

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS TUBULARES EM CRISTALÂNDIA-PIAUI

Carla Fernanda Alves Nogueira ¹

Thiago de Norões Albuquerque ²

Marcília Martins da Silva ³

RESUMO

A qualidade da água é um indicador crucial para assegurar a saúde ambiental e a sustentabilidade do ambiente urbano. O uso de poços tubulares para o abastecimento de água é comum em muitas regiões, incluindo Cristalândia-PI que adota tal prática em conformidade com o recomendado na literatura. Este estudo investigou a qualidade de água de poços tubulares situados na zona urbana do município de Cristalândia-PI, através de ensaios físicos, químicos e biológicos, visando fornecer um panorama inicial da situação. Foram coletadas amostras em quatro bairros: Novo Horizonte, Centro, Nova República e Vila Zome, durante as campanhas de julho e novembro, analisando parâmetros como pH, condutividade, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido e presença de coliformes. Os resultados revelaram uma variabilidade considerável nos valores de pH, indicando diferentes condições químicas. A turbidez, em geral, estava dentro dos padrões, mas a presença de coliformes termotolerantes em diversas amostras sinalizou contaminação fecal, provavelmente devido a deficiências no saneamento básico. A temperatura da água também apresentou variações, podendo influenciar na proliferação de microrganismos. Conclui-se que a qualidade da água nos poços analisados é heterogênea, com destaque para a contaminação microbiológica. Recomenda-se a implementação de medidas para melhorar o saneamento básico e o monitoramento contínuo da qualidade da água, visando garantir a saúde da população e o desenvolvimento sustentável da região.

Palavras-chave: saúde ambiental, coliforme fecal, contaminação da água, saneamento básico.

¹ Carla Fernanda Alves Nogueira. IFPI-Campus Corrente. E-mail: carlafernandaalvesnogueira694@gmail.com

² Thiago de Norões Albuquerque. IFPI-Campus Corrente. E-mail: thiago.albuquerque@ifpi.edu.br

³ Marcília Martins da Silva. IFPI-Campus Corrente. E-mail: professora.marcilia@ifpi.edu.br.

ABSTRACT

Water quality is a crucial indicator of environmental health and sustainability. The reliance on tube wells for water supply is common in many regions, including Cristalândia-PI. This study investigated the water quality of tube wells located in the urban area of the municipality of Cristalândia-PI, through chemical, physical, and biological tests, aiming to provide an initial overview of the situation. Samples were collected in four neighborhoods: Novo Horizonte, Centro, Nova República, and Vila Zome, during the July and November campaigns, analyzing parameters such as pH, conductivity, turbidity, temperature, dissolved oxygen, and the presence of coliforms. The results revealed considerable variability in pH values, indicating different chemical conditions. Turbidity, in general, was within standards, but the presence of thermotolerant coliforms in several samples indicated fecal contamination, probably due to deficiencies in basic sanitation. Water temperature also showed variations, which may influence the proliferation of microorganisms. It is concluded that the water quality in the analyzed wells is heterogeneous, with emphasis on microbiological contamination. The implementation of measures to improve basic sanitation and continuous monitoring of water quality are recommended, aiming to guarantee the health of the population and the sustainable development of the region.

Keywords: environmental health, fecal coliform, water contamination, basic sanitation.

Data de aprovação: 07/02/2025

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997), a água é um recurso natural limitado e dotado de valor econômico essencial a existência de todos os organismos vivos. Segundo a mesma lei, a utilização das águas deve assegurar os usos múltiplos, ou seja, abrangendo dentre suas atividades o consumo humano, a agricultura, a indústria, a preservação ambiental e demais usos com importância em diferentes aspectos da vida e da economia.

Se tratando de fontes de abastecimento, existem os mananciais superficiais os quais tem suas águas em contato direto com a atmosfera, como em rios, lagos e represas, e as subterrâneas que apresentam suas águas armazenadas em aquíferos, abaixo da superfície terrestre (Silva; Clemente; Alves, 2015). Segundo Nguyen; Huynh, (2023) preferencialmente devemos optar por mananciais subterrâneos para atendimento populacional, uma vez que esses são menos vulneráveis aos processos de poluição e contaminações, tornando-os mais vantajosos para o abastecimento.

Entretanto, mesmo optando-se pela utilização de recursos hídricos subterrâneos para abastecimento das atividades econômicas, se faz necessário a realização dos ensaios laboratoriais de água como um processo necessário para assegurar sua qualidade física, química e biológica (Braga *et al.*, 2018).

Segundo Silva *et al.* (2021), a realização dos ensaios laboratoriais envolve verificar a presença de possíveis contaminantes e assegurar que a água atenda aos padrões de saúde e segurança requeridos para sua utilização. Monitorar os parâmetros estabelecidos como pH, sólidos totais, oxigênio dissolvido, coliformes totais, entre outros, além de identificar possíveis fontes de poluição que possam comprometer a saúde pública, fornecesse direcionamento para atenuação do problema observado (Ana, 2019).

Nesse contexto, quando as águas não apresentam qualidade conforme as legislações aplicáveis, as populações podem ser diretamente afetadas pelo adoecimento após sua ingestão com a ocorrência de doenças de veiculação hídrica. A ingestão de água contaminada pode levar ao desenvolvimento de diversas enfermidades, como diarreia aguda, cólera, hepatite A e febre tifoide, causando um significativo impacto na saúde pública (Correia *et al.*, 2021).

Assegurar a água em quantidade e qualidade adequados provoca uma diminuição da pobreza e do adoecimento, já que sua disponibilidade para todos propicia equidade nas necessidades mais básicas, e esse fator se intensifica principalmente nas áreas rurais de países em desenvolvimento (Brasil, 2019). Ademais, é crucial que esse controle seja regulamente verificado, a fim de garantir uma manutenção eficaz da qualidade da água para proteção da saúde dos consumidores (Silva, 2017).

O objetivo do trabalho foi realizar um levantamento preliminar da qualidade de água de poços tubulares privados situados na zona urbana do município de Cristalândia, através de ensaios físicos, químicos e biológicos e fornecer um indicativo sobre a qualidade da água disponível nessa região.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com a necessidade de garantir a prevenção contra doenças de veiculação hídrica e reduzir a taxa de mortalidade infantil, se torna imprescindível a adesão a políticas públicas que promovam a disponibilização de água potável em condições de quantidade e qualidade atendendo os padrões recomendados pelas normativas vigentes (Morlin; Euzébio, 2018). Ademais, é papel das políticas públicas instituir

mecanismos e instrumentos de divulgação de informações de acesso à água de qualidade para o consumo humano (Brasil, 2005).

As análises laboratoriais voltadas as águas variam com relação a atividade desenvolvida, requerendo uma seleção de parâmetros físicos, químicos e biológicos para determinação de sua qualidade (Misman et al., 2023). Dentre alguns parâmetros comumente utilizados podem ser citados: temperatura que pode influenciar na dissolução dos gases e na atividade biológica; pH sendo uma medida que indica o nível de acidez de uma amostra de água; turbidez com um indicativo da presença de material sólido disperso no líquido e oxigênio dissolvido que é um parâmetro essencial para a manutenção da vida aquática e processos biológicos, pois a respiração de peixes e outros organismos aquáticos depende deste (Ramos et al., 2019).

Quando se avalia a qualidade da água, alguns parâmetros interagem entre si, como cor aparente e turbidez, pois ambos refletem a presença de materiais sólidos em suspensão, que afetam a transparência da água. Assim, é comum observar que águas com níveis mais altos de turbidez também apresentam cor aparente elevada, indicando potenciais problemas em sua qualidade (Santos et al., 2014; Zerwes, 2015).

Para Ramos et al. (2019), outros parâmetros também apresentam significativa importância na qualidade das águas como condutividade, cloretos, sulfatos e os coliformes termotolerantes que fornecem indicativo da possibilidade de contaminação fecal do corpo hídrico ou aquíferos utilizados no abastecimento.

Considerando o abastecimento humano proveniente de poços rasos ou profundos, a presença de coliformes totais pode sugerir ineficiência do tratamento da água e um potencial risco a saúde das populações que utilizam essas águas (Bai et al., 2022). Essa contaminação tem a possibilidade de transmissão de doenças como infecções gastrointestinais graves expressas na forma de cólicas abdominais, diarreia, vômitos, colite hemorrágica e síndrome urêmico-hemolítica (Some et al., 2021). Portanto, é fundamental realizar monitoramentos regulares da qualidade da água para assegurar a segurança e a saúde das comunidades que dependem desse recurso (Peletz et al., 2018).

De acordo com as pesquisas de Peil, Kuss e Gonçalves (2015), a presença de microrganismos na água, como os coliformes, pode resultar em graves problemas de saúde, como doenças diarreicas. Essas infecções, especialmente em países em desenvolvimento, são responsáveis por altas taxas de mortalidade infantil (Peil; Kuss; Gonçalves, 2015). A *Escherichia coli* enteropatogênica, por exemplo, é um dos principais agentes causadores dessas doenças, podendo levar a diarreia, colite hemorrágica e até mesmo à síndrome hemolítica-urêmica (Saxena; Kaushik; Mohan, 2015 e Invik et al., 2017). O desenvolvimento dessas complicações coloca em risco a vida de pessoas de todas as idades e também de animais.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) (2017), apresenta que um aumento nos níveis de bactérias heterotróficas presentes na água pode decorrer de um tratamento ineficiente ou mesmo recontaminação produzido por biofilmes ou corrosão nas tubulações de distribuição levar ao adoecimento dos consumidores.

De acordo Barbosa (2022), a distribuição de água subterrâneas por meio de tubulações antigas, que possibilitam o acúmulo de resíduos como biofilme, é um fator que contribui significativamente para redução da qualidade das águas ofertadas. Com o objetivo de garantir a segurança na distribuição da água de poços e prevenir potenciais riscos à saúde, é fundamental que sejam realizados os tratamentos adequados para eliminar e inativar microrganismos patogênicos (Obayomi et al., 2024).

Considerando que na maioria dos casos as águas subterrâneas apresentam qualidade química satisfatória, cabe de acordo com as normativas vigentes, a realização dos processos de desinfecção das águas que podem ocorrer através de duas abordagens mediante agentes físicos ou químicos (Gao *et al.*, 2023). Através da cloração, o uso do agente químico hipoclorito de sódio (NaClO) inativa bactérias por meio oxidação de enzimas essenciais ao desenvolvimento de seus processos metabólicos (Ferreira *et al.*, 2023). Além disso, ele desnatura proteínas, alterando sua estrutura e função, e causa danos ao DNA, comprometendo a capacidade de reprodução das bactérias (Ferreira *et al.*, 2023).

Já a fervura causa a morte da parte das bactérias ao submeter essas a elevadas temperaturas, com a água a aproximadamente a 100°C ocorre a desnaturação de proteínas bacterianas (Cebrián; Comdón; Manãs, 2017). As proteínas são moléculas complexas essenciais para o funcionamento das células bacterianas, e a desnaturação altera irreversivelmente sua estrutura, tornando-as incapazes de desempenhar suas funções (Cebrián; Condón; Manãs, 2017).

Considerando que a Resolução Conama 396/2008 que estabelece os critérios para o enquadramento dos corpos de água subterrânea e padrões de qualidade que devem ser seguidos para proteger e manter a segurança desses recursos hídricos subterrâneos e a Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde que visa assegurar a qualidade de água para consumo humano, é estabelecido no mínimo e de forma obrigatória da realização do processo de desinfecção química das águas, de modo a assegurar a qualidade sanitária durante todo o processo de distribuição (Brasil, 2021).

Este último método é particularmente interessante considerando a segurança sanitária das águas subterrâneas distribuídas em comunidades rurais e os recursos financeiros limitados disponibilizados ao tratamento dessas águas, visto que este é um método barato e facilmente reprodutível (Viziolia; Montagnera, 2023).

3 METODOLOGIA

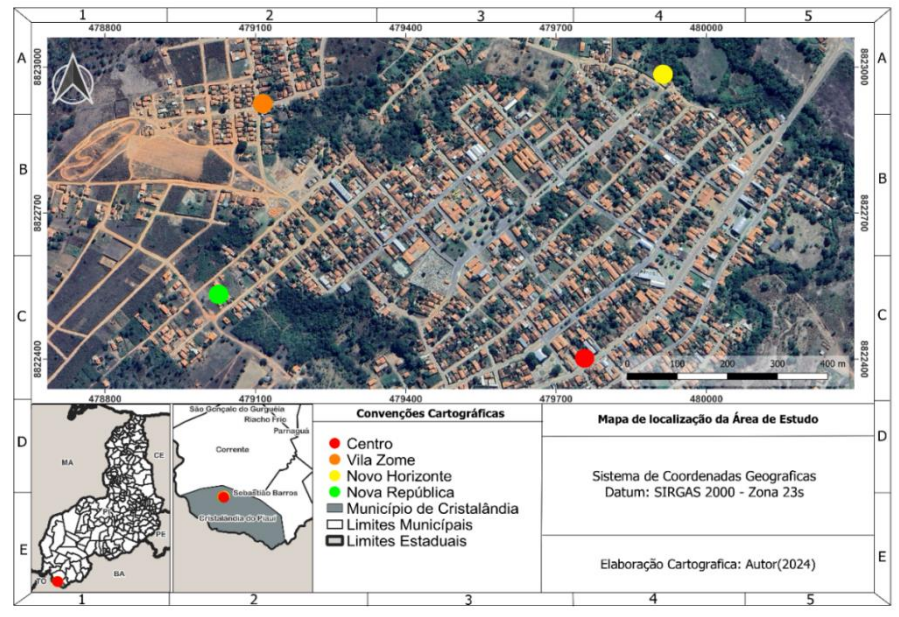
3.1 ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa tem caráter exploratório descritivo, sendo desenvolvido no município de Cristalândia-PI. A população do município é de aproximadamente 7.356 habitantes, com extensão territorial de 1.202,896 km inserida no bioma do tipo caatinga e cerrado (IBGE 2020).

O abastecimento de água no município de Cristalândia-PI ocorre através Agespisa água e esgoto do Piauí, sendo a captação proveniente de um conjunto de poços tubulares. Devido a ineficiência da prestação de serviço pela operadora de saneamento, com baixo atendimento da população local 15,57%, uma parcela dos moradores da área urbana do município recorre a formas de abastecimento de água alternativas, através de compra de água de poços privados (IBGE, 2022).

Para verificação da qualidade de água foram selecionados quatro poços um em cada bairro da cidade: Novo Horizonte, Centro, Nova República e Vila Zome, todos situados na zona urbana de Cristalândia – PI (MAPA 01).

MAPA 1 - Mapa Territorial da cidade de Cristalândia do Piauí.



Fonte: Autora (2024).

Foram realizadas duas campanhas de coleta de águas contemplando os meses de julho e novembro (Tabela 01). As coletas de água dos poços artesianos ocorreram durante a estação seca maio a outubro, e estação chuvosa novembro a abril (EMBRAPA, 2018).

Tabela 1 – Períodos das campanhas de coleta das amostras de águas dos poços tubulares no município de Cristalândia, Piauí.

Bairro	Data da 1ª campanha	Data da 2ª campanha
Novo Horizonte	20/07/2024	11/11/2024
Centro	21/07/2024	11/11/2024
Nova República	22/07/2024	11/11/2024
Vila Zome	22/07/2024	10/11/2024

Fonte: Autora (2024)

Os procedimentos de coleta seguiram as recomendações do Manual de Coleta e Análise de Amostras de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2007), inicialmente foi realizado a higienização do espaço e em um segundo momento foi realizado a coleta (Figura 1).

Figura 1 – Coleta de água nos poços analisados.



Fonte: Autora (2024).

In loco foi medida a temperatura com uso do termômetro e posteriormente as amostras foram transportadas para o Laboratório de Saneamento do Instituto Federal do Piauí – Campus Corrente, onde foram acondicionadas em geladeira para preservar suas características até a realização das demais análises. No laboratório (Figura 2), foram analisados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, turbidez, coliformes totais, coliformes termotolerantes (Tabela 2). Com relação ao parâmetro oxigênio dissolvido, sua medição não ocorreu em campo devido as questões de funcionalidade do equipamento destinando a essa análise.

Figura 2 – Procedimento analítico para determinação de coliformes em laboratório.



Fonte: Autora (2024).

Tabela 2- Parâmetros e equipamentos adotados nas análises físico-químicas e microbiológicas da água.

Parâmetro	Método/Equipamento*	Unidade de medida
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro (Lutron) - DO-5519	mg.L ⁻¹
Temperatura	Termômetro	°C
Condutividade Elétrica	Sonda Multiparâmetro	µS.cm ⁻¹
pH	Sonda Multiparâmetro	UpH
E. Coli	Meio cromogênio em DIP em papel - Colipaper	UFC
Turbidez	Turbidímetro Plus	UNT

*Conforme Standard Methods 21ª ed. (2012) e ABNT NBR 12614 (1992).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da qualidade da água referente aos poços artesianos localizados em Cristalândia demonstra uma variabilidade nos resultados dos parâmetros avaliados. Os valores de pH encontrados nas amostras de água variaram entre os diferentes poços analisados, indicando condições químicas possivelmente distintas (Tabela 3 e 4). Os valores obtidos considerando os poços monitorados ficaram entre 4,5 e 12,7. O valor de pH para a 1ª campanha no poço do bairro Novo Horizonte (12,7), corresponde a um muito superior aos demais e pode indicar um problema específico no poço onde a amostra foi coletada. Algumas amostras apresentaram valores levemente ácidos ou alcalinos, o que pode ocorrer devido a presença de substâncias dissolvidas na água.

A variação do pH nos resultados pode ser atribuída a diversos fatores, como a composição geológica do local (solo e rochas), a época de coleta das amostras e a profundidade dos poços. Esta última, em particular, pode corresponder a principal influência nos resultados deste estudo, uma vez que diferentes profundidades podem interceptar camadas geológicas diferentes.

Além disso, os valores de pH influenciam a solubilidade de metais e a eficiência de processos de desinfecção, onde valores de pH mais elevados tendem a reduzir o processo de desinfecção com uso de cloro. Segundo Gongora *et al.* (2024), na presença de pH elevado, o cloro se encontra predominantemente na forma de íon hipoclorito (OCl^-), que é menos eficaz no processo de desinfecção da água.

Tabela 3 – Resultado da qualidade de água dos poços tubulares coletadas no período seco nos bairros de Cristalândia do Piauí

PARÂMETROS	NOVO HORIZONTE Campanha I	VILA ZOME Campanha I	CENTRO Campanha I	NOVA REPÚBLICA Campanha I
pH	12,7	5,95	9,44	4,5
Temperatura (°C)	28,3	28,4	28,3	28,3
Turbidez (UNT)	0,0	0,0	0,53	0,20
Condutividade ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$)	33,3	5,24	8,68	5,38
Oxigênio dissolvido* ($\text{mg}.\text{L}^{-1}$)	6,9	10,5	14,7	10,4
Coliformes termotolerantes (UFC)	400	320	480	720
Coliformes totais (UFC)	2.400	640	800	800

Fonte: Autora (2024).

*Medida realizada posteriormente a coleta em virtude de problemas com equipamento.

Tabela 4 – Resultado da qualidade de água dos poços tubulares coletadas no período chuvoso nos bairros de Cristalândia do Piauí

PARÂMETROS	NOVO HORIZONTE Campanha II	VILA ZOME Campanha II	CENTRO Campanha II	NOVA REPÚBLICA Campanha II
pH	7,43	5,95	9,44	4,5
Temperatura (°C)	29,1	28,4	28,3	28,3
Turbidez (UNT)	0,0	0,0	0,53	0,20
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	3,8	5,24	8,68	5,38
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	3,8	10,5	14,7	10,4
Coliformes termotolerantes (UFC)	720	320	480	720
Coliformes totais (UFC)	1.040	640	800	800

Fonte: Autora (2024).

Considerando a análise da temperatura da água dos poços, os diferentes bairros e campanhas revela uma variação relativamente pequena, com a maioria dos valores concentrando-se entre 28°C e 30°C (Tabela 3 e 4). Ao comparar os resultados das duas campanhas, observa-se uma pequena variação nos valores de temperatura, o que pode ser atribuído a fatores como flutuações climáticas e variações na profundidade dos poços. É importante destacar que a temperatura da água pode variar ao longo do ano, sendo influenciada por fatores como estação do ano e hora do dia.

Ao comparar os resultados deste estudo com os de Barbosa e Maffessoni (2023), que analisaram 95 poços e encontraram apenas 1% deles com temperaturas entre 25°C e 33°C e 99% com temperaturas abaixo de 25°C, observa-se que a temperatura da água dos poços na região de entre 28°C e 30°C pode apresentar variações consideráveis, dependendo de fatores locais como a geologia, o clima e a profundidade dos poços. Essa constatação reforça a importância de realizar estudos específicos para cada região, a fim de caracterizar as águas subterrâneas e suas peculiaridades.

A temperatura da água pode influenciar outros parâmetros de qualidade, como a proliferação de microrganismos. Temperaturas elevadas podem favorecer o crescimento de bactérias, o que pode comprometer a qualidade microbiológica da água. Conforme destacado por Wielen *et al.* (2023), temperaturas elevadas proporcionam um ambiente ideal para a proliferação de diversas espécies bacterianas, acelerando seus processos metabólicos e, conseqüentemente, aumentando sua população. Essa relação direta entre temperatura e crescimento bacteriano torna a monitoração da temperatura da água um aspecto relevante para a avaliação da sua qualidade microbiológica, especialmente em sistemas de abastecimento que sofrem influência de variações climáticas.

Em relação à análise da turbidez da água dos poços artesianos, verificou-se valores majoritariamente baixos, com a maioria das amostras apresentando turbidez igual a zero (Tabela 3 e 4). Os poucos casos em que a turbidez foi detectada, os valores estiveram abaixo do limite estabelecido pela Portaria nº 888 do Ministério da Saúde (5 UT), indicando que a qualidade da água, nesse aspecto, atende aos padrões de potabilidade. Não foram observadas diferenças expressivas nos valores de turbidez entre os diferentes bairros ou entre as duas campanhas de coleta, sugerindo que a qualidade da água em relação à turbidez se manteve relativamente constante ao longo do período analisado.

A baixa turbidez encontrada nas amostras de água indica que a água dos poços artesianos de Cristalândia do Piauí é relativamente livre de partículas em suspensão, o que é um indicador de qualidade da água. É comum que águas subterrâneas apresentem baixos níveis de turbidez, uma vez que estão protegidas da ação direta de agentes externos como chuvas e ventos que podem carregar partículas do solo para o corpo d'água. Essa característica das águas subterrâneas contribui para uma menor variação na turbidez ao longo do tempo e em diferentes pontos de coleta. Tal fato é corroborado por Rocha (2019), ao afirmar que a turbidez dos corpos d'água superficial é frequentemente elevada por partículas de solo arrastadas em processos erosivos, apresentando um comportamento diferente em mananciais subterrâneos.

Apesar da Portaria GM/MS nº 888/2021 não estabelecer um limite máximo específico para a condutividade, a literatura científica associa valores elevados a uma maior concentração de sais minerais dissolvidos, o que pode influenciar o sabor da água e, em alguns casos, tornar a água inadequada para o consumo humano (Boesch (2002); Esteves (2011); Piñeiro Di Blasi *et al.*, 2013; Piratoba *et al.*, 2017).

A condutividade elétrica é um parâmetro importante para avaliar a qualidade da água, pois fornece informações sobre a presença de íons dissolvidos, como cálcio, magnésio, sódio e cloreto (Piratoba *et al.*, 2017). Platikanov *et al.* (2013), afirmam que valores elevados de condutividade podem estar associados a problemas de saúde, como a formação de incrustações em tubulações e equipamentos, além de influenciar o sabor e o odor da água. No entanto, os valores de condutividade elétrica encontrados neste estudo, com médias entre 3,8 e 47,5 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, estão abaixo da faixa considerada usual para águas subterrâneas, conforme observado por Rajendran e Mansiya (2015), que relatam valores entre 650 e 1200 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Em virtude de o oxigênio dissolvido não ser medido em campo devido a funcionalidade do equipamento, a análise dos níveis de oxigênio dissolvido (OD) nas amostras de água dos poços revelaram uma variação considerável entre os diferentes bairros de coleta e campanhas (Tabela 3 e 4). Os valores de OD oscilaram entre 3,8 mg/L e 14,7 mg/L. Observou-se que os valores de OD apresentaram uma tendência a ser mais elevados na primeira campanha em relação à segunda, especialmente nos poços dos bairros Vila Zome, Centro e Nova República.

Os valores de oxigênio dissolvido (OD) encontrados neste estudo, que variaram entre 3,8 e 14,7 mg/L, apresentaram uma amplitude maior do que a observada por Dourado *et al.* (2018) em seus 6 poços analisados. Enquanto esses autores encontraram valores entre 4,30 e 6,65 mg/L, os resultados aqui apresentados sugerem uma maior heterogeneidade na concentração de OD na área estudada. Além disso, embora a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde não estabeleça um valor máximo permitido para o OD em águas subterrâneas, os valores encontrados neste estudo estão acima do intervalo de 0 a 5 mg/L sugerido por Feitosa (1997).

A variação nos níveis de OD observados neste estudo pode ser atribuída a diversos fatores, como, imprecisão de medida no equipamento utilizado, temperatura da água, presença de matéria orgânica, atividade microbiana e taxa de renovação da água no poço. A presença de fossas sem revestimento (Figura 3 e 4) nas proximidades dos poços pode ser um fator contribuinte para as diferenças observadas nos níveis de oxigênio dissolvido. A infiltração de efluentes provenientes dessas fossas pode levar à contaminação da água subterrânea com matéria orgânica, que ao ser decomposta por microrganismos consome o oxigênio presente na água. Dessa forma, poços mais próximos ou com maior influência de fossas sem revestimento tendem a apresentar menores concentrações de OD, como observado em alguns resultados. Tal fato pode ser corroborado por Rajendiran *et al.* (2023) ao afirmar que a relação negativa entre carbono orgânico dissolvido e oxigênio dissolvido, como observado pelos autores, sugere que a presença de matéria orgânica biodisponível no aquífero pode estar consumindo o oxigênio disponível, levando à diminuição dos níveis de OD.

Figura 1 – Registro de fossa sem revestimento em proximidade de poço de água subterrânea, evidenciando potencial risco de contaminação.



Fonte: Autora (2024).

Ainda em relação a tabela 3 e 4, a análise dos dados de coliformes termotolerantes e totais revelou contaminação fecal em diversos poços artesanais dos bairros de Cristalândia do Piauí. Os valores encontrados variaram significativamente entre os diferentes bairros e campanhas, com alguns poços apresentando valores bem elevados contrariando a indicação estabelecida pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (ausência em 100mL), como o bairro Novo Horizonte, Vila Zome e Nova República.

Em geral, observou-se uma maior ocorrência de coliformes termotolerantes e totais na primeira campanha, sugerindo contaminação fecal essencialmente pela presença de *Escherichia coli* (E. coli). Os resultados deste estudo, em que todas as amostras dos 4 poços analisados nas duas campanhas apresentaram desacordo com a Portaria nº 888/2021, são corroborados por Silva et al. (2023).

Esses autores, ao analisarem 265 amostras de água de poços na região metropolitana de Belo Horizonte, encontraram taxas significativas de contaminação por coliformes totais (55%) e E. coli (16%). A alta prevalência de contaminações

microbiológicas em ambos os estudos evidencia a necessidade urgente de medidas para garantir a qualidade da água subterrânea nessas regiões.

Segundo Pal (2014), bactérias coliformes totais podem ou não causar doenças, mas sua presença indica que o suprimento de água pode ser vulnerável à contaminação por microrganismos mais prejudiciais. *Escherichia coli* (*E. coli*) sendo esse encontrado nos intestinos organismos de sangue quente, incluindo humanos. A presença de *E. coli* na água indica contaminação fecal recente e pode indicar a possível presença de patógenos causadores de doenças, como bactérias, vírus e parasitas.

O conhecimento de que a presença de coliformes totais e *E. coli* sinalizam a possível presença de bactérias patogênicas é confirmado por Kilungo *et al.* (2018) que avaliou a qualidade microbiológica da água em poços escavados e perfurados sendo encontrado uma elevada presença de coliformes totais e *E. coli* sempre associada a presença de demais bactérias patogênicas.

A detecção de coliformes termotolerantes nas amostras de água dos poços artesianos indica contaminação fecal recente, provavelmente oriunda de efluentes domésticos, como os provenientes de fossas sépticas, ou dejetos animais em contato com a água. A presença desses microrganismos sugere a necessidade de medidas urgentes para identificar e corrigir as fontes de contaminação, garantindo assim a qualidade da água para o consumo humano.

A variabilidade nos níveis de contaminação por coliformes entre os diferentes bairros e campanhas pode ser atribuída a diversos fatores, tais como a qualidade das instalações sanitárias, com a ausência de sistemas de esgotamento adequados e a disposição inadequada de resíduos favorecendo a contaminação das águas (Silva; Camargo; Treichel, 2024). Contudo, independente da forma de entrada desses no manancial, a água para o consumo humano deve estar livre de microrganismos patogênicos e não deve conter bactérias indicadoras de contaminação fecal (Silva *et al.*, 2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da análise da qualidade da água dos poços artesianos revelaram uma variabilidade considerável nos parâmetros avaliados. A maioria das amostras apresentou valores de pH dentro do observado para águas subterrâneas, porém foram observados casos específicos de pH elevado e reduzido. A condutividade elétrica variou significativamente entre as amostras, indicando diferentes níveis de mineralização. Considerando a turbidez, essa esteve dentro dos padrões estabelecidos considerando a qualidade para abastecimento humano. No entanto, foi observado uma presença elevada de coliformes termotolerantes e totais requerendo um processo de desinfecção antes de sua disponibilização caso seja utilizada para abastecimento.

A presença de coliformes termotolerantes em águas de poços, indica a necessidade de melhorias no saneamento básico, com a construção de sistemas de esgotamento sanitário e a substituição de fossas sem revestimento por sistemas mais adequados. Além disso, é fundamental realizar um monitoramento contínuo da qualidade da água, a fim de identificar e controlar as fontes de contaminação. A implementação de programas de educação ambiental também é essencial para conscientizar a população sobre a importância da qualidade da água e a necessidade de adotar práticas adequadas de higiene e saneamento.

Em suma, os resultados deste estudo demonstram a importância de avaliar a qualidade da água de forma regular, especialmente em áreas com alto risco de contaminação. A adoção de medidas para melhorar a qualidade da água dos poços artesianos é fundamental para garantir a saúde da população e promover o desenvolvimento sustentável da região. Adicionalmente, a realização de estudos mais aprofundados, com a análise de outros parâmetros e a avaliação das condições geológicas e hidrogeológicas da área, pode contribuir para uma melhor compreensão da qualidade da água e para a implementação de medidas de gestão mais eficazes.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2019.

BAI, V. R.; KIT, A. C.; KANGADHARAN, G.; GOPINATH, R.; VARADARAJAN, P.; HAO, A. J. Experimental study on total coliform violations in the complied NH₂Cl, O₃, and UV treated municipal water supply system. **The European Physical Journal Plus**, v. 137, n. 6, p. 689, 2022.

BARBOSA, P. A. Análise da qualidade da água de poços artesianos na zona rural do município de Passira/PE. 2022. 29f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2022.

BARBOSA, A. T.; MAFFESSIONI, D. Qualidade dos poços de águas subterrâneas no município de Farroupilha, Rio Grande do Sul, Brasil. **Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas**, v. 1, p. 1-10, 2023.

BOESCH, D. F. Challenges and opportunities for science in reducing nutrient over-enrichment of coastal ecosystems. **Estuaries**, v. 25, n. 4b, p. 886– 900, 2002.

BRAGA, E. S.; FREITAS, C. B.; MENDES, L. S. A. S.; AQUINO, M. D. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 17-24, 2018.

BRASIL. Decreto no 5.440, de 4 de maio de 2005. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 maio 2005a. Seção 1, p. 2-4.

BRASIL. **Lei nº 9.433**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 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, 4 maio 2021

CEBRIÁN, G.; CONDÓN, S.; MAÑAS, P. Physiology of the Inactivation of Vegetative Bacteria by Thermal Treatments: Mode of Action, Influence of Environmental Factors and Inactivation Kinetics. **Foods**, v. 6. P.107, 2017.

CORREIA, C. V.; HUSZCZ, G. B.; PAES, B. A.; SANTOS, A. G. E.; MARTENS, L. B. Doenças de veiculação hídrica e seu grande impacto no Brasil: consequência de alterações climáticas ou ineficiência de políticas públicas? **Brazilian Medical Students**, v. 5, n. 8, p., 2021.

DOURADO, A. A.; FERRAZ, L. L.; SILVA, A. R. S.; ROCHA, F. A. Qualidade físico-química e microbiológica da água em reservatórios subterrâneos na cidade de Vitória da Conquista-BA para fins de potabilidade. **Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas**, v. 1, p. 1-8, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. **Clima**. Disponível:<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso: 19 jul. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2ª Aproximação). Rio de Janeiro, 2011.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FEITOSA, F. A. C. **Hidrogeologia, conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM, LAB-HID, 1997, 389p.

FERREIRA, F. A.; MAEDA, A. A. L.; PINHEIRO, I.; GOMES, P. G. M.; GOMES, R. O. M.; FERNANDES, C. B. Mecanismos de ação do hipoclorito de sódio em ambientes de medicina legal. **Ciências da Saúde**, v. 27, n. 127, p. 1-16, 2023.

GAO, M.; YANG, Z.; LIANG, W.; AO, T.; CHEN, W. Recent advanced freestanding pseudocapacitive electrodes for efficient capacitive deionization. **Separation and Purification Technology**, v. 324, p. 124577, 2023.

GONGORA, KIMBERLY.; VANKERSCHAUER, JORIS.; SAMPERS, IMCA.; VAN HAUTE, S. The influence of pH on the efficacy of oxidation-reduction potential (ORP) to predict chlorine disinfection of surrogate bacteria, *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in oxidant demand free conditions and fresh produce wash water. **Food Microbiology**, v. 121, p. 104516, 2024.

IBGE. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250 000 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. -Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 168 p. -(Relatórios metodológicos, ISSN 0101-2843; v. 45). Bibliografia: p. 125-138.

INVIK, J.; BARKEMA, H.W.; MASSOLO, A.; NEUMANN, N.F.; CHECKLEY, S. Total coliform and *Escherichia coli* contamination in rural well water: analysis for passive surveillance. **Journal of Water and Health**, v. 15, n. 5, p. 729-740, 2017.

KILUNGO, A.; POWERS, L.; ARNOLD, N.; WHELAN, K.; PATERSON, K.; YOUNG, D. Evaluation of Well Designs to Improve Access to Safe and Clean Water in Rural Tanzania. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 1, p. 64, 2018.

MISMAN, N. A.; SHARIF, M. F.; CHOWDHURY, A. J. K.; AZIZAN, N. H. Water pollution and the assessment of water quality parameters: a review. **Desalination and Water Treatment**, v. 294, p. 79-88, 2023.

MORLIN, V. T.; EUZÉBIO, S. R. M. Direito à água: um direito humano de três dimensões. In: BRASIL. Conselho Nacional do Ministério Público. **Revista do CNMP: água, vida e direitos humanos**. Brasília: CNMP, 2018. v. 260 p.

NGUYEN, G. T.; HUYNH, N. T. H. Seasonal variations in groundwater quality under different impacts using statistical approaches. **Civil Engineering Journal**, v. 9, n. 3, p. 497-511, 2023.

OBAYOMI, O. V.; OLAWOYIN, D. C.; OGUNTIMEHIN, O.; MUSTAPHA, L. S.; KOLADE, S. O.; OLADOYE, P. O.; OH, S.; OBAYOMI, K. S. Exploring emerging water treatment technologies for the removal of microbial pathogens. **Current Research in Biotechnology**, v. 8, p. 100252, 2024.

PAL, P. Detection of coliforms in drinking water and its effect on human health - A Review. **International Letters of Natural Sciences**, v. 17, p. 122-131, 2014

PEIL, G.H.S.; KUSS, A.V.; GONÇALVES, M.C.F. Avaliação da qualidade bacteriológica da água utilizada para abastecimento público no município de Pelotas - RS – Brasil. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 1, p. 79-84, 2015.

PELETZ, R.; KISIANGANI, J.; BONHAM, M.; RONO, P.; DELAIRE, C.; KUMPEL, E.; MARKS, S.; KHUSH, R. Why do water quality monitoring programs succeed or fail? A qualitative comparative analysis of regulated testing systems in sub-Saharan Africa. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 221, n. 6, p. 907-920, 2018.

PLATIKANOV, S.; GARCIA, V.; FONSECA, I.; RULLÁN, E.; DEVEZA, R.; TAULER, R. Influence of minerals on the taste of bottled and tap water: a chemometric approach. **Water Research**, v. 47, p. 693-704, 2013.

PIÑEIRO DI BLASI, J. I.; MARTÍNEZ TORRES, J.; GARCÍA NIETO, P. J.; ALONSO FERNÁNDEZ, J. R.; DÍAZ MUÑIZ, C.; TABOADA, J. Analysis and detection of outliers in water quality parameters from 'different automated monitoring stations in the Miño river basin (NW Spain). **Ecological Engineering**, v. 60, p. 60–66, 2013.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. e. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente & Água**, 1 v. 12, n. 3, p. 437-456, 2017.

RAJENDRAN, A.; MANSIYA, C. Physico-chemical analysis of ground water samples of coastal áreas of south Chennai in the post-Tsunami scenario. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n. 121 p. 218–222, 2015.

RAJENDIRAN, T.; SABARATHINAM, C.; PANDA, B.; ELUMALAI, V. Influence of Dissolved Oxygen, Water Level and Temperature on Dissolved Organic Carbon in Coastal Groundwater. **Hydrology**, v. 10, n. 4, p. 85, 2023.

RAMOS, A. S.; OLIVEIRA, V. P. S.; ARAÚJO, T. M. R. Qualidade da água: parâmetros e métodos mais utilizados para análise de água de recursos hídricos superficiais. **Holos Environment**, v. 19, n. 2, p. 205-219, 2019.

ROCHA, P. S. G. **Análise da influência da turbidez em resultados de amostra de água subterrânea**. 2019. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Conformidade Ambiental) - Escola Superior da CETESB, São Paulo, 2019.

SANTOS, R. S.; MOHR, T. **Saúde e qualidade da água**: Análises Microbiológicas e Físico-Químicas em Águas Subterrâneas. *Contexto & Saúde*, v. 13, n. 24/25, p. 46-53,. 2014.

SAXENA, T.; KAUSHIK, P.; MOHAN, M.K. Prevalence of E. coli O157: H7 in water sources: an overview on associated diseases, outbreaks and detection methods. **Diagnostic Microbiology and Infectious Disease**, v. 82, n. 3, p. 249-264, 2015.

SILVA, C. de O.; CLEMENTE, J. A.; ALVES, A. C. F. S. P. Degradação ambiental e sociedade: um estudo do manancial de abastecimento público da cidade de Santana do Mundaú - AL. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 4, p. 490-513, 2015.

SILVA, M. M. **Qualidade da água de abastecimento e aspectos sociais e comportamentais de seus consumidores no município de Mossoró/RN**. 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

SILVA, C. R. da; SANCHES, M. S.; MILHIM, B. H. G. de A.; ROCHA, S. P. D. da; PELAYO, J. S. Avaliação da presença e quantificação de coliformes totais e Escherichia coli em amostras de água destinada ao consumo humano proveniente de poços artesianos. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 40, n. 2, p. 129-140, 2019.

SILVA, F. O. da; CAMARGO, A. F.; TREICHEL, H. Thermotolerant coliform bacteria present in water bodies. **Brazilian Applied Science Review**, v. 8, n. 1, p. 42-67, 2024.

SILVA, L. J.; AMARAL, L. A. J.; LOPES, L. G. Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 615-622, 2021.

SILVA, G. S.; SOUZA, C. R.; PEREIRA, V. V.; AZEVEDO, F. C. R.; SOARES, I. V.; ALCANTARA, M. D.; LUZ, G. J.; SILVEIRA, M. R. Contaminação por compostos nitrogenados e coliformes em águas subterrâneas da região metropolitana de Belo Horizonte, Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 3, p. 106-124, 2023.

SOME, S.; MONDAL, R.; MITRA, D.; JAIN, D.; VERMA, D.; DAS, S. Microbial pollution of water with special reference to coliform bacteria and their nexus with environment. **Energy Nexus**, v. 1, p. 100008, 2021.

WIELEN, V. D. P. W.; DIGNUM, M.; DONOCHIK, A.; PREST, E. I. Influence of Temperature on Growth of Four Different Opportunistic Pathogens in Drinking Water Biofilms. **Microorganisms**, v. 11, p. 1574, 2023.

VIZIOLLI, B. D. C.; MONTAGNER, C. C. Questões regulatórias sobre a desinfecção da água e o impacto da geração de DBPs na qualidade da água tratada. **Química Nova**, v. 46, n. 4, p. 390-404, 2023.

ZERWES, M. S.; SECCHI, M. I.; CALDERAN, T. B.; BORTOLI, J.; TONETTO, J. F.; TOLDI, M.; OLIVEIRA, E. C.; SANTANA, E. R. R. Análise da qualidade de poços

artesianos do município Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Ciência e Natura**, v. 37, n.4, p.651-663, 2015.