

## **Análise da qualidade da água de poços artesianos em zona rural do semiárido do Estado de Pernambuco**

### ***Analysis of water quality from artesian wells in the in rural area of the semi-arid region of Pernambuco State***

**Paulo Augusto Barbosa<sup>1</sup>; João Pedro da Silva Costa<sup>2</sup>; Simeia E. Domingos de Oliveira<sup>3</sup> Elizabeth A. Pastich<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Campus Caruaru, Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Caruaru, PE, Brasil. Email: paulo.augustobarbosa@ufpe.br.

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0002-3926-6861>

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Campus Caruaru, Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Caruaru, PE, Brasil. Email: joao.silvacosta@ufpe.br

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0004-9459-5179>

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Campus Caruaru, Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Caruaru, PE, Brasil. Email: simeia.domingos@ufpe.br

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0005-8535-9999>

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pernambuco, Campus Caruaru, Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Caruaru, PE, Brasil. Email: elizabeth.goncalve@ufpe.br

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5697-9607>

**Resumo:** Cerca de 30% da água doce disponível no planeta é subterrânea, e esse recurso é amplamente utilizado como fonte alternativa no nordeste do Brasil. No semiárido, a água subterrânea desempenha um papel essencial no abastecimento de cidades e comunidades rurais, sendo frequentemente a principal fonte durante os períodos de seca. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água dos principais poços artesianos utilizados para abastecimento público na zona rural do município de Passira-PE. Foram selecionados cinco poços, dos quais dois possuíam dessalinizadores. Ao longo da pesquisa, foram coletadas sete amostras de água, antes e depois do uso dos dessalinizadores, para verificar suas reais influências na qualidade da água. As análises físico-químicas e microbiológicas realizadas incluíram testes de coliformes totais, *Escherichia coli*, dureza de cálcio, dureza total, alcalinidade, salinidade, turbidez, condutividade elétrica, pH e cor. Os resultados revelaram que todos os cinco poços estavam fora dos padrões de potabilidade, especialmente quanto à dureza total e à presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, o que representa um risco significativo para a saúde pública. A dessalinização foi crucial não apenas para reduzir a salinidade da água quanto para reduzir os níveis de patógenos, dureza total, alcalinidade, salinidade e condutividade elétrica.

**Palavras-chave:** Água subterrânea; Escassez hídrica; Dessalinização; Abastecimento.

**Abstract:** About 30% of the freshwater available on the planet is groundwater, and this resource is widely used as an alternative source in northeastern Brazil. In the semi-arid region, groundwater plays an essential role in supplying cities and rural communities, often being the main source during drought periods. This study aimed to assess the water quality of the main artesian wells used for public supply in the rural area of the municipality of Passira-PE. Five wells were selected, two of which were equipped with desalination units. Throughout the research, seven water samples were collected, both before and after the use of desalination units, to verify their actual impact on water quality. The physical, chemical, and microbiological analyses included tests for total coliforms, *Escherichia coli*, calcium hardness, total hardness, alkalinity, salinity, turbidity, electrical conductivity, pH, and color. The results showed that all five wells failed to meet drinking water standards, particularly in terms of total hardness and the presence of total coliforms and *Escherichia coli*, which pose a significant public health risk. Desalination was crucial not only for reducing water salinity but also for lowering levels of pathogens, total hardness, alkalinity, salinity, and electrical conductivity.

**Keywords:** Groundwater; Water scarcity; Desalination; Water supply.

Recebido: 30/09/2024; Aceito: 05/05/2025; Publicado: 30/05/2025.

## 1. Introdução

A disponibilidade de água é abundante no planeta terra, mas cerca de 30% da água doce disponível é subterrânea (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2024). Na região nordeste do Brasil, esse recurso é comumente utilizado, visto que a oferta de água superficial é limitada. No semiárido essa fonte de água desempenha um papel fundamental no abastecimento de cidades e nas comunidades rurais, sendo muitas vezes a principal fonte de água nos períodos de seca (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2012).

É fundamental que a água chegue a todas as comunidades em quantidade e qualidade adequadas, especialmente nas regiões de difícil acesso e com baixos índices de chuva. Quando essa qualidade não é garantida, podem surgir sérios problemas de saúde pública (GASPARINI, 2020).

O Nordeste brasileiro ocupa 1,5 milhão de km<sup>2</sup> e compreende nove estados da Federação brasileira, o clima que predomina é o semiárido que abrange 60% da área total. Essa região possui precipitação pluvial anual de 500 mm em algumas localidades, abaixo da média nacional que varia de 1200 mm/ano a 2000 mm/ano (MOLION; BERNADO, 2002). A irregular distribuição espacial e temporal das chuvas, em conjunto com uma elevada evapotranspiração, tem provocado o fenômeno das secas, o que tem, historicamente, provocado inúmeros transtornos socioeconômicos a região (BRITTO; MELO; SILVA, 2006).

O semiárido brasileiro é composto por 1262 municípios, onde vivem mais de 26 milhões de pessoas, o que corresponde a 12% da população do Brasil. Dentre esses habitantes, mais de 9,6 milhões vivem na zona rural, que correspondem a 36,88% da população do semiárido (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA, 2010). De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2017), 48% do total das cidades do semiárido brasileiro possuem abastecimento de água com tratamento, enquanto 39% não têm tratamento. No ano de 2017, 1.099 municípios (65%) enfrentaram racionamento de água. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), referente aos índices de abastecimento de água no semiárido, 84% da população abastecida é urbana, e 70% corresponde a parcela total, urbana mais a rural.

No dia 16 de março de 2016, o estado de Pernambuco decretou situação de emergência devido à estiagem em 55 municípios do Agreste, dentre os quais o município de Passira fazia parte dessa lista de municípios (G1, 2016). Com o período forte de estiagem, o município de Passira sofreu com o racionamento imposto, principalmente o centro urbano, com intermitência no abastecimento de água pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa). A barragem de Jucazinho, localizada no município de Surubim/PE, operava no abastecimento da cidade de Passira e em mais 12 outras cidades do Agreste de Pernambuco, nesse período a barragem sofreu um colapso devido à escassez de chuvas, impossibilitando o abastecimento nessas cidades (GRIESINGER, 2016).

Diante deste cenário, a cidade de Passira procurou em caráter de emergência outras fontes alternativas para abastecer a cidade, uma das tecnologias proposta foi à exploração das águas subterrâneas, encontradas em diversas localidades, sobretudo nas zonas rurais. Um dos aspectos limitantes foi o processo de salinização do solo que essas áreas enfrentavam e que implicavam em perda da qualidade da água subterrânea. Assim, o uso de dessalinizadores foi a tecnologia empregada visando minimizar esse aspecto da água. Atualmente, esses poços, muitas vezes acoplados a dessalinizadores, se apresentam como fonte fundamental ao abastecimento (SILVA *et al.*, 2020). Essa pesquisa buscou caracterizar a qualidade da água e a eficiência dos equipamentos para garantia da potabilidade da água. Além disso, o trabalho se propõe um plano de ação para a região, caso sejam identificadas necessidades de intervenção, visando orientar ações corretivas e preventivas, caso sejam identificadas necessidades de intervenção.

## 2. Metodologia

A Figura 1 apresenta o fluxograma com a sequência das etapas metodológicas adotadas neste estudo, desde a delimitação da área de pesquisa até a análise e interpretação dos resultados obtidos. As etapas foram organizadas de forma a garantir a sistematização do processo investigativo, envolvendo inicialmente o levantamento de informações sobre os poços artesanais ativos no município de Passira-PE, seguido pela definição de critérios para seleção das amostras, realização de visitas técnicas, coleta de dados em campo e, por fim, análises laboratoriais físico-químicas e microbiológicas. Os resultados foram então comparados com os parâmetros de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente.

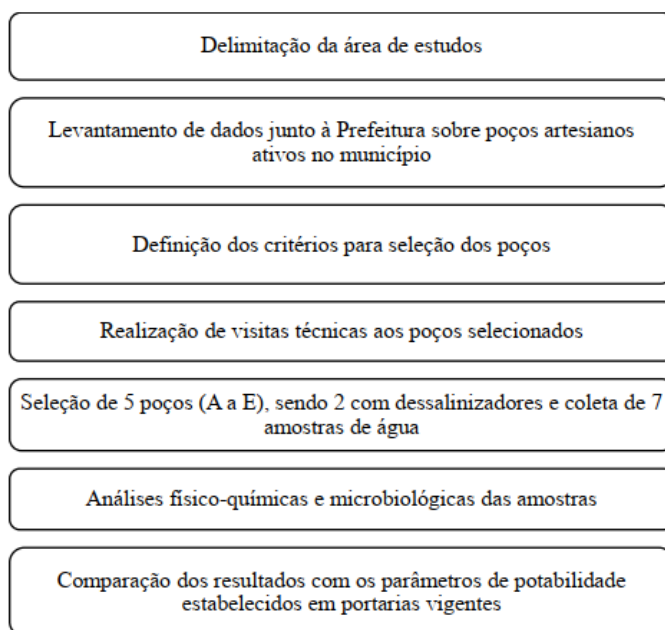


Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas do estudo.

Fonte: Barbosa *et al* (2025).

O estudo foi conduzido no município de Passira, localizado no Agreste do estado de Pernambuco, conforme apresentado na Figura 2.

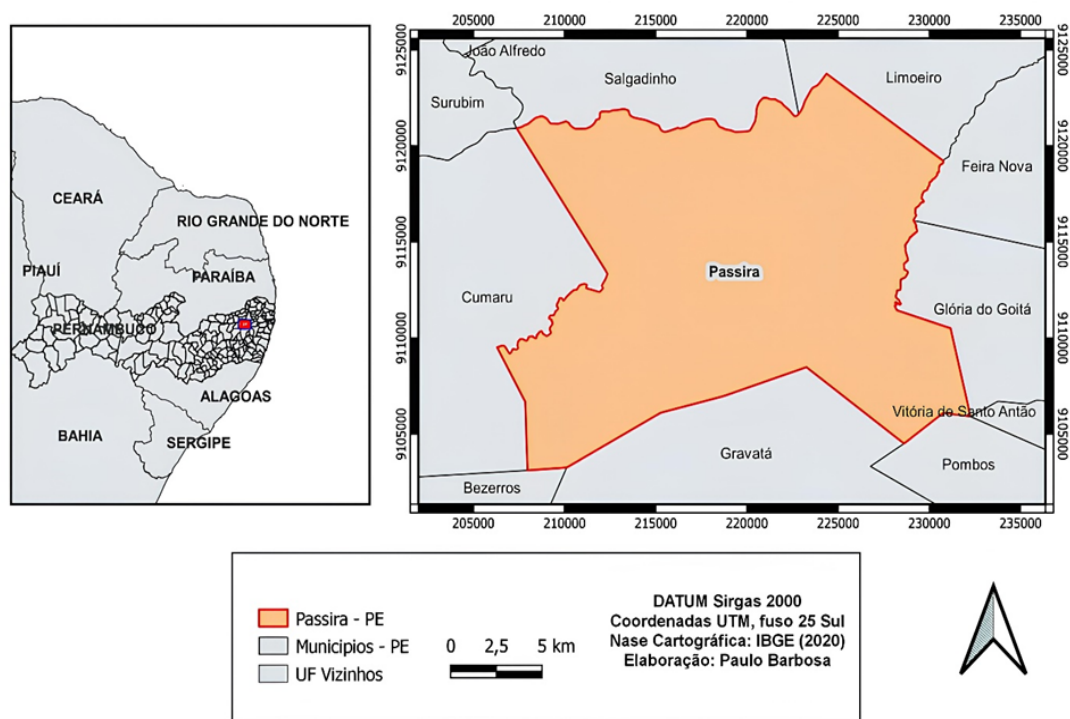


Figura 2 – Mapa do município de Passira em contexto de estado e região.

Fonte: Autores (2025).

De acordo com os dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE, 2021), o município possui 326,757 km<sup>2</sup> de extensão territorial e 107 km de distância da capital Recife. A população estimada da cidade de Passira no ano de 2021 foi de aproximadamente 28.856 pessoas, com densidade demográfica de 87,61 hab./km<sup>2</sup>.

O município foi criado pela Lei Estadual nº 4.981 de 20 de dezembro de 1963. Pertencia anteriormente ao município de Limoeiro. Seus principais distritos são: Passira e Bengalas. O salário médio mensal dos trabalhadores formais é de 1,5 salários mínimos (IBGE, 2020), sendo as principais atividades econômicas do município o comércio local, a produção artesanal de rendas, que hoje envolve mais de 5 mil rendeiras, a pecuária, a agricultura e atividades de extrativismo vegetal e silvicultura.

De acordo com Projeto de Cadastro de Fontes de Abastecimento por água subterrânea (2005) o relevo no município é geralmente movimentado com vales profundos e ondulado, a região possui clima semiárido e com vegetação que varia desde a caatinga hipoxeráfila à floresta cadufifóia.

De acordo com a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2024) o período mais chuvoso situa-se entre os meses de maio a julho, com pico em junho (aproximadamente 140 mm), indicando o período mais chuvoso do ano, enquanto os meses de setembro a dezembro apresentam os menores índices, caracterizando a estação seca.

Para definir o critério de escolha dos poços a serem estudados, foram levantados junto à Prefeitura de Passira informações dos poços artesanais ativos, incluindo a localidade, as regiões abastecidas e o número de habitantes abastecidos. A inspeção foi realizada por meio de visita técnica nas regiões estudadas, e no momento da visita foram recolhidas as informações das coordenadas geográficas, altitudes, fotografias da parte externa dos poços, bem como informações das principais práticas de uso pelas comunidades locais das águas subterrâneas.

Para a escolha dos poços foi levado em consideração três critérios, sendo o primeiro deles a distância entre poços, a fim de se obter uma equidistância possível entre eles para um melhor entendimento sobre a qualidade da água subterrânea da região, com distâncias entre os povoados variando entre aproximadamente 4,4 km e 15,4 km do centro da cidade, o que possibilita uma cobertura representativa da área estudada. O segundo ponto foi o número de habitantes que utilizam esse sistema de abastecimento, foram selecionados os que atendiam ao maior número de habitantes, de forma a priorizar áreas com maior demanda por água potável. O povoado mais populoso conta com aproximadamente 500 famílias atendidas. Já o povoado com menor número de atendidos entre os escolhidos possui cerca de 120 famílias (SECRETARIA DE AGRICULTURA DE PASSIRA, 2022).

Esse valor foi adotado como referência mínima para garantir a viabilidade da análise, considerando que há um número significativo de comunidades com populações ainda menores, o que tornaria inviável a inclusão de todas elas no escopo do estudo. O terceiro critério foi a facilidade de acesso para realização da coleta nos poços, não sendo possível fazer uma visita técnica em todos os poços por fatores como: grandes distâncias percorridas, difícil acesso por estradas em mau estado de conservação ou na ausência de estradas.

Foram selecionados cinco poços da prefeitura de Passira (Tabela 1), localizados na zona rural do município, através de listagem fornecida pela secretária de agricultura e com a autorização dos responsáveis nas comunidades que cuidavam das instalações. Foi considerado como proteção sanitária qualquer medida de desinfecção da água exigida pela portaria do Ministério da Saúde Nº 888, de 4 de maio de 2021.

Para a análise dos dados obtidos, foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) com o objetivo de verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os poços estudados. A hipótese que orientou a aplicação da ANOVA foi a de que poderia existir diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros de qualidade da água entre os poços estudados visto a heterogeneidade geográfica e hidrogeológicas da região, que pode influenciar diretamente as características físico-químicas da água subterrânea em cada localidade.

A ANOVA foi escolhida por ser adequada à comparação de médias entre três ou mais grupos de dados independentes, assumindo-se a normalidade e homogeneidade de variâncias entre as amostras. Após a detecção de diferenças significativas pela ANOVA, foi aplicado o teste de comparações múltiplas de Tukey com nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Todos os testes foram realizados com o auxílio do software estatístico JASP (Jeffrey's Amazing Statistics Program). Outros estudos semelhantes também fizeram uso da análise de variância (ANOVA) como ferramenta estatística para avaliar a qualidade da água de poços. Um exemplo é a pesquisa realizada no Arquipélago de Marajó, no estado do Pará, que analisou poços domésticos em comunidades rurais. A ANOVA foi utilizada para identificar diferenças significativas nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, destacando a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, o que evidencia riscos potenciais à saúde pública (SIMÕES *et al.*, 2020).

Tabela 1 – Dados de localização, coordenadas dos poços, altitude, proteção sanitária, número de famílias atendidas, vazão e profundidade da bomba.

Poço	Localidade	Coordenadas geográficas (DATUM WGS84)	Altitude (m)	Número de habitantes	Vazão (m³/h)	Profundidade (m)
A	Cutias de Baixo	8° 0' 22,94" S 35° 36' 16,34" O	218	600	5	50
B	Poço do Pau	7° 56' 49,09" S 35° 32' 48,85" O	158	520	12	50
C	Poço do Pau	7° 56' 54,71" S 35° 32' 27,86" O	152	2000	5	50
D	Candiais	7° 59' 20,42" S 35°31' 51,34" O	163	720	5	50
E	Bengalas	8° 0' 47,08" S 35° 29' 0,77" O	131	480	9	50

Fonte: Barbosa et al (2025).

A Figura 3 apresenta a localização dos cinco poços estudados, em contexto de limites do município de Passira. Nota-se a proximidade dos poços B e C, ambos situados na comunidade de Poço do Pau. Apesar de estarem próximos, esses poços tem finalidades distintas: o poço B é utilizado exclusivamente para alimentar o dessalinizador, enquanto o poço C é destinado ao abastecimento direto das residências, por meio da rede de tubulações.

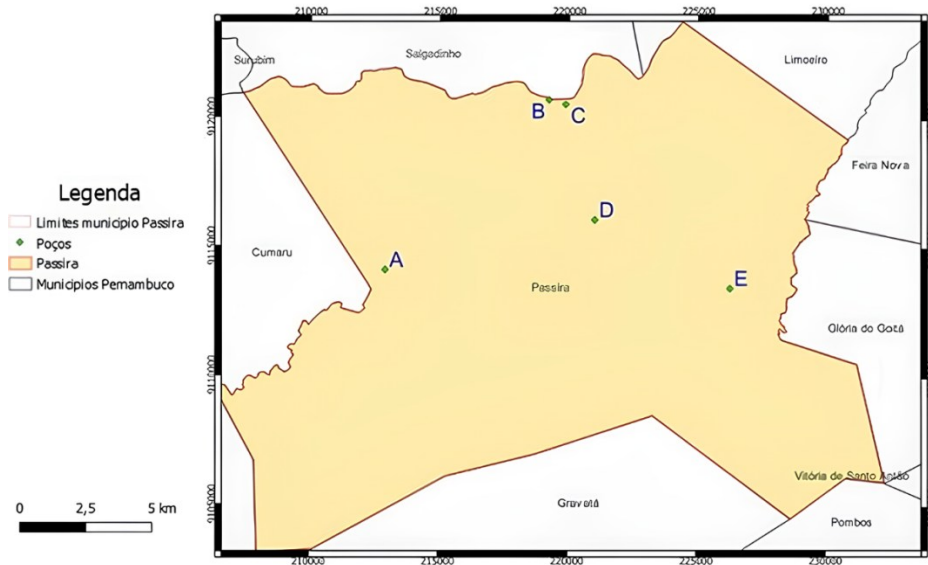


Figura 3 – Mapa da localização dos poços estudados de Passira.  
Fonte: Barbosa et al (2025).

A Figura 4 apresenta o chafariz público na comunidade de Cutias de Baixo (Poço A), esta instalação possui uma casa de bombas, e dois tanques de equalização, para que se possa armazenar água retirada do lençol freático.



*Figura 4 – Chafariz público de Cutias de Baixo (Poço A).  
Fonte: Barbosa et al (2025).*

Já a Figura 5 apresenta o chafariz público na comunidade de Poço do Pau (Poço B). Esta comunidade apresenta dois poços, sendo neste primeiro que acontece a retirada do sal da água. Está instalação possui casa de equipamentos, um dessalinizador e dois tanques de equalização.



*Figura 5 – Chafariz de Poço do Pau (Poço B).  
Fonte: Barbosa et al (2025).*

Após o processo de retirada do sal, a água é armazenada em tanques, e podem ser coletadas por duas torneiras em frente ao chafariz. A Figura 6 apresenta o dessalinizador do poço B.



*Figura 6 – Dessalinizador de Poço de Pau (Poço B).  
Fonte: Barbosa et al (2025).*

A Figura 7 apresenta o poço C, localizado também na comunidade de poço do pau, diferente do poço B, neste a água não passa pelo processo de dessalinização, a bomba é ligada diretamente na rede de abastecimento da comunidade. Percebe-se na imagem nenhuma estrutura de proteção ou de armazenamento da água.



*Figura 7 – Poço C em Poço do Pau.  
Fonte: Barbosa et al (2025).*

A Figura 8 apresenta o poço D na comunidade de Candiais, semelhante ao poço C, este também não possui nenhuma proteção externa e a bomba é ligada diretamente na rede de abastecimento da comunidade.



*Figura 8 – Poço D em Candiais.  
Fonte: Barbosa et al (2025).*

A Figura 9 apresenta o dessalinizador do chafariz público na comunidade de Bengalas (Poço E), esta comunidade apresenta apenas um poço, porém há dois sistemas de abastecimento, sendo o primeiro a retirada do sal da água por meio do dessalinizador, seguido da armazenagem em tanques de equalização. Já o segundo apresenta o abastecimento diretamente ligado para as residências, sem passar por nenhum processo de filtragem. Esta instalação possui casa de equipamentos, um dessalinizador e dois tanques de equalização.



*Figura 9 – Dessalinizador do Chafariz público de Bengalas (poço E).  
Fonte: Barbosa et al (2025).*

O desenho esquemático da Figura 10 apresenta um fluxograma para o melhor entendimento da distribuição das águas para cada poço bem como a situação dos pontos de coleta para análise de qualidade de água.

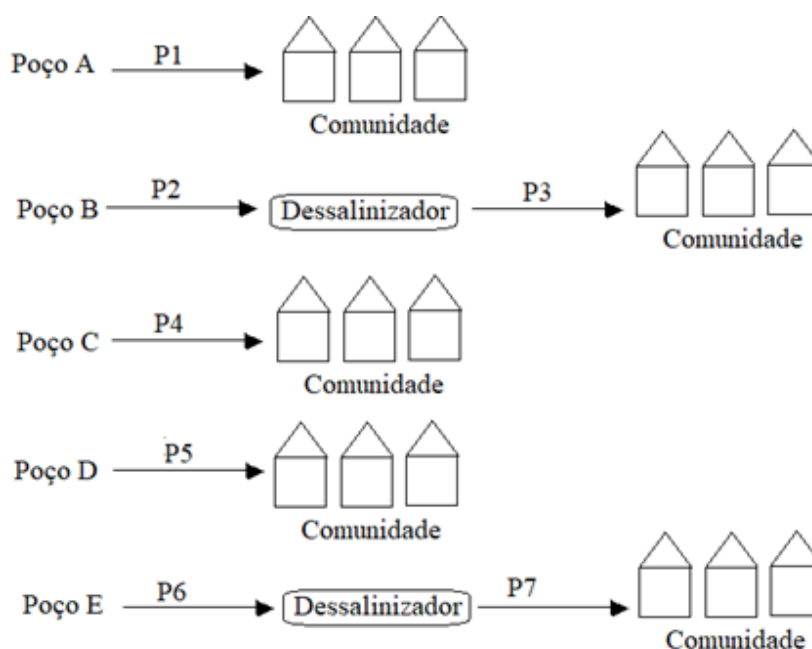


Figura 10 – Desenho esquemático representando as instalações dos 5 poços estudados (Poços de A a E), e os 7 pontos de coleta de amostra de água (P1 a P7).

Fonte: Barbosa *et al* (2025).

O procedimento de coleta seguiu as orientações do manual prático de análise de água da FUNASA (2013). Foram utilizados dois recipientes para cada ponto de coleta, o primeiro utilizando os frascos Nalgon autoclaváveis para as análises microbiológicas e o segundo utilizando frascos de plástico polietileno para as análises físico-químicas, sendo a coleta realizada na saída da bomba, ou logo após o dessalinizador quando for o caso, quando não foi possível o acesso fácil a bomba, a água foi coletada no ponto de saída mais próximo ao poço artesiano. Quando o poço possuía dessalinizador, foi coletada uma amostra da água antes de passar pelo equipamento e uma amostra depois do equipamento, para verificar os verdadeiros efeitos do dessalinizador nesse abastecimento.

A membrana dos filtros dos dessalinizadores são do tipo Lewabrane RO B085 FR 4040 que possui uma espessura do espaçador de alimentação de 0,86 mm (LANXESS, 2018). No momento de cada uma das coletas foi esperado a água escorrer por cinco minutos para eliminar possíveis contaminantes presentes no percurso da água. Após essa etapa de coleta das amostras os recipientes foram guardados em uma caixa isotérmica contendo gelo para manter a temperatura estável durante a viagem até o Laboratório de Engenharia Ambiental da UFPE Campus Agreste, onde foram realizadas as análises.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros avaliados e suas respectivas metodologias, todas seguindo o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater da American Public Health Association (BAIRD, 2012).

Tabela 2 – Metodologia dos procedimentos físico-químicos e biológico para cada variável analisada.

Metodologias das análises		
Característica	Variável	Metodologia
Biológica	Coliformes Totais	Método de Filtro de Membrana
	Escherichia Coli	Método de Filtro de Membrana
Físico-Química	Dureza de Cálcio	Titulometria com EDTA
	Dureza Total	Titulometria com EDTA
	Alcalinidade	Titulação Potenciométrica
	Salinidade	Método da condutividade elétrica
	Turbidez	Método Nefelométrico

	Condutividade Elétrica	Método Condutimétrico
	pH	Método Potenciométrico
	Cor	Método Espectrofotométrico

Fonte: Barbosa *et al* (2025).

Para identificar se as águas estudadas obedeciam aos padrões de potabilidade os dados foram comparados com os limites estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde GM/MS N° 888 de 04 de maio de 2021. Segundo a portaria, a mesma dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Neste estudo também foi utilizado a Resolução CONAMA, N° 357, de 17 de março de 2005 para classificar a água de acordo com a salinidade.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Análise estatística

A Tabela 3 apresenta a análise estatística ANOVA e Tukey entre os poços, para cada parâmetro de qualidade da água avaliado. Para os parâmetros pH e turbidez não houve diferença significativa ao nível de significância de 5% entre os pontos de coleta. Para o parâmetro cor foi observado resultado similar, com exceção do ponto P1 (poço A).

Para os parâmetros salinidade, condutividade elétrica, dureza total, *E.coli* e alcalinidade, os pontos P3 e P7 são semelhantes entre si. Este comportamento era esperado já que são amostras que saem de dessalinizadores, e que estes conseguem remover com eficiência sais e coliformes da água.

Os poços B e C, que possuem a menor distância entre si (Figura 2), apresentaram qualidade da água antes da dessalinização (ponto P2 e P4) semelhante para os parâmetros pH, cor, turbidez, condutividade elétrica, dureza total, alcalinidade e coliformes, o que aponta para uso e ocupação do solo semelhantes bem como geologia do solo também, impactado na qualidade da água de forma semelhante.

Tabela 3 – Médias dos parâmetros com agrupamento de significância ANOVA e Tukey

Médias dos parâmetros de qualidade da água com agrupamento de significância (ANOVA e Tukey)									
ID	pH	Cor	Turbidez	Condutividade	Salinidade	Dureza	Alcalinidade	C. Totais	<i>E. coli</i>
P1	7,03 <sup>a</sup>	5,00 <sup>b</sup>	0,20 <sup>a</sup>	8,52 <sup>d</sup>	4,56 <sup>d</sup>	1911,38 <sup>c</sup>	456,71 <sup>c</sup>	31,75 <sup>abc</sup>	0,37 <sup>a</sup>
P2	7,25 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	3,78 <sup>bc</sup>	2,03 <sup>bc</sup>	916,13 <sup>b</sup>	296,71 <sup>bc</sup>	63,25 <sup>c</sup>	1,75 <sup>a</sup>
P3	7,65 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,10 <sup>a</sup>	0,18 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	4,63 <sup>a</sup>	15,57 <sup>a</sup>	6,62 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>
P4	7,05 <sup>a</sup>	1,08 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	4,71 <sup>c</sup>	2,94 <sup>c</sup>	919,88 <sup>b</sup>	368,29 <sup>bc</sup>	62 <sup>bc</sup>	14 <sup>ab</sup>
P5	7,04 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>	0,16 <sup>a</sup>	3,64 <sup>bc</sup>	2,36 <sup>bc</sup>	707,25 <sup>b</sup>	268,29 <sup>bc</sup>	19,88 <sup>abc</sup>	3,12 <sup>a</sup>
P6	6,78 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	0,12 <sup>a</sup>	3,09 <sup>b</sup>	1,60 <sup>b</sup>	768,38 <sup>b</sup>	195,14 <sup>ab</sup>	63,88 <sup>c</sup>	39 <sup>b</sup>
P7	7,81 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	0,08 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>	8,25 <sup>a</sup>	8,71 <sup>a</sup>	10,88 <sup>ab</sup>	1 <sup>a</sup>

Fonte: Barbosa *et al* (2025).

#### 3.2 Coliformes

Os resultados da determinação dos parâmetros microbiológicos estão apresentados na Tabela 4, onde estão demonstradas a presença ou a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* das sete amostras, em oito diferentes campanhas de coleta. A portaria do Ministério da Saúde N° 888 (BRASIL, 2021) estabelece que deva ocorrer ausência de coliformes totais e *E. coli* em 100 mL de água para todas as amostras de água, dos sete pontos de coleta, destinada ao consumo humano. Neste aspecto, todos os poços estão em desconformidade legal visto que apresentaram contaminação de coliformes totais e/ou *Escherichia coli* em algum momento do monitoramento. Isto implica que a água proveniente desses poços não pode ser destinada ao abastecimento público sem tratamento.

De acordo com Silveira *et al.* (2023), em uma análise de 18 estudos, foi observado que a contaminação das águas subterrâneas está diretamente relacionada à proximidade de fossas sépticas das fontes de água. O estudo sugere que as

fossas sépticas podem permitir a infiltração de líquidos contaminados nas camadas superiores do lençol freático. Esse fator pode ser agravado em períodos de chuva, quando a maior percolação de água no solo facilita a migração de patógenos para o lençol freático, particularmente durante o reabastecimento dos poços.

É importante destacar também que todos os poços estudados não apresentavam proteção sanitária e suas localizações estão próximas a residências e vilas, essas comunidades não apresentam rede de esgotamento sanitário convencional, o que leva à comunidade a dispor os seus resíduos em fossas sépticas e sumidouros, muitas vezes implantados sem a observância das normas técnicas necessárias. Esse fator se agrava quando há presença de excrementos de suínos, caprinos e/ou bovinos, ou quando esse material é usado como fertilizante orgânico para as plantações características daquela região, ambas as partes da fonte econômica do município estudado.

*Tabela 4 – Resultados da análise microbiológica para os parâmetros coliformes totais e Escherichia coli, em unidades formadoras de colônia, para os sete pontos de coleta nos poços na zona rural de Passira, PE.*

Resultados das análises microbiológicas (UFC/100 mL)																
	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Coleta 5		Coleta 6		Coleta 7		Coleta 8	
ID	CT	EC	CT	EC	CT	EC	CT	EC	CT	EC	CT	EC	CT	EC	CT	EC
P1	nd	nd	34	nd	14	nd	3	nd	>100	3	3	nd	nd	nd	>100	nd
P2	>100	nd	60	nd	71	nd	48	nd	>100	nd	74	4	1	1	52	9
P3	nd	nd	21	nd	5	nd	nd	nd	11	nd	8	nd	nd	nd	8	5
P4	29	3	>100	3	>100	nd	nd	nd	>100	>100	81	3	1	nd	85	3
P5	11	nd	10	3	>100	2	2	2	27	nd	1	nd	6	2	2	16
P6	>100	39	34	16	49	35	13	11	>100	>100	>100	9	15	2	>100	>100
P7	11	nd	28	5	nd	nd	7	3	11	nd	26	nd	nd	nd	4	nd

ID: Identificação dos pontos de coleta; UFC: Unidades formadoras de colônia; nd: Não detectado; EC: Escherichia coli; CT: Coliformes totais.

Fonte: Barbosa et al (2025).

Em P2, (poço B), na amostra de água montante ao dessalinizador, foram observados coliformes totais em todas as amostras e *E.coli* nas amostras dos pontos P6, P7 e P8. Já no ponto P3, à jusante do dessalinizador, foram observados coliformes totais, no entanto, ao passar pelo processo de dessalinização, a contaminação diminui ou torna-se ausente. Entre os pontos P6 e P7, o mesmo comportamento foi observado. Embora estes equipamentos não tenham sido projetados para remoção de micro-organismos, eles contribuem para a melhoria da qualidade da água também sob o ponto de vista bacteriológico. Resultados semelhantes observando à diminuição de patógenos na água são encontrados em outros sistemas de filtragem da água por meio de dessalinizadores. Segundo a pesquisa de Bovatori (2018), ao avaliar um sistema de dessalinização de água salobra em escala piloto, foi observado que o sistema removeu os coliformes totais e *E. Coli*. De forma complementar, Aoueryagel (2024) comprovou que, após o tratamento por osmose reversa, a água tratada não exibiu níveis detectáveis de indicadores patogênicos, indicando uma remoção eficaz.

### 3.3 Dureza

As amostras coletadas dos sete pontos de coleta não apresentaram dureza de cálcio. De acordo com o Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea do município de Passira (2005), os solos mais predominantes do município são os solos litólicos, solos brunos não cálcicos e os planossolos o que se explica esses baixos teores ou ausência de dureza de cálcio nas amostras de água. Contudo, as amostras apresentaram valores de dureza total, conforme demonstrado na Figura 11. A Portaria do Ministério da Saúde Nº 888 (BRASIL, 2021) estabelece limites de padrão organoléptico de potabilidade de dureza de no máximo 300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>.

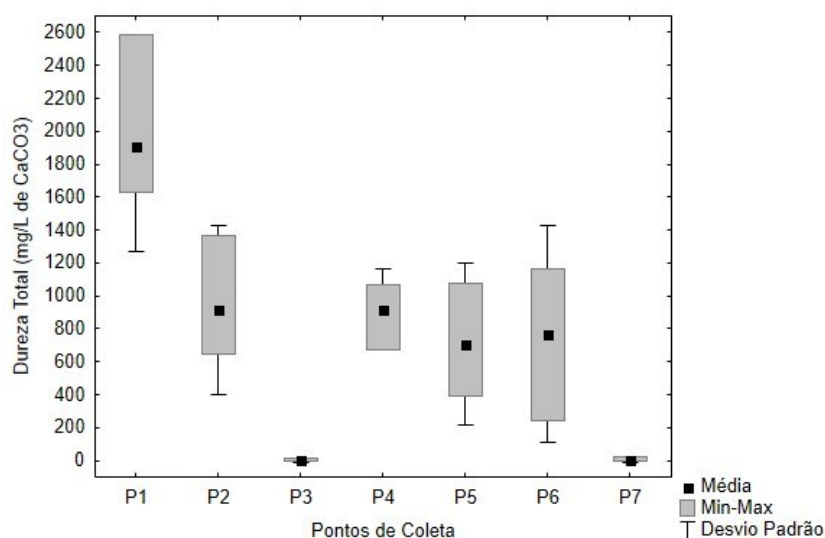


Figura 11 – Distribuição da dureza total (mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) nas amostras de água dos poços localizados na zona rural de Passira, PE.

Fonte: Barbosa *et al* (2025).

Nota-se que para todos os poços a água bruta apresenta valores acima dos limites legais, apenas os pontos após os dessalinizadores (Pontos P3 e P7) encontram-se próprio ao consumo humano, já que ocorre a retenção dos íons alcalino-terrosos pelos filtros do equipamento. Esse dado aponta para a importância de instalação de dessalinizadores para todos os poços. Para águas de origem subterrâneas esperam-se valores mais elevados de dureza do que águas de origem superficial (CRUZ, 2014).

### 3.4 Alcalinidade e pH

A Figura 12 apresenta os valores de alcalinidade dos pontos de coleta estudados, os pontos P1, P3, P4, P5 e P6 apresentam valores médios de aproximadamente 470 mg/L, 300 mg/L, 380 mg/L, 290 mg/L e 200 mg/L respectivamente. É importante notar que tanto nos pontos P3 quanto no P7 a alcalinidade tende à zero, isso mostra que este processo retira as substâncias da água capazes de neutralizar os ácidos quase em sua totalidade. Um caso similar ocorreu nos estudos de Aish (2010) onde se avaliou a qualidade da água de usinas de dessalinização de pequena escala na Faixa de Gaza – Palestina, na qual as amostras analisadas depois do processo de dessalinização obtiveram uma queda significativamente grande chegando a menos de 50 mg/L.

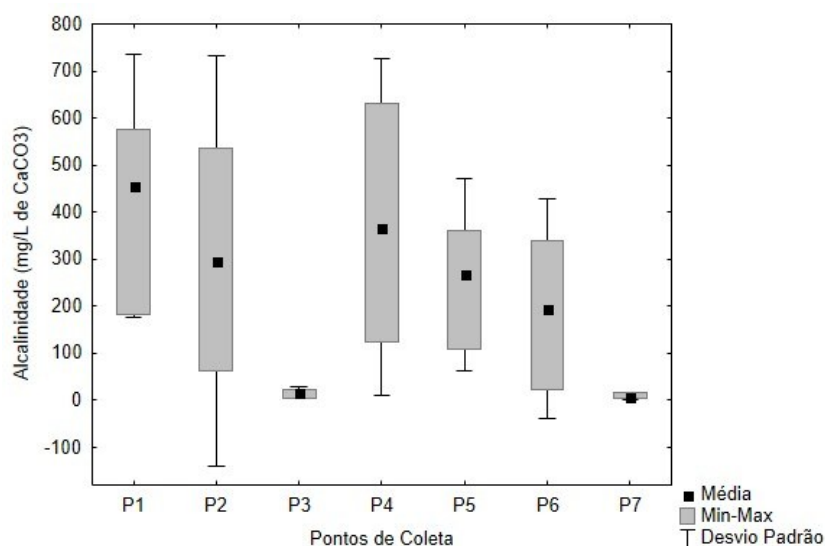


Figura 12 – Distribuição da alcalinidade (mg/L de CaCO<sub>3</sub>) nas amostras de água dos poços localizados na zona rural de Passira, PE.

Fonte: Barbosa *et al* (2025).

A água potável deve ter uma alcalinidade equilibrada (em torno de 40-200 mg/L de CaCO<sub>3</sub>), evitando a corrosividade e depósitos excessivos de minerais. Embora a alcalinidade elevada ou reduzida possa afetar o gosto e a segurança da água, ela não costuma representar um risco direto para a saúde humana em níveis moderados (OMS, 2017). Para o parâmetro alcalinidade, a portaria pertinente (BRASIL, 2021) não estabelece limites para a potabilidade, porém sua medida é fundamental durante o processo de tratamento da água, por exemplo. A alcalinidade adequada da água é essencial para manter sua qualidade e preservar as infraestruturas de distribuição de água.

De acordo com os padrões de potabilidade da água (BRASIL, 2021) é recomendado que o pH da água no sistema de distribuição esteja entre 6,0 e 9,0. Em todas as amostras dos sete pontos de coleta analisados em oito coletas, os valores do pH ficaram entre os índices recomendados, conforme demonstrado na Figura 13.

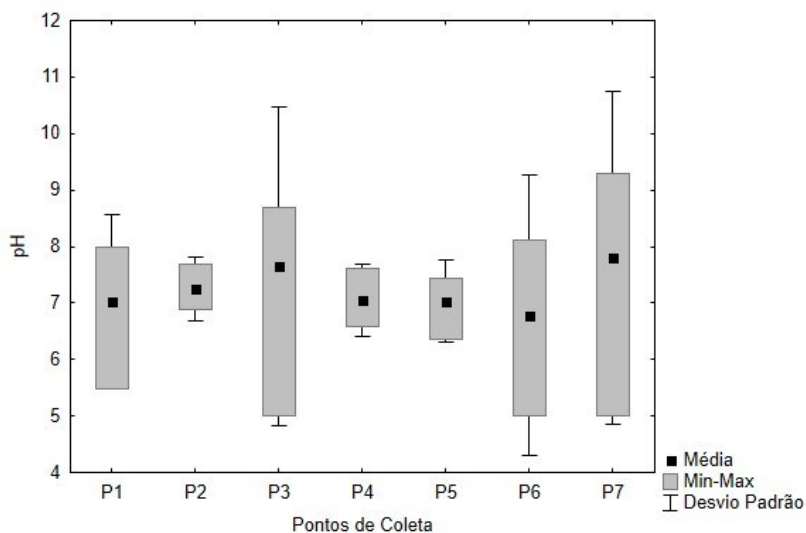


Figura 13 – Distribuição do pH nas amostras de água dos poços estudados.

Fonte: Barbosa *et al* (2025).

### 3.5 Salinidade, condutividade elétrica e cor

A salinidade da água deve ser adequada uma vez que pode gerar problemas para a saúde humana. Kaczmarek (2023) destaca várias dificuldades e aspectos negativos associados à água salina em sua pesquisa sobre a qualidade da água na bacia árida do rio Draa, no Marrocos, tais como: problemas de saúde, em que uma parcela significativa dos entrevistados relatou doenças físicas atribuídas à salinidade, incluindo problemas renais e sofrimento emocional, bem como impactos no ambiente sendo uma ameaça às práticas agrícolas por exemplo.

A portaria do Ministério da Saúde Nº 888 (BRASIL, 2021) não estabelece limites para a salinidade em águas para consumo humano. A Resolução CONAMA Nº 357 (CONAMA, 2005) adota a seguinte classificação: água doce: apresenta salinidade igual ou inferior 500 mg/L (0,5 ppt); água salobra: apresenta salinidade entre 500 mg/L e 30.000 mg/L (30 ppt); água salina: apresenta salinidade igual ou acima de 30.000 mg/L.

A Figura 14.a apresenta os valores de salinidade dos sete pontos de coleta, observando os valores da média, o ponto P1 apresentou maior salinidade, por volta de 4,5 ppt, já os pontos P2, P4, P5 e P6 apresentam valores médios de 2; 2,5; 2,2 e 1,5, respectivamente, todas elas segundo a Resolução CONAMA (2005) classificadas como salobra. Nos pontos P3 e P7 à jusante do dessalinizador, a água fica enquadrada como água doce segundo a Resolução pertinente.

A eficiência de dessalinizadores de osmose reversa também é vista por Souza (2019) que conseguiu observar à redução significativa da salinidade da água em comunidades, a eficiência de remoção no estudo variou de 13% a 88%. É importante que, diante desses resultados que o poder público reflita sobre a necessidade de instalação de dessalinizadores nos poços A, C e D, ambos com a finalidade principal de retirar o sal da água, para que ofereça melhor qualidade aos habitantes.

A Figura 14.b apresenta os valores da condutividade elétrica para amostras dos sete pontos de coletas estudados. Como esperado, o mesmo comportamento em relação à salinidade foi observado para a condutividade. O P1 apresentou condutividade muito alta, ao passo que os pontos de coleta P2, P4, P5 e P6 condutividade alta.

Para os pontos P3 e P7, que passam pelo processo de dessalinização, corre uma redução significativa. A portaria do Ministério da Saúde Nº 888 (BRASIL, 2021) não estabelece limites para este parâmetro. Pode-se classificar a água em baixa condutividade quando apresenta valores abaixo de 0,30 mS/cm, condutividade média entre 0,31 a 0,75 mS/cm, crítica entre 0,76 mS/cm e 2,25 mS/cm, alta entre 2,26 mS/cm e 4,5 mS/cm e muito alta quando é superior a 4,5 mS/cm (DA SILVA; ALMEIDA; FERNANDES, 2002).

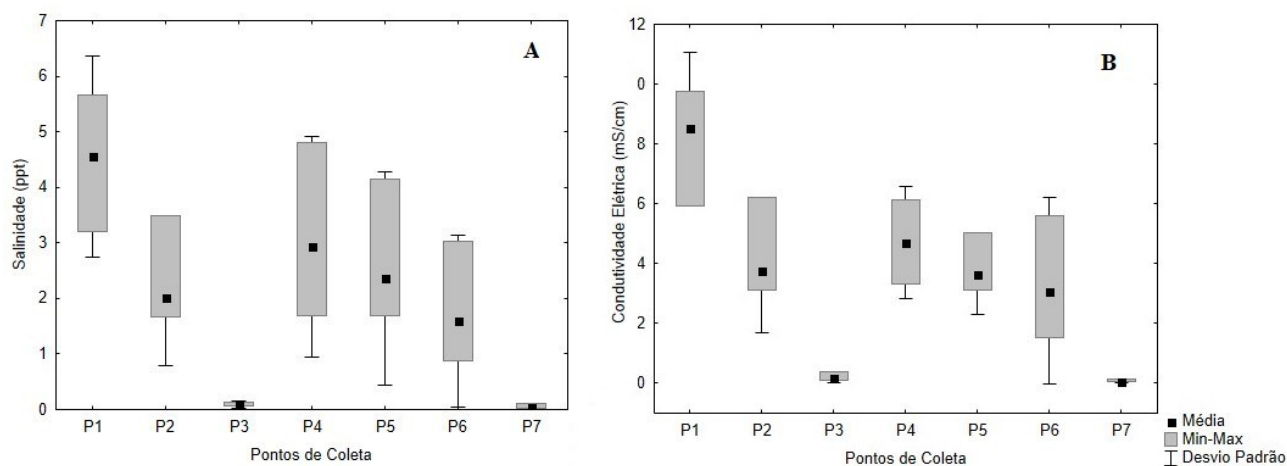


Figura 14 – A) Distribuição da salinidade (ppt) e B) condutividade elétrica nos poços.

Fonte: Barbosa *et al* (2025).

O estudo realizado por Koley *et al.* (2024) avaliou a qualidade da água após o processo convencional de tratamento, demonstrou que existe uma correlação entre a condutividade elétrica e a salinidade da água com concentrações de sódio e cloro, e a condutividade elétrica e a dureza da água pela presença de cálcio e magnésio. Logo, associa-se a queda da condutividade elétrica à remoção desses sólidos totais dissolvidos. Desse modo é possível entender a diminuição da condutividade elétrica nos pontos P3 e P7. No estudo de Souza (2019), constatou-se que 57% das amostras de água

analisadas apresentaram uma taxa de rejeição de sal superior a 90%, resultando em uma redução significativa na condutividade elétrica. Essa descoberta reforça a importância do tratamento da água na mitigação da salinidade e na melhoria da qualidade geral da água.

A Figura 15 os valores de cor nos poços estudados. O mesmo cenário pode ser observado: tanto no ponto P3 quanto no P7, os valores de cor obtidos foram menores que nos pontos P2 e P6 antes de passarem pelo filtro, isso mostra que este processo também consegue reter partículas dissolvidas na água e, consequentemente, diminuir a coloração da mesma. Segundo a portaria do Ministério da Saúde N° 888 (BRASIL, 2021) a cor aparente de água para consumo humano para o padrão organoléptico, quando há estímulo sensorial porém não causa danos à saúde, não deve ultrapassar 15 uH (unidade Hazen), assim, sob este aspecto da água, as águas estão próprias ao consumo humano.

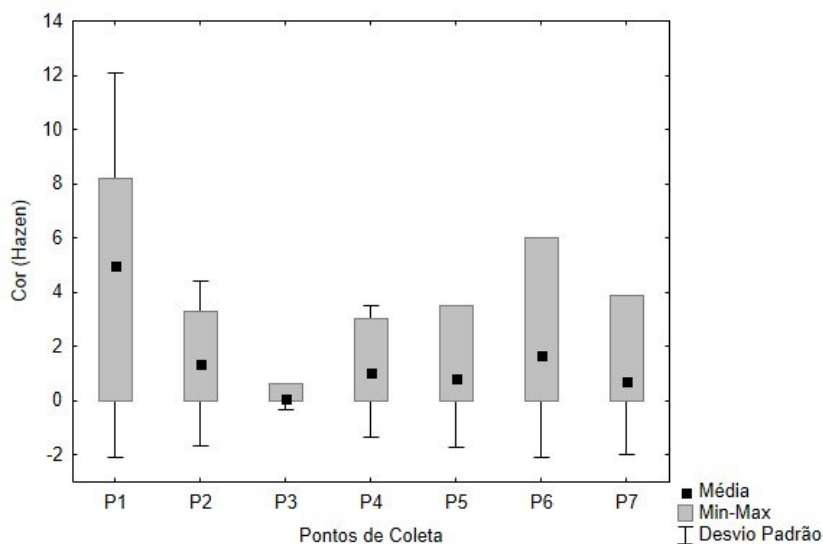


Figura 15 – Distribuição da cor nas amostras de água dos poços.

Fonte: Barbosa et al (2025).

### 3.6 Turbidez

Quanto ao parâmetro turbidez à portaria do Ministério da Saúde N° 888 (BRASIL, 2021) prevê que os valores não podem ultrapassar 0,5 NTU em 95% das amostras para águas subterrâneas com desinfecção. A Figura 10 apresenta os dados de turbidez das águas dos poços estudados, estes não passam por nenhum processo de desinfecção, mesmo assim quanto a esse critério todas as amostras estão de acordo com a portaria por apresentarem valores médios inferiores ao recomendado.

Almeida et al. (2020) avaliaram a eficiência de um sistema piloto de dessalinização de água salobra. Foi realizada a dessalinização por osmose reversa, onde o sistema apresentou uma remoção de turbidez de 27%. Um resultado similar pode ser observado em P3, conforme a Figura 16, que demonstra uma redução nos índices de turbidez. No entanto, esse comportamento não foi observado no P7, na qual o cenário apresenta dificuldade na remoção de partículas suspensas, uma vez que essa amostra já possui baixa turbidez.

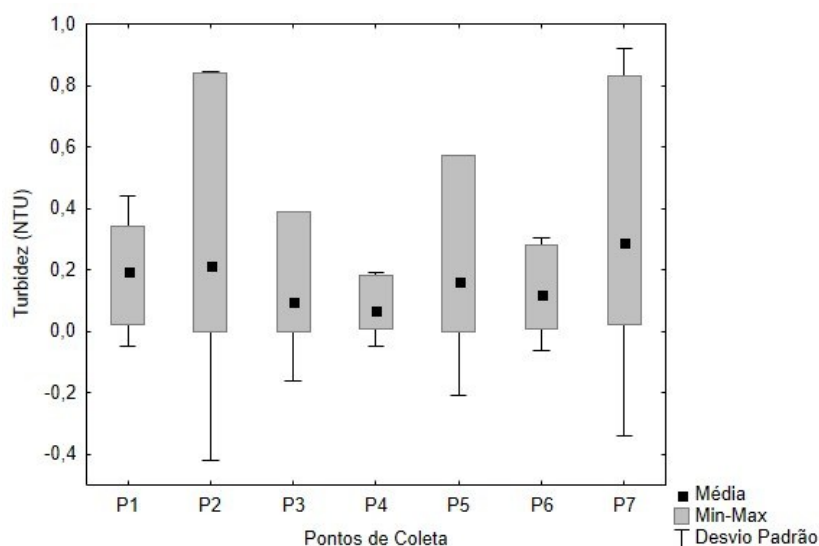


Figura 16 – Distribuição da turbidez (NTU) nas amostras de água dos poços.  
Fonte: Barbosa *et al* (2025).

#### 4. Considerações finais

Entre os poços analisados, todos apresentaram algum parâmetro fora dos limites estabelecidos pela legislação brasileira. Dessa forma, as amostras coletadas não são adequadas para abastecimento público sem a devida desinfecção e filtração.

A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* foi detectada em desacordo com os padrões regulatórios em todas as amostras. Em particular, as amostras dos pontos de coleta P2, P4 e P6, provenientes dos poços B, C e E, registraram as maiores concentrações desses patógenos, o que representa um risco significativo à saúde pública na ausência de tratamento por desinfecção. Portanto, a cloração da água se apresenta como uma medida essencial, economicamente viável e eficaz para a eliminação desses micro-organismos antes da distribuição.

Em relação à dureza total, os pontos P1, P2, P4, P5 e P6 excederam os limites estabelecidos pela legislação brasileira, apresentando valores superiores ao permitido. Entretanto, nenhuma das amostras apresentou valores detectáveis de dureza de cálcio. No que diz respeito aos parâmetros de turbidez, pH e cor, todas as amostras estavam em conformidade com os critérios vigentes, com resultados favoráveis.

Para os parâmetros de alcalinidade, salinidade e condutividade elétrica, a legislação brasileira não estabelece limites específicos para potabilidade. Observa-se que os pontos P1, P2, P4, P5 e P6 apresentaram níveis consideráveis de alcalinidade. Em relação à salinidade, as águas foram classificadas como salobras devido à elevada concentração de sais, o que se reflete em uma alta condutividade elétrica, visto que esses fatores estão diretamente correlacionados à presença de sais dissolvidos.

A presença de dessalinizadores nos poços B e E resultou em mudanças significativas nos parâmetros analisados. A comparação entre as amostras coletadas a montante e a jusante dos dessalinizadores revelou uma expressiva redução nos níveis de coliformes totais, *Escherichia coli*, dureza total, alcalinidade, salinidade e condutividade elétrica, com valores tendendo a zero. Em relação à cor, foi observada apenas uma leve diminuição.

Diante dos resultados obtidos, torna-se evidente a necessidade de um plano de melhorias para a qualidade da água na região, com foco em meios de desinfecção, como a cloração, e a expansão do uso de dessalinizadores em poços com altos índices de salinidade e coliformes.

Como proposta para trabalhos futuros, recomenda-se estudos voltados à problemática do descarte dos rejeitos de dessalinização, como objetivo de identificar alternativas ambientalmente seguras para a destinação do rejeito de dessalinização. Além disso, a investigação de fatores geológicos, bem como de aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo, poderá contribuir significativamente para a compreensão das variações na qualidade da água subterrânea na região. Também se sugere a ampliação da amostragem, com a inclusão de um número maior de poços em diferentes

áreas do município, a fim de avaliar possíveis diferenças na qualidade da água, especialmente em regiões menos habitadas, onde pode haver menor interferência antrópica e, conseqüentemente, melhores condições de potabilidade.

## Referências

- AISH, A. M. *Water quality evaluation of small scale desalination plants in the Gaza Strip, Palestine*. Department of Geology, Faculty of Science, Al Azhar University, P.O. 2010.
- Almeida, J. et al. Eficiência de um sistema piloto de dessalinização de água salobra. *Engenharia sanitária e Ambiental*, v. 25, p. 107-114, 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. *A questão da água no Nordeste*. Brasília, DF: CGEE, 2012. 391 p.
- Aoueryagel, I. et al. Assessment of Water Treatment Processes and Quality Parameters at the Al Hoceima Desalination Plant. *BIO Web of Conferences*. EDP Sciences, 2024. p. 01007.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. *Série histórica do município de Passira*. 2025. Disponível em: <http://old.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php>. Acesso em: 15/14/2025.
- Baird, R. B. et al. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, 2012.
- BOVAROTI, T. *Avaliação de um sistema de dessalinização de água salobra em escala piloto*. 2018, 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE); Agência Nacional de Águas (ANA). *A Questão da Água no Nordeste*. Brasília: CGEE/ANA, 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria GM/MS Nº 888, de 04 de maio de 2021*. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 28/08/2022.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Projeto de Cadastro de Fontes de Abastecimento por água subterrânea: *Diagnóstico do Município de Passira*. 2005. Disponível em: [https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/16555/1/Rel\\_Passira.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/16555/1/Rel_Passira.pdf). Acesso em: 13/10/2022.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: *diagnóstico dos serviços de água e esgoto* – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 17/09/2024.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 02/10/2022.
- Britto C.; Melo J. G.; Silva, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. *Revista Águas Subterrâneas*, v.20, n.1, p.67-82, 2006.
- Buzanello, E. et al. Determinação de coliformes totais e termotolerantes na água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 6, n. S1, 2008.
- CRUZ, V. et al. *Análise físico-química da qualidade da água de poços artesanais no município de Itumbiara-GO*. 2014.
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. *Manual prático de análise de água*. 4. ed., Brasília, DF, 2013. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf). Acesso em: 28/08/2022.

- G1. *Cerca de 70% da área de PE está sob seca extrema, aponta relatório*. 2016. Disponível em: <https://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2016/05/cerca-de-70-da-area-de-pe-esta-sob-seca-extrema-aponta-relatorio.html>. Acesso em: 23/02/2022.
- GASPARINI, N. *Conheça as doenças causadas por água contaminada*. Mega Imagem, 2020. Disponível em: <https://www.megaimagem.com.br/blog/conheca-as-doencas-causadas-por-agua-contaminada/>. Acesso em: 23/02/2022.
- GRIESINGER, D. *Maior reservatório de água do agreste pernambucano entra em colapso*. Agência Brasil, 2016. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-09/maior-reservatorio-de-agua-do-agreste-pernambucano-entra-em-colapso>. Acesso em: 23/02/2022.
- HIRATA, R. *A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento*. São Paulo: Instituto Trata Brasil. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/bitstream/e7d9e125-7b22-4706-915b-a397f8a91784/2928658.pdf>. Acesso em: 23/02/2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. *Censo Brasileiro de 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. *Censo Brasileiro de 2020*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. *Censo Brasileiro de 2021*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- Kaczmarek, N. et al. Water quality, biological quality, and human well-being: Water salinity and scarcity in the Draa River basin, Morocco. *Ecological indicators*, v. 148, p. 110050, 2023.
- Koley, S. et al. Identification and Assessment of Critical Parameters Affecting Drinking Water Quality: A Case Study of Water Treatment Plants of India. *Groundwater for Sustainable Development*, p. 101221, 2024.
- LANXESS. *Product information LEWABRANE® RO B085 FR 4040*. 2018. Disponível em: <https://www.rotatek.com.tr/Uploads/GenelDosya/lewabrane-ro-b085-fr-4040-3114-d.pdf>. Acesso em: 07/05/2023.
- Luna, R.; Campos, J.; Studart, T. Tipologia de acesso à água no semiárido do Nordeste do Brasil: estudo de caso da Bacia do Rio Curu. In: *Simpósio dos países de expressão portuguesa*, 7., 2005, Évora.
- Macedo, T.; Rempel, C.; Maciel, M. Análise físico-química e microbiológica de água de poços artesianos em um município do Vale do Taquari-RS. *Tecno-Lógica*, v. 22, n. 1, p. 58-65, 22 jan. 2018.
- Molion, L.; Bernardo, S. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.
- PASSIRA. Secretaria de Agricultura. *Dados do município de Passira*. 2022.
- CPRM, *Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea do município de Passira*, 2005. Disponível em: [https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/bitstream/doc/16555/1/Rel\\_Passira.pdf](https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/bitstream/doc/16555/1/Rel_Passira.pdf). Acesso em: 15/04/2025.
- SILVA, L. C. et al. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores no semiárido brasileiro. *Revista Ambiente & Água*, vol. 15, no. 6, 2020.
- Silva, F.; Araújo, A.; Souza, R. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, v. 28, n. 2, p. 136-159, dez. 2007.
- Silveira, K. et al. Contaminação no lençol freático por fossas rudimentares. *Caderno Progressus*, v. 3, n. 5, p. 40-47, 2023.
- Simões, M et al. Avaliação da qualidade da água de poços domésticos em comunidades rurais no Arquipélago de Marajó-PA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 5, p. 2462, 2020.

---

Souza Antas, F. et al. Analysis of recovery by desalination systems in the west of Rio Grande do Norte, Brazil. *Desalination and Water Treatment*, v. 138, p. 230-236, 2019.

VILLELA, S. *Maior reservatório de água do agreste pernambucano entra em colapso*. Agência Brasil. 2016. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-09/maior-reservatorio-de-agua-do-agreste-pernambucano-entra-em-colapso>. Acesso em: 23/02/2022.

Von Sperling, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Editora UFMG, 1996.

Zerwes, C. et al. Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. *Revista Ciência e Natura*, v. 37, n. 3, p. 651-663, 2015.