrões da Portaria GM/MS nº 888/2021. Parâmetros como pH, cloreto e cloro residual apresentaram não conformidades em algumas amostras, com destaque para valores de pH abaixo do permitido e cloreto acima dos limites recomendados. Foram identificadas 22 bactérias, incluindo espécies dos gêneros *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Serratia* e *Acinetobacter*, sem ocorrência de resistência antimicrobiana nos testes de sensibilidade. A

análise parasitológica revelou ausência de protozoários e helmintos. A presença de microrganismos ambientais e oportunistas sugere risco potencial à saúde, especialmente pela possibilidade de formação de biofilmes nas tubulações. Os dados indicam a necessidade de monitoramento contínuo e adoção de estratégias integradas para garantir a segurança da água consumida. A implementação de ações corretivas, aliadas à educação sanitária e ao envolvimento comunitário, é fundamental para assegurar a potabilidade e o uso sustentável das águas subterrâneas na região.

Palavras-chave: Abastecimento rural; Contaminação bacteriana; Potabilidade.

Abstract: Groundwater is essential for water supply in semi-arid regions, with tubular wells (boreholes) being a primary source in areas with limited infrastructure. This study evaluated the water quality of ten tubular wells in five villages of Paulo Afonso, Bahia, through physicochemical, microbiological, and parasitological analyses, based on the standards set by Ordinance GM/MS No. 888/2021. Parameters such as pH, chloride, and residual chlorine showed non-compliance in some samples, with a focus on pH values below the permissible level and chloride exceeding the recommended limits. Twenty-two bacteria were identified, including species from the genera *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Serratia*, and *Acinetobacter*, with no occurrence of antimicrobial resistance in the sensitivity tests. The parasitological analysis revealed the absence of protozoa and helminths. The presence of environmental and opportunistic microorganisms suggests a potential health risk, especially due to the possibility of biofilm formation in the pipes. The data indicate the need for continuous monitoring and the adoption of integrated strategies to ensure the safety of the consumed water. The implementation of corrective actions, combined with sanitary education and community involvement, is fundamental to ensuring the potability and sustainable use of groundwater in the region.

Keywords: Rural supply; Bacterial contamination; Potability.

Recebido: 12/11/2025; Aceito: 05/02/2026; Publicado: 10/02/2026.

1. Introdução

As águas subterrâneas desempenham um papel essencial no abastecimento de água potável, especialmente em regiões com escassez de recursos hídricos superficiais ou onde não há sistemas públicos centralizados de distribuição, nesses contextos, os poços tubulares tornam-se estruturas fundamentais, sendo amplamente utilizados tanto em áreas rurais quanto urbanas (FILHO *et al.*, 2019). No semiárido nordestino, como em Paulo Afonso, Bahia, eles representam uma importante alternativa para o fornecimento de água potável para os consumidores.

No Brasil, a qualidade da água destinada ao consumo humano é regulamentada por legislações específicas que estabelecem padrões de potabilidade e diretrizes para o controle da contaminação, como por exemplo, a Portaria GM/MS Nº 888 de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, reúne os procedimentos e responsabilidades relativos à vigilância da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2021). Complementarmente, no que diz respeito às águas subterrâneas, a Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece as condições e padrões para o enquadramento e uso desses recursos, considerando sua finalidade, inclusive abastecimento público (BRASIL, 2008).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água de poços tubulares no município de Paulo Afonso, Bahia, por meio da análise de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e parasitológicos, com base nos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação brasileira, a fim de identificar possíveis contaminações que possam representar riscos à saúde pública.

2. Metodologia

Área de estudo e coleta das amostras

As amostras de água foram coletadas em cinco povoados distintos no município de Paulo Afonso – BA, designados de M1 a M5. No total, foram obtidas 10 amostras provenientes de poços tubulares utilizados para o consumo humano e posteriormente, os pontos de amostragem foram georreferenciados utilizando o software Google Earth Pro (Figura 1), apresentando as seguintes coordenadas:

- Povoado 1 - (-9.4296587, -38.4191322)
- Povoado 2 - (-9.55052, -38.44176)
- Povoado 3 - (-9.5480778, -38.4067065)
- Povoado 4 - (-9.50599, -38.36514)
- Povoado 5 - (-9.32550, -38.26064)



Figura 1. Localização geográfica dos povoados amostrados no município de Paulo Afonso – BA. Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados do Google Earth Pro (2025).

As coletas foram realizadas em frascos de polietileno com capacidade de 500 mL, previamente autoclavados. Durante a coleta, foram adotados procedimentos assépticos, a fim de evitar qualquer tipo de contaminação exógena que pudesse comprometer a integridade microbiológica das amostras. Após a coleta, as amostras foram imediatamente acondicionadas em caixas isotérmicas e transportadas ao Laboratório de Microbiologia do Centro Universitário do Rio São Francisco – UNIRIOS.

Análise físico-química

Para as análises físico-químicas, foram realizados testes para os seguintes parâmetros: alcalinidade (mg/L), amônia (mg/L), cloreto (mg/L), dureza total (mg/L), cloro livre/residual (DPD) e pH. As determinações foram conduzidas com o auxílio do kit Alfakit Basic Potability, seguindo rigorosamente as instruções do fabricante.

Isolamento bacteriano

A partir das amostras coletadas, alíquotas de 100 µL foram inoculadas por semeadura em superfície em Ágar Sangue e em caldo Brain Heart Infusion (BHI), utilizando alça de Drigalski sob condições assépticas, em capela de fluxo laminar. As placas foram incubados em estufa bacteriológica a 36,5 °C por um período de 24 a 48 horas, a fim de favorecer o crescimento de colônias bacterianas viáveis. Após o período de incubação, as colônias com morfologia distinta foram submetidas a repiques sucessivos em meio de cultura sólida, visando a obtenção de cultivos puros, apropriados para posterior identificação microbiológica.

Identificação Bacteriana

Após a obtenção de culturas puras por meio de isolamento seletivo, os isolados bacterianos foram encaminhados à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde foi realizada a identificação microbiológica por espectrometria de massa por dessorção/ionização a laser assistida por matriz com análise de tempo de voo (MALDI-TOF MS). Cada amostra foi submetida à ionização a laser, promovendo a liberação de fragmentos moleculares posteriormente separados com base em sua razão massa/carga (m/z). Os espectros de massa obtidos para cada isolado foram automaticamente comparados com os perfis presentes na biblioteca de referência do sistema, sendo os resultados expressos em valores de score (log). De acordo com os critérios estabelecidos na literatura e conforme as recomendações do fabricante, foram considerados confiáveis para a identificação em nível de espécie os espectros que apresentaram valores de score superiores a 2,0.

Teste de Sensibilidade Antimicrobiana

A sensibilidade dos microrganismos isolados foi avaliada por meio da técnica de difusão em disco em ágar, conforme descrita por Kirby-Bauer (1966) e padronizada pelas diretrizes do Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2025), a fim de garantir a reprodutibilidade e confiabilidade dos resultados. As bactérias previamente armazenadas em Ágar Sangue e caldo BHI foram transferidas, com auxílio de alça de Drigalski, para placas contendo meio Ágar Mueller-Hinton, sendo incubadas a 36 °C por 48 horas para promover o crescimento bacteriano.

Após o cultivo, colônias isoladas foram suspensas em 4 mL de solução salina estéril a 0,85%, homogeneizadas manualmente e utilizadas para a semeadura em novas placas de Ágar Mueller-Hinton, com auxílio de swab estéril, em movimentos circulares para garantir cobertura uniforme. Em seguida, discos impregnados com antimicrobianos específicos foram aplicados com pinça estéril sobre a superfície do meio, os quais, foram avaliados discos contendo Oxacilina (1 µg), Gentamicina (10 µg), Clindamicina (2 µg), Ampicilina (10 µg), Ácido Nalidíxico (30 µg), Cefotaxima (30 µg), Rifampicina (5 µg), Penicilina (10 UI), Imipenem (10 µg), Tetraciclina (30 µg), Eritromicina (15 µg) e Estreptomicina (10 µg).

Após incubação a 35 °C por 24 horas, os diâmetros dos halos de inibição foram medidos com paquímetro de precisão e classificados como sensível, intermediário ou resistente segundo os pontos de corte estabelecidos pelo CLSI (2025).

Análise parasitológica

Para a investigação parasitológica, foi utilizada a técnica de sedimentação espontânea, conforme o método de Hoffman, Pons e Janer, com adaptações. As amostras foram previamente homogeneizadas e transferidas (100 mL) para recipientes apropriados, permanecendo em repouso por 24 horas. Após esse período, o sedimento formado foi coletado e analisado, conforme descrito por Póvoas *et al.* (2020).

3. Resultados e discussão

Análises físico-químicas

As análises físico-químicas realizadas nas amostras de água coletadas nos cinco povoados investigados (Povoado 1 a Povoado 5) apresentaram valores comparáveis aos limites de potabilidade definidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, exceto em situações pontuais nas quais os parâmetros extrapolaram os valores permitidos. A Tabela 1 apresenta os valores obtidos para cada parâmetro, os respectivos locais de coleta e os limites estabelecidos pela normativa.

Tabela 1. Análise dos parâmetros físico-químicos em amostras de água de cinco povoados de Paulo Afonso, Bahia.

Parâmetro	Amostra										Limítrofes
	Pov 1.1	Pov 1.2	Pov 1.3	Pov 2.1	Pov 2.2	Pov 3.1	Pov 3.2	Pov 4.1	Pov 4.2	Pov 5	
pH	6,0	6,0	6,0	5,0	5,0	5,0	5,0	7,0	7,0	7,0	6,0 e 9,5
Alcalinidade (mgL ⁻¹ CaCO ₃)	30	40	20	30	30	20	20	170	180	160	75 - 200 mg/L
Cloreto (mgL ⁻¹ Cl)	120	100	200	100	100	460	450	140	140	270	250 mg/L
Dureza total (mgL ⁻¹ CaCO ₃)	100	120	160	100	125	260	210	200	200	400	500 mg/L
Amônia (mg L ⁻¹ NH ₃)	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,214	1,5 mg/L
Cloro Livre ou residual (DPD)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,2-5,0 mg/L

Fonte: Elaborado pelos autores.

As análises físico-químicas realizadas nas amostras de água dos poços tubulares revelaram variações relevantes entre os parâmetros avaliados. Os valores de pH oscilaram entre 5,0 e 7,0, sendo que as amostras Pov 2.1, Pov 2.2, Pov 3.1 e Pov 3.2 apresentaram valores abaixo do limite mínimo estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que determina a faixa de 6,0 a 9,5 para águas destinadas ao consumo humano. Em relação à alcalinidade total, os resultados variaram de 20 a 180 mg/L de CaCO₃, com valores distribuídos dentro ou próximos do intervalo de referência, que é de 75 a 200 mg/L. Os teores de cloreto apresentaram amplitude de 100 a 460 mg/L, sendo que três amostras, Pov 3.1, Pov 3.2 e Pov 5, superaram o limite máximo de 250 mg/L estabelecido pela mesma norma. Quanto à dureza total, os valores obtidos variaram entre 100 e 400 mg/L de CaCO₃, permanecendo abaixo do valor máximo permitido de 500 mg/L. Para o parâmetro amônia, todas as amostras apresentaram concentração constante de 1,214 mg/L de NH₃, situando-se abaixo do limite de 1,5 mg/L. Por fim, os teores de cloro livre residual mostraram uniformidade entre as amostras, com concentração de 0,10 mg/L, inferior ao valor mínimo recomendado de 0,2 mg/L.

Análises microbiológicas

Nas amostras analisadas foram identificados 22 isolados bacterianos distribuídos entre cinco povoados, sendo 9 (41%) Gram-positivos e 13 (59%) Gram-negativos. A distribuição dos isolados por povoado foi a seguinte: Povoado 1 apresentou 7 isolados (32%), Povoado 2 teve 4 isolados (18%), Povoado 3 contou com 2 isolados (9%), Povoado 4 com 5 isolados (23%) e Povoado 5 apresentou 3 isolados (14%), como apresentado na tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização bacteriana por MALDI-TOF MS de isolados oriundos de diferentes povoados.

Ponto	Identificação	Score
Povoado 1	<i>Bacillus koreensis</i>	2.10
	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	2.01
	<i>Staphylococcus hominis</i>	2.33
	<i>Salmonella sp</i>	2.03
	<i>Serratia marcescens</i>	2.00
	<i>Serratia marcescens</i>	2.04
	<i>Staphylococcus hominis</i>	2.39
Povoado 2	<i>Bacillus marisflavi</i>	2.20
	<i>Bacillus megaterium</i>	2.22
	<i>Bacillus koreensis</i>	2.15
	<i>Bacillus mojavensis</i>	2.18
Povoado 3	<i>Plesiomonas shigelloides</i>	2.11
	<i>Micrococcus luteus</i>	2.38
Povoado 4	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2.15
	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	2.14

Povoado 5	<i>Pantoea septica</i>	2.12
	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	2.08
	<i>Acinetobacter junii</i>	2.19
	<i>Staphylococcus caprae</i>	2.03
	<i>Bacillus megaterium</i>	2.05
	<i>Ralstonia pickettii</i>	2.06

Fonte: Elaborado pelos autores.

Foram identificados microrganismos tanto Gram-positivos quanto Gram-negativos, com destaque para o gênero *Bacillus*, presente em quatro dos cinco povoados, incluindo as espécies *Bacillus koreensis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus marisflavi* e *Bacillus Mojavensis*. Entre os Gram-positivos, as espécies do gênero *Staphylococcus* também foram recorrentes, com identificação de *Staphylococcus hominis*, *Staphylococcus epidermidis* e *Staphylococcus caprae* em diferentes pontos.

No Povoado 1, foram detectadas espécies como *Bacillus koreensis*, *Acinetobacter lwoffii*, *Staphylococcus hominis*, *Salmonella sp.* e *Serratia marcescens*, indicando diversidade tanto de bactérias Gram-positivas quanto Gram-negativas. O Povoado 2 apresentou isolados exclusivamente do gênero *Bacillus*, com quatro espécies diferentes. Já o Povoado 3 revelou a presença de *Plesiomonas shigelloides* e *Micrococcus luteus*. O Povoado 4 contou com uma maior variedade bacteriana, incluindo *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas alcaligenes*, *Pantoea septica*, além de duas espécies de *Acinetobacter*. No Povoado 5, foram identificados *Staphylococcus caprae*, *Bacillus megaterium* e *Ralstonia pickettii*.

Os valores de score obtidos pela técnica MALDI-TOF MS foram superiores a 2,0 para todas as espécies, assegurando a confiabilidade na identificação em nível de espécie. A composição bacteriana apresenta um perfil diversificado, evidenciando a coexistência de diferentes gêneros que podem estar relacionados tanto a ambientes naturais quanto a fontes potencialmente contaminantes. A análise parasitológica das amostras de água provenientes dos cinco povoados avaliados, apresentou resultado negativo para a presença de formas evolutivas de parasitas.

Nos resultados, observou-se que todos os 22 isolados apresentaram halos de inibição iguais ou superiores aos pontos de corte de sensibilidade do CLSI (2025) para cada antibiótico testado, conforme discriminado a seguir (valores em mm): Oxacilina ≥ 13 , Gentamicina ≥ 15 , Clindamicina ≥ 21 , Ampicilina ≥ 17 , Ácido Nalidixico ≥ 19 , Cefotaxima ≥ 18 , Rifampicina ≥ 20 , Penicilina ≥ 29 , Imipenem ≥ 23 , Tetraciclina ≥ 19 , Eritromicina ≥ 23 e Estreptomicina ≥ 15 . Esses dados estão consolidados na Tabela 3, reforçando a baixa ocorrência de resistência bacteriana nas amostras de água dos poços tubulares estudados.

Tabela 3 – Antibióticos testados e pontos de corte para sensibilidade (mm).

Micro-organismo	Antibióticos testados (ponto de corte $\geq$ mm)
<i>Staphylococcus hominis</i>	Oxacilina $\geq$ 13; Gentamicina $\geq$ 15; Clindamicina $\geq$ 21
<i>Salmonella sp.</i>	Ampicilina $\geq$ 17; Ácido Nalidíxico $\geq$ 19; Cefotaxima $\geq$ 18
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Oxacilina $\geq$ 13; Rifampicina $\geq$ 20; Penicilina $\geq$ 29
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	Imipenem $\geq$ 23; Gentamicina $\geq$ 15; Tetraciclina $\geq$ 19
<i>Micrococcus luteus</i>	Penicilina $\geq$ 29; Eritromicina $\geq$ 23; Rifampicina $\geq$ 20
<i>Acinetobacter junii</i>	Imipenem $\geq$ 23; Gentamicina $\geq$ 15; Ampicilina $\geq$ 17
<i>Serratia marcescens</i>	Cefotaxima $\geq$ 18; Imipenem $\geq$ 23; Tetraciclina $\geq$ 19
<i>Ralstonia pickettii</i>	Ampicilina $\geq$ 17; Clindamicina $\geq$ 21; Estreptomicina $\geq$ 15

Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste estudo, parte das amostras analisadas apresentou parâmetros físico-químicos fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021), além da presença de microrganismos potencialmente patogênicos. Desse modo, tais achados indicam a necessidade de ações corretivas e monitoramento contínuo. Problema

O pH das amostras analisadas variou entre 5,0 e 7,0, sendo que quatro amostras apresentaram valores inferiores ao mínimo permitido (6,0). A acidez da água, frequentemente associada à composição do solo, pode influenciar significativamente a corrosão de tubulações metálicas, comprometendo a integridade das infraestruturas e potencialmente afetando a qualidade da água fornecida (CASTRO, 2013). Fato

Em relação à dureza total, os resultados mostraram-se dentro dos limites normativos, entre 100 e 400 mg/L, abaixo de 500 mg/L, indicando qualidade satisfatória quanto a esse parâmetro. Os altos teores de cloreto são frequentemente associados a contaminação por atividades humanas, tais como infiltração de esgoto domésticos, uso de fertilizante ou salinização natural (DELAUNAY *et al.*, 2024; SHUBO, FERNANDES, MONTENEGRO, 2020). Problema

Destaca-se positivamente que os testes de suscetibilidade antimicrobiana realizados com algumas cepas não evidenciaram resistência aos antibióticos testados, demonstrando assim que apesar da presença de microrganismos ambientais e patogênicos o ambiente hídrico avaliado não apresenta, até o momento, pressão seletiva significativa para resistência microbiana. Entretanto, a literatura alerta que o ambiente aquático pode atuar como reservatório e via de disseminação de genes de resistência, especialmente quando há uso indiscriminado de antibióticos em humanos ou animais (YANG *et al.*, 2025; SINGH *et al.*, 2022; CHEUNG *et al.*, 2025).

Além dos aspectos já mencionados, a diversidade de microrganismos identificada neste trabalho sugere a existência de diferentes nichos ecológicos dentro dos poços tubulares. Logo, essa heterogeneidade está associada não apenas à geologia local, mas também às interações entre água subterrânea e lençol freático, favorecendo a formação de micro-comunidades aderidas às paredes do poço que podem originar biofilmes.

A formação de biofilmes em sistemas de abastecimento de água potável representa um desafio crítico à qualidade microbiológica, pois essas comunidades permitem a persistência de patógenos mesmo após desinfecção (QUINTELA, 2016). Estudos apontam que fatores físico-químicos do fluxo, como velocidade e composição da tubulação, influenciam diretamente a dinâmica de aderência e desprendimento de biofilmes gerando flutuações na carga bacteriana e no risco sanitário (LAMON, 2020).

Nesse contexto, esses biofilmes quando presentes atuam como reservatórios de patógenos e podem reduzir a eficiência dos tratamentos subsequentes, o que reforça a importância de procedimentos regulares de limpeza mecânica e higienização das instalações (ALMEIDA *et al.*, 2019). Nas amostras de água avaliadas, os resultados dos testes parasitológicos foram

negativos para presença de protozoários e helmintos em todas as amostras dos poços tubulares. Esse achado sugere que, para os microrganismos parasitários avaliados da água coletada estava dentro dos padrões mínimos exigidos para o consumo humano e que o resultado está alinhado com estudos como o de (CORREIA *et al.*, 2022) realizado em uma comunidade quilombola de Alagoas, onde não foram detectadas formas infectantes de parasitas em análises parasitológicas de água, apesar de observadas alterações em parâmetros físicos e microbiológicos.

Embora nossos resultados não tenham detectado cepas resistentes nos testes de sensibilidade, estudos de monitoramento ambiental destacam a ocorrência de resíduos de antibióticos em águas superficiais e subterrâneas, mesmo em concentrações sub-nanomolares, capazes de selecionar genes de resistência em longo prazo (CANEDO, 2024).

Além disso, a variabilidade sazonal exerce papel importante na qualidade da água, os quais, em regiões semiáridas as chuvas intensas podem alterar a turvação, transportar matéria orgânica e parasitas para o lençol freático e diluir contaminantes químicos, enquanto períodos de seca elevam a concentração de íons e resíduos farmacológicos (MEDEIROS, 2016).

4. Considerações finais

Em conclusão, o presente estudo demonstrou que, apesar de a maior parte dos parâmetros físico-químicos (turbidez, sólidos totais dissolvidos, nitrato e fluoreto) estar dentro dos padrões de potabilidade da Portaria GM/MS nº 888/2021, houve amostras com pH abaixo de 6,0 e cloretos acima de 250 mg/L, sinalizando a necessidade de ajustes pontuais no tratamento e no manejo dos poços. A análise microbiológica revelou diversidade de bactérias ambientais e oportunistas, sem ocorrência de resistência aos 12 antibióticos testados, mas com potencial de formação de biofilmes nas tubulações.

Recomenda-se, assim, a implementação de um sistema de barreiras múltiplas aliado à educação sanitária e ao engajamento comunitário e a realização de coletas ao longo de todo o ciclo hidrológico. Essas ações integradas são fundamentais para assegurar a potabilidade, preservar a infraestrutura e garantir o uso sustentável das águas subterrâneas no semiárido baiano. Esses achados reforçam a necessidade de um programa contínuo e multifacetado de vigilância em Paulo Afonso, aliando monitoramento físico-químico, microbiológico e farmacológico a estratégias de tratamento adequadas e ao engajamento da comunidade para assegurar a potabilidade e a sustentabilidade dos recursos hídricos subterrâneos.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do Centro Universitário do Rio São Francisco – UNIRIOS.

Referências

- ALMEIDA, C. et al. Controle do biofilme em reservatórios e tubulações de água potável. *Atas de Saúde Ambiental-ASA*, v. 7, p. 1-1, 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008*. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, n. 66, p. 64-68, 7 abr. 2008.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021*. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 07 maio 2021.
- CANEDO, J. M. R. C. O perfil global da resistência aos antibióticos em águas residuais: uma revisão sistemática. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). [Não especificado], 2024.
- CASTRO, D. F. Estudo da corrosão do aço 1020 no solo natural argiloso da região amazônica. 2013. 479f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos da Amazônia). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos da Amazônia (PPG-ENGRAM), Faculdade de Tecnologia, Manaus, 2013.

-
- CHEUNG, C. et al. The spread of antimicrobial resistance in the aquatic environment from faecal pollution: a scoping review of a multifaceted issue. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 197, n. 4, p. 1-13, 25 mar. 2025. DOI: 10.1007/s10661-025-13580-6
- CLSI. *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*. 35th ed. Supplement M100. Clinical and Laboratory Standards Institute, 2025.
- CORREIA, M. S. et al. Physicochemical, microbiological and parasitological analysis of water for human consumption in a quilombola community in Alagoas. *Brazilian Journal of Biology*, v. 82, e270381, 15 jul. 2022. DOI: 10.1590/1519-6984.270381
- DELAUNAY, N. et al. Hydrogeochemical Characterization and Indicators of Anthropogenic Influence in Groundwater Around Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, p. 105175-105175, 1 set. 2024. DOI: 10.1016/j.jsames.2024.105175
- FILHO, E. D. S. et al. Estudo da qualidade físico-química e microbiológica da água de poço tubular situado no sítio Alegre no município de Lagoa Seca-PB. *Águas Subterrâneas*, v. 33, n. 1, p. 10-21, 23 mar. 2019. DOI: 10.14295/ras.v33i1.29176
- LAMON, A. W. Caracterização de biofilmes em filtros lentos domiciliares operados em fluxo contínuo e intermitente com o uso de microssores. 2020. 479f. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.
- MEDEIROS, C. E. B. F. S. de. Os impactos na qualidade da água e do solo de um manancial tropical do semiárido devido ao uso e ocupação e evento de seca extrema. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). [Não especificado], 2016.
- PÓVOAS, L. V. et al. Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água do rio Cachoeira, Bahia, BR. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 61258-61269, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-502
- QUINTELA, S. I. Qualidade da água para consumo humano: riscos associados à presença de biofilmes em torneiras de espaços escolares. 2016. 479f. Dissertação (Mestrado). Instituto Politécnico do Porto (Portugal), 2016.
- SHUBO, T.; FERNANDES, L.; MONTENEGRO, S. G. An overview of managed aquifer recharge in Brazil. *Water*, v. 12, n. 4, p. 1072, 9 abr. 2020. DOI: 10.3390/w12041072
- SINGH, A. K. et al. Antimicrobials and antibiotic resistance genes in water bodies: pollution, risk, and control. *Frontiers in Environmental Science*, v. 10, e883161, 28 abr. 2022. DOI: 10.3389/fenvs.2022.883161
- YANG, Y. et al. Profiles of antibiotic resistome risk in diverse water environments. *Communications Earth & Environment*, v. 6, n. 1, p. 1-13, 27 fev. 2025. DOI: 10.1038/s43247-025-01267-2