



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

LEILA MARIA SIMPLICIO RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO NA IRRIGAÇÃO E
DESSEDENTAÇÃO ANIMAL NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SUMÉ - PB**

SUMÉ - PB

2025

LEILA MARIA SIMPLICIO RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO NA IRRIGAÇÃO E
DESSEDENTAÇÃO ANIMAL NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SUMÉ - PB**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.

Orientador: Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara.

SUMÉ - PB

2025



R696a Rodrigues, Leila Maria Simplicio.
Avaliação da qualidade da água para uso da irrigação
e dessedentação animal no perímetro irrigado de Sumé-PB.
/ Leila Maria Simplicio Rodrigues. - 2025.

39 f.

Orientador: Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara.
Monografia - Universidade Federal de Campina Grande;
Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso
de Engenharia de Biosistemas.

1. Qualidade da água - irrigação. 2. Perímetro
irrigado de Sumé-PB. 3. Irrigação - qualidade da água.
4. Dessedentação animal. 5. Água subterrânea. 6. Poço
amazonas. 7. Rio Sucurú - Sumé-PB. 8. Hidrologia
agrícola. I. Alcântara, Hugo Morais de. II. Título.

CDU: 631.432 (043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

LEILA MARIA SIMPLICIO RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA USO NA IRRIGAÇÃO E
DESSEDENTAÇÃO ANIMAL NO PERÍMETRO IRRIGADO DE SUMÉ - PB**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Hugo Morais de Alcântara
Orientador – UATEC/CDSA/UFCG

Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros
Examinador Interno – UATEC/CDSA/UFCG

Prof. Dr. Manoel Rivelino Gomes de Oliveira
Examinador Externo – ICTI/UFBA

Trabalho aprovado em: 15 de maio 2025

SUMÉ - PB

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família, que esteve ao meu lado durante todos esses anos de graduação, me apoiando nos momentos mais difíceis e celebrando comigo cada conquista.

Ao meu namorado, que me ajudou a manter o foco e a firmeza nos meus objetivos, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, por sua paciência, orientação e incentivo ao longo deste trabalho.

Aos professores do CDSA/UFCG, minha gratidão por compartilharem seus conhecimentos e contribuírem de forma tão significativa para minha formação.

Ao técnico do laboratório, pelo suporte essencial na realização das análises, e aos servidores que participaram das coletas de campo, sem o esforço e a dedicação de vocês, este trabalho não teria sido possível.

Aos que de alguma forma contribuíram para esse trabalho mesmo que indiretamente.

Agradeço também a mim mesma, por ter persistido e ter conseguido chegar até aqui.

A todos vocês, meu sincero muito obrigada!

RESUMO

A água é um recurso valioso que desempenha um papel essencial na vida dos seres vivos, especialmente em zonas do semiárido brasileiro (SAB), que enfrentam escassez hídrica e altas taxas de evapotranspiração. Nessas áreas, a água subterrânea torna-se uma alternativa para o desenvolvimento agrícola e agropecuário. No entanto, a água subterrânea de aquíferos livres está mais sujeita à contaminação devido ao desenvolvimento urbano, em que esgotos, lixões e agrotóxicos se configuram como fontes de poluição. Objetivou-se avaliar a qualidade da água subterrânea em poços localizados na área do perímetro irrigado de Sumé-PB, para uso da água bruta na irrigação e dessedentação animal. A área de estudo está localizada na região do aluvião do rio Sucurú, perímetro irrigado do município de Sumé, Paraíba, delimitado pelas coordenadas geográficas entre latitude 7°28'00"S e 7°50'00"S, e entre longitude 37°14'00"O e 36°49'00"O. Foram selecionados oito poços escavados no aluvião do rio Sucurú, para realização das coletas de amostras de água. As coletas ocorreram em períodos chuvoso e seco, entre 2023 e 2025, com 556 valores de indicadores de qualidade da água bruta, obtidos *in situ* por meio de sonda multiparamétrica Hanna HI9829, além de 420 análises laboratoriais em triplicata, para determinação das concentrações de Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}). Os indicadores avaliados foram temperatura, pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD), turbidez, Cálcio e Magnésio, sendo os resultados obtidos comparados com as recomendações realizadas por meio da Resolução CONAMA nº 396/2008, diretrizes da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) e normas internacionais da África do Sul, Canadá e Nova Zelândia. Os resultados indicaram variações sazonais significativas, com piora na qualidade da água bruta no período seco, especialmente nos poços P1 e P2, localizados próximos à zona urbana, que apresentaram $\text{CE} > 3.000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e $\text{STD} > 2.000 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, limitando sua utilização para irrigação. O poço P8 manteve condições ideais ($\text{CE} < 700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; $\text{STD} < 450 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), enquanto outros requerem manejo adaptado. O pH das amostras manteve-se entre 6,55 a 8,25, enquadrando-se na faixa recomendada pela FAO, adequada para irrigação e dessedentação animal. Para uso da água na dessedentação animal, os indicadores de qualidade de água obtidos atenderam aos critérios para aves, bovinos, ovinos e caprinos, exceto P1 e P2, no período de estiagem. Conclui-se que a qualidade da água bruta apresentou alteração devido a poluição difusa, em função do lançamento de esgoto doméstico não tratado, na área urbana do município de Sumé, PB, próximo aos poços P1 e P2, com os maiores níveis de comprometimento, sugerindo forte interferência antrópica. Também houve piora significativa dos indicadores de qualidade da água no período seco, indicando influência sazonal sobre a qualidade da água subterrânea. Recomenda-se o plantio de culturas tolerantes a sais devido à qualidade da água contida nos poços escavados no aluvião do rio Sucurú, conhecidos popularmente por “poço amazonas”, sendo recomendado o monitoramento contínuo destes indicadores de qualidade da água bruta e ampliação para identificação de indicadores microbiológicos.

Palavras-chave: Água subterrânea; Parâmetros físico-químicos; Poço amazonas.

ABSTRACT

Water is a valuable resource that plays an essential role in the lives of living beings, especially in areas of the Brazilian semiarid zone (SAB), which face water scarcity and high evapotranspiration rates. In these areas, groundwater becomes an alternative for agricultural and livestock development. However, groundwater from unconfined aquifers is more subject to contamination due to urban development, where sewage, landfills and pesticides are sources of pollution. The objective of this study was to evaluate the quality of groundwater in wells located in the irrigated perimeter of Sumé-PB, for use of raw water in irrigation and animal watering. The study area is located in the alluvial region of the Sucurú River, irrigated perimeter of the municipality of Sumé, Paraíba, delimited by the geographic coordinates between latitude 7°28'00"S and 7°50'00"S, and between longitude 37°14'00"W and 36°49'00"W. Eight wells dug in the alluvial region of the Sucurú River were selected to collect water samples. The collections took place during the rainy and dry seasons, between 2023 and 2025, with 556 values of raw water quality indicators, obtained in situ using a Hanna HI9829 multiparametric probe, in addition to 420 laboratory analyses in triplicate, to determine the concentrations of Calcium (Ca^{2+}) and Magnesium (Mg^{2+}). The indicators evaluated were temperature, pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TSD), dissolved oxygen (DO), turbidity, calcium and magnesium, and the results obtained were compared with the recommendations made through CONAMA Resolution N°. 396/2008, guidelines of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and international standards of South Africa, Canada and New Zealand. The results indicated significant seasonal variations, with worsening in the quality of raw water in the dry season, especially in wells P1 and P2, located near the urban area, which presented $\text{EC} > 3,000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ and $\text{STD} > 2,000 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, limiting its use for irrigation. Well P8 maintained ideal conditions of water quality ($\text{EC} < 700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; $\text{STD} < 450 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), while others require adapted management. The pH of the samples remained between 6.55 and 8.25, within the range recommended by FAO, suitable for water use to irrigation and animal watering. For use of water for animal watering, the water quality indicators obtained met the criteria for poultry, cattle, sheep and goats, except P1 and P2, during the dry season. It is concluded that the quality of the raw water was altered due to diffuse pollution, due to the discharge of untreated domestic sewage, in the urban area of the municipality of Sumé, PB, near wells P1 and P2, with the highest levels of impairment, suggesting strong anthropic interference. There was also a significant worsening of water quality indicators during the dry season, indicating seasonal influence on groundwater quality. It is recommended to plant salt-tolerant crops due to the quality of the water contained in the wells dug in the alluvium of the Sucurú River, popularly known as the "Amazonas well", and continuous monitoring of these raw water quality indicators and expansion to identify microbiological indicators is recommended.

Keywords: Groundwater; Physicochemical parameters; Amazon well.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do município de Sumé - PB.	18
Figura 2 - Mapa de localização dos poços no perímetro irrigado de Sumé - PB	19
Figura 3 - Sonda multiparamétrica para medição de indicadores de qualidade da água.....	20
Figura 4 - Temperatura da água em 8 poços do perímetro irrigado de Sumé – PB	22
Figura 5 - Oxigênio dissolvido na água em 8 poços do perímetro irrigado de Sumé – PB.....	23
Figura 6 - Excesso de matéria orgânica em poços do perímetro irrigado de Sumé-PB	24
Figura 7 - Turbidez da água em 8 poços localizados no perímetro irrigado de Sumé – PB	25
Figura 8 - pH da água em 8 poços localizados no perímetro irrigado de Sumé – PB.....	26
Figura 9 – Valores limites da CE para uso da água na irrigação no perímetro irrigado de Sumé – PB	27
Figura 10 - Valores limites da CE para uso da água na dessedentação animal no perímetro irrigado de Sumé - PB	28
Figura 11 – Valores limites de STD para uso da água na irrigação no perímetro irrigado de Sumé - PB.....	30
Figura 12 – Valores limites de STD para uso da água na dessedentação animal no perímetro irrigado de Sumé - PB	30
Figura 13 – Valor limite de Cálcio da água bruta para dessedentação animal no perímetro irrigado de Sumé-PB	31
Figura 14 – Valores limites de Magnésio na água bruta para dessedentação animal no perímetro irrigado de Sumé-PB	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores de qualidade da água para uso na irrigação.....	13
Tabela 2 - Padrões de parâmetros de qualidade da água para dessedentação animal.	14

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba

ANA – Agência Nacional das Águas

Ca²⁺ - Cálcio

CDSA – Centro de Desenvolvimento Sustentável

CE – Condutividade Elétrica

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

LAFHID - Laboratório de Fenômenos de Transporte, Hidráulica, Irrigação e Drenagem

FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

Km² - Quilômetro quadrado

mg.L⁻¹ - Miligramas por litro

Mg²⁺ - Magnésio

°C – Graus Celcius

OD (%) - Oxigênio Dissolvido por %

OD (ppm) - Oxigênio Dissolvido por ppm

PB - Paraíba

pH – Potencial Hidrogeniônico

ppm – Partes por milhão

SAB - Semiárido brasileiro

STD - Sólidos totais dissolvidos

UFMG – Universidade Federal Campina Grande

UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez

USSL - *United States Salinity Laboratory*

µS.cm⁻¹ - Microsiemens por centímetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1 Qualidade de águas subterrâneas	13
3.2 Uso da água subterrânea para irrigação e dessedentação animal	13
3.3 Indicadores de qualidade da água.....	14
3.3.1 Temperatura.....	14
3.3.2 pH	15
3.3.3 Condutividade elétrica.....	15
3.3.4 Sólidos totais dissolvidos	16
3.3.5 Oxigênio dissolvido.....	16
3.3.6 Turbidez.....	16
3.3.7 Cálcio e Magnésio	17
4 METODOLOGIA.....	18
4.1 Área de estudo.....	18
4.2 Pontos de coleta.....	19
4.3 Amostragem de água	19
4.4 Determinações físico-químicas das águas dos poços	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 Análise dos parâmetros físico-químicos	22
5.1.1 Temperatura.....	22
5.1.2 Oxigênio Dissolvido (OD)	23
5.1.3 Turbidez.....	25
5.1.4 pH	26
5.1.5 Condutividade Elétrica (CE)	27
5.1.6 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	29
5.1.7 Cálcio (Ca ²⁺) e Magnésio (Mg ²⁺)	31
6 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso valioso que desempenha um papel essencial na vida dos seres vivos, especialmente na região do semiárido brasileiro (SAB), que enfrenta escassez hídrica e altas taxas de evapotranspiração. O acesso à água de boa qualidade está se tornando cada vez mais limitado, devido ao uso excessivo e à poluição. Atualmente, mais de um bilhão de pessoas no mundo não têm acesso à água potável, o que afeta a saúde e qualidade de vida da população, o que pode causar conflitos socioeconômicos (Félix; Araujo, 2023). Ampliar o acesso à água, reduzir perdas nos sistemas de abastecimento, otimizar o uso, evitar a poluição, proteger rios, matas ciliares e áreas de preservação permanente, além de reutilizar a água são ações necessárias e urgentes para reduzir a pressão sobre os recursos hídricos (ANA, 2020; Ribeiro; Oliveira, 2019).

Devido à escassez hídrica, as águas subterrâneas são fundamentais para a segurança hídrica e o abastecimento de diversos setores econômicos e produtivos. Cerca de 0,5% da água doce do planeta encontra-se armazenada em aquíferos subterrâneos, sendo, portanto, uma das principais fontes de água doce disponíveis para o consumo humano e outras atividades, como por exemplo, a irrigação e a dessedentação animal. De acordo com Hirata *et al.* (2019), as águas subterrâneas são essenciais para o abastecimento e os ecossistemas. No entanto, sua gestão é difícil devido à invisibilidade do recurso, o que limita a conscientização pública e a criação de políticas adequadas.

No SAB, há escassez de água devido à baixa pluviosidade, evapotranspiração elevada e uso inadequado dos recursos hídricos, onde a perfuração de poços, apesar de ser comum, não assegura a qualidade da água satisfatória para os usos múltiplos, devido à poluição dos corpos hídricos (Chianca *et al.*, 2023). A falta de registro e fiscalização dificulta o controle, favorece a contaminação e pode levar à superexploração dos aquíferos (Hirata, 2019).

A concentração da população em grandes centros urbanos associada às atividades industriais e agropecuárias podem gerar contaminação da água por substâncias tóxicas para os seres vivos, devido ao manejo inadequado de resíduos urbanos (Silva, 2023).

Nesse cenário, a escassez de água é um grande desafio para a agricultura sustentável, especialmente com o aumento da população e as mudanças climáticas. O uso imprudente de água salina pode causar salinidade, sodicidade ao solo e toxicidade de espécies vegetais, afetando a qualidade da água e as atividades agropecuárias, principalmente em regiões áridas e semiáridas (Zaman; Shahid; Heng, 2018).

Também é importante destacar que as águas subterrâneas são vulneráveis à contaminação por esgotos, lixões e uso incorreto de agrotóxicos. Esse risco aumenta com o crescimento de indústrias e expansão de áreas agrícolas, que intensificam o uso de agrotóxicos infiltrando o solo e contaminando águas superficiais e subterrâneas (Rego *et al.*, 2021).

No contexto paraibano, o perímetro irrigado na bacia hidrográfica do rio Sucurú, município de Sumé - PB, foi responsável por alavancar a produção agrícola nas décadas de 1970 e 1980. Porém, na década de 1990, quando se observou uma grande seca na região Nordeste do Brasil, a má gestão da água e o seu uso inadequado para irrigação, o que resultou na salinização do solo e na redução da produtividade agrícola (Amorim, 2017). O monitoramento da qualidade da água nessa região é essencial para prevenir novos impactos ambientais negativos e assegurar a eficiência do uso dos recursos hídricos, garantir a produção agrícola local e a segurança da água utilizada para dessedentação animal.

A análise da qualidade da água dos poços amazonas, localizados na área do perímetro irrigado do município de Sumé – PB, se faz necessária para garantir seu uso seguro na irrigação e dessedentação animal.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a qualidade da água disponível em poços amazonas do perímetro irrigado de Sumé - PB, por meio de parâmetros físico-químicos, para avaliar a viabilidade de uso na irrigação e dessedentação animal.

2.2 Objetivos específicos

- Delimitar geograficamente a área de estudo, identificando os usos predominantes da água contida nos poços;
- Analisar as variações espaciais e temporais dos parâmetros físico-químicos dos poços escolhidos;
- Obter ou determinar os indicadores de qualidade da água por meio dos valores de temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, turbidez, cálcio e magnésio;
- Avaliar a adequação da água para uso na irrigação e dessedentação animal com base em critérios estabelecidos pela legislação brasileira e diretrizes de outros países.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Qualidade de águas subterrâneas

A água subterrânea é a porção hídrica que fica abaixo da superfície da Terra, preenchendo espaços em rochas e solo. Ela ajuda a manter a umidade do solo e abastece rios e lagos, pelo ciclo hidrológico (ABAS, 2021). As águas subterrâneas constituem um recurso estratégico para diversos usos, porém enfrentam ameaças à sua qualidade e disponibilidade devido à exploração desordenada e ocupação inadequada do solo (Barbosa *et al.*, 2011).

Nas últimas décadas, observa-se um aumento da degradação dos aquíferos em áreas urbanas e rurais, com destaque para as zonas contaminadas em regiões industrializadas, onde poços particulares são intensamente utilizados para abastecimento (Bertolo; Hirata; Junior, 2019). A qualidade da água está relacionada às substâncias presentes, como partículas e componentes dissolvidos, que podem afetar seu uso para consumo, irrigação e indústria. Para garantir que a água seja segura e apropriada, são definidos padrões e limites que controlam essas características (Oliveira, 2024).

3.2 Uso da água subterrânea para irrigação e dessedentação animal

O crescimento populacional, as mudanças climáticas e a intensificação agrícola aumentam a pressão sobre o solo e a água, exigindo um aumento de 70% na produtividade agrícola até 2050. Diante disso, esforços globais buscam melhorar o uso da água na irrigação para garantir a segurança alimentar (Zaman; Shahid; Heng, 2018). Na produção animal também é importante manter a qualidade da água para favorecer maior produtividade. De acordo com Gomes *et al.* (2023), quando a água tem qualidade adequada, além de manter o equilíbrio interno do corpo (homeostase), também fornece minerais importantes para a nutrição dos animais.

Na Tabela 1 pode-se observar alguns indicadores de qualidade da água para uso na irrigação.

Tabela 1 – Indicadores de qualidade da água para uso na irrigação.

Parâmetros	Brasil	Padrão FAO		
		Adequado	Moderado	Severo
pH	6,0 - 9,0	6,5 - 8,5	-	-
CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	-	< 700	700 - 3.000	> 3.000
STD (ppm)	-	< 450	450 – 2000	> 2000

Fonte: Adaptado de Amaral; Ferreira; Navoni (2021).

De acordo com Ayers e Westcot (1985), há necessidade de respeitar os limites de alguns parâmetros físico-químicos de qualidade da água para uso na irrigação (Tabela 1), visando evitar a toxicidade, a redução do crescimento e a queda na produtividade das culturas. Também estabeleceram padrões para a água utilizada para a dessedentação animal (Tabela 2), levando em conta a salinidade e a tolerância à presença de sais dissolvidos. No caso do Cálcio, devem ser utilizadas diretrizes da África do Sul (ZA) (DWAF, 1996) e Canadá (CA) (CCME, 1993), haja vista a deficiência de determinação de padrões nos indicadores analisados por meio da Resolução CONAMA nº 396/2008 (Brasil, 2008).

Tabela 2 - Padrões de parâmetros de qualidade da água para dessedentação animal.

Parâmetros	Brasil	Outros países	Padrão FAO
CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	-		5.000 – aves; 8.000 - bovinos, ovinos, caprinos e suínos.
STD (ppm)	-		3.000 - aves; 7.000 - bovinos, ovinos, caprinos e suínos.
Magnésio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	-		250 – aves, suínos, cavalos, vacas lactantes e caprinos jovens; 400 – bovinos; 500 – caprinos e ovinos adultos.
Cálcio ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	-	1000 (CA; ZA)	-

Fonte: Adaptado de Amaral; Ferreira; Navoni (2021).

A água subterrânea vem ganhando importância crescente, especialmente no SAB, onde o clima quente e os baixos índices de precipitação pluviométrica causam longos períodos de seca e esgotamento das fontes superficiais (Santos, 2023).

3.3 Indicadores de qualidade da água

3.3.1 Temperatura

A temperatura é um parâmetro físico que mede o quanto as partículas de um determinado material (corpo) estão em movimento. A agitação dos átomos e moléculas em constante movimento geram energia, e quanto maior a agitação maior a temperatura (Hewitt, 2015; Martinez; Ferreira, 2019).

A temperatura é um parâmetro que pode impactar nos níveis de oxigênio dissolvido (Oliveira, 2018). É um dos principais fatores que influenciam na solubilidade de oxigênio (O_2)

na água (Montes; Lamardo; Yogui, 2021). Afeta também os processos que ocorrem nas reações químicas, como o metabolismo de organismos e atividades microbiológicas (Dezuane, 1997).

A temperatura tem impacto direto na saúde de ambientes aquáticos. E apesar de variar em relação às estações do ano, a ação humana pode afetar esse equilíbrio natural (UFMG, 2021).

Conforme Laureano *et al.* (2020), pode ocorrer variação da temperatura da água subterrânea de acordo com a sua localização, a profundidade do aquífero, as estações do ano e as condições climáticas da região. Porém, não existem normas ou regulamentações que estabeleçam um padrão para a temperatura da água subterrânea.

3.3.2 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) da água é importante para avaliar sua qualidade, pois reflete o equilíbrio entre os íons de hidrogênio (H^+) e hidroxila (OH^-) com uma escala variando de 0 a 14. Esse equilíbrio determina se a água é ácida ($pH < 7$), neutra ($pH = 7$) ou alcalina ($pH > 7$). O pH reflete a quantidade de íons H^+ presentes na solução e é calculado como o logaritmo negativo dessa concentração. É um parâmetro essencial para entender a acidez, neutralidade e alcalinidade da água, influenciando sua qualidade e adequação para diferentes usos, como para o consumo humano e irrigação (Nelson; Cox, 2014; Tenuta; Tabchoury; Cury, 2017; Luciano *et al.*, 2024).

A Resolução CONAMA nº 396/2008 não define um valor exato de pH para as águas subterrâneas, mas recomenda que ele fique entre 6,0 e 9,0. Já segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO, para que a água seja segura para irrigação, o ideal é que o pH esteja entre 6,5 e 8,5. Essas faixas ajudam a garantir que a água não cause danos ao solo, às plantas ou à saúde (Ayers; Westcot, 1985).

3.3.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica - CE indica a capacidade da água de conduzir corrente elétrica devido à presença de íons dissolvidos, sendo expressa na unidade ($\mu S.cm^{-1}$). Essa medida pode ser usada para identificar possíveis contaminações por esgotos e resíduos industriais, pois elevam os valores deste indicador de qualidade da água (Cardoso, 2022; Silva *et al.*, 2024).

A condutividade elétrica (CE) pode variar com o clima. Em período de escassez hídrica, o seu valor aumenta devido à menor vazão dos rios. No período de ocorrência de chuvas intensas, pode diminuir por diluição ou aumentar por lixiviação de sais do solo. Além disso, o

lançamento de esgotos, o escoamento de áreas urbanas e agrícolas, e os efluentes industriais também contribuem para o aumento da CE (Montovani, 2021).

3.3.4 Sólidos totais dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos (STD) correspondem a soma de todas as partículas sólidas que permanecem dissolvidas em solução aquosa, abrangendo tanto componentes orgânicos quanto inorgânicos, como sais minerais e diversas outras substâncias solúveis. As águas subterrâneas contêm diversos sólidos dissolvidos, sendo os sais minerais os principais constituintes que se dissociam em íons quando dissolvidos em água, predominantemente formados por cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) (Peng *et al.*, 2019).

3.3.5 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um importante indicador da qualidade da água, pois está relacionado à saúde dos ecossistemas aquáticos e à presença de organismos aeróbicos. Sua baixa concentração pode indicar poluição, favorecer organismos anaeróbicos e causar odor e sabor desagradáveis (Ferraz, 2020).

O acelerado desenvolvimento industrial e agrícola tem comprometido a qualidade dos recursos hídricos, intensificando a poluição e exigindo urgentes sistemas de monitoramento, sendo o oxigênio dissolvido um dos parâmetros mais relevantes para avaliar a saúde dos ecossistemas aquáticos (Mendes *et al.*, 2021). Essencial para a vida aquática, o OD origina-se da absorção atmosférica e da fotossíntese, porém sua concentração é sensível a fatores como temperatura, salinidade e pressão, além de ser consumido por processos naturais (respiração microbiana e decomposição de matéria orgânica) e por agentes redutores como sulfetos e nitritos (Ahmed; Lin, 2021).

3.3.6 Turbidez

A turbidez da água é caracterizada pela diminuição da transparência devido à presença de partículas em suspensão (sedimentos, matéria orgânica e microrganismos), e constitui um parâmetro essencial para avaliar a qualidade dos recursos hídricos. Esse fenômeno ocorre naturalmente por processos erosivos durante períodos chuvosos, porém é significativamente amplificado por ações antrópicas, incluindo operações de mineração, descarte de efluentes industriais e lançamento de esgotos não tratados (ANA, 2018).

Segundo Silva (2023), os limites de turbidez são mais rigorosos quando a água é destinada ao consumo humano, pois variam de acordo com seu uso. Não há padrões estabelecidos para a dessedentação animal e irrigação.

3.3.7 Cálcio e Magnésio

Os sais dissolvidos de Cálcio (Ca^{+2}) e Magnésio (Mg^{+2}) tendem a formar incrustações quando ultrapassam seu limite de solubilidade, aglomerando-se em superfícies como tubulações e equipamentos. Esse processo é intensificado por fatores como temperatura elevada, pH inadequado e evaporação da água, que aumentam a concentração dos sais (Lucas *et al.*, 2019).

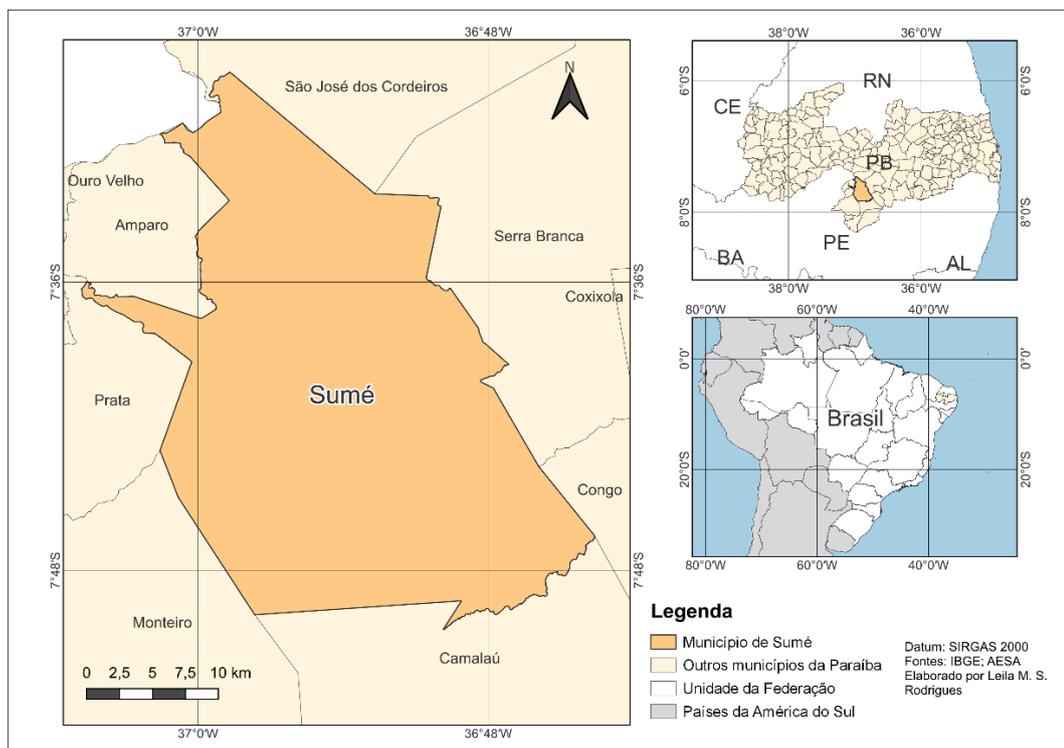
Peixoto *et al.* (2019), demonstram que a presença elevada de cátions como Cálcio e Magnésio na água pode comprometer sua qualidade, conferindo sabor desagradável e potencial efeito laxativo quando ingerida. Além disso, esses minerais apresentam propriedades incrustantes em condições de temperatura elevada, podendo danificar equipamentos e sistemas hidráulicos.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no perímetro irrigado do município de Sumé, Paraíba, delimitado pelas coordenadas geográficas entre latitude $7^{\circ}28'00''\text{S}$ e $7^{\circ}50'00''\text{S}$, e entre longitude $37^{\circ}14'00''\text{O}$ e $36^{\circ}49'00''\text{O}$ (**Figura 1**). Conforme o último censo realizado pelo IBGE (2022), o município tem 17.116 habitantes, área territorial de 833,315 km² e está situado na microrregião do Cariri Ocidental, mesorregião da Borborema. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo BSh, caracterizado como semiárido quente com chuvas concentradas no verão. Além de ser uma das áreas mais secas do estado, marcada por elevada irregularidade da precipitação pluviométrica (Clemente *et al.*, 2020).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Sumé - PB.



Fonte: Autora (2025).

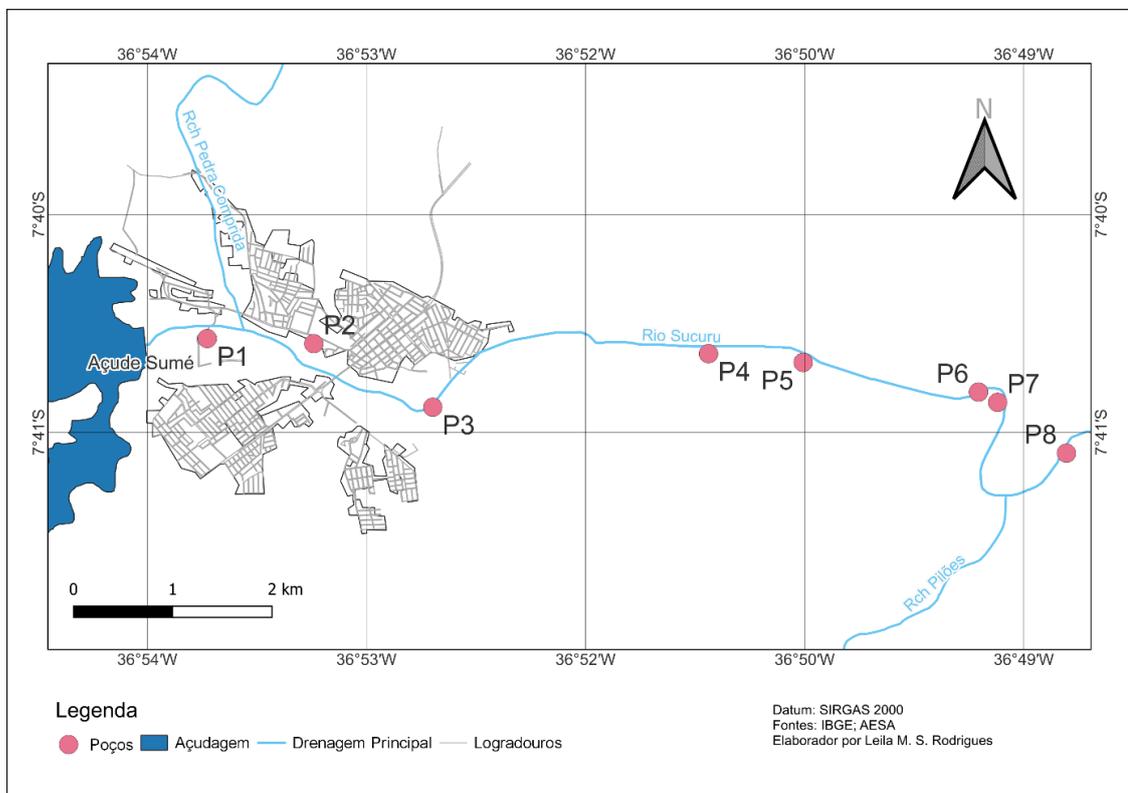
A região do semiárido apresenta duas estações climáticas, o período chuvoso, conhecido como inverno, e o período seco, chamado de verão (CPRM, 2000). O clima da microrregião onde está localizado o município é caracterizado por um período chuvoso de janeiro a maio e um período seco de junho a dezembro, predominando mais meses secos ao longo do ano (Diniz *et al.*, 2020). As temperaturas permanecem elevadas ao longo do ano, com média anual em torno de 26 °C, variando entre 21 °C e 31 °C (CPRM, 2000).

Segundo Emídio (2024), a vegetação predominante é a pertencente do bioma Caatinga, típica do semiárido nordestino, composta por espécies de porte arbustivo e arbóreo, com adaptações como folhas pequenas, que permitem a sobrevivência em ambientes com baixa umidade e chuvas irregulares.

4.2 Pontos de coleta

Foram selecionados oito poços (**Figura 2**) para análise, com base em sua utilização para irrigação agrícola e dessedentação animal, considerando a relevância desses usos no contexto produtivo e socioeconômico da região.

Figura 2 - Mapa de localização dos poços no perímetro irrigado de Sumé - PB



Fonte: Autora (2025).

4.3 Amostragem de água

As amostras de água foram coletadas diretamente no local (*in situ*), nos oito poços do tipo amazonas, posicionados estrategicamente a montante e a jusante da zona urbana do município de Sumé – PB. As coletas ocorreram durante o período chuvoso (janeiro, março, abril e maio de 2023; março de 2024; e janeiro de 2025) e no período seco (junho, setembro, novembro e dezembro de 2024).

No período de janeiro de 2023 a janeiro de 2025, foram realizadas 10 visitas de campo nos 8 poços selecionados para obtenção de 556 valores dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água, por meio da Sonda Hanna HI 9828 e coletas de amostras para obtenção dos valores médios das concentrações de cálcio e magnésio, após 420 análises laboratoriais em triplicata.

As amostras foram transferidas para frascos de polietileno com volume de 500 mL, previamente higienizados, rotulados e ambientados com a própria amostra. Após a coleta, os frascos foram acondicionados em caixa térmica contendo gelo e, posteriormente, armazenados em refrigerador até o momento das análises.

É relevante destacar que, em fevereiro de 2023, foi registrada uma precipitação de 231,0 mm, segundo dados da estação meteorológica de Sumé-PB (AESA, 2025), ocasionando a inundação dos poços 6 e 7, entre março e maio de 2023. Em maio de 2024, a precipitação atingiu 102,3 mm, mantendo esses poços alagados durante o mês de junho de 2024. No mês de setembro de 2024, apenas o poço 7 permaneceu inundado. Em janeiro de 2025, novas chuvas somaram 146,1 mm, provocando novamente a inundação dos poços 6 e 7. A coleta da água foi realizada com o auxílio de um coletor acoplado a uma corda, utilizado para alcançar a profundidade dos poços.

4.4 Determinações físico-químicas das águas dos poços

A coleta dos dados de qualidade da água foi realizada com a sonda multiparâmetro Hanna HI9829 (**Figura 3**), que possibilita a medição da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), sólidos totais dissolvidos ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), oxigênio dissolvido (ppm e % de saturação), turbidez (UNT) e as coordenadas geográficas dos poços (**Figura 3**).

Figura 3 - Sonda multiparamétrica para medição de indicadores de qualidade da água



Fonte: Autora (2024).

As determinações dos teores de Cálcio (Ca^{+2}) e Magnésio (Mg^{+2}) foram realizadas no Laboratório de Fenômenos de Transporte, Hidráulica, Hidrologia, Irrigação e Drenagem (LAFHID) da UFCG - Campus de Sumé, conforme os procedimentos do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). Os parâmetros de Cálcio (Ca^{+2}) e Magnésio (Mg^{+2}) foram obtidos por meio do método complexométrico pelo EDTA 0,025 M e com murexida como indicador para determinação de Ca^{+2} e o negro de eriocromo T para determinação de $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$, usando 25 mL de cada amostra em todas as análises. Ressalta-se que no mês de janeiro de 2023, não houve determinação de Cálcio e Magnésio.

A classificação de uso da água para irrigação e dessedentação animal foi obtida por meio dos parâmetros de pH, CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), STD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), Ca^{+2} ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e Mg^{+2} ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), avaliada com base nos critérios recomendados por meio da FAO (Ayers; Westcot, 1985), Resolução CONAMA n° 396/2008 (Brasil, 2008) e outros países como África do Sul (ZA) (DWAF, 1996) e Canadá (CA) (CCME, 1993).

Os dados foram tabulados em planilhas do Excel e utilizados para a elaboração de gráficos. Para melhor visualização, nos gráficos de barras foram aplicados tons de azul para representar o período chuvoso e tons de amarelo, laranja e vermelho para o período seco.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise dos parâmetros físico-químicos

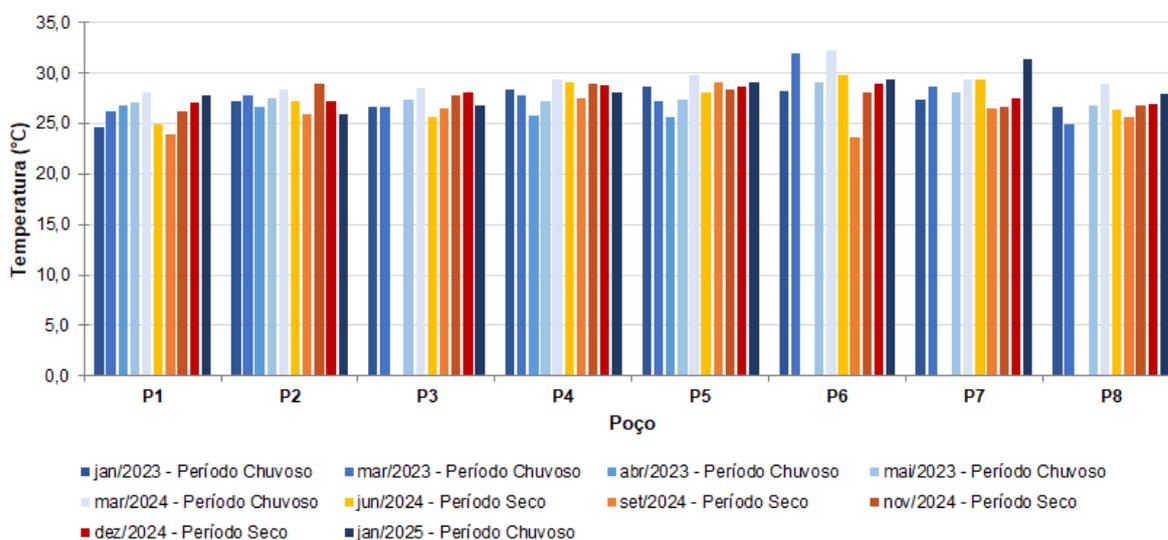
5.1.1 Temperatura

A temperatura da água subterrânea pode ser influenciada por diversos fatores ambientais, incluindo a temperatura do ar, profundidade do lençol freático, fluxo hídrico etc. Ao longo da série temporal analisada, observou-se que os poços apresentaram variações significativas de temperatura em função do regime hidrológico (seco e chuvoso).

Durante o período seco, as temperaturas da água subterrânea nos poços variaram entre 23,67 a 29,85 °C, com média de 27,32 °C. No período chuvoso, os valores variaram de 24,57 a 32,28 °C, com média de 27,83 °C.

Na **Figura 4**, pode-se observar os valores das temperaturas da água nos poços selecionados para a realização do monitoramento.

Figura 4 - Temperatura da água em 8 poços do perímetro irrigado de Sumé – PB



Fonte: Autora (2025).

As maiores temperaturas foram observadas nos poços P6 e P7 (**Figura 4**), ambos afetados por inundações superficiais. O poço P6 registrou valores acima de 30 °C em março de 2023 e 2024, atingindo o pico de 32,28 °C, enquanto o poço P7 alcançou 31,3 °C em janeiro de 2025.

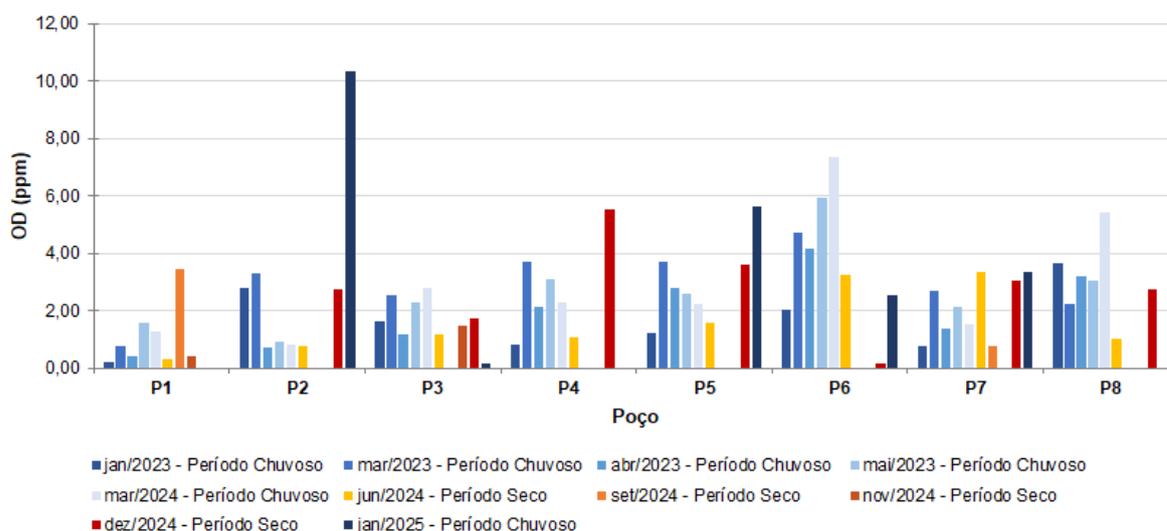
A temperatura da água subterrânea pode variar devido a fatores naturais, como a radiação solar e o aquecimento do solo, o que acelera reações químicas e biológicas e reduz a retenção de gases dissolvidos, como o oxigênio (Brito, 2024). No entanto, devido aos impactos

insignificantes, não existem padrões específicos na Resolução CONAMA nº 396/2008 (Brasil, 2008) ou em outros países. Altas temperaturas da água podem contribuir para a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido.

5.1.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido (OD) é fundamental para a vida aquática e, em águas subterrâneas, os níveis de OD são naturalmente mais baixos do que em águas superficiais, devido à ausência de luz para fotossíntese e à limitada troca com o ar atmosférico, o que dificulta a reposição de oxigênio (Brito, 2024). Nesse contexto, observa-se por meio da Figura 5, que a maioria dos poços apresenta concentrações abaixo de 5 ppm em ambos os períodos analisados.

Figura 5 - Oxigênio dissolvido na água em 8 poços do perímetro irrigado de Sumé – PB



Fonte: Autora (2025).

Também percebe-se que, em setembro de 2024, apenas os poços P1 e P7 apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido acima de zero; em novembro, somente os poços P1 e P2 registraram valores detectáveis; e em dezembro, o poço P1 apresentou OD igual a zero correspondendo ao período seco. Em janeiro de 2025, no período chuvoso, foi registrado um aumento no oxigênio dissolvido no P2, possivelmente causado pela infiltração de água da chuva, que pode ter oxigenado temporariamente o poço. Além disso, a temperatura da água apresentou redução nesse mês, o que favorece a maior solubilidade de oxigênio. Em contraste, houve ausência de OD nos poços P1, P4 e P8. Isso pode estar relacionado ao aumento da

temperatura da água, que reduz sua capacidade de reter oxigênio, e à presença de matéria orgânica, que consome oxigênio durante os processos de decomposição.

Não existem normas ou valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos para o oxigênio dissolvido em águas subterrâneas destinadas à dessedentação animal e irrigação. Esse parâmetro, apesar de relevante para a qualidade da água, não é regulado especificamente para essas finalidades por legislações como a Resolução CONAMA nº 396/2008 ou normas internacionais.

Na Figura 6 pode-se observar o excesso de matéria orgânica na superfície da água contida em alguns poços, o que sugere a contaminação por lançamento de esgotos e agrotóxicos.

Figura 6 - Excesso de matéria orgânica em poços do perímetro irrigado de Sumé-PB



Fonte: Autora (2024).

Além disso, a baixa concentração de oxigênio dissolvido compromete a vida aquática e favorece a proliferação de microrganismos potencialmente nocivos. A ausência total de oxigênio é um indicativo de processos de eutrofização, o que impacta negativamente a qualidade das águas subterrâneas (Nery *et al.*, 2015). Essa condição é evidenciada também,

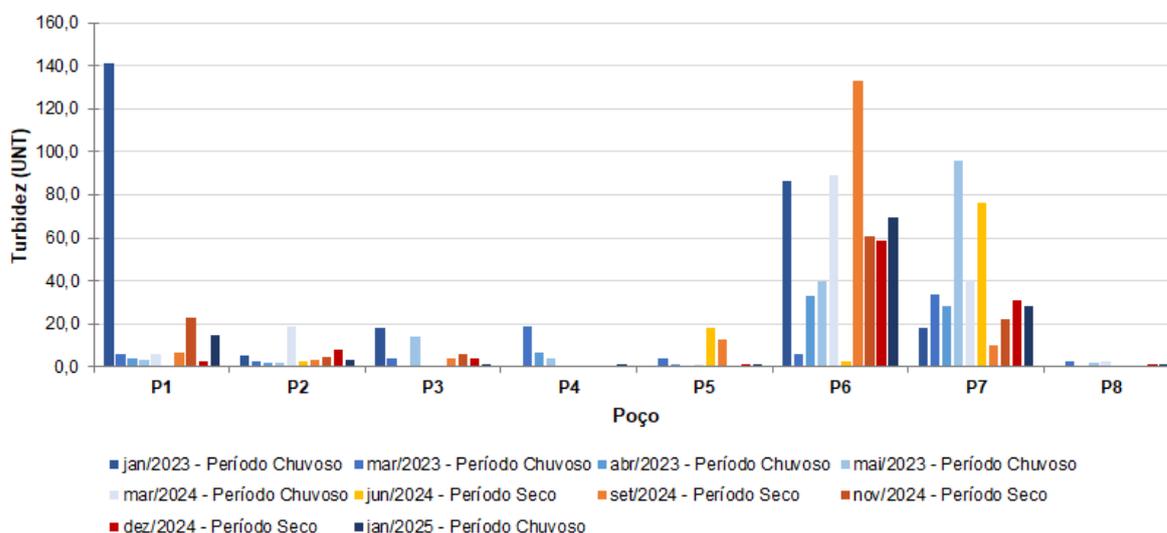
conforme registro *in loco*, na Figura 6, onde se verificou o excesso de matéria orgânica presente nos poços analisados.

5.1.3 Turbidez

De acordo com a **Figura 7**, a maioria dos poços analisados apresenta valores de turbidez inferiores a 30 UNT, indicando boa qualidade visual da água, embora não exista um padrão ou legislação específica que estabeleça limites para turbidez em águas subterrâneas destinadas à dessedentação animal ou irrigação.

No entanto, o poço P1 registrou um valor elevado de 141 UNT em janeiro de 2023, durante o período chuvoso. O poço P6 também apresentou turbidez elevada, atingindo 133 UNT em setembro de 2024 e mantendo altos níveis ao longo de diversos meses, tanto no período seco quanto no chuvoso. O poço P7, por sua vez, apresentou picos de turbidez em março e maio de 2023 (95,8 UNT), março de 2024 (período chuvoso) e junho de 2024 (período seco), podendo estar associado a possível contaminação e/ou aumento na presença de partículas em suspensão durante esses períodos, não se desprezando a possibilidade de inundação dos poços P1, P6 e P7.

Figura 7 - Turbidez da água em 8 poços localizados no perímetro irrigado de Sumé – PB



Fonte: Autora (2025).

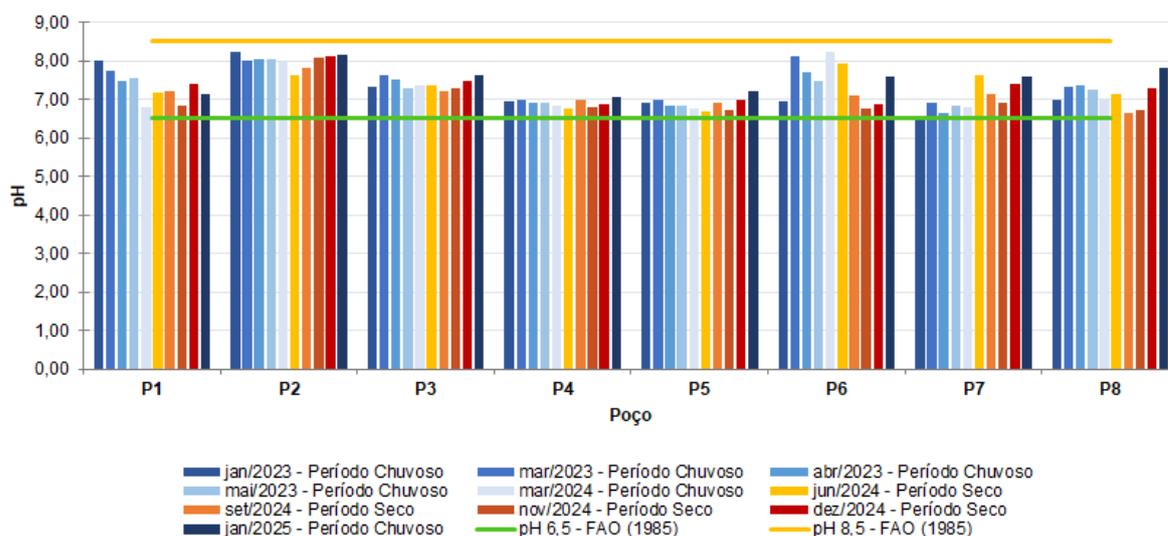
Ainda assim, observa-se que os maiores níveis de turbidez foram registrados nos poços P6 e P7, ambos impactados por inundações. A turbidez ocorre quando partículas sólidas, como sedimentos, matéria orgânica ou resíduos, ficam suspensas na água, dificultando a passagem da luz. Esse fenômeno é intensificado especialmente durante o período chuvoso, quando o

escoamento superficial arrasta partículas do solo para os corpos d'água, o que pode explicar os valores elevados observados nos poços afetados pelas inundações (Rocha, 2019). Assim, a presença de maior quantidade de material particulado nos poços P6 e P7 está associada à presença de partículas comuns na composição dos solos, carregados pelo transporte da água após erosão do solo.

5.1.4 pH

Durante o período chuvoso, os valores de pH da água subterrânea dos poços analisados variaram entre 6,55 e 8,25, com uma média geral de 7,34, indicando tendência alcalina. No período seco, o pH variou de 6,63 a 8,13, com média de 7,18, mostrando uma ligeira redução na alcalinidade em comparação ao período chuvoso. O poço P2 se destacou com os maiores valores de pH, apresentando uma média de 8,02, o que sugere uma água mais alcalina de forma constante. O que é considerado normal para a maioria das águas subterrâneas que apresentam valores dentro da faixa de 5,5 a 8,5, que podem variar de levemente ácida a levemente alcalina, dependendo das características geológicas e ambientais da região (Soares, 2021).

Figura 8 - pH da água em 8 poços localizados no perímetro irrigado de Sumé – PB



Fonte: Autora (2025).

Valores elevados de pH podem afetar a disponibilidade de nutrientes no solo, prejudicando o crescimento das plantas. Para a dessedentação animal, a água com pH muito alto ou muito baixo pode causar desconforto e até afetar a saúde dos animais, prejudicando sua hidratação e digestão. Contudo, valores dentro da faixa recomendada pela FAO (Ayers; Westcot, 1985) e pela Resolução CONAMA nº 396/2008 (Brasil, 2008) são geralmente seguros

para irrigação e dessedentação animal, exceto em condições específicas de sensibilidade de algumas espécies. Na **Figura 8**, pode-se observar que todos os poços estão dentro da faixa padrão recomendada pela FAO (Ayers; Westcot, 1985).

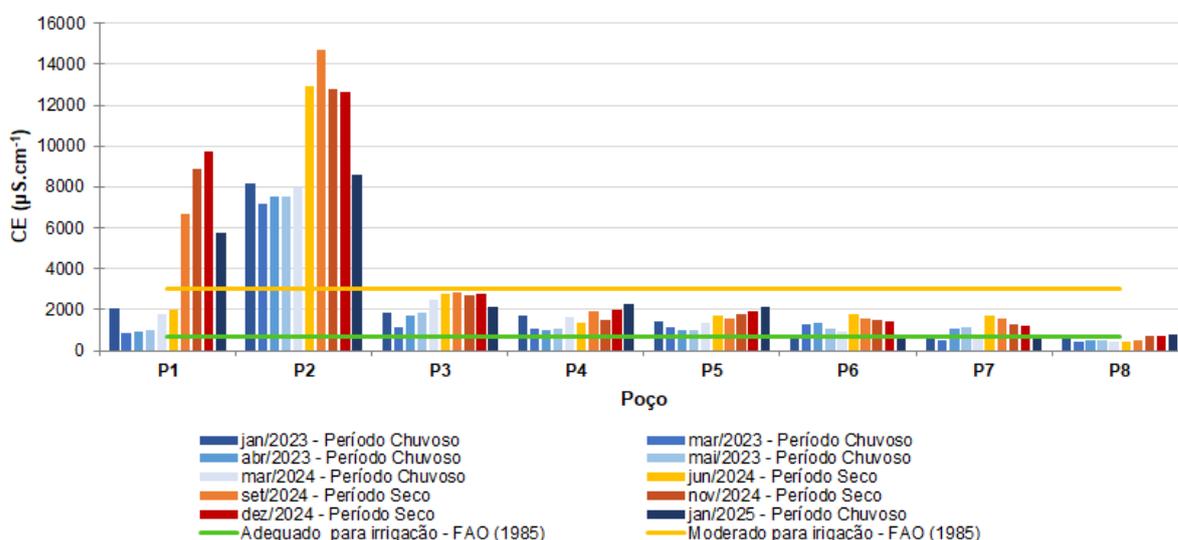
5.1.5 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica da água dos poços analisados variou significativamente entre os períodos. No período seco, os valores variaram entre 448 e 14.670 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e no período chuvoso, os valores foram menores, variando de 430 a 8.622 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, indicando diluição dos sais dissolvidos devido ao aumento da recarga hídrica.

Os poços P1, P2 e P3 apresentaram os maiores valores de CE nos períodos seco e chuvoso. O poço P2 se destacou com os maiores valores de CE em ambos os períodos. Já o P8 registrou as menores concentrações, o que pode estar relacionado à menor exposição à possível contaminação por esgoto doméstico sem tratamento.

Na Figura 9, pode-se observar a variação dos valores da CE e a recomendação para classificação de uso para irrigação pela FAO (1985).

Figura 9 – Valores limites da CE para uso da água na irrigação no perímetro irrigado de Sumé – PB



Fonte: Autora (2025).

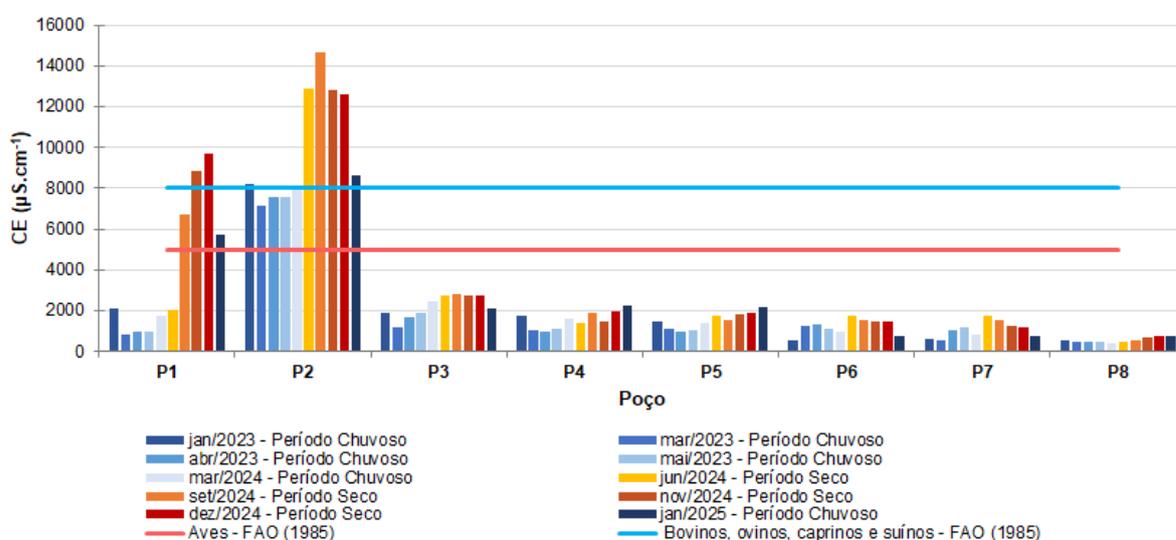
A CE é diretamente influenciada pela quantidade de íons dissolvidos na água, relacionada com a concentração de STD, funcionando como um importante indicativo da presença de sais e, possivelmente, devido ao lançamento de esgoto doméstico sem tratamento. Dessa forma, os altos valores de CE podem indicar potencial contaminação, especialmente em áreas mais próximas de fontes urbanas ou de lançamento de resíduos.

De acordo com os valores de CE obtidos para fins de irrigação, foi possível observar que apenas o poço P8 foi classificado como adequado para uso sem restrições, na maioria dos meses avaliados, apresentando valores inferiores a $700 \mu\text{S.cm}^{-1}$. As únicas exceções ocorreram em dezembro de 2024 ($718 \mu\text{S.cm}^{-1}$) e janeiro de 2025 ($753 \mu\text{S.cm}^{-1}$), quando ultrapassou ligeiramente o limite recomendado pela FAO (1985).

A água contida nos poços P3, P4, P5, P6 e P7 foi classificada como de uso moderado para irrigação, com CE variando entre 700 a $3.000 \mu\text{S.cm}^{-1}$ na maior parte dos meses avaliados, indicando a necessidade de precauções no manejo da irrigação, especialmente para culturas mais sensíveis aos sais presentes na água destes poços. No poço P1 foi possível identificar níveis moderados de CE nos meses de janeiro, março, abril e maio de 2023 e junho de 2024, mas foi classificado como severamente restritivo em setembro, novembro e dezembro de 2024 e em janeiro de 2025. O poço 2 se destacou negativamente, com valores de CE acima de $3.000 \mu\text{S.cm}^{-1}$ em todos os meses analisados, o que o classifica como inadequado ou com severas restrições para irrigação, podendo causar danos às culturas agrícolas mais sensíveis ao acúmulo de sais no solo.

Na **Figura 10**, pode-se observar a classificação de uso da água contida nos poços escolhidos para uso na dessedentação animal.

Figura 10 - Valores limites da CE para uso da água na dessedentação animal no perímetro irrigado de Sumé - PB



Fonte: Autora (2025).

Os sais em níveis moderados na água podem ser benéficos à dieta animal, mas em excesso causam toxidez. Os ovinos e caprinos toleram mais salinidade, as aves são as mais sensíveis. Já os bovinos consomem grandes volumes de água e exigem qualidade e quantidade

adequadas, pois a escassez pode afetar crescimento, produção de leite e o rendimento dos produtores (Lessa *et al.*, 2023).

De modo geral, a maioria dos poços apresentaram valores compatíveis com o consumo por aves, cujo limite é de $5.000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, que são mais sensíveis à salinidade, e também por bovinos, ovinos, caprinos e suínos.

No entanto, o poço P1 mostrou-se adequado para aves apenas durante o período chuvoso, com exceção de janeiro de 2025, e em junho de 2024, período seco. Nos meses de setembro de 2024 e janeiro de 2025, os níveis de CE indicaram adequação apenas para bovinos, ovinos, caprinos e suínos. No entanto, no período de novembro e dezembro de 2024, não recomendou-se o uso da água de P1 para dessedentação animal.

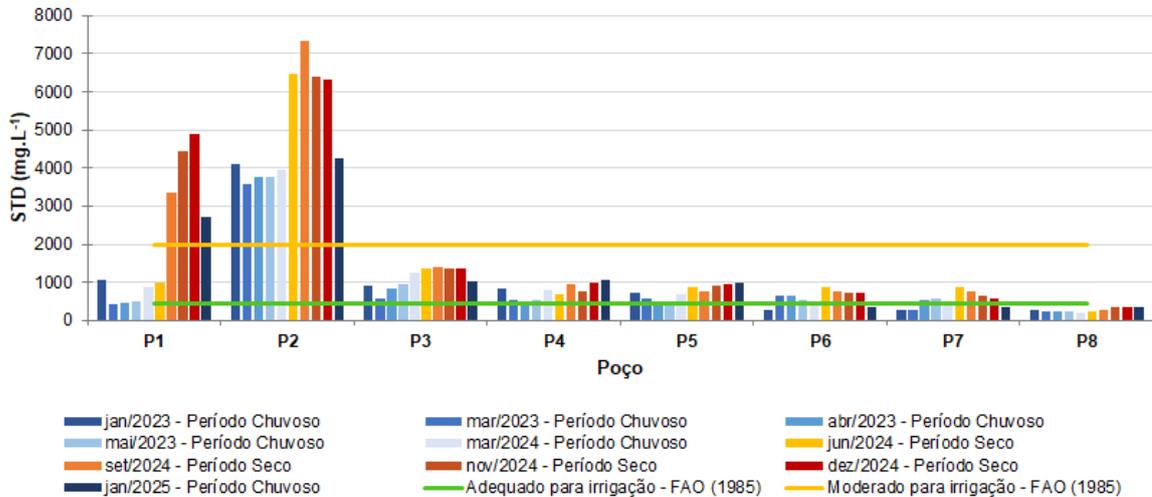
Já o poço P2 foi considerado adequado para bovinos, ovinos, caprinos e suínos apenas nos meses de março, abril e maio de 2023 e em março de 2024, maior parte do período chuvoso, sendo classificado como não recomendado para dessedentação nos demais meses avaliados.

5.1.6 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Para os sólidos totais dissolvidos, os valores no período seco variaram entre 224 e $7.335 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, enquanto no período chuvoso a variação foi de 215 a $4.238 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Essa diferença entre os períodos é um indicativo de que a concentração de sais dissolvidos tende a ser maior durante o período considerado como seco, quando ocorre a escassez hídrica, possivelmente devido à menor diluição causada pela ausência das precipitações pluviométricas.

Conforme ilustrado na Figura 11, os valores de STD indicam diferentes níveis de adequação dos poços para uso na irrigação. O poço P1 foi classificado como severamente restritivo ($>2.000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2024 e janeiro de 2025, sendo considerado moderado (450 a $2.000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) nos demais períodos. O poço P2 apresentou-se severo em todos os meses analisados, indicando potencial risco ao uso na irrigação. Já os poços P3, P4 e P5 permaneceram na faixa moderada durante todo o monitoramento. O P6 foi classificado como adequado ($\leq 450 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) apenas em janeiro de 2023 e janeiro de 2025, sendo moderado nos demais meses. O P7 apresentou condições adequadas nos meses de janeiro e março de 2023, março de 2024 e janeiro de 2025, e moderadas nos demais períodos. Por fim, apenas o poço P8 manteve-se adequado para irrigação durante todo o período avaliado, tanto no período seco quanto no chuvoso, com valores de STD inferiores a $450 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

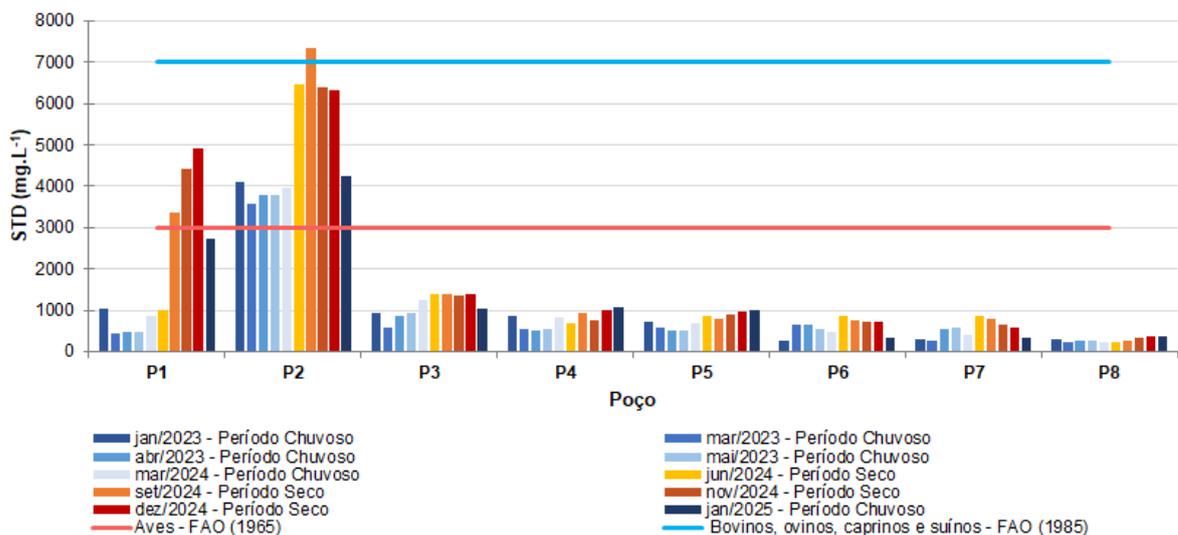
Figura 11 – Valores limites de STD para uso da água na irrigação no perímetro irrigado de Sumé - PB



Fonte: Autora (2025).

Na Figura 12, pode-se observar os valores limites recomendados para a dessedentação animal para os oito poços nos períodos seco e chuvoso.

Figura 12 – Valores limites de STD para uso da água na dessedentação animal no perímetro irrigado de Sumé - PB



Fonte: Autora (2025).

Foi possível identificar que os valores de sólidos totais dissolvidos (STD), na água contida na maioria dos poços são adequados para a dessedentação de aves, bovinos, ovinos, caprinos e suínos, considerando o limite de $\leq 3.000 \text{ mg.L}^{-1}$, com exceção dos poços P1 e P2. A água contida no poço P1 excedeu o limite recomendado de uso para aves nos meses de setembro, novembro e dezembro de 2024 (período seco), situando-se na faixa entre 3.000 a 7.000 mg.L^{-1} ,

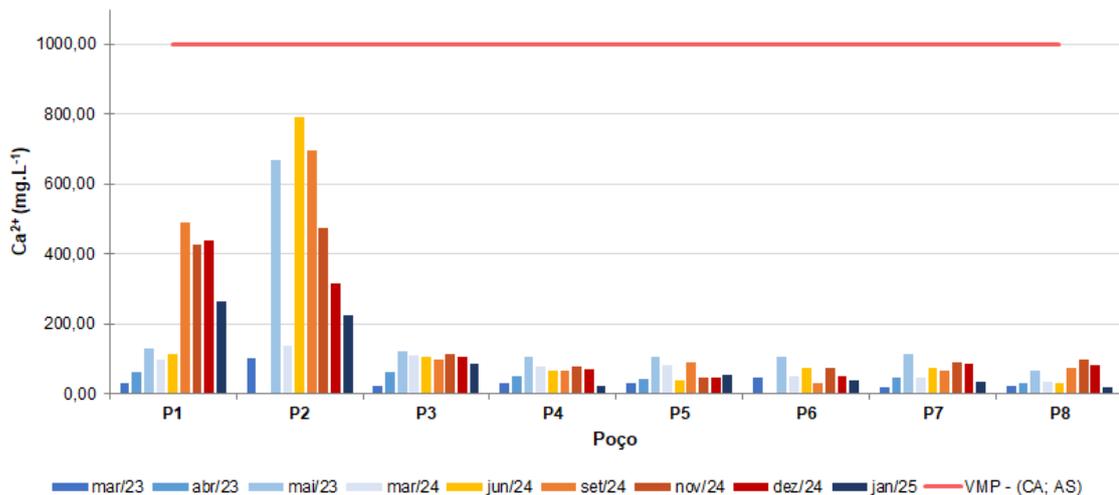
considerada tolerável apenas para animais mais resistentes à salinidade, como bovinos e caprinos. Já o poço P2 foi adequado para bovinos, ovinos, caprinos e suínos na maioria dos meses avaliados e, em setembro, ultrapassou os 7.000 mg.L^{-1} , sendo classificado como não recomendado para dessedentação animal em geral, devido ao risco de toxidez. Níveis elevados de STD na água podem prejudicar a saúde dos animais, como ocorrência de diarreia e aumento da mortalidade, principalmente em aves (Da Silva, 2023).

5.1.7 Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+})

Foi possível identificar que os valores de Cálcio presentes na água bruta variaram de $16,83$ a $669,34 \text{ mg.L}^{-1}$ no período chuvoso e de $32,06$ e $793,58 \text{ mg.L}^{-1}$, no período seco, indicando aumento significativo da concentração de Ca^{2+} , com destaque para os valores obtidos nos poços P1 e P2, localizados próximos à área urbana, durante o período de estiagem.

Na **Figura 13**, pode-se observar que os valores de Ca^{2+} presentes na água bruta para uso na dessedentação animal, com concentrações abaixo de 1.000 mg.L^{-1} . O Ca^{2+} geralmente não representa risco à saúde dos animais nem altera significativamente o sabor da água, o que mantém seu consumo normalmente sem restrição (Sousa *et al.*, 2025).

Figura 13 – Valor limite de Cálcio da água bruta para dessedentação animal no perímetro irrigado de Sumé-PB

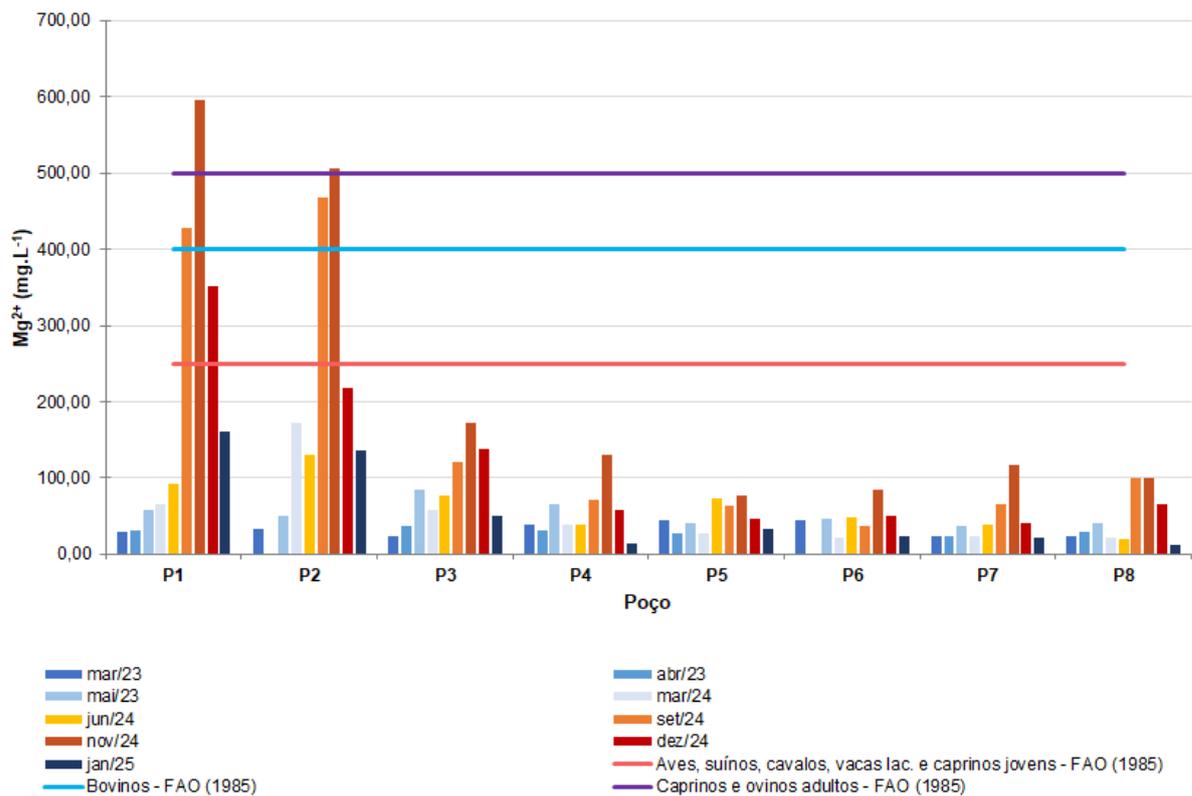


Fonte: Autora (2025).

Ao analisar os dados obtidos para a concentração de magnésio presente na água bruta, observa-se que no período chuvoso os valores variaram de $12,15$ a $172,53 \text{ mg.L}^{-1}$ e de $19,44$ a $595,35 \text{ mg.L}^{-1}$ no período seco, confirmando o impacto positivo das chuvas, que promoveu a recarga hídrica por escoamento no alívio e contribuiu para a diluição da Mg^{2+} .

Na **Figura 14**, pode-se observar que as concentrações de Mg^{2+} , nos períodos seco e chuvoso, são favoráveis para consumo por aves, suínos, cavalos, vacas lactantes e caprinos jovens ($\leq 250 \text{ mg.L}^{-1}$), na maioria dos poços, que são mais sensíveis. No poço P1, há restrições de uso da água para dessedentação animal, no período seco. No mês de setembro foi considerado adequado apenas para caprinos e ovinos adultos (≥ 450 e $\leq 500 \text{ mg.L}^{-1}$), em novembro foi classificado como não recomendado ($\geq 500 \text{ mg.L}^{-1}$) e em dezembro foi classificado dentro da faixa ideal para bovinos, caprinos e ovinos adultos (≥ 250 e $\leq 450 \text{ mg.L}^{-1}$). O poço P2 também apresentou restrições no período de estiagem, em setembro foi adequado para caprinos e ovinos adultos e em novembro ultrapassou 500 mg.L^{-1} , sendo classificado como não recomendado para uso da água na dessedentação animal.

Figura 14 – Valores limites de Magnésio na água bruta para dessedentação animal no perímetro irrigado de Sumé-PB



Fonte: Autora (2025).

Não existem valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos para Cálcio e Magnésio para uso na irrigação, porém, segundo a *University of Massachusetts Amherst - UMass* (2015), concentrações de Cálcio, entre 40 a 100 mg.L^{-1} e de Magnésio, entre 30 a 50 mg.L^{-1} são consideradas ideais. Nesse contexto, para Ca^{2+} , a maioria dos poços apresentou concentrações abaixo de 100 mg.L^{-1} em ambos os períodos, exceto em maio de 2023, quando apenas o poço

P8 permaneceu dentro da faixa recomendada. Observou-se um aumento acentuado no poço P1 durante o período seco, enquanto o poço P2 apresentou valores muito elevados em todos os períodos. Em relação ao Mg^{2+} , no período chuvoso, a maioria dos poços apresentou concentrações dentro da faixa ideal (até 50 mg.L^{-1}), mas no período seco, houve um aumento significativo, com a maior parte dos poços ultrapassando o limite recomendado. Os poços P1 e P2 estiveram acima da faixa recomendada na maior parte dos meses analisados.

É importante destacar que o Cálcio é um nutriente importante para as plantas. No entanto, o excesso de Cálcio no solo ou na água pode ser prejudicial. Esse excesso pode ser causado por efluentes industriais (Oliveira *et al.*, 2018). Esse acúmulo pode afetar a saúde do solo e das plantas, tornando o ambiente menos favorável ao seu crescimento.

Além disso, concentrações elevadas de Cálcio e Magnésio podem sinalizar contaminação e comprometer o funcionamento do sistema de irrigação, provocando obstruções em tubulações, bombas e emissores (Oliveira *et al.*, 2023).

A adequação dos poços para irrigação e dessedentação animal é variável e depende das características sazonais e da localização geográfica dos poços, sendo imprescindível o monitoramento contínuo da qualidade da água. Além disso, torna-se fundamental a escolha adequada de culturas agrícolas e espécies animais conforme a qualidade da água disponível, principalmente durante a estiagem, quando ocorre o agravamento dos teores de sais dissolvidos.

Embora a análise dos parâmetros físico-químicos forneça uma visão essencial da qualidade da água, reforça-se a necessidade de avaliação microbiológica em conjunto, a fim de garantir a segurança do uso da água para irrigação e dessedentação animal, além de monitorar a poluição ambiental no perímetro estudado. Também é interessante realizar análises do solo, para compreender melhor o impacto do uso da água na estrutura e fertilidade do solo ao longo do tempo.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos avaliados, pode-se concluir que, de forma geral, que a água contida nos poços monitorados apresentaram variações significativas entre os períodos seco e chuvoso, influenciadas por fatores como temperatura, recarga do aquífero aluvial e possíveis fontes de poluição difusas.

Em relação à irrigação, observou-se que apenas a água contida no poço P8 manteve qualidade adequada de forma consistente ao longo dos dois períodos avaliados. Os demais poços apresentaram níveis de restrição moderada a severa, especialmente em relação à CE e aos STD, indicando a necessidade de um manejo adequado de uso da água na irrigação, com preferência por culturas tolerantes à salinidade, além da necessidade de drenagem do solo.

Quanto à dessedentação animal, a maioria dos poços possui condição satisfatória da qualidade da água bruta para o consumo por aves, bovinos, caprinos, ovinos e suínos. Há restrições para o uso da água contida nos poços P1 e P2, devido aos valores elevados das concentrações dos indicadores de qualidade da água, especialmente no período seco, o que pode comprometer sua utilização, em particular para animais jovens ou mais vulneráveis, como aves.

Foi possível identificar a poluição causada pelo lançamento de esgoto sem tratamento na zona urbana do município de Sumé, PB, especialmente na região onde estão localizados os poços P1 e P2, que apresentaram os maiores níveis de concentração dos indicadores de qualidade da água analisados.

Esta pesquisa reforça a relevância da análise qualitativa da água, por meio do estudo de caso dos parâmetros físico-químicos em poços, como apoio à definição de medidas de controle e adequação frente aos limites estabelecidos pela normativa vigente, considerando nos usos aqui considerados, irrigação e dessedentação animal. Estudos semelhantes, tanto no meio acadêmico quanto em ações de fiscalização por órgãos gestores, têm potencial para qualificar o atendimento às demandas hídricas na região do Semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **O que são águas subterrâneas**, 2021. Disponível em: <https://www.abas.org/educacao/o-que-sao-aguas-subterraneas/>. Acesso em: 27 abr. 2025.
- AESA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Chuvas: Dados meteorológicos - Estações pluviométricas. 2025. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/chuvas/>. Acesso em: 10 mai. 2025.
- AHMED, M. H.; LIN, L. S. Dissolved oxygen concentration predictions for running waters with different land use land cover using a quantile regression forest machine learning technique. *Journal of Hydrology*, v. 597, p. 126213, 2021.
- AMARAL, K; FERREIRA, D. M.; NAVONI, J. A.; 2021. Avaliação das águas subterrâneas salobras do semiárido do Rio Grande do Norte: qualidade e impactos sob atividades agropecuárias de subsistência. *Águas Subterrâneas*, v. 35, n. 3, e 30077, p.1-15.
- AMORIM, J. D. **Diagnóstico do perímetro irrigado da cidade de Sumé – PB**. 2017. 43 f. Monografia. (Bacharelado em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos). Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Sumé, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/4764>
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Portal da qualidade das águas**. 2018. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/portallpnqa/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em 30 abr. de 2025.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água Subterrânea**. 2020. Disponível em: [Água Subterrânea: https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea](https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea). Acesso em: 29 abr. 2025.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th ed. Washington, D.C: APHA, 2012.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), v. 29, 1985.
- BARBOSA, M. C.; CARVALHO, A. M.; IKEMATSU, P.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; CAVANI, A. C. M. Avaliação do perigo de contaminação do sistema aquífero guarani em sua área de afloramento no estado de São Paulo decorrente das atividades agrícolas. *Águas Subterrâneas*, [S. l.], v. 25, n. 1, 2011. DOI: 10.14295/ras.v25i1.21296. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/21296>. Acesso em: 8 mai. 2025.
- BERTOLO, R. A.; HIRATA, R.; JUNIOR, O. A. Método de valoração da água subterrânea impactada por atividades contaminantes no Estado de São Paulo. *Revista Águas Subterrâneas*, v. 33, n. 3, p.303-313, 2019.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 7 abr. 2008. Seção 1, p. 64-68.

BRITO, J. O. **Qualidade da água subterrânea em soluções alternativas individuais de abastecimento de água para consumo humano no município de Ju-Paraná-RO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Rondônia, Ji - Paraná, 2024.

CARDOSO, F. E. C. **Uso de sensoriamento remoto para análises de qualidade de água do açude do sítio Milagres em Campo Grande/RN**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas/RN, 2022.

CCME – CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. **A proposed protocol for the derivation of water quality guidelines for the protection of agricultural water uses**. Ottawa: Environment Canada, Eco-Health Branch, 1993.

CHIANCA, C. G. C; BATISTA, R. O.; MELO, S. B. de; DIAS, N. S.; SILVA, C. K. da. Qualidade da água em áreas de barragens subterrâneas do semiárido potiguar. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 36, n. 3, p. 663 – 674, jul. – set., 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252023v36n319rc>.

CLEMENTE, T. S.; NASCIMENTO, M. B. do; SILVA, J. M. da; ARAÚJO, L. E. de. Pegada Hídrica da Microrregião do Cariri Ocidental, Paraíba. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 43 v. 2, p. 121-137, mai-ago, 2021. ISSN: 2176-5774.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Sumé - Folha SB.24-Z-D-V**. Brasília - DF: CPRM, 2000.

CURY, J. A.; TENUTA, L. M. A.; TABCHOURY, C. P. M. Conceitos de pH, sistemas tampão e solubilidade: aplicação na odontologia. *In*: CURY, J. A.; TENUTA, L. M. A.; TABCHOURY, C. P. M.. **Bioquímica Oral**. São Paulo: Editora Artes Médicas Ltda., 2017. cap. 1. p. 11-25.

DA SILVA, E. I. C. **A água na nutrição animal**. 1 ed. Recife: instituto Agrômico de Pernambuco, 2023.

DEZUANE, J. Chemical Parameters – Inorganics. *In*: **Drinking Water Quality**, 2nd Ed., New York: John Wiley & Sons, p.575, 1997.

DINIZ, R. R. S.; ALENCAR, M. L. S.; MEDEIROS, S. A. de; GUERRA, H. O. C.; SALES, J. C. R. de. Índice de anomalia de chuvas da Microrregião do Cariri Ocidental Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 13, n.06 (2020) 2628-2640.

DWAF -DEPARTMENT OF WATER AFFAIRS AND FOREST. South African water quality guidelines. 2nd ed. n, v. 5: Agricultural use: Livestock watering. CSIR Environmental Services, Preto-ria, 1996.

EMÍDIO, R. A. **Diagnóstico social, da qualidade do solo-água e do uso da terra em comunidades agrícolas do Cariri Paraibano**. 2024. 60.f. (Trabalho de Conclusão de Curso). Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande - Campus de Sumé - Paraíba - Brasil, 2024. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/34875>.

FÉLIX, W. de O.; ARAUJO, V. M. Das águas particulares às águas públicas: uma análise dos instrumentos públicos para regulação e gestão das águas no Brasil. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 7, p. 6140–6155, 2023. DOI: 10.55905/revconv.16n.7-112.

FERRAZ, C. J. **Método para determinação de oxigênio dissolvido em águas utilizando complexo Mn^{III}-EDTA**. 2020. 78 f. Dissertação (Magister Scientiae) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

GOMES, J. A. F.; LIMA, R. S.; AQUINO, R. S.; ARRAES, F. D. D.; BARROS, F. L. L. Dinâmica da qualidade da água de poços artesianos para consumo animal no sertão central de Pernambuco. **Revista Semiárido De Visu**, v. 11, n. 3, p. 563, 2023. ISSN 2237-1966

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. ISBN 978-85-8260-340-6.

HIRATA, R.; SUHOGUSOFF, A.; MARCELLINI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geociências, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados: Sumé. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/sume.html>. Acesso em: 02 mai. 2025.

LAUREANO, J. de J.; MENDONÇA, A. G.; LOPES, D. da S.; SOUSA, L. M. de; LIMA, T. de O.; ROSA, A. L. D. da; BASTOS, W. R.; NASCIMENTO, E. L. do. Análise da qualidade da água subterrânea: Estudo de caso na micro-bacia do Igarapé Nazaré (Rondonia, Amazônia ocidental). **Águas Subterrâneas** - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, v. 35 n.1, 2020.

LESSA, C. I. N.; LACERDA, C. F. de; CAJAZEIRAS, C. C. de A.; SOUSA, H. C. S.; NOUGUEIRA, R. da S.; SOUSA, G. G. de. Dessedentação animal com uso de águas salobras do semiárido: potencialidades e limites de tolerância. *In*: XXXII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2023. **Anais**. Fortaleza: Inovagri.

LUCAS, J.; FERREIRA, L.; ONO, L.; FREITAS, O.; VALENÇA, V. **Theoprax Termoverde: Análise e Combate à Incrustações em Sistema de Resfriamento de Biogás**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - SENAI Cimatec, Salvador, 2019.

LUCIANO, B. H.; CAPIGANA, I. N. C.; COSTA, E. C. C. da; MANUEL, M. N. B.; XIXI, J. G.; CHIMUCO, A. P. A.; CAMBUNDA, A. P.; NHIME, J. E. L. Qualidade da água para o abastecimento público no município do Lobito. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 321-337, 2024. DOI: 10.34140/bjbv6n1-024.

MARTINEZ, I. G; FERREIRA, I. S. A construção dos conceitos de calor e de temperatura no ensino fundamental: relato de uma estratégia de ensino-aprendizagem com metodologias ativas. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 3, n. 3, p.1629-1639 mai./jun. 2019. ISSN 2595-3621.

MENDES, T. A.; ALVES, F. C. R.; FERREIRA, D.; MENDES, D.; CUBA, R. M. F. Avaliação de diferentes técnicas de medição do oxigênio dissolvido para o saneamento básico. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 10, n. 1, p. 406-426, 2021.

MONTES, M. J. F.; LAMARDO, E. Z.; YOGUI, G. T. Introdução à oceanografia química. *In*: VIANA, D. de L.; OLIVEIRA, J. E. L.; HAZIN, F. H. V.; SOUZA, M. A. C. de. **Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao Nordeste do Brasil**. 1 ed. Olinda, PE: Via Design Publicações, 2021. cap 2. p.53 – 73.

MONTOVANI, C. P. **Condutividade elétrica e cloretos como indicador da qualidade de água**. 2021. 99 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, 2021.

NELSON, D. L.; COX M. M. Água. *In*: NELSON, D. L.; COX M. M. **Princípios de Bioquímica Lehninger**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2014. Cap. 2. p. 47-74.

NERY, J. R. C.; MOURA, H. P.; SANTOS, A. L. DE L.; DOS REIS, A. A. B. (2015). Estudo físico-químico de águas subterrâneas na área do bairro Zerão, Macapá (Ap). **Águas Subterrâneas**. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28338>. Acesso em: 09 mai. 2025.

OLIVEIRA, M. M. G. **Gerenciamento, qualidade e uso da água subterrânea no campus São Cristóvão, da Universidade Federal de Sergipe**. 2024. 82 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2024.

OLIVEIRA, V. de S.; MONTEIRO, G. F.; PORCINO, M. M.; COSTA, T. S. da; SANTOS, M. B. H. dos. Qualidade da água subterrânea utilizada para irrigação em comunidade rural do município de Areia, Paraíba. **Revista Principia**, v. 60, n. 3, p. 750–762, 2023. DOI: 10.18265/1517-0306a2021id6344. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/6344>. Acesso em: 11 mai. 2025.

OLIVEIRA, V. S. **Qualidade de água de poços tubulares utilizada no cultivo de hortaliças**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

PEIXOTO, S. C.; MERLUGO, C. D.; MACIEL, A.; SOLNER, T. B. Potabilidade da água de poços artesianos: diagnósticos de amostras dos municípios do Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**. Santa Maria. v.41, e.1, p. 01-07, 2019.

PENG, J.; KUMAR, K.; GROSS, M.; WEN, T. K. Z. Removal of total dissolved solids from wastewater using a revolving algal biofilm reactor. **Water Environment Research**, v.92, 766-778. 2019.

UFMG. Projeto Brumadinho UFMG na escola. **Monitoramento da temperatura e turbidez das águas**. Universidade Federal de Minas Gerais, jan. 2021.

REGO, N. L. de S.; MELO, D. H. C. T. B.; GOMES, M. da C. Vulnerabilidade intrínseca à contaminação natural do aquífero na região metropolitana de Salvador –Estado da Bahia, Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 7, n. 2, p. 49–56, 2021. DOI: 10.21680/2447-3359.2021v7n2ID23210.

RIBEIRO, C. S.; OLIVEIRA, G. G. A questão hídrica no semiárido baiano: conflitos pelo uso da água e as tecnologias sociais de aproveitamento de água de chuva. **Revista del CESLA**, v. 23, p. 355-382, 2019. Disponível em: <https://bibliotekanauki.pl/articles/485899>. Acesso em: 01 mai. 2025.

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

SANTOS, J. C. R. **Determinação dos parâmetros físico-químicos em amostras de água de poços do município de Cuité - PB**. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Cuité, 2023. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/33820>

SILVA, H. M. G. Estudo dos indicadores de qualidade da água do Rio São Francisco: turbidez, demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido. **Engineering Sciences**, v.11, n.2, p.33-40, 2023. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2023.002.0004>.

SILVA, M. K. M. da; SILVA, M. R. C.; FERREIRA, R. M.; MONTEIRO, A. de S. Análise da contaminação da água de poços artesianos no município de Pio XII, Maranhão. **Revista Caderno Pedagógico - Studies Publicações e Editora Ltda.**, Curitiba, v.21, n.13, p. 01-22. 2024. DOI:10.54033/cadpedv21n13-35.

SILVA, R. F. S. **Classificação de águas de poços para uso em irrigação de acordo com a razão de adsorção de sódio (RAS)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SOARES, D. T. **Qualidade das águas subterrâneas associados as rochas plutônicas e metavulcano-sedimentares no município de Caçapava do Sul, RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) - Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2021.

SOUSA, M. L. P. de; CONDE, T. T.; LUZ, G. G. G. da; RIBEIRO, A. de J.; CODOGNOTO, L. da C.; NOVAIS, J. da S.; PINHEIRO, J. A. A. Avaliação da qualidade da água para dessedentação de bovinos. **Revista Caderno Pedagógico – Studies Publicações e Editora Ltda.**, Curitiba, v.22, n.1, p. 01-21. 2025.

UMASS. University of Massachusetts Amherst. Water Quality for Crop Production - Center for Agriculture, Food, and the Environment. 2015. Disponível em: <https://www.umass.edu/agriculture-food-environment/greenhouse-floriculture/greenhouse-best-management-practices-bmp-manual/water-quality-for-crop-production>. Acesso em: 11 mai. 2025.

ZAMAN, M.; SHAHID, S. A.; HENG, L. Irrigation Water Quality. In: ZAMAN, M.; SHAHID, S. A.; HENG, L. (ed.). **Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques**. Cham: Springer, 2018. Cap.5. p. 113-131. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_5.