



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

NAYARA KELLY ALVES COSTA

MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DA
ÁGUA DA LAGOA DE PAÓ: A MICROFILTRAÇÃO COMO PROPOSTA
DE MELHORIA DA POTABILIDADE

AREIA

2025

NAYARA KELLY ALVES COSTA

**MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DA
ÁGUA DA LAGOA DE PAÓ: A MICROFILTRAÇÃO COMO PROPOSTA
DE MELHORIA DA POTABILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Ciências
Biológicas da Universidade Federal da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharela em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Betania
Hermenegildo dos Santos.

Coorientadora: Biol. Sabrina Alves da Silva

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838m Costa, Nayara Kelly Alves.

Monitoramento físico-químico e microbiológico da
água da Lagoa do Paó: a micofiltração como proposta de
melhoria da potabilidade / Nayara Kelly Alves Costa. -
Areia:UFPB/CCA, 2025.

78 f. : il.

Orientação: Maria Betania Hermenegildo dos Santos.

Coorientação: Sabrina Aves da Silva.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ciências Biológicas. 2. Poluição hídrica. 3.
Parâmetros físico-químico. 4. Análises microbiológicas.
5. Micofiltração. I. Santos, Maria Betania Hermenegildo
dos. II. Silva, Sabrina Aves da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 573(02)

NAYARA KELLY ALVES COSTA

MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DA ÁGUA
DA LAGOA DE PAÓ: A MICROFILTRAÇÃO COMO PROPOSTA DE
MELHORIA DA POTABILIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Ciências
Biológicas da Universidade Federal da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharela em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 13/05/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARIA BETANIA HERMENEGILDO DOS SANTOS**
Data: 14/05/2025 11:00:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Maria Betania Hermenegildo dos Santos (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 **SABRINA ALVES DA SILVA**
Data: 13/05/2025 20:56:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Biol. Sabrina Alves da Silva (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Documento assinado digitalmente
 **LUZIA MARIA CASTRO HONÓRIO**
Data: 16/05/2025 22:09:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Luzia Maria Castro Honório
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Documento assinado digitalmente
 **JHONATAN RAFAEL ZARATE SALAZAR**
Data: 13/05/2025 19:14:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jhonatan Rafael Zárate-Salazar
Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Aos meus pais, Carlos Antônio de Almeida
Costa e Ana Maria Alves Gomes Costa,
responsáveis por tudo o que sou, **DEDICO**.

AGRADECIMENTOS

À Ana Maria, minha mãe, que me ensinou a ter força e determinação para trilhar meus objetivos, mostrando que “desistir” nunca é uma opção.

A Carlos Antônio, meu pai, por sempre acreditar no meu potencial e me lembrar todos os dias da força que habita em mim. O senhor é meu abrigo, meu lar, minha inspiração. É quem carrega meu coração nas mãos. Sua influência está presente em todas as minhas decisões.

Às minhas irmãs, Anna Karla (Anna), por me estimular a sonhar, por me fazer enxergar que posso alcançar tudo o que almejar através de esforço e dedicação, por trilhar meus sonhos junto a mim, oferecer palavras de consolo nos dias difíceis e acreditar que sou capaz de ir além e conquistar o meu espaço; e Karolayne (Karol), por trazer leveza aos meus dias difíceis, sendo minha amiga. Vocês são meu abrigo, minha essência, a parte mais bonita que existe em mim. Por vocês, eu luto sem hesitar.

Às minhas amigas Bianca Amaro, Fernanda Andrade, Helayne Rodrigues, Lidineide Simplício (Neide) e Martha Betânia, por celebrarem minhas conquistas, compartilharem momentos especiais e cultivarem uma amizade que levo no coração. Desejo estar presente em cada conquista de vocês.

Em especial, aos meus amigos Joseilton Nascimento e Sabrina Alves, por me estimularem a seguir na vida acadêmica, por segurarem minha mão e por me fazerem acreditar que é possível. Por tudo e por tanto, minha eterna gratidão. Espero, um dia, retribuir tudo o que fizeram e fazem por mim.

Aos meus amigos Caio Kauã, Felipe Oliveira, Lairton Alves e Raiane Silva, por tudo o que fizeram por mim até aqui.

À Bianca Marina, Franciel Mateus e Mariana Melo pelas descontrações vividas e amizade.

Aos professores, David Holanda, Luciana Barbosa e Maria Betania Hermenegildo, por me apresentarem ao universo fantástico do estudo das águas.

À Loise Costa, Rafael Zárte e Sabrina Alves, por abrirem as portas da micologia.

E, mais uma vez, à Luciana Barbosa, por ser minha inspiração na ecologia.

Ao Arthur Gilzeph e Lucina Sousa, minhas inspirações como profissionais e exemplos a seguir na vida acadêmica.

À Tereziana Costa (Terê), pela paciência, pelos ensinamentos, pelos conselhos, pela generosidade e pela amizade. A senhora é minha referência de respeito.

À minha orientadora, Maria Betania Hermenegildo, por sua generosidade, sensibilidade com os alunos, e por aceitar e acreditar em minha pesquisa.

Ao Joabson Medeiros, ao Sandro Roberto, ao Taêlysson Silva e a todos que, de alguma forma, contribuíram com o desenvolvimento desta pesquisa.

À banca examinadora, pela disponibilidade e dedicação na avaliação deste trabalho.

A Deus e à Nossa Senhora, por me guardarem sob seu manto sagrado, por me manterem de pé nos dias difíceis e por me permitirem chegar até aqui.

“Carry on my wayward son.
There'll be peace when you are
done.”

Kansas.

RESUMO

A poluição das águas compromete o equilíbrio dos ecossistemas e representa sérios riscos à saúde humana, tornando imprescindíveis as análises físico-químicas e microbiológicas para a avaliação da qualidade dos recursos hídricos e o direcionamento de ações voltadas à preservação ambiental e à saúde pública. Diante desse contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água da Lagoa do Paó, situada no município de Alagoa Grande-PB, relacionando os resultados à necessidade de soluções sustentáveis. As amostras foram obtidas em um único ponto da Lagoa, situado na região central do município, no período de 1º de dezembro de 2024 a 27 de fevereiro de 2025. Ao todo, foram realizadas quatro coletas, com análise dos seguintes parâmetros: alcalinidade total, amônia total, cloretos, condutividade elétrica, dióxido de carbono, dureza total, pH, fósforo, nitrato, salinidade, temperatura, turbidez e sulfato, além da identificação de coliformes totais e *Escherichia coli*. Os resultados indicaram elevados níveis de poluição na Lagoa do Paó, com parâmetros como amônia total, cloretos, condutividade elétrica, fósforo, dureza, salinidade, turbidez, além da presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, apresentando valores acima dos limites estabelecidos pela legislação ambiental brasileira, destacando a degradação da qualidade da água e a necessidade de ações de monitoramento e controle. Esses dados evidenciam o comprometimento da qualidade da água na Lagoa. Considerando esse cenário, sugere-se a micofiltração como alternativa promissora para a remoção de contaminantes, utilizando o micélio fúngico como filtro natural. Essa tecnologia biológica apresenta potencial para reduzir a poluição de forma eficiente e sustentável, sem a necessidade do uso de agentes químicos agressivos. No entanto, são necessárias pesquisas adicionais para otimizar o processo e avaliar sua viabilidade. A preservação da Lagoa do Paó dependerá da adoção dessa solução integrada a políticas públicas, ações educativas e monitoramento contínuo da qualidade da água.

Palavras-chave: poluição hídrica; parâmetros físico-químico; análises microbiológicas; micofiltração.

ABSTRACT

Water pollution compromises the ecosystems balance and poses serious risks to human health, which makes physico-chemical and microbiological analyses essential to assess the quality of water resources and direct actions aimed at environmental preservation and public health. This research aimed to evaluate the physico-chemical and microbiological quality of the water in Lagoa do Paó, located in the municipality of Alagoa Grande-PB. The samples were obtained from a single point in the lake, located in the central region of the municipality, from December 1, 2024 to February 27, 2025. In total, four collections were made and the following parameters were assessed: total alkalinity, total ammonia, chlorides, electrical conductivity, carbon dioxide, total hardness, pH, phosphorus, nitrate, salinity, temperature, turbidity and sulfate, in addition to the identification of total coliforms and *Escherichia coli*. The results indicated high levels of pollution in the Lagoa do Paó. The total ammonia, chlorides, electrical conductivity, phosphorus, hardness, salinity, turbidity, and the presence of total coliforms and *Escherichia coli*, were above the limits established by Brazilian environmental legislation, indicating low water quality and the need for monitoring and control actions. Our results indicate low quality of the water quality in the lake. Considering these parameters, mycofiltration is suggested as a promising alternative for the removal of contaminants. This biological technology uses mycelia for filtration and has the potential to reduce pollution efficiently and sustainably, without the need of aggressive chemical agents. However, additional research is needed to optimize the process and assess its feasibility. The preservation of Lagoa do Paó will depend on the adoption of this solution integrated with public policies, educational actions, and continuous monitoring of water quality.

Keywords: water pollution; physico-chemical parameters; microbiological analyses; mycofiltration.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 RECURSOS HÍDRICOS	19
3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	20
3.2.1 Parâmetros Físico-químicos	20
3.2.2 Parâmetros Microbiológicos	26
3.3 IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DOS CORPOS HÍDRICOS: LAGOA DO PAÓ	27
3.4 MICOFILTRAÇÃO	28
4. METODOLOGIA	30
4.1 ÁREA DE ESTUDO	30
4.2 PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS	30
4.2.1 Análises físico-químicas	31
4.2.2 Análises bacteriológicas	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	34
5.1.1 Alcalinidade Total	34
5.1.2 Amônia Total	36
5.1.3 Cloretos	38
5.1.4 Condutividade Elétrica	39
5.1.5 Dióxido de Carbono Livre	41
5.1.6 Dureza Total	42
5.1.7 Fósforo Total	44
5.1.8 Nitrato	47
5.1.9 Oxigênio Dissolvido	49
5.1.10 Potencial de Hidrogênio	52
5.1.11 Salinidade (‰)	53
5.1.12 Sulfato	54
5.1.13 Temperatura	55
5.1.14 Turbidez	57

5.2 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS	58
5.3 SUGESTÃO DE ESTRATÉGIAS BASEADAS EM MICROFILTRAÇÃO PARA A MELHORIA DA QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA DO PAÓ.....	60
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS.....	63

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Lagoa do Paó.....	30
Figura 2 - Ponto amostral.....	31
Figura 3 - Coleta das amostras e frascos de vidro de 500 mL, previamente higienizados.	31
Figura 4 - Determinação do teor de alcalinidade total da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025.....	34
Figura 5 - Despejo de efluentes domésticos.....	35
Figura 6 - Determinação do teor de Amônia da Rua Frei Alberto Lagoa do Paó entre 2024 e 2025.....	36
Figura 7 - Determinação do teor Cloretos da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025...	38
Figura 8 - Determinação do teor de Condutividade Elétrica da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025.	40
Figura 9 - Determinação do teor de Dióxido de Carbono da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025.	41
Figura 10 - Determinação do teor de Dureza Total da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025.....	43
Figura 11 - Determinação do teor de Fósforo da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025	44
Figura 12 - Atividade de pesca.	45
Figura 13 - Presença de plantas invasoras.....	46
Figura 14 - Contaminação extensiva.....	47
Figura 15 - Determinação do teor de Nitrato da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025	48
Figura 16 - Determinação do teor de Oxigênio Dissolvido da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025.	50
Figura 17 - Determinação do teor do Potencial Hidrogeniônico da água da Rua Frei Alberto entre 2024 a 2025.....	52
Figura 18 - Determinação do teor de Salinidade da água da Rua Frei Alberto entre 2024 a 2025.	53
Figura 19 - Determinação do teor de Sulfato da água da Rua Frei Alberto entre 2024 a 2025	55
Figura 20 - Determinação do teor de Temperatura da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025.....	56

Figura 21 - Determinação do teor de Turbidez da água da Rua Frei Alberto entre 2024 e 2025.
..... 57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos de qualidade da água e seus valores máximos permitidos segundo a resolução vigente.	21
Quadro 2 - Parâmetros físico-químicos da qualidade hídrica avaliados, seus respectivos métodos de análise e protocolos normativos, de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e o Standard Test Methods for Ammonia Nitroge.	32
Quadro 3 - Resultados das análises microbiológicas nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCA – Centro de Ciências Agrárias

CE – Condutividade Elétrica

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EDTA - Ácido etilenodiaminotetracético

MS – Ministério da Saúde

OD – Oxigênio Dissolvido

P – Fósforo

PB – Paraíba

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

SMS - *Spent Mushroom Substrate*

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UV – Ultravioleta

VMP – Valor Máximo Permitido

LISTA DE SÍMBOLOS

% - Porcentagem

°C - Graus Celsius

‰ - Por mil (salinidade)

CO₂ - Dióxido de Carbono

mg CaCO₃/L - Miligrama de carbonato de cálcio por litro

mg N/L - Miligrama de nitrogênio por litro

mg P/L - Miligrama de fósforo por litro

mg SO₄²⁻/L - Miligrama de íon sulfato por litro

mg/L - Miligrama por litro

Mg²⁺ - Íon magnésio

NTU - Unidade nefelométrica de turbidez

SO₄²⁻ - Íon sulfato

μS/cm - Microsiemens por centímetro

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial à vida, à manutenção dos ecossistemas e ao desenvolvimento socioeconômico (Hussein, 2013). No entanto, a intensificação da urbanização, da industrialização e das práticas agrícolas tem contribuído para a crescente contaminação dos recursos hídricos, configurando-se como um dos principais desafios socioambientais da atualidade. Essa problemática impacta diretamente os ecossistemas e a saúde humana (Mello; Olivo, 2016), com estimativas indicando que, até 2050, cerca de 2,4 bilhões de pessoas poderão enfrentar escassez hídrica (UNESCO, 2024). Nesse contexto, torna-se essencial a realização de análises físico-químicas e microbiológicas, a fim de diagnosticar a qualidade da água, subsidiar políticas públicas e orientar estratégias de preservação ambiental e promoção da saúde coletiva (Silva, 2016a; Barbosa *et al.*, 2023).

A Lagoa do Paó, localizada em uma área densamente povoada do município de Alagoa Grande-PB, exemplifica os impactos das ações humanas sobre os corpos hídricos. O descarte inadequado de resíduos e o processo de eutrofização, intensificado pelo excesso de nutrientes como fósforo e nitrogênio, resultam na proliferação de algas, redução do oxigênio dissolvido e prejuízos à fauna e flora aquáticas (Nascimento, 2017; Barbosa *et al.*, 2023). Além disso, a ausência de políticas públicas eficazes voltadas ao saneamento básico agrava esses impactos, aumentando os riscos associados à contaminação da água (Kumar *et al.*, 2019).

Diante disso, o monitoramento da qualidade da água da Lagoa do Paó mostra-se fundamental para identificar fatores de contaminação e definir técnicas adequadas de tratamento. Embora métodos físico-químicos convencionais ainda sejam amplamente utilizados, cresce o interesse por alternativas sustentáveis e de baixo custo (Hussein, 2013), como os métodos biológicos e de biorremediação.

A biorremediação consiste na utilização de organismos vivos, como fungos, algas e bactérias, para reduzir a carga microbiana e contribuir para a recuperação dos recursos hídricos de maneira econômica, sustentável e não invasiva (Ahmed *et al.*, 2017; Puyol *et al.*, 2017). Nesse sentido, a micofiltração, técnica que explora o potencial dos fungos para remover microrganismos e poluentes presentes na água, surge como uma alternativa promissora para o tratamento de águas contaminadas (Souza; Arruda, 2020; Chandra *et al.*, 2022; Silva; Kersting; Griboggi, 2023).

Assim, o monitoramento da qualidade da água se mostra indispensável para avaliar os níveis de contaminação físico-química e microbiológica, identificar riscos à saúde pública e orientar políticas públicas voltadas à recuperação e preservação dos corpos hídricos. Diante

disso, esta pesquisa parte da seguinte questão: qual é a qualidade físico-química e microbiológica da água da Lagoa do Paó, e de que forma o uso de fungos, por meio da micofiltração com substrato pós-cultivo de cogumelos (SMS), pode ser proposto como alternativa sustentável para seu tratamento?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade físico-química e microbiológica da água da Lagoa do Paó, localizada em Alagoa Grande-PB, relacionando os resultados à necessidade de soluções sustentáveis, com a proposição do uso da micofiltração como alternativa tecnológica para o tratamento da água.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Monitorar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água da Lagoa do Paó e relacioná-los aos impactos ecológicos observados;
- ✓ Comparar os resultados obtidos com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente para corpos d'água;
- ✓ Indicar a micofiltração como método alternativo de purificação da água para comunidades em situação de vulnerabilidade hídrica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos são fundamentais e insubstituíveis para a manutenção da vida, porém enfrentam desafios críticos relacionados à escassez e à contaminação. O crescimento populacional tem agravado a desigualdade no acesso à água doce, intensificando os problemas de distribuição hídrica no Brasil. Embora a água cubra a maior parte da superfície terrestre, cerca de 97% dela está presente nos oceanos e mares, sendo imprópria para o consumo humano. Apenas 2% da água do planeta é doce, mas a maior parte está aprisionada em geleiras e calotas polares, restando menos de 1% disponível em rios, lagos e na atmosfera, que constituem as principais fontes para o abastecimento humano (Brasil, [s.d.]).

No cenário global, aproximadamente 25% da população enfrenta escassez hídrica, o que evidencia a urgência de medidas voltadas à preservação e à gestão sustentável da água (Nobre; Oliveira, 2024). Essas ações devem contemplar aspectos fundamentais como saúde e bem-estar, cidades e comunidades sustentáveis, além de assegurar o acesso à água potável e ao saneamento básico, promovendo a disponibilidade hídrica de qualidade nas dimensões social, ambiental, econômica e alimentar (Nobre; Oliveira, 2024).

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos é regulamentada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/97, e por resoluções do CONAMA (nº 357/2005, 396/2008 e 430/2011), que promovem o uso racional e a preservação da água (Silva; Kersting; Griboggi, 2023; Dias, 2025). Estima-se, contudo, que até 2040, a disponibilidade hídrica nas bacias brasileiras possa reduzir até 40%, com o aumento de rios intermitentes, o que reforça a necessidade de políticas públicas mais eficazes (ANA, 2024).

A contaminação das águas é um problema crescente que afeta diretamente a saúde humana, a biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (Souto *et al.*, 2024). A presença de poluentes como resíduos industriais, esgoto doméstico, agrotóxicos e metais pesados compromete a qualidade da água, tornando-a imprópria para o consumo e prejudicial à fauna e flora (Leite *et al.*, 2021). Esse cenário pode resultar em surtos de doenças de veiculação hídrica, como cólera e hepatite (Feitosa, 2024), além de causar a morte de espécies aquáticas e a destruição de habitats naturais. A poluição hídrica também compromete serviços ecossistêmicos essenciais, como a purificação natural da água e a regulação do clima, gerando impactos socioeconômicos significativos (Pereira; Koide, 2024), sobretudo em comunidades que dependem de fontes contaminadas para consumo e subsistência.

No Brasil, doenças transmitidas pela água, como diarreia e desnutrição, são responsáveis por cerca de 60% das internações hospitalares (Barros *et al.*, 2024; Sousa, 2024). Em países em desenvolvimento, a precariedade dos sistemas de abastecimento e a contaminação das fontes hídricas elevam os riscos de enfermidades, incluindo doenças cardiovasculares e problemas ósseos (Barros *et al.*, 2024; Feitosa, 2024; Ribeiro, 2024).

Diante desse cenário, investimentos em tecnologias sustentáveis, como os métodos de biorremediação, têm apresentado resultados promissores no tratamento de águas contaminadas (Feitosa, 2024; Ribeiro, 2024). Essas soluções vêm contribuindo para a melhoria da qualidade da água, a recuperação de ecossistemas aquáticos e o incentivo ao uso racional dos recursos hídricos. Por fim, o avanço das tecnologias sustentáveis, aliado à implementação de políticas públicas consistentes, representa um caminho viável e necessário para garantir o acesso à água de qualidade e promover a segurança hídrica (Costa, 2024; Silva, 2024a).

3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

3.2.1 Parâmetros Físico-químicos

A gestão inadequada de águas residuais em ambientes urbanos, impulsionada pelo crescimento populacional desordenado, tem causado impactos significativos no saneamento básico, na saúde pública e na preservação dos ecossistemas aquáticos (Amorim; Nascimento, 2025). Para minimizar tais impactos, são necessárias regulamentações rigorosas, como a Portaria de Potabilidade nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que estabelece critérios para o monitoramento de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e radioativos da água, assegurando que sua qualidade não represente riscos à saúde humana e ao meio ambiente (Brasil, 2021; Oliveira Filho, 2022; Neves, 2023; Oliveira, 2024). Esses regulamentos estão alinhados às diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), considerando os conflitos decorrentes dos usos múltiplos da água.

Para garantir a precisão na avaliação desses parâmetros, são utilizados métodos padronizados, como os descritos no *Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water*, que permitem a identificação de contaminantes e fundamentam a formulação de políticas públicas voltadas à gestão dos riscos associados à água contaminada (Cuello; Toro; Castellanos, 2024). A qualidade físico-química da água é analisada por meio de indicadores como alcalinidade total, amônia total, cloretos, condutividade elétrica, dióxido de carbono, dureza total, fósforo, nitrato, pH, temperatura, turbidez, salinidade e sulfato, entre outros (Silva,

2024b). Os valores máximos permitidos para esses parâmetros, conforme a legislação vigente, estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos de qualidade da água e seus valores máximos permitidos segundo a resolução vigente.

Parâmetros	Unidades	Valor Máximo Permitido
Alcalinidade	mg/L	---
Amônia	mg N/L	1,2
Cloretos	mg/L	250,00
Condutividade Elétrica	$\mu\text{S}/\text{cm}^2$	---
Dióxido de Carbono	mg/L	---
Dureza Total	mg CaCO_3/L	300,00
Fósforo	mg P/L	0,05
Nitrato	mg N/L	10,0
Oxigênio Dissolvido	mg/L	$\geq 4\text{mg/L O}_2$
Potencial Hidrogeniônico	---	6,0 a 9,0
Potássio	mg/L	---
Salinidade	‰	Águas doces: $\leq 0,5 \text{ ‰}$; águas salobras: $0,5 \text{ ‰} < x < 30 \text{ ‰}$; águas salinas: $\geq 30 \text{ ‰}$
Sódio	mg/L	200,00
Sulfato	mg $\text{SO}_4^{2-}/\text{L}$	250
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	---
Turbidez	UNT	5,0

Fonte: adaptado da Portaria nº 888/2021; Resolução do CONAMA nº 357/2005; Silva, 2024.

3.2.1.1 Alcalinidade Total

A alcalinidade total exerce uma função fundamental na qualidade da água, pois determina a capacidade do meio aquático de neutralizar ácidos, garantindo a estabilidade do pH e o equilíbrio químico do sistema (Nolasco *et al.*, 2020). Esse equilíbrio físico-químico é influenciado pela presença de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-), que atuam como tampões químicos, protegendo os organismos aquáticos contra variações bruscas de acidez (Barros Junior, 2024; Oliveira; Oliveira; Zaidan, 2025). No entanto, as normas vigentes não estabelecem um Valor Máximo Permitido (VMP) para esse parâmetro, o que dificulta a comparação com padrões regulatórios, comprometendo a avaliação comparativa da qualidade da água (Silva, 2024 b).

3.2.1.2 Amônia Total

A amônia é um composto nitrogenado que atua como indicador de contaminação em corpos hídricos, geralmente associado à presença de matéria orgânica em decomposição, ao

despejo de esgoto doméstico e a resíduos de origem agrícola (Negreiros *et al.*, 2024). Em ambientes aquáticos, esse composto pode estar presente sob duas formas: ionizada, como íon amônio (NH_4^+), e não ionizada, como amônia livre (NH_3), sendo a soma de ambas denominada amônia total (Miranda, 2024). Sua concentração tende a ser mais elevada em águas rasas e subterrâneas, devido à facilidade de adsorção em partículas do solo e à conversão química por oxidação, que resulta na formação de nitrito e nitrato pela ação de bactérias quimioautotróficas (Costa, 2025). De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, o VMP de amônia na água é de 1,2 mg/L.

3.2.1.3 Cloretos (Cl^-)

A presença de cloretos (Cl^-) é comum em águas naturais e residuárias, sendo um dos principais parâmetros utilizados para avaliar sua qualidade. Esses íons resultam da dissolução de sais como cloreto de sódio, cloreto de cálcio e cloreto de magnésio (Silva, 2024b), e estão diretamente relacionados ao grau de mineralização da água ou à possível contaminação por esgoto ou efluentes industriais (Viana, 2020). Além de sua importância ambiental, os cloretos contribuem para o equilíbrio eletrolítico do organismo humano (Pereira, 2023). O monitoramento desse parâmetro é essencial para garantir a segurança da água destinada ao consumo humano, bem como para proteger a biodiversidade aquática. Conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021, o limite máximo permitido de cloretos em água potável é de 250 mg/L.

3.2.1.4 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica da água é um parâmetro essencial para a avaliação da qualidade ambiental de corpos hídricos, pois indica a presença e a concentração de sais dissolvidos e outras substâncias iônicas, as quais influenciam diretamente sua capacidade de conduzir corrente elétrica (Rosa, 2023). Esse parâmetro funciona como um indicador sensível de alterações na composição química da água, podendo revelar processos de contaminação ou variações ambientais de origem natural ou antrópica (Cho *et al.*, 2022). A presença elevada de íons promove a polarização do sistema aquático, contribuindo para o aumento da condutividade elétrica (Almeida e Cernicchiaro, 2025). Atualmente, as normas vigentes não estabelecem um VMP para esse parâmetro.

3.2.1.5 Dióxido de Carbono Livre (CO₂)

O dióxido de carbono livre presente na água resulta da respiração da biota aquática, da decomposição da matéria orgânica e da infiltração pelo solo (Hussain, Jamir, Singh, 2021). Esse parâmetro exerce influência direta no equilíbrio químico da água, regulando o pH e fornecendo carbono inorgânico para a fotossíntese de algas e macrófitas aquáticas, sendo, portanto, essencial para a avaliação da qualidade hídrica (Carvalho *et al.*, 2024; Neves, 2023). Além disso, desempenha papel fundamental na produção primária dos ecossistemas aquáticos, sustentando a base da cadeia alimentar e contribuindo para os ciclos biogeoquímicos responsáveis pela estabilidade ecológica desses ambientes (Rodrigues, 2020). Atualmente, não existe VMP estabelecido para esse parâmetro nas normas vigentes.

3.2.1.6 Dureza Total

A dureza da água é um parâmetro físico-químico que indica a concentração de íons cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺), responsáveis pela formação de bicarbonatos, carbonatos e sulfatos, os quais afetam diretamente as propriedades físico-químicas da água, sua potabilidade e suas aplicações industriais (Barros Junior, 2024). A dureza total representa a soma das concentrações de íons multivalentes dissolvidos, enquanto a dureza de cálcio refere-se especificamente à parcela atribuída aos íons de cálcio (Dias, 2025). Conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021, o VMP para dureza total na água destinada ao consumo humano é inferior a 300 mg/L de CaCO₃.

3.2.1.7 Fósforo Total (P)

O fósforo é um parâmetro físico-químico utilizado como indicador da concentração de nutrientes em ambientes aquáticos (Landa, Valfré; Souza, 2025). Esse elemento é essencial para o crescimento de organismos fotossintetizantes, como algas e macrófitas, participando de processos biológicos vitais, incluindo o armazenamento de energia e a formação da estrutura celular (Silva, 2024b; Jesus *et al.*, 2025). A disponibilidade de fósforo nos ecossistemas aquáticos influencia diretamente o potencial de crescimento da biomassa vegetal, sendo um fator limitante para o desenvolvimento da vida nesses ambientes (Pereira, 2023). Conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, o VMP para fósforo total em águas doces é de 0,020 mg P/L.

3.2.1.8 Nitrato (NO_3^-)

O nitrato é um composto nitrogenado frequentemente associado à contaminação físico-química de corpos hídricos, resultante da combinação natural entre nitrogênio e oxigênio (Guedes, 2011). Sua presença torna-se preocupante quando ocorre em conjunto com metais pesados e compostos nitrogenados altamente solúveis em água, os quais estão relacionados à matéria orgânica e ao esgoto (Almeida Neto *et al.*, 2025). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o VMP para nitrato em águas doces é de 10,0 mg/L N.

3.2.1.9 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é um parâmetro essencial na avaliação da qualidade da água, sendo influenciado por fatores como temperatura, pressão atmosférica, atividade biológica e poluição. Níveis baixos de oxigênio dissolvido indicam degradação ambiental ou contaminação hídrica (Pereira, 2023; Barros Junior, 2024). A presença de odores e sabores desagradáveis, causados por espécies anaeróbicas, está diretamente relacionada à poluição decorrente do excesso de matéria orgânica e do despejo de efluentes (Barros Junior, 2024; Oliveira; Oliveira; Zaidan, 2025). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, recomenda-se que os níveis de oxigênio dissolvido permaneçam acima de 6 mg/L para garantir a qualidade ambiental e a manutenção da vida aquática.

3.2.1.10 Potencial de Hidrogênio (pH)

O pH é um parâmetro essencial na análise da água, pois mede a concentração de íons hidrogênio (H^+) em uma escala logarítmica de 0 a 14, indicando acidez, neutralidade ou alcalinidade (Pereira, 2023). Soluções com pH entre 0 e 7 são ácidas, aquelas entre 7 e 14 são alcalinas, e o pH 7 é considerado neutro (Neves, 2023). Essa classificação é fundamental para avaliar a qualidade da água, influenciando seu uso para consumo humano, processos industriais e ambientais. Além disso, o pH afeta as reações físico-químicas no tratamento da água e a sobrevivência dos organismos aquáticos (Neves, 2023). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o pH dos corpos d'água deve estar na faixa de 6,0 a 9,0, garantindo condições adequadas para a manutenção dos ecossistemas aquáticos e para os diversos usos da água (Silva, 2024b; Brasil, 2005).

3.2.1.11 Salinidade (‰)

A salinidade é definida como o acúmulo excessivo de substâncias solúveis em água (Demo *et al.*, 2025) e constitui um parâmetro físico-químico fundamental para a detecção de possíveis contaminações por meio da concentração de sais dissolvidos (Chirinda, 2024). Sua presença reflete a concentração de íons dissolvidos, influenciando a potabilidade e a adequação da água para diferentes usos, como abastecimento humano, irrigação, processos industriais e aquícolas (Barros Junior, 2024). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, os limites estabelecidos para esse parâmetro classificam as águas em três categorias: águas doces, com salinidade inferior a 0,5 ‰; águas salobras, com salinidade entre 0,5 ‰ e 30 ‰; e águas salinas, com salinidade igual ou superior a 30 ‰ (Brasil, 2005; Neves, 2023).

3.2.1.12 Sulfato (SO_4^{2-})

O sulfato é um íon comum, amplamente encontrado na natureza, presente em águas naturais com concentrações variáveis, resultantes da decomposição de solos e rochas, como o gesso (CaSO_4) e o sulfato de magnésio (MgSO_4) (Silva, 2024b; Dias, 2025). Sua presença na água decorre da oxidação de minerais sulfetados, como a pirita, e da dissolução de minerais como a gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e a anidrita (CaSO_4) (Silva, 2024b). A concentração de sulfato na água é um parâmetro relevante para a avaliação da potabilidade, detecção de possíveis contaminações e prevenção de impactos ambientais. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o VMP para sulfato em águas destinadas ao consumo humano é de 250 mg SO_4^{2-} /L.

3.2.1.13 Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

A temperatura é um fator essencial na dinâmica físico-química e biológica dos ecossistemas aquáticos, influenciando o pH, a solubilidade de substâncias, a decomposição da matéria orgânica e as funções metabólicas dos organismos (Silva, 2024b; Landa; Valfré; Souza, 2025;). Suas variações afetam o crescimento de microrganismos (Alves, 2024), impactando a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas. Além disso, a temperatura é monitorada para identificar possíveis riscos associados às suas variações sazonais e diurnas, que podem comprometer a potabilidade da água e a sobrevivência das espécies aquáticas (Alves, 2024; Silva *et al.*, 2025). Manter a temperatura dentro dos padrões normativos é essencial para evitar contaminações e garantir a qualidade ambiental. A Resolução nº 396/2008 do CONAMA e a Portaria nº 888/2021 não estabelecem padrões específicos para esse parâmetro.

3.2.1.14 Turbidez (UNT)

A turbidez é um parâmetro físico-químico que mede o grau de interferência na passagem da luz através da água, sendo fundamental para a avaliação da qualidade hídrica (Dias, 2025). Esse indicador reflete a presença de partículas suspensas, como sedimentos, matéria orgânica e microrganismos, que afetam a transparência da água e a penetração da luz (Oliveira Filho, 2022; Tonin *et al.*, 2025). O aumento da turbidez pode comprometer os processos fotossintéticos e a dinâmica do ecossistema aquático (Barbosa *et al.*, 2023). Além disso, sua composição pode estar associada à presença de microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e parasitas (FUNASA, 2013), representando riscos à saúde humana e à segurança hídrica. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, o VMP para turbidez em água potável é de 5,0 uT (NTU).

3.2.2 Parâmetros Microbiológicos

A contaminação bacteriológica da água está relacionada à presença de patógenos e indicadores de poluição fecal, como coliformes totais, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella* e *Campylobacter* (Bhattacharya, 2018; Casimiro, 2021; Feitosa, 2024; Dias *et al.*, 2025). Esses microrganismos indicam a possível presença de outros agentes patogênicos, incluindo os vírus da hepatite A, E e F, poliovírus, *Vibrio cholerae*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium* spp., entre outros (Bhattacharya, 2018). Tais contaminantes representam riscos à saúde pública, estando associados a doenças gastrointestinais e à disseminação de vetores responsáveis por enfermidades graves, como dengue, febre amarela, malária e filariose (Costa, 2023).

Esses microrganismos geralmente chegam aos corpos hídricos por meio de esgoto doméstico, dejetos animais, efluentes industriais e águas pluviais contaminadas (Casimiro, 2021; Freires, 2024; Tonin *et al.*, 2025), comprometendo a qualidade sanitária da água e representando risco à saúde pública (Silva *et al.*, 2025). Por isso, a Portaria GM/MS nº 888/2021 exige a ausência de *Escherichia coli* e coliformes totais em 100 mL de água para consumo humano (Chaves *et al.*, 2025), tornando o monitoramento fundamental para prevenir surtos de doenças de veiculação hídrica.

Em áreas urbanizadas de forma desordenada, o aumento da carga de matéria orgânica e nutrientes favorece a eutrofização e a proliferação de microrganismos patogênicos, responsáveis por enfermidades como gastroenterite, febre tifoide, cólera e hepatite (Casimiro, 2021; Feitosa, 2024). Além disso, poluentes químicos, como metais pesados e compostos orgânicos tóxicos, podem se bioacumular em organismos aquáticos, ampliando os riscos à saúde humana e ao equilíbrio ambiental (Leite *et al.*, 2021).

O descumprimento desses padrões promove o aumento da carga orgânica em ambientes aquáticos, estimulando a proliferação bacteriana, comprometendo a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos, a saúde pública e o equilíbrio ambiental, elevando os riscos associados ao uso da água contaminada (Nascimento, 2017; Nolasco *et al.*, 2020; Silva, 2022; Silva, 2024a).

3.3 IMPORTÂNCIA AMBIENTAL DOS CORPOS HÍDRICOS: LAGOA DO PAÓ

A Lagoa do Paó possui uma extensão aproximada de 840,24 metros (Google Earth, 2025) e está localizada no município de Alagoa Grande, na região do Brejo Paraibano, sob as coordenadas geográficas 7°09'30'' S e 35°37'48'' W, a uma altitude de cerca de 123 metros. Integra a bacia hidrográfica do Rio Mamanguape e desempenha um papel importante na hidrografia local (Santos *et al.*, 2020; Barbosa *et al.*, 2023). No entanto, a expansão urbana desordenada e o descarte inadequado de esgoto e resíduos sólidos têm causado impactos ambientais significativos, comprometendo a qualidade hídrica (Guedes, 2011). A poluição resulta em alta turbidez e baixa transparência da água, com profundidades médias de apenas 0,1 a 0,2 m (Santos *et al.*, 2020), afetando a biodiversidade aquática e ameaçando a sobrevivência das espécies (Silva, 2016b).

Essas condições comprometem os recursos pesqueiros e a cadeia alimentar, representando sérios riscos à saúde pública ao favorecer a disseminação de doenças de veiculação hídrica, como gastroenterites, hepatites virais e infecções parasitárias (Casimiro, 2021; Feitosa, 2024; Silva, 2024b). Além disso, a bioacumulação de metais pesados e compostos tóxicos nos peixes pode causar enfermidades gastrointestinais e efeitos crônicos decorrentes da exposição prolongada (Leite *et al.*, 2021).

Os padrões sazonais de precipitação intensificam os impactos ambientais na Lagoa do Paó. Durante períodos de chuvas intensas, o escoamento superficial transporta grandes volumes de poluentes das áreas urbanas para o corpo hídrico, agravando a situação em uma região de baixa cota topográfica, propensa a inundações frequentes (Santos *et al.*, 2020; Barbosa *et al.*, 2023; Tonin *et al.*, 2025). A urbanização desorganizada, o assoreamento da lagoa, a ausência de infraestrutura de drenagem e o manejo inadequado de resíduos sólidos tornam o município ainda mais vulnerável a enchentes (Cândido, 2014). Essas condições favorecem a eutrofização e a proliferação de microrganismos patogênicos, deteriorando ainda mais a qualidade da água (Silva, 2016a; Almeida Neto *et al.*, 2025).

Apesar dos problemas ambientais, a Lagoa do Paó permanece relevante para a bacia do Rio Mamanguape, cuja área de drenagem é de 3.525 km² e abrange 42 municípios paraibanos

(Barbosa *et al.*, 2023). O Rio Mamanguape nasce na Lagoa Salgada, no Planalto da Borborema, a mais de 500 metros de altitude, atravessando vales profundos até alcançar Alagoa Grande, no Brejo Paraibano (Barbosa *et al.*, 2023).

Considerada um ponto turístico local, a Lagoa do Paó enfrenta severa degradação ambiental devido à urbanização desordenada e à poluição (Ferraz, 2018). A água exibe coloração esverdeada e odor desagradável (Milli, 2025), consequência do lançamento de efluentes domésticos, presença de organismos exóticos, florações de cianobactérias e material em suspensão, características típicas de ambientes contaminados (Pereira; Koide, 2024). Esses fatores refletem os impactos do crescimento urbano desestruturado no entorno da lagoa, comprometendo sua qualidade hídrica, afetando os ecossistemas aquáticos e representando riscos à saúde pública (Santos *et al.*, 2020; Liu; Hao; Xu, 2025).

Diante desse cenário, o monitoramento contínuo e a gestão eficaz dos parâmetros físico-químicos da Lagoa do Paó são fundamentais para mitigar os efeitos da poluição, preservar os recursos hídricos e promover a saúde pública, especialmente em áreas urbanas vulneráveis (Oliveira, 2024). A conservação desse ecossistema é essencial para garantir a biodiversidade, a segurança hídrica e alimentar das comunidades urbanas e rurais (Silva, 2016b).

Para enfrentar a eutrofização e outros impactos ambientais, é imprescindível adotar estratégias integradas de gestão, como tratamento adequado de esgotos, programas de educação ambiental e ações de fiscalização efetiva (Silva, 2016a; Silva; Kersting; Griboggi, 2023). A implementação de políticas públicas sustentáveis é essencial para proteger esse ecossistema e promover o bem-estar da população (Silva, 2016b; Barbosa *et al.*, 2023).

3.4 MICOFILTRAÇÃO

A micorremediação é um método de biorremediação que utiliza o potencial enzimático de fungos para degradar contaminantes, sendo considerada uma estratégia econômica e sustentável para combater a poluição do solo e da água (Akhtar; Mannan, 2020; Gonzatti, 2024). No contexto do tratamento de águas contaminadas, a micofiltração, uma técnica de micorremediação, promove a melhoria da qualidade da água por meio do metabolismo de fungos como *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor*, *Schizophyllum commune*, *Pleurotus ostreatus*, e os ascomicetos *Daldinia eschscholtzii*, *Xylaria feejeensis*, *Chaetomium globosum* e *Neofusicoccum occulatum* (Gómez-Bertel, 2008; Gómez-Méndez *et al.*, 2018; Perera *et al.*, 2022; Pini; Geddes, 2022).

Esses organismos produzem enzimas especializadas como celulases, lignases, lacases e hemicelulases, capazes de degradar compostos tóxicos (Alfiky; Weisskopf, 2021; Silva *et al.*, 2023), incluindo lignina (uma molécula complexa e de difícil degradação) e poluentes como hidrocarbonetos, metais pesados, plásticos e microrganismos patogênicos (Shourie; Vijayalakshmi, 2022; Wancura *et al.*, 2024).

A micofiltração representa uma alternativa sustentável e acessível para o tratamento de águas contaminadas, podendo ser realizada com o reaproveitamento de resíduos gerados na fungicultura, especialmente os substratos pós-cultivo de cogumelos (*Spent Mushroom Substrate* – SMS), utilizados como material filtrante biológico (Silva *et al.*, 2023). Esse processo reduz a dependência de produtos químicos e aproveita resíduos orgânicos, como o micélio presente no SMS, que contém enzimas capazes de degradar compostos tóxicos e eliminar microrganismos patogênicos, tornando a técnica eficaz na remoção de contaminantes microbiológicos (Silva *et al.*, 2023; Titilawo *et al.*, 2023; Obayagbona; Dunkwu-Okafor; Odigie, 2024).

Estudos indicam que a micofiltração é eficaz na redução de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água, como cor, potencial de hidrogênio (pH), condutividade elétrica (CE), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) nitrato (NO_3^-), oxigênio dissolvido (OD), sulfato (SO_4^{2-}), turbidez e sólidos totais dissolvidos (STD) (Obayagbona; Dunkwu-Okafor; Odigie, 2024). Também são observadas quedas nas concentrações de metais pesados como chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu) e ferro (Fe) após o tratamento (Obayagbona; Dunkwu-Okafor; Odigie, 2024).

Além disso, a micofiltração pode ser aplicada em diferentes sistemas de filtragem, como garrafas PET e filtros caseiros, oferecendo uma solução de baixo custo e viável para comunidades com acesso limitado a métodos convencionais de purificação da água (Nkechi-Nwogu *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023). A integração dessas técnicas à gestão de resíduos reforça os princípios da economia circular, promovendo benefícios socioambientais ao reduzir o descarte inadequado do SMS e incentivar sua reutilização produtiva (Santos, 2023; Dantas *et al.*, 2024).

4. METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na Lagoa do Paó (Figura 1), situada na cidade de Alagoa Grande-PB, em uma região de clima tropical, com precipitação média anual de até 1.117 mm e temperaturas médias variando entre 19 °C e 30 °C (Nascimento, 2017). A escolha da área se justifica por sua relevância como ponto turístico local, em contraste com as preocupantes condições de degradação ambiental que comprometem sua qualidade hídrica. Esses impactos são evidenciados pela devastação da cobertura vegetal e pelo avanço da eutrofização no corpo aquático, refletidos na turbidez da água, além da elevada carga de esgoto não tratado e do transporte de resíduos por águas pluviais (Barbosa *et al.*, 2023; Nascimento, 2017).

Figura 1- Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

4.2 PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

As coletas foram realizadas entre 1º de dezembro de 2024 e 27 de fevereiro de 2025, totalizando quatro coletas distintas. O ponto de amostragem, localizado na Rua Frei Alberto, região central de Alagoa Grande-PB, foi selecionado por estar diretamente associado ao lançamento inadequado de resíduos domésticos na Lagoa do Paó (Figura 2).

Figura 2 - Ponto amostral na Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: adaptado de Google Earth, 2025.

As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro de 500 mL, previamente esterilizados e identificados (Figura 3), e transportadas em caixas térmicas até os laboratórios responsáveis: o Laboratório de Química Analítica (DQF) e o Laboratório de Matéria Orgânica do Solo (LMOS/DSER), ambos pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Figura 3 - Amostras de água da Lagoa do Paó acondicionadas em frascos de polietileno de 500 mL, identificadas e armazenadas em caixa térmica de isopor, garantindo conservação adequada até a chegada ao laboratório para análise.



Fonte: elaboração própria, 2025.

4.2.1 Análises físico-químicas

No Quadro 2 pode ser observado os parâmetros físico-químicos analisados, que incluíram alcalinidade total, amônia, cloretos, condutividade elétrica, dióxido de carbono,

dureza total, potencial hidrogeniônico (pH), fósforo, nitrato, salinidade, temperatura, turbidez e sulfato, conduzidos conforme os procedimentos estabelecidos por *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2017). A análise do teor de amônia foi realizada de acordo com a metodologia descritas no *Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water* (ASTM D 1426, 2008). Ambos os procedimentos são descritos no Quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros físico-químicos da qualidade hídrica avaliados, seus respectivos métodos de análise e protocolos normativos, de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* e o *Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen*.

Parâmetro	Unidade	Método	Protocolo
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ /L	Titulação	320 B
Amônia	mg N/L	Colorimétrico (Reagente de Nessler)	4500-NH ₃ B
Cloretos	mg Cl ⁻ /L	Titulométrico (Argentométrico)	4500-Cl ⁻ B
Condutividade Elétrica	μS/cm ²	Condutivimetria	2510 B –
Dióxido de Carbono Livre	Mg CO ₂ /L	Titulométrico	4500-CO ₂ C
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	Titulométrico com EDTA	2340 C
Fósforo Total	mg P/L	Colorimétrico (Ácido vanadomolibdofosfórico)	4500-P C
Nitrato	mg N/L	Espectrofotometria no ultravioleta	4500-NO ₃ ⁻ B
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Eletrodo de membrana	4500-O G
pH	---	Eletrométrico	4500-H ⁺ B
Salinidade	‰	Cálculo via condutividade elétrica	2520 B
Sulfato	mg SO ₄ ²⁻ /L	Turbidimétrico	4500-SO ₄ ²⁻ E
Temperatura	°C	Termometria.	2550 B
Turbidez	NTU	Turbidimétrico	2130 B

Fonte: adaptado de Neves (2023); Silva (2024b).

Para as análises de pH, turbidez, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, foram utilizados os seguintes equipamentos: pHmetro MS TecnoPON (modelo Luca-210), turbidímetro Del Lab, (modelo DLT WV), oxímetro Lutron (modelo DO 5519) e condutivímetro MS

Tecnopon, (modelo Luca-150). Além disso, as análises por métodos colorimétricos foram realizadas com um espectrofotômetro Thermo Genesys (modelo 10 UV).

4.2.2 Análises bacteriológicas

As análises bacteriológicas foram realizadas em duplicata para detectar a presença ou ausência de *Escherichia coli* e coliformes totais. As amostras foram incubadas em estufa por 24 horas, conforme orientações do Manual Prático de Análise de Água (FUNASA, 2013). A avaliação da contaminação baseou-se na observação da coloração e na atividade enzimática das amostras.

A identificação dos microrganismos envolveu o reconhecimento das enzimas β -D-galactosidase e β -D-glucuronidase, utilizando o substrato fluorogênico 4-metil-umbeliferil- β -D-glucuronídeo (MUG), conforme descrito por Neves (2023). A presença de coliformes totais foi indicada pela mudança da cor da amostra de púrpura para amarelo, enquanto a ausência destes mantinha a coloração púrpura (Silva, 2024b). Para *Escherichia coli*, a detecção foi feita pela observação de fluorescência sob luz ultravioleta (UV); amostras fluorescentes confirmavam a presença do organismo, enquanto a ausência de fluorescência indicava sua inexistência (Silva, 2024b).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

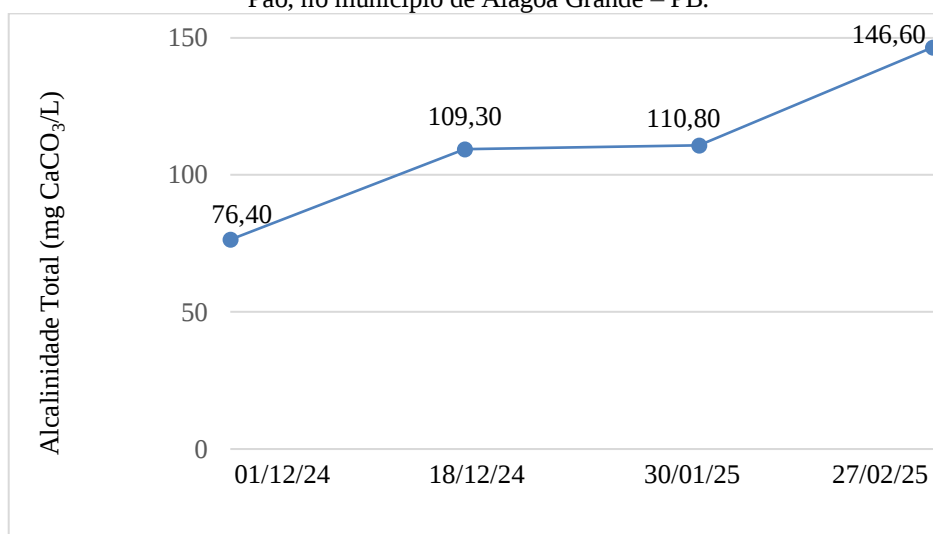
5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas realizadas forneceram informações essenciais sobre a qualidade da água da Lagoa do Paó. Os dados obtidos foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde e pela Resolução CONAMA nº 357/2005. A conformidade com essas normas é fundamental para assegurar a qualidade da água, garantindo sua segurança tanto para o consumo humano quanto para outros usos.

5.1.1 Alcalinidade Total

Na Figura 4 estão expostos os resultados da alcalinidade total da água da Lagoa do Paó, coletada em um ponto localizado na Rua Frei Alberto durante o período analisado.

Figura 4 - Resultados da alcalinidade total (mg CaCO_3/L) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

De acordo com a Figura 4, a alcalinidade total da água analisada apresentou variações ao longo do período de monitoramento, compreendido entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2025. Na primeira análise, realizada em 01/12/2024, foi registrado um valor de 76,40 mg CaCO_3/L , indicando uma condição de alcalinidade moderada. Em 18/12/2024, observou-se um aumento para 109,30 mg CaCO_3/L , evidenciando um acréscimo na capacidade de tamponamento da água.

Posteriormente, em 30/01/2025, a concentração passou para 110,80 mg CaCO_3/L , mantendo-se dentro da faixa de alcalinidade moderada, o que contribui para maior estabilidade

do pH e menor suscetibilidade a processos de acidificação. Já em 27/02/2025, foi registrado o maior valor do período, com 146,60 mg CaCO_3/L , indicando um aumento expressivo na capacidade de resistência da água a variações bruscas de pH.

A acentuada variação na alcalinidade da água da Lagoa do Paó pode ser atribuída a uma combinação de fatores naturais e antrópicos, como o regime de chuvas, a geologia local, o processo de decomposição da matéria orgânica, bem como o lançamento de efluentes domésticos (Figura 5) e industriais e a poluição agrícola. Esses elementos alteram a composição química do ambiente, impactando diretamente a dinâmica da alcalinidade (Guedes, 2011; Pereira; Koide, 2024; Antoneli *et al.*, 2025; Almeida Neto *et al.*, 2025).

Figura 5 - Despejo de efluentes domésticos na Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Segundo Santos *et al.* (2020), concentrações elevadas de alcalinidade aumentam a capacidade de tamponamento da água, conferindo maior estabilidade ao pH e reduzindo sua vulnerabilidade à acidificação. Essa condição é essencial para a proteção do meio aquático, pois evita variações bruscas de pH que poderiam impactar negativamente a biota.

Contudo, embora a estabilidade do pH represente um benefício, a elevada alcalinidade, especialmente quando associada a altos teores de bicarbonatos, pode acarretar efeitos indesejáveis. A presença desses íons, mesmo em ambientes com pH aparentemente estável, pode favorecer reações químicas que aumentam o potencial corrosivo da água, comprometendo a integridade de estruturas metálicas, como tubulações e reservatórios (Barros Junior, 2024; Choi *et al.*, 2025; Milli, 2025).

Além disso, o excesso de alcalinidade pode contribuir indiretamente para o processo de eutrofização, uma vez que níveis elevados favorecem condições de estabilidade do pH,

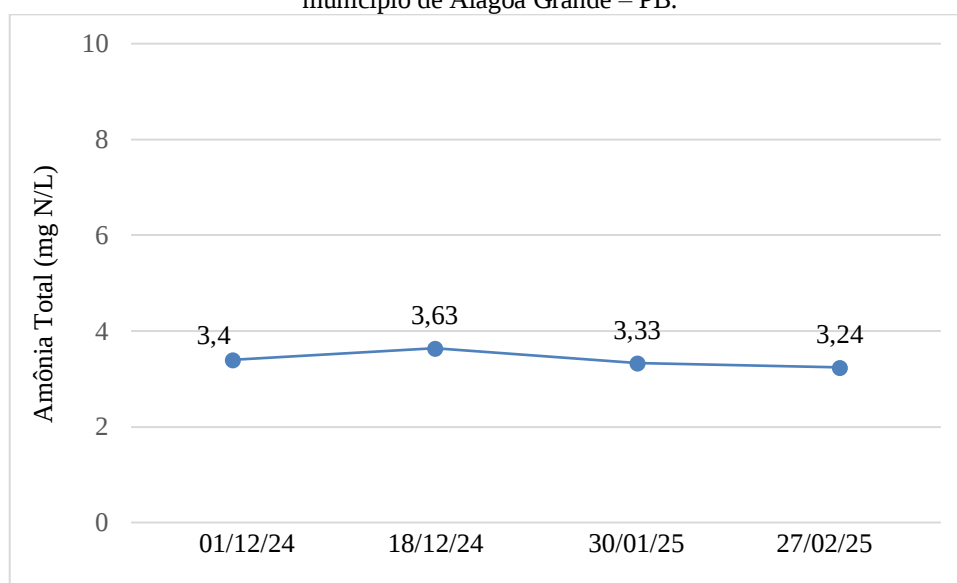
beneficiando o crescimento de microalgas e cianobactérias, o que compromete a qualidade da água e afeta a biodiversidade aquática (Freires, 2024; Andrade; Fortunato; Pamplin, 2025).

Embora as normas vigentes não definam um VMP específico para alcalinidade, valores entre 30 e 500 mg CaCO_3/L são geralmente considerados adequados para águas naturais (Brasil, 2006; Silva *et al.*, 2019; Silva, 2024b). Comparando esse intervalo com os dados obtidos na Lagoa do Paó, observa-se que os níveis de alcalinidade estão dentro dos limites aceitáveis, o que indica que, sob esse aspecto, a água apresenta condições estáveis. No entanto, é importante monitorar essas concentrações regularmente, pois variações podem afetar a suscetibilidade da água a oscilações de pH, impactando a estabilidade e a integridade dos ecossistemas aquáticos da região.

5.1.2 Amônia Total

O gráfico apresentado na Figura 6 mostra a variação da concentração de amônia (mg N/L) na água da Lagoa do Paó durante o monitoramento realizado entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2025.

Figura 6 - Resultados da amônia total (mg N/L) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Observa-se na Figura 6 uma leve elevação nos valores de amônia no mês de dezembro, com concentrações de 3,40 mg/L em 01/12/2024 e 3,63 mg/L em 18/12/2024. Nos meses seguintes, os valores apresentaram discreta redução, sendo registrados 3,33 mg/L em 30/01/2025 e 3,24 mg/L em 27/02/2025. Apesar das variações serem pequenas, o aumento em

dezembro pode estar relacionado à ocorrência pontual de lançamento de esgotos domésticos, acúmulo de resíduos orgânicos ou intensificação da decomposição da matéria orgânica no corpo hídrico.

Apesar de uma leve redução nos meses seguintes, os níveis de amônia total permaneceram elevados e preocupantes, ultrapassando o limite máximo permitido de 1,2 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de classe 2, como é o caso da Lagoa do Paó. Esses valores indicam a persistência de fontes de contaminação ou a baixa capacidade de autodepuração do ecossistema.

A concentração elevada de amônia favorece o processo de eutrofização, representando um risco ecológico ao ambiente aquático, podendo causar impactos severos, como a mortalidade de peixes, conforme apontado por Farias *et al.* (2024). A presença de amônia na água está fortemente relacionada à decomposição da matéria orgânica proveniente de atividades antrópicas, sendo utilizada por bactérias heterotróficas, em conjunto com fontes de carboidratos, para a formação de biomassa bacteriana (Edwards *et al.*, 2024; Costa, 2025).

Na Lagoa do Parque Sólon de Lucena, situada na zona urbana de João Pessoa-PB, Farias *et al.* (2024) identificaram concentrações de amônia variando entre 0,459 e 0,818 mg/L em três pontos distintos, todos influenciados pelo lançamento de esgoto doméstico. Já no reservatório da Usina de Água Vermelha, localizado no Rio Grande, próximo a Iturama-MG, Freitas (2022) registrou uma média muito superior, de 4,9 mg/L, indicando um grau de impacto antrópico mais elevado.

Esses dados evidenciam diferentes níveis de comprometimento ambiental. Enquanto os valores registrados em João Pessoa permanecem próximos dos limites aceitáveis, o cenário observado em Iturama-MG indica uma degradação severa. Os resultados obtidos nesta pesquisa, ao analisar a água da Lagoa do Paó, evidenciam variações mais acentuadas e episódios pontuais de elevação na concentração de amônia, aproximando-se do cenário descrito por Freitas (2022). Esses achados indicam influência de atividades antrópicas e potenciais riscos à qualidade ambiental do ecossistema local.

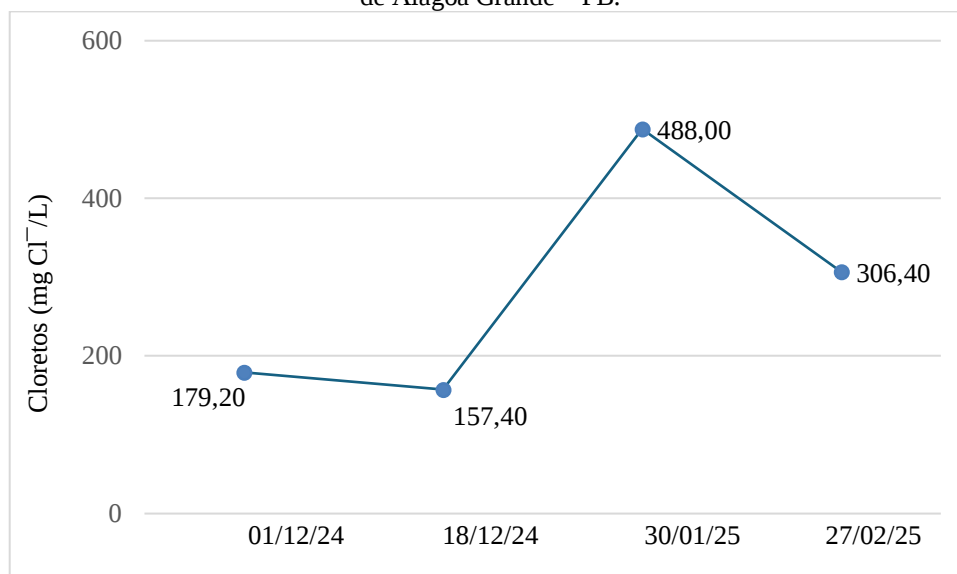
O excesso de amônia compromete a qualidade da água, tornando-a imprópria para o consumo humano (Silva *et al.*, 2025) e representando sérios riscos à saúde, como a metahemoglobinemia e o aumento da incidência de câncer de estômago, mama e bexiga (Negreiros *et al.*, 2024). Seu acúmulo no ar, na água, nos sedimentos e nos solos agrava os impactos ambientais, especialmente nos ecossistemas aquáticos. Embora desempenhe funções fisiológicas importantes, a presença excessiva de amônia interfere na excreção de compostos

nitrogenados pelos próprios organismos aquáticos, como os peixes, comprometendo a homeostase e a saúde desses seres vivos (Edwards *et al.*, 2024).

5.1.3 Cloretos

Os resultados do teor de cloretos na água, obtidos durante o período analisado, podem ser visualizados na Figura 7.

Figura 7 - Resultados do cloreto (mg Cl⁻/L) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Conforme os resultados apresentados na Figura 7, o teor de cloretos oscilou entre 157,40 mg/L e 488,00 mg/L durante o período de monitoramento. No primeiro dia de análise, a concentração registrada foi de 179,20 mg/L. No segundo dia, observou-se uma redução para 157,40 mg/L, o menor valor do período, possivelmente relacionada a eventos naturais, como chuvas recentes que promoveram a diluição dos sais presentes na água.

Entretanto, no terceiro dia, houve um aumento expressivo na concentração de cloretos, atingindo 488,00 mg/L — o maior valor registrado durante o período analisado. Esse pico sugere a influência de fatores antrópicos, como o despejo de efluentes domésticos ou industriais, além do aumento da evaporação, que favorece a concentração de sais dissolvidos na água (Viana, 2020). Na última análise, a concentração caiu para 306,40 mg/L; apesar da redução, esse valor ainda é alto em comparação com os níveis iniciais, indicando uma clara interferência humana na qualidade hídrica. De acordo com Nolasco *et al.* (2020), Silva (2024b) e Cinco-Reis (2025), concentrações de cloretos inferiores a 50 mg/L são típicas de águas doces

naturais, não impactadas por atividades antrópicas, o que reforça a gravidade dos níveis observados na Lagoa do Paó.

Essas concentrações elevadas, verificadas em duas das análises, ultrapassam o limite máximo de 250 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando uma condição crítica que pode comprometer tanto a qualidade da água quanto a integridade da biota aquática. A expressiva diferença entre os valores medidos e os parâmetros esperados para ambientes preservados evidencia a necessidade urgente de monitoramento contínuo, essencial para detectar tendências de degradação e fundamentar ações preventivas que minimizem impactos ambientais mais severos.

Concentrações elevadas de cloretos, prejudicam a qualidade da água para consumo humano e uso agrícola, conferindo sabor desagradável e podendo causar efeitos laxativos (Nolasco *et al.*, 2020). Em níveis ainda mais elevados, podem provocar distúrbios neurológicos, uma vez que o íon cloreto é fundamental na condução de impulsos nervosos (Soares, 2022).

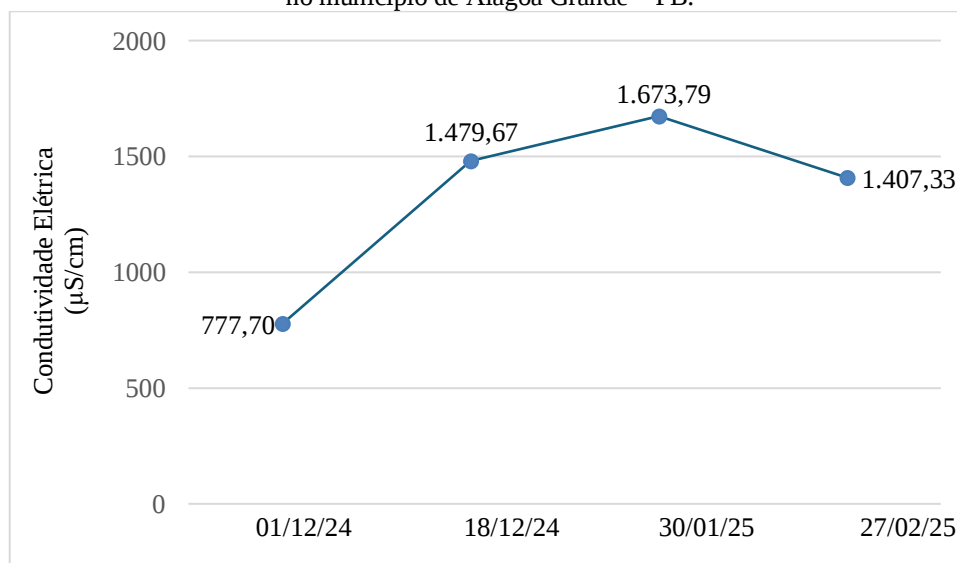
Atividades agrícolas e industriais próximas ao reservatório também exercem influência importante. A lixiviação de fertilizantes e o descarte de resíduos industriais ricos em cloretos favorecem o aumento da salinidade da água, comprometendo tanto o seu uso potável quanto a manutenção da biodiversidade aquática (Carvalho *et al.*, 2024). O despejo inadequado de efluentes domésticos reforça esse quadro de degradação, afetando diretamente a saúde dos organismos aquáticos e o equilíbrio do ecossistema local.

Ao comparar os resultados desta pesquisa com os dados da literatura, observa-se que Rosa (2023) relatou concentrações de cloretos entre 6,17 mg/L e 859 mg/L em sistemas aquíferos como o Costeiro e o Guarani. Já Viana (2020) identificou níveis ainda mais elevados, variando de 490,9 mg/L a 2.604,0 mg/L, em poços urbanos de Fortaleza, indicando um grau de contaminação superior ao observado na Lagoa do Paó.

5.1.4 Condutividade Elétrica

Os valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) das amostras de água coletadas na Lagoa do Paó ao longo do período analisado estão apresentados na Figura 8.

Figura 8 – Resultados da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Ao analisar os resultados apresentados na Figura 8, observa-se que a condutividade elétrica variou entre 777,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 1.673,79 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A menor concentração foi registrada na primeira análise, seguida por aumentos nas duas coletas subsequentes e uma redução na última, indicando a presença elevada de íons dissolvidos na água. Esses valores ultrapassam a faixa considerada normal para águas naturais, que varia entre 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e se aproximam ou excedem os níveis típicos de águas contaminadas por esgotos domésticos ou industriais, que podem atingir até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Pinaffi *et al.*, 2020).

Estudos anteriores, como os de Barbosa *et al.* (2023) e Santos *et al.* (2020), também evidenciam valores elevados de condutividade elétrica na Lagoa do Paó, situada na região urbana de Alagoa Grande-PB. Ambos os estudos indicam a persistência da poluição hídrica, com medidas superiores a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Barbosa *et al.* (2023) reportaram resultados de 1.556,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto Santos *et al.* (2020) observaram variações entre 1260 e 1340 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reforçando a gravidade da contaminação e a necessidade de ações corretivas para melhorar a qualidade da água local.

Embora a Portaria GM/MS nº 888/2021 e a Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabeleçam limites específicos para a Condutividade Elétrica (CE), valores elevados desse parâmetro indicam contaminação por íons dissolvidos, comumente associados a práticas urbanas inadequadas, como o lançamento de esgoto e o escoamento superficial de áreas densamente povoadas (Barbosa *et al.*, 2023; Rosa, 2023; Pereira; Koide, 2024; Costa, 2024). Essa condição compromete a qualidade da água, tornando-a inadequada para consumo humano, uso agrícola e industrial, além de afetar negativamente os ecossistemas aquáticos.

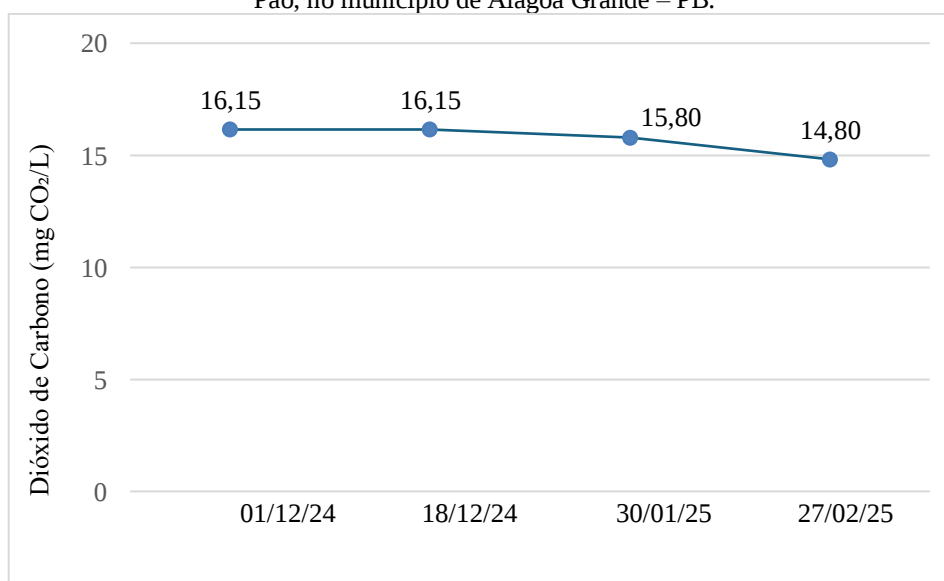
A alta concentração de íons, como cloretos, sulfatos, nitratos e fosfatos, altera a composição química da água e pode elevar sua temperatura, impactando a sobrevivência de organismos sensíveis à salinidade e contribuindo para a degradação da biodiversidade (Neves, 2023; Barros Junior, 2024; Dias, 2025). Em ambientes com baixa capacidade de diluição, como lagoas urbanas, esses efeitos são ainda mais intensos.

Além disso, a presença de nutrientes como nitrogênio e fósforo, frequentemente associada à elevação da condutividade elétrica, favorece processos de eutrofização, intensificando o crescimento de algas e cianobactérias e comprometendo ainda mais a qualidade da água (Freires, 2024).

5.1.5 Dióxido de Carbono Livre

A variação do teor de dióxido de carbono das amostras de água obtidos na Lagoa do Paó neste estudo ao longo do período analisado, estão apresentados no Figura 9.

Figura 9 – Resultados do dióxido de carbono ($\text{mg CO}_2/\text{L}$) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

As concentrações de dióxido de carbono (CO_2) observadas na água da Lagoa do Paó, conforme ilustrado na Figura 9, variaram entre 14,80 mg/L e 16,15 mg/L . Embora não existam limites específicos para o CO_2 dissolvido em águas superficiais na legislação brasileira, esses níveis indicam um ambiente aquático potencialmente contaminado e ecologicamente instável. Valores elevados de CO_2 podem resultar da decomposição de matéria orgânica e da respiração de organismos aquáticos, processos frequentemente intensificados por atividades antrópicas,

como lançamento inadequado de efluentes domésticos e industriais (Pereira; Koide, 2024; Costa, 2024). A presença excessiva de CO_2 pode comprometer a qualidade da água, afetando a sobrevivência de organismos aquáticos e contribuindo para desequilíbrios ecológicos.

A dinâmica do CO_2 nos corpos d'água pode ser influenciada, principalmente, por variações de temperatura, pH e concentração atmosférica de CO_2 , fatores que controlam sua solubilidade e transformação em ácido carbônico (H_2CO_3) e bicarbonatos (HCO_3^-) (Khalil *et al.*, 2025). Durante períodos mais quentes, a solubilidade do CO_2 diminui, enquanto a maior atividade fotossintética de fitoplâncton, algas, cianobactérias e macrófitas promove sua assimilação, reduzindo a concentração dissolvida e alterando o equilíbrio químico da água, o que pode impactar a estabilidade do ecossistema aquático (Neves, 2023; Barros Junior, 2024).

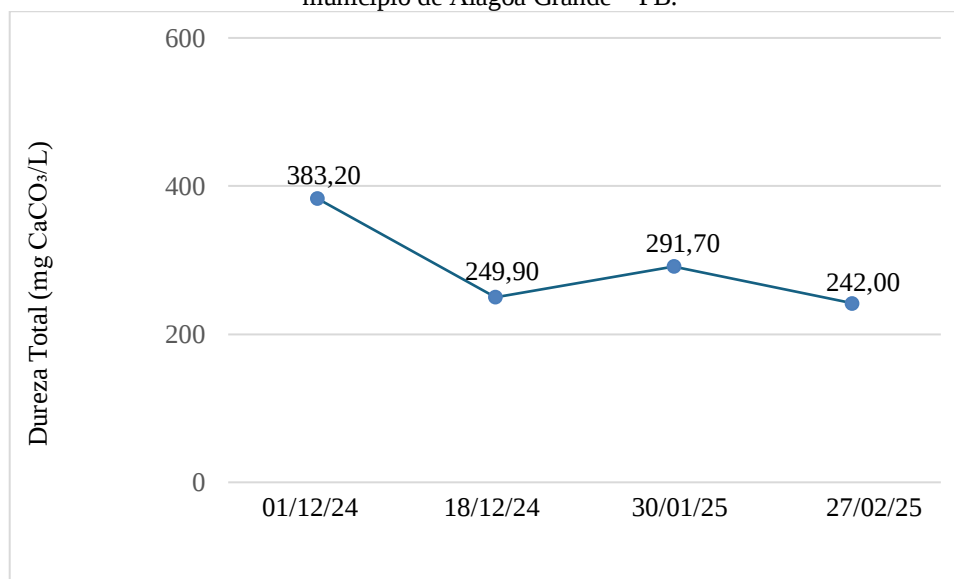
Estudos regionais evidenciam variações nas concentrações de CO_2 dissolvido, como os observados por Silva (2016b) no agreste paraibano, e por Lewington-Pearce *et al.* (2020) em águas superficiais, demonstrando a sensibilidade desse parâmetro às condições ambientais e à ação antrópica. Essa variabilidade está associada a mudanças naturais e impactos humanos, como o acúmulo de nutrientes e a decomposição acelerada da matéria orgânica, que intensificam processos de eutrofização e degradação ambiental (Cotovicz *et al.*, 2021; Almeida Neto *et al.*, 2025).

A decomposição microbiana consome rapidamente o CO_2 , podendo gerar condições de anoxia que prejudicam organismos aeróbicos e comprometem a biodiversidade aquática (CETESB, 2019). Além disso, o desequilíbrio resultante da variação de CO_2 afeta a cadeia trófica, a vegetação submersa e a disponibilidade de carbono, essenciais para a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos (Barbosa *et al.*, 2023; Khalil *et al.*, 2025). Em ambientes com baixa capacidade de diluição, como lagoas urbanas, esses efeitos são ainda mais intensificados, agravando a qualidade da água e a saúde do ecossistema (Dias, 2025).

5.1.6 Dureza Total

Observa-se, na Figura 10, a variação da dureza total da água coletada na Lagoa do Paó, expressa em $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$, ao longo do período analisado.

Figura 10 – Resultados da dureza total (CaCO_3/L) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Conforme apresentado no Gráfico 10, a dureza total da água variou ao longo do período analisado: em 01/12/24, registrou-se o valor mais alto, 383,18 mg/L; em 18/12/24, houve redução para 249,89 mg/L; em 30/01/25, o valor aumentou novamente para 291,70 mg/L; e, em 27/02/25, foi de 241,99 mg/L. Apesar dessas oscilações, as concentrações de íons cálcio e magnésio permaneceram elevadas. Segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece o limite de 300 mg/L de CaCO_3 para água potável, valores superiores indicam dureza elevada. Portanto, os resultados mostram que a água da Lagoa do Paó é classificada como muito dura, especialmente no dia em que o valor ultrapassou esse limite.

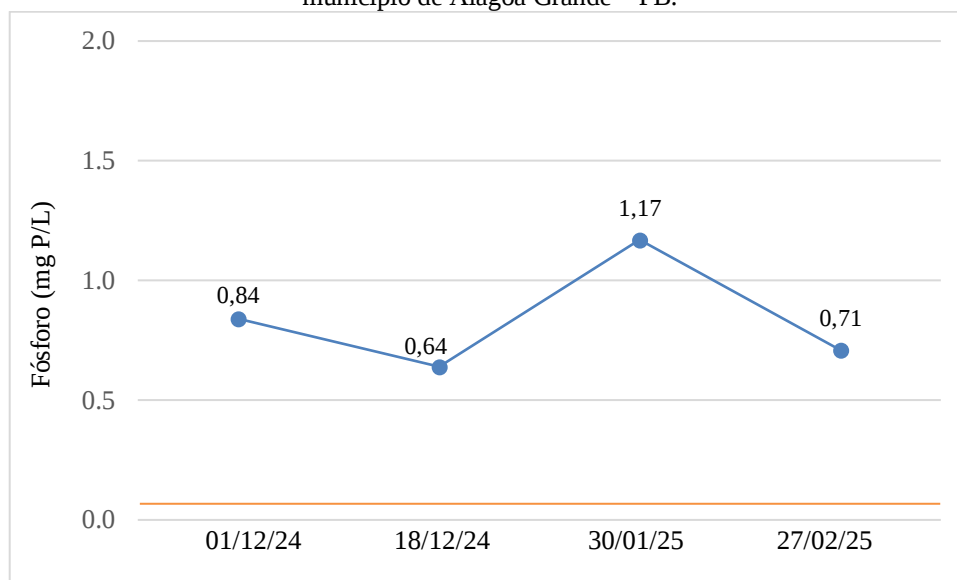
As oscilações observadas na dureza da água da Lagoa do Paó podem ser atribuídas a uma combinação de fatores ambientais e antrópicos, como chuvas que alteram a concentração de sais minerais, mudanças no uso do solo, variações na carga poluente e a influência da geologia local, que afeta a solubilidade de minerais como calcita e dolomita. Essas variações indicam instabilidade na composição físico-química da água, sugerindo riscos à qualidade do recurso hídrico e à sustentabilidade do ecossistema aquático, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo para orientar a gestão ambiental.

Diante disso, destaca-se a importância do acompanhamento detalhado da dureza da água na Lagoa do Paó, considerando que sua variabilidade pode comprometer tanto a qualidade do recurso quanto a integridade ecológica e os usos múltiplos do ambiente aquático.

5.1.7 Fósforo Total

Os valores de fósforo total, expressos em mg P/L, das amostras de água da Lagoa do Paó ao longo do período analisado estão representados na Figura 11.

Figura 11 – Resultados do fósforo (mg P/L) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Os resultados da análise da água da Lagoa do Paó, apresentados na Figura 12, indicam concentrações de fósforo total, variando entre 0,84 mg P/L e 1,17 mg P/L, todas acima do VMP de 0,020 mg P/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces. Esses dados revelam um comprometimento evidente da qualidade da água e apontam para um elevado risco de eutrofização, ressaltando a necessidade de atenção às fontes de aporte de nutrientes e à adoção de medidas mitigadoras.

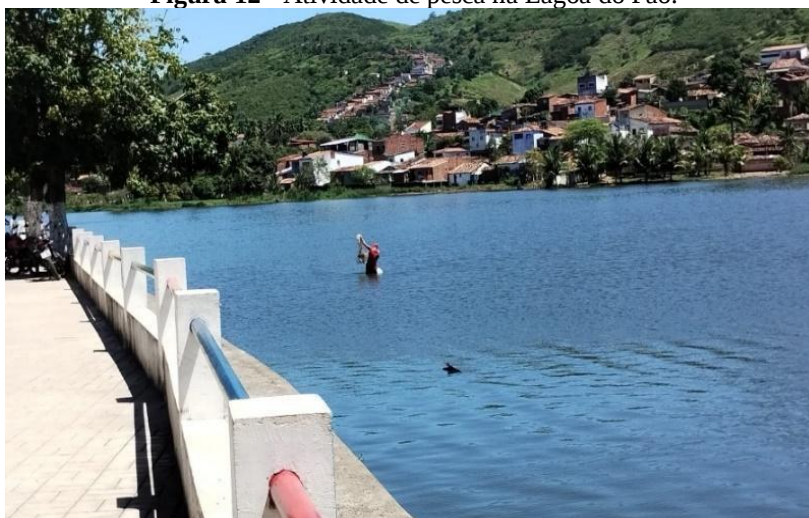
Os resultados obtidos para a concentração de fósforo na Lagoa do Paó estão em consonância com dados registrados em ambientes aquáticos semelhantes, reforçando indícios de influência antrópica. Brandão e Santos (2025), ao estudarem a Lagoa dos Frades em Salvador-BA, encontraram concentrações elevadas, variando entre 0,3 e 2,5 mg P/L. De forma semelhante, Jesus *et al.* (2025) relataram médias de 1,52 mg P/L (com variações entre 0,84 e 2,26 mg P/L) na sub-bacia hidrográfica do Rio Itanhém. Em contrapartida, Silva *et al.* (2025) identificaram concentrações bem mais baixas no Baixo Rio São Francisco, variando entre 0,01 e 0,32 mg P/L, a depender do ponto de coleta. Nesse contexto, os valores registrados na Lagoa do Paó posicionam-se em um patamar intermediário, sugerindo uma condição de alerta quanto

à presença de fósforo, caracterizada por aporte moderado de poluentes difusos e pressão antrópica, ainda que abaixo dos níveis mais críticos observados na literatura.

A elevada presença de fósforo, juntamente com nitrogênio, está diretamente associada ao processo de eutrofização, caracterizado pela proliferação de algas, cianobactérias e microrganismos patogênicos, o que resulta na redução do oxigênio dissolvido e na perda de biodiversidade aquática (CONAMA, 2005; Hussain *et al.*, 2021; Brandão; Santos, 2025; Jesus *et al.*, 2025; Landa; Valfré; Souza, 2025). Esses nutrientes, embora essenciais aos organismos aquáticos, quando em excesso, comprometem o uso da água para abastecimento, lazer e pesca, além de favorecerem a bioacumulação de metais pesados como chumbo e mercúrio nos organismos, representando sérios riscos à saúde humana (Nascimento, 2017; Moschem; Gonçalves, 2020; Cruz *et al.*, 2021; Feitosa, 2024).

Apesar desses riscos, observa-se que a pesca ainda é praticada na Lagoa do Paó (Figura 12), o que reforça a necessidade urgente de medidas de controle, monitoramento ambiental contínuo e ações educativas junto à população local.

Figura 12 - Atividade de pesca na Lagoa do Paó.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Ademais, a alta carga de nutrientes favorece a proliferação de plantas invasoras, como o aguapé (*Eichhornia crassipes*), o que pode ser observado na Lagoa do Paó (Figura 13). Trata-se de uma espécie bioindicadora de ambientes contaminados, que se mantém nos ecossistemas aquáticos devido à presença de detergentes superfosfatados e matéria fecal rica em proteínas (Landa; Valfré; Souza, 2025), oriundos de despejos domésticos inadequados. Essa planta aquática forma uma densa cobertura vegetal sobre a superfície da água (Mishra; Maiti, 2017; Santos, 2020), fenômeno que reduz a penetração de luz e altera a ciclagem de nutrientes,

comprometendo a produtividade primária e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (Mishra; Maiti, 2017).

Figura 13 - Presença de plantas invasoras na Lagoa do Paó.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Conforme Landa, Valfré e Souza (2025), entre os efeitos observados do desequilíbrio ambiental em ambientes aquáticos, destacam-se a ausência de oxigênio dissolvido, a mortandade de peixes e invertebrados, a liberação de gases tóxicos, a emissão de odores desagradáveis, a formação de florações de algas e cianobactérias, além do crescimento descontrolado de macrófitas aquáticas. Alguns desses impactos já podem ser visualizados na Lagoa do Paó, indicando um processo de degradação em curso. Esse quadro se intensifica durante os períodos chuvosos, especialmente nas ruas Ernesto Cavalcante e Joaquim José Valê, onde o transbordamento de áreas urbanizadas (Figura 14) favorece a contaminação difusa da lagoa. Tal processo estabelece uma conexão entre as águas urbanas e as do Rio Mamanguape-PB, promovendo a redistribuição de nutrientes, resíduos sólidos e esgoto não tratado, o que acelera ainda mais o comprometimento da qualidade hídrica (Barbosa *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2025).

Figura 14 - Contaminação extensiva.



Fonte: elaboração própria, 2025.

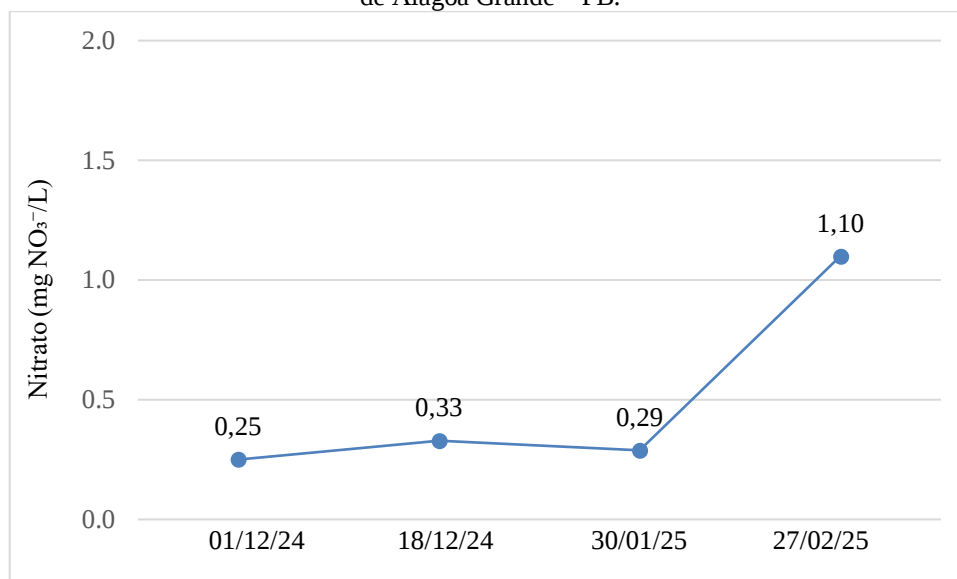
A contaminação indireta da Lagoa do Paó, proveniente do despejo doméstico e fezes de animais, representa uma ameaça à saúde pública, uma vez que patógenos como coliformes totais, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella* e *Campylobacter*, estão associados a enfermidades graves, como gastroenterite e cólera, responsáveis por elevadas taxas de mortalidade infantil (Neves, 2023; Feitosa, 2024; Chaves *et al.*, 2025). As variações observadas refletem as condições climáticas e influência antrópica na região. A presença de concentrações elevadas de fósforo reforça o quadro de enriquecimento de nutrientes e os riscos ambientais associados, caracterizando um estado avançado de eutrofização, com potencial impacto negativo sobre a qualidade da água e a biodiversidade local (Jesus *et al.*, 2025).

Em períodos secos, como dezembro e fevereiro, a menor umidade e redução de atividade microbiana, devido à baixa decomposição de matéria orgânica, limita a liberação de nutrientes (Brandão; Santos, 2025). Por outro lado, em janeiro, o aumento de carga orgânica e a contaminação microbiológica está relacionada ao lançamento de efluentes e a ocorrência de chuvas que arrastam poluentes acumulados para o corpo hídrico (Brandão e Santos, 2025), agravando ainda mais o comprometimento da qualidade da água.

5.1.8 Nitrato

A Figura 15 apresenta a variação na concentração de nitrato ($\text{mg NO}_3^-/\text{L}$) na água coletada na Lagoa do Paó, com base em quatro análises de monitoramento realizadas entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2025.

Figura 15 – Resultados do nitrato (mg/L) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

De acordo com a Figura 15, os níveis de nitrato apresentaram uma leve oscilação ao longo do período de monitoramento realizado entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2025. Na primeira análise, realizada em 01/12/2024, foi registrado um valor de 0,25 mg/L de N, que aumentou para 0,33 mg/L de N em 18/12/2024, mantendo-se dentro de uma faixa considerada de baixa concentração. Segundo Almeida Neto *et al.* (2025), concentrações reduzidas de nitrato geralmente indicam menor interferência antrópica no corpo hídrico.

No entanto, em 27/02/2025, observou-se um aumento na concentração de nitrato, que atingiu 1,10 mg/L. Apesar de esse valor ainda estar dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que define o valor máximo de 10,0 mg/L para águas doces de classe 2, tal elevação sugere uma possível vulnerabilidade à contaminação. Entre os fatores que podem ter contribuído para esse aumento estão o escoamento superficial, o uso de fertilizantes em áreas agrícolas próximas e o descarte inadequado de efluentes, o que reforça a importância do monitoramento ambiental contínuo para a prevenção de impactos à qualidade da água.

O estudo de Almeida Neto *et al.* (2025) relatou concentrações nulas de nitrato em três pontos do Rio das Contas, no município de Aurelino Leal (BA), com variações atribuídas ao grau de influência antrópica: menor interferência (Ponto A), área urbana central (Ponto B) e presença de atividades humanas específicas (Ponto C). Em contraste, Farias *et al.* (2024) identificaram níveis elevados de nitrato na Lagoa do Parque Sólon de Lucena, em João Pessoa (PB), com valores variando entre 1,137 e 1,869 mg/L (Ponto 1), 0,249 e 2,173 mg/L (Ponto 2), e 1,86 e 1,844 mg/L (Ponto 3), associados à entrada de esgoto doméstico.

Esses estudos evidenciam realidades distintas de contaminação por nitrato. Enquanto os dados da lagoa urbana de João Pessoa refletem uma influência direta de esgoto doméstico, a ausência do composto no Rio das Contas indica menor pressão antrópica. No caso da Lagoa do Paó, os resultados sugerem uma condição de contaminação moderada, com presença contínua de nitrato, o que reforça a importância da vigilância ambiental.

A presença de nitrato em corpos hídricos está geralmente associada a fontes antrópicas, como efluentes industriais, esgoto doméstico não tratado, uso excessivo de fertilizantes e falhas em sistemas de tratamento (fossas sépticas, estações de esgoto), o que contribui para a contaminação de águas superficiais e subterrâneas (Almeida Neto *et al.*, 2025; Silva *et al.*, 2025). Esse acúmulo favorece processos de eutrofização, com proliferação descontrolada de algas e cianobactérias (Barbosa *et al.*, 2023; Hussain; Jamir; Singh, 2021), afetando diretamente a qualidade da água e o equilíbrio ecológico.

O excesso de nitrato impacta parâmetros físico-químicos da água, como pH, oxigenação e turbidez (Feitosa, 2024). A decomposição da biomassa gerada por algas e plantas aquáticas causa o consumo acelerado de oxigênio dissolvido, levando à formação de zonas hipóxicas ou anóxicas (Barros Junior, 2024), que prejudicam o metabolismo, a reprodução e a sobrevivência da fauna aquática (Gutiérrez-Arzaluz *et al.*, 2024). Além disso, a diminuição da penetração de luz solar reduz a fotossíntese das plantas submersas, agravando ainda mais a deficiência de oxigênio e contribuindo para a acumulação de matéria orgânica em decomposição (Hussain; Jamir; Singh, 2021; Neves, 2023).

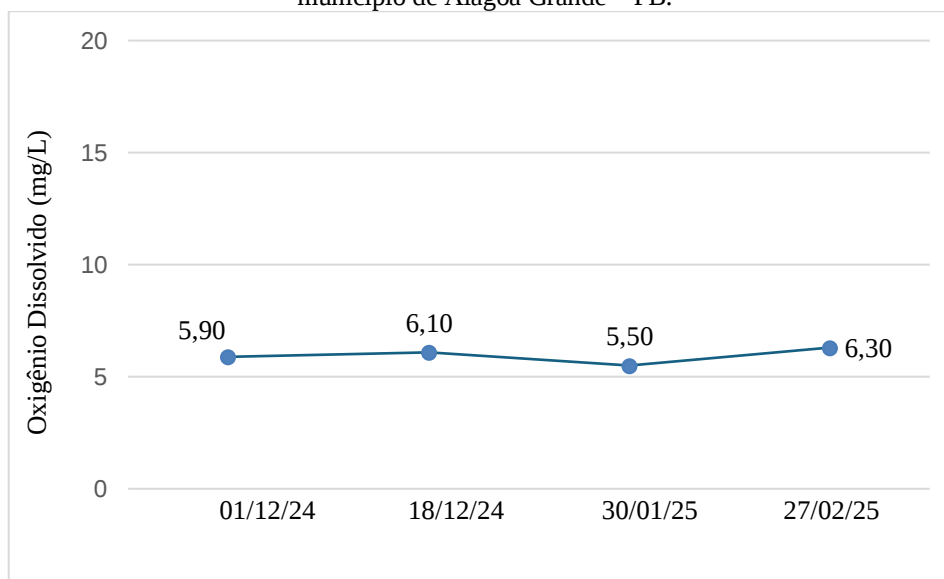
Do ponto de vista da saúde pública, os elevados níveis de nitrato representam um risco significativo. Segundo Barbosa *et al.* (2023), tais concentrações indicam um quadro alarmante de degradação ambiental, podendo causar efeitos adversos como a metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul) e o câncer de estômago, em decorrência da formação de compostos potencialmente cancerígenos (Gutiérrez-Arzaluz *et al.*, 2024; Negreiros *et al.*, 2024).

Diante desses impactos ecológicos e sanitários, torna-se essencial o monitoramento contínuo dos níveis de nitrato em corpos hídricos, a fim de proteger a saúde humana e garantir a preservação dos ecossistemas aquáticos.

5.1.9 Oxigênio Dissolvido

Os valores do oxigênio dissolvido, expressos em mg/L, das amostras de água da Lagoa do Paó ao longo do período analisado estão representados na Figura 16.

Figura 16 – Resultados do oxigênio dissolvido (mg/L) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Conforme ilustrado na Figura 16, os níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) na Lagoa do Paó variaram entre 5,50 mg/L e 6,30 mg/L durante o período de monitoramento, compreendido entre 1º de dezembro de 2024 e 27 de fevereiro de 2025. Na primeira avaliação (01/12/2024), o valor registrado foi de 5,90 mg/L, subindo para 6,10 mg/L na segunda análise (18/12/2024), o que pode indicar uma melhoria nas condições de oxigenação da água. Entretanto, na terceira medição (30/01/2025), houve uma leve queda para 5,50 mg/L. Já na última análise (27/02/2025), os níveis voltaram a subir, atingindo 6,30 mg/L, o maior valor do período. Segundo Barros Junior (2024), essa oscilação pode estar relacionada a fatores ambientais como variações de temperatura, incidência de luz solar, presença de matéria orgânica e interferências antrópicas, que influenciam diretamente a dinâmica do oxigênio nos ecossistemas aquáticos.

Apesar das oscilações registradas, todos os valores de OD permaneceram acima do limite mínimo de 5 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando, a princípio, condições aceitáveis para a sobrevivência da biota aquática (Brasil, 2005). Tais condições favorecem a atividade fotossintética de macrófitas e fitoplâncton, resultando em maior produção de oxigênio dissolvido (Han *et al.*, 2023; Sousa; Mendes, 2025; Khalil *et al.*, 2025). A presença de organismos fotossintetizantes, como microalgas e cianobactérias, desempenha um papel essencial nesse processo, promovendo condições mais adequadas para a manutenção da vida aquática (Neves, 2023).

Contudo, o monitoramento do Oxigênio Dissolvido (OD) é fundamental como indicador da qualidade da água. Silva *et al.* (2025) analisaram o Baixo Rio São Francisco, nos municípios

de Própria/SE, Igreja Nova/AL e Brejo Grande/SE, e identificaram valores médios de OD variando entre 0,98 mg/L e 7,36 mg/L, evidenciando regiões com sérias deficiências de oxigenação. Segundo os autores, a decomposição de grandes quantidades de macrófitas aquáticas consomem o oxigênio disponível, comprometendo a saúde do ecossistema. De modo complementar, França *et al.* (2019) registraram níveis de OD entre 6,16 mg/L e 8,30 mg/L na bacia do Rio São Francisco, no trecho entre Juazeiro/BA e Petrolina/PE, reforçando a importância de avaliar esse parâmetro em diferentes contextos hidrológicos.

Em contraste com os dados recentes, Silva (2016a) relatou valores atipicamente elevados de OD na própria Lagoa do Paó, com média de 14,3 mg/L. Essa diferença pode estar relacionada a variações sazonais, metodológicas ou a mudanças no estado ambiental da lagoa ao longo do tempo. A alta incidência solar, baixa profundidade e pouca turbulência das águas urbanas lânticas podem favorecer intensamente a fotossíntese de macrófitas, microalgas e cianobactérias (Neves, 2023; Sousa; Mendes, 2025; Khalil *et al.*, 2025), resultando em concentrações elevadas de OD. No entanto, conforme alertam Sousa e Mendes (2025), o excesso de atividade fotossintética induzida pela decomposição de matéria orgânica e pelo aporte de nutrientes pode desencadear a proliferação descontrolada desses organismos, dando início a processos de eutrofização.

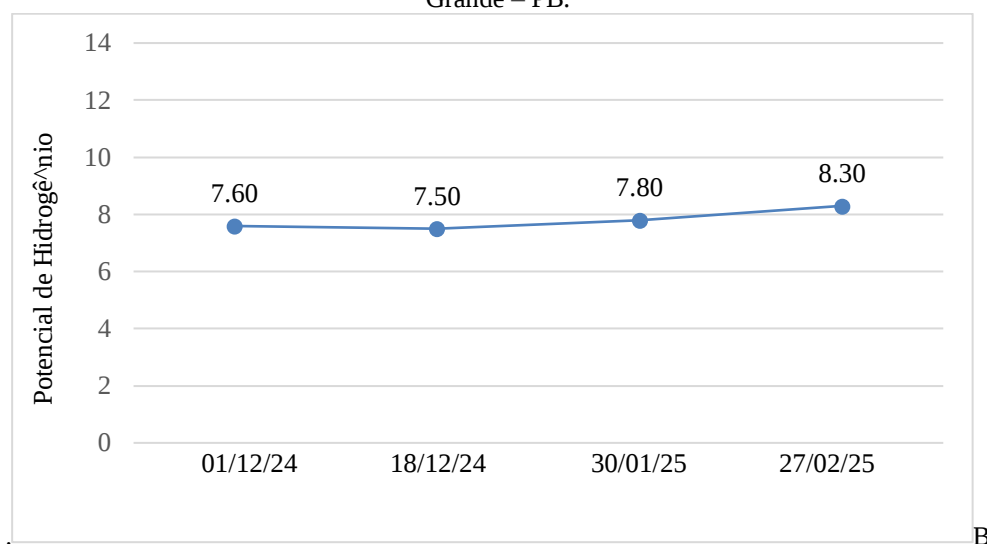
Além disso, como enfatizam CETESB (2019) e Pereira (2023), níveis elevados de OD associados à floração de microalgas não representam, necessariamente, boa qualidade da água. Essas florações podem causar oscilações bruscas entre o dia e a noite na concentração de oxigênio, gerando estresse fisiológico em peixes e invertebrados sensíveis e contribuindo para a formação de zonas hipóxicas durante o período noturno. A decomposição da biomassa algal, por sua vez, pode liberar toxinas que comprometem ainda mais a qualidade da água (Freires, 2024; Nascimento, 2017).

Assim, embora os níveis de OD registrados na Lagoa do Paó em 2024-2025 estejam dentro dos padrões aceitáveis, eles também evidenciam a complexidade ecológica do sistema e a necessidade de atenção constante. A interação entre fatores físicos (radiação solar, profundidade), biológicos (fotossíntese, decomposição) e químicos (nutrientes, sólidos dissolvidos) influencia diretamente a estabilidade do ecossistema. Diante disso, recomenda-se o monitoramento contínuo dos parâmetros da água e a implementação de medidas preventivas que evitem a intensificação de processos de degradação ambiental.

5.1.10 Potencial de Hidrogênio

A Figura 17 apresenta a variação do potencial hidrogeniônico (pH) na água da Lagoa do Paó entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2025.

Figura 17 – Resultados do pH nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

De acordo com a Figura 17, os valores de pH da água analisada variaram entre 7,50 e 8,28, mantendo-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (faixa de 6,0 a 9,0 para corpos d'água de classe 2). Essa estabilidade indica uma condição ambiental relativamente equilibrada, ainda que oscilações possam ocorrer devido à alta carga de nutrientes, presença de substâncias químicas e processos de eutrofização, fatores que impactam diretamente a qualidade da água e a biodiversidade aquática (Oliveira Filho, 2022; Almeida Neto *et al.*, 2025; Ponce, 2025).

Ao comparar esses resultados com os de outras pesquisas, observa-se que os valores de pH registrados são inferiores aos encontrados na Lagoa do Parque Sólon de Lucena, em João Pessoa-PB, onde foi registrado um pH de até 9,4, possivelmente em decorrência da intensa urbanização e do lançamento de efluentes (Oliveira Filho, 2022). Em contrapartida, estudos realizados em Piúma-ES (Azevedo *et al.*, 2025) e em um ponto da barragem de Saulo Maia, na região de Areia-PB, destinado à piscicultura (Neves, 2023), indicaram faixas de pH semelhantes ou ligeiramente mais baixas, o que sugere menor variação e maior estabilidade nas condições ambientais desses locais.

Variações extremas no pH, especialmente valores abaixo de 5 ou acima de 9, são prejudiciais aos ecossistemas aquáticos, causando estresse fisiológico, dificultando a regulação

osmótica e a disponibilidade de nutrientes essenciais para peixes e invertebrados, além de comprometer a biodiversidade local e resultar em mortalidade da fauna e flora aquáticas (Oliveira Filho, 2022; Ponce, 2025). O aumento do pH favorece a proliferação de cianobactérias, que liberam toxinas nocivas ao ambiente e à saúde pública (Nascimento, 2017; Torquato, 2022). Além disso, oscilações abruptas de pH desestabilizam a cadeia alimentar aquática, afetando organismos desde o plâncton até predadores de topo, comprometendo o equilíbrio ecológico do sistema (Oliveira Filho, 2022).

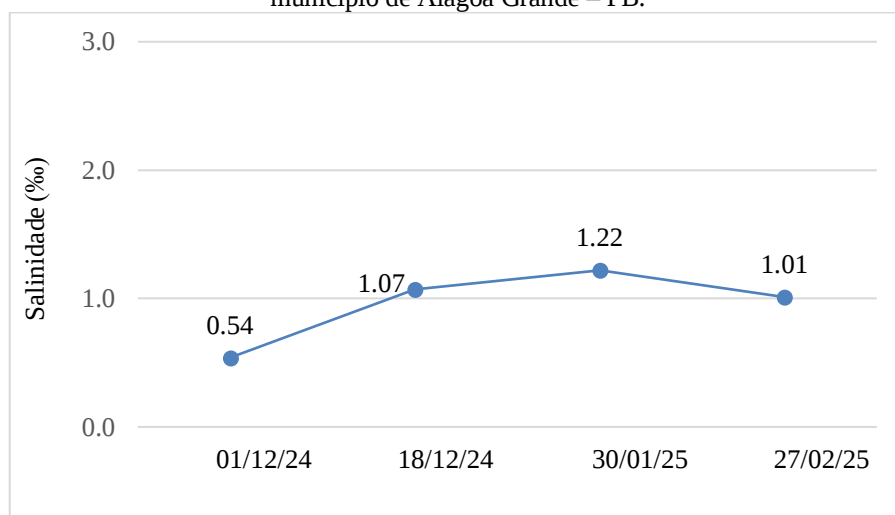
Por outro lado, um pH levemente alcalino pode favorecer o crescimento de microrganismos decompositores, especialmente bactérias do gênero *Bacillus*, que atuam na degradação de compostos orgânicos mais resistentes, como celulose e lignina. Valores mais elevados de pH indicam que a atividade fermentativa foi eficiente na decomposição de compostos ácidos formados nas etapas iniciais do processo, contribuindo para a estabilização do meio e favorecendo processos biológicos benéficos (Pais *et al.*, 2025).

Fatores como a presença de efluentes químicos, domésticos e industriais, juntamente com processos de eutrofização e altas concentrações de fósforo total, influenciam essas variações do pH, dificultando a avaliação isolada de seus efeitos nos ecossistemas aquáticos (Fornaroli *et al.*, 2018; Oliveira Filho, 2022; Ponce, 2025; Tonin *et al.*, 2025).

5.1.11 Salinidade (‰)

Na Figura 18 estão expostos os resultados da salinidade (‰) da água da Lagoa do Paó durante o período analisado.

Figura 18 – Resultados da salinidade (mg/L) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Conforme mostrado na Figura 18, os níveis de salinidade na Lagoa do Paó aumentaram ao longo do período analisado, passando de 0,54‰ em 01/12/2024 para 1,22‰ em 30/12/2024, e posteriormente diminuindo para 1,01‰ em 27/02/2025. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, os valores obtidos caracterizam a água da Lagoa do Paó como salobra, uma vez que esse tipo de água apresenta salinidade entre 0,5 g/L e 30 g/L. Essa classificação implica mudanças relevantes na qualidade e nos usos da água, exigindo atenção aos parâmetros específicos para essa categoria.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Barros Junior (2024) em poços tubulares na zona rural de Sumé-PB, com salinidade variando entre 0,63‰ e 1,19‰. Em contrapartida, Silva (2024b) registrou valores inferiores em poços de Areia-PB (0,12‰ a 0,16‰), evidenciando a maior suscetibilidade das águas superficiais a variações e contaminações sazonais em comparação às águas subterrâneas.

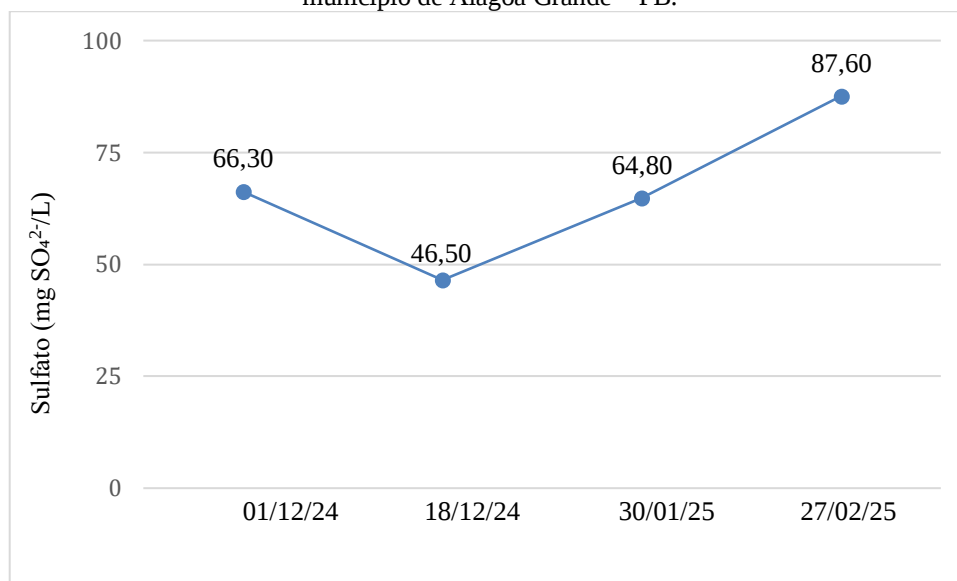
A salinidade da água está relacionada a fatores naturais, como o intemperismo de solos e rochas e a lixiviação de sais marinhos, além de influências antrópicas, refletidas em parâmetros como sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica (Chirinda, 2024; Demo *et al.*, 2025). Fisicamente, a densidade da água aumenta com a salinidade, enquanto a absorção de CO₂ é favorecida em águas frias e com menor salinidade (Kalil *et al.*, 2025).

Altos níveis de salinidade comprometem a potabilidade da água, tornando-a inadequada para consumo e uso doméstico, especialmente em áreas afetadas por intrusão salina. Esse fenômeno é agravado pelo aumento da temperatura da água, consequência do aquecimento global, que intensifica a evaporação e a concentração de sais, elevando os riscos à disponibilidade hídrica e à qualidade ambiental local (Barros Junior, 2024; Kalil *et al.*, 2025).

5.1.12 Sulfato

Na Figura 19 estão expostos os resultados sulfato (SO₄²⁻) da água da Lagoa do Paó durante o período analisado.

Figura 19 – Resultados do sulfato ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{L}$) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

De acordo com a Figura 19, os níveis de sulfato na água analisada apresentaram oscilações entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2025, variando de 66,30 mg/L, em 01/12/24, para um mínimo de 46,50 mg/L, em 18/12/24, possivelmente devido às chuvas e diluição, seguido de recuperação até 87,60 mg/L, em 27/02/25. Apesar dessas variações, os valores permanecem abaixo do VMP de 250 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando conformidade com os padrões de qualidade.

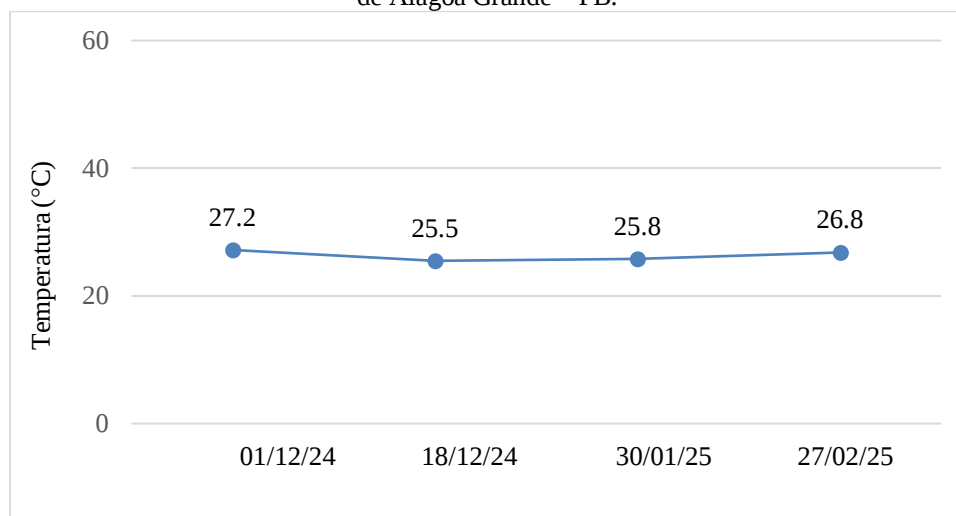
As concentrações de sulfato são influenciadas tanto por processos naturais, como a dissolução de minerais ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, anidrita e pirita), quanto por atividades antrópicas, incluindo o uso de fertilizantes agrícolas, efluentes domésticos e industriais, e lixiviação de aterros sanitários (Guedes, 2011; Neves, 2023; Silva, 2024b). O excesso desse íon pode causar acidificação da água, aumentar a biodisponibilidade e toxicidade de metais pesados, e favorecer a atividade de bactérias sulfato-redutoras, que produzem sulfeto de hidrogênio (H_2S), tóxico para peixes e invertebrados devido à redução do oxigênio dissolvido (Nascimento, 2017; Leite *et al.*, 2021).

Além dos impactos ambientais, a ingestão de água com altos níveis de sulfato pode alterar o sabor e provocar efeitos laxativos, como diarreia e desidratação (Silva, 2024b).

5.1.13 Temperatura

Os resultados da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) da água da Lagoa do Paó, durante o período analisado, podem ser visualizados na Figura 20.

Figura 20 – Resultados da temperatura (°C) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

Ao analisar os resultados apresentados na Figura 20, observa-se a ocorrência de oscilações na temperatura da água ao longo do período de monitoramento, compreendido entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2025. Na primeira coleta, realizada em 01/12/2024, foi registrado um valor de 27,2 °C, levemente acima da média esperada para o início do verão em lagoas tropicais (entre 25 °C e 26,5 °C). Esse dado indica uma elevação inicial da temperatura, possivelmente associada à baixa profundidade, alta incidência solar e reduzida circulação das águas na Lagoa do Paó. Nas coletas seguintes, realizadas em 18/12/2024 e 30/01/2025, os valores observados foram de 25,5 °C e 25,8 °C, respectivamente, o que sugere um período de relativa estabilidade térmica. Por fim, a análise de 27/02/2025 voltou a apresentar 27,2 °C, sinalizando um novo aumento da temperatura ao final do período.

Os valores de temperatura registrados na Lagoa do Paó demonstram comportamento compatível com o observado em outros corpos hídricos localizados em regiões tropicais. Por exemplo, França *et al.* (2019) relataram temperaturas entre 25,0 °C e 27,0 °C na bacia do Rio São Francisco, especificamente no trecho entre Juazeiro/BA e Petrolina/PE. De forma semelhante, Júnior *et al.* (2025) verificaram amplitudes térmicas variando entre 19,6 °C e 29,1 °C em poços situados na Região Metropolitana de Belém/PA.

As oscilações térmicas observadas refletem ainda a possível influência da poluição térmica, resultante tanto de causas naturais quanto de atividades antrópicas, como alterações climáticas e o lançamento de efluentes (Oliveira Filho, 2022). Essas mudanças afetam diretamente os processos físico-químicos e biológicos da água, incluindo a taxa de transporte de substâncias em sistemas de fluxo lento (Han *et al.*, 2023), além de favorecer reações

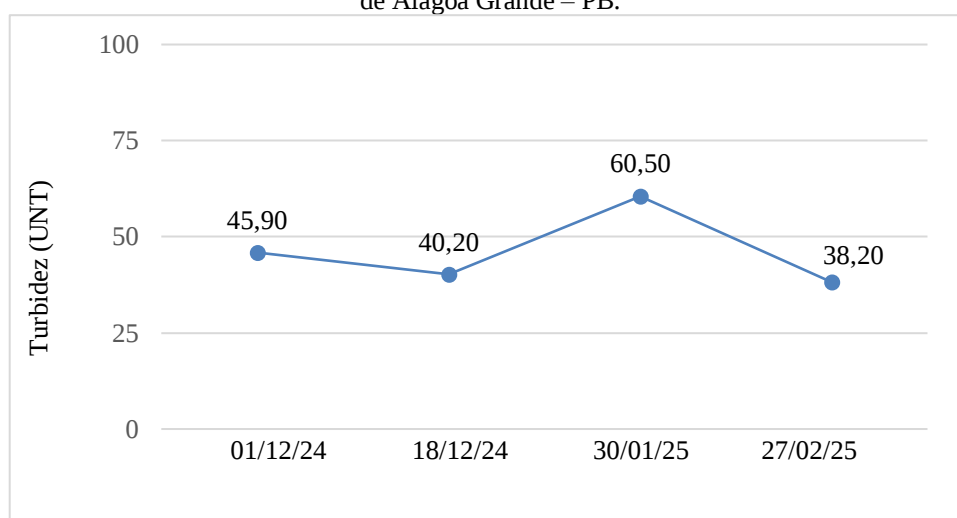
oxidativas e redutivas, aumentar a disponibilidade de fósforo e estimular a floração de algas (Barbosa *et al.*, 2023). Tais fatores, associados à pouca profundidade, promovem estresse térmico nos organismos aquáticos, exigindo adaptações que podem reduzir a biodiversidade e impactar as cadeias tróficas (Pereira, 2023). Além disso, a temperatura influencia a solubilidade de gases e a condutividade elétrica da água, afetando diretamente a sobrevivência das espécies e o equilíbrio do ecossistema (CETESB, 2019).

Embora a Resolução nº 396/2008 do CONAMA e a Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde não estabeleçam limites específicos para temperatura da água, esse parâmetro exerce forte influência sobre a qualidade e a dinâmica dos ecossistemas aquáticos. O aumento da temperatura pode intensificar processos como a eutrofização, favorecer a toxicidade de organismos indesejáveis e comprometer a estabilidade ecológica (Oliveira Filho, 2022). A baixa profundidade da Lagoa do Paó, por sua vez, facilita a troca de calor com a atmosfera, acelerando reações biogeoquímicas e tornando o sistema mais suscetível a desequilíbrios (Schefer, 2023).

5.1.14 Turbidez

O gráfico da Figura 21 apresenta a variação da concentração de turbidez (UNT) na água da Lagoa do Paó, com base em quatro análises de monitoramento realizadas entre dezembro de 2024 e fevereiro de 2025.

Figura 21 – Resultados da turbidez (UNT) nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.



Fonte: elaboração própria, 2025.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 21, observou-se um aumento expressivo da turbidez entre a segunda coleta, realizada em 18/12/2024 (40,2 UNT), e a terceira, em 30/01/2025 (60,5 UNT). Posteriormente, houve uma redução considerável até a última análise, em 27/02/2025, que registrou 38,2 UNT. Apesar dessa queda, todos os valores superaram o VMP de 5,0 UNT estabelecido pela Portaria nº 888/2021 para águas destinadas ao consumo humano, indicando a presença de partículas em suspensão, como sedimentos finos (argila, silte, areia), matéria orgânica, microrganismos e poluentes, provavelmente associadas a fontes difusas ou atividades antrópicas na área de influência do corpo hídrico (Barbosa *et al.*, 2023; Silva, 2024b).

Os valores de turbidez na Lagoa do Paó se mostraram superiores aos registrados por Oliveira Filho (2022) na Lagoa do Parque Solón de Lucena, João Pessoa-PB (36,66 UNT a 45,59 UNT), mas inferiores aos observados por Brandão e Santos (2025) no Rio Acre, Rio Branco-AC (100 a 300 UNT). A turbidez elevada reflete a intensificação do escoamento superficial em períodos chuvosos, que transporta grandes quantidades de sedimentos para os corpos d'água (Tonin *et al.*, 2025).

A presença dessas partículas reduz a transparência da água, limitando a penetração da luz e, consequentemente, a fotossíntese de organismos autotróficos, além de comprometer a disponibilidade de oxigênio (Barbosa *et al.*, 2023; Brandão; Santos, 2025). Essas condições favorecem o desenvolvimento descontrolado de cianobactérias, que podem liberar toxinas nocivas à fauna aquática e à saúde humana (Nascimento, 2017; Freires, 2025). Além disso, a deposição excessiva de sedimentos prejudica habitats essenciais para a reprodução e desenvolvimento das espécies, afetando a biodiversidade local e o equilíbrio ecológico (Gomes, 2023).

5.2 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

As análises bacteriológicas são essenciais no monitoramento da qualidade da água, pois permitem identificar microrganismos indicadores de contaminação fecal, como coliformes totais e *Escherichia coli* (Dias *et al.*, 2025). Esses microrganismos são comumente encontrados em ambientes impactados por efluentes e outras fontes de matéria orgânica em decomposição (Guedes, 2011). Sua presença em corpos hídricos indica contaminação por patógenos, comprometendo a qualidade sanitária da água e representando riscos à saúde pública (Silva *et al.*, 2025).

Os resultados das análises bacteriológicas realizadas na Lagoa do Paó, especificamente no ponto de coleta localizado na Rua Frei Alberto, estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Resultados das análises microbiológicas nas amostras coletadas em um ponto da Lagoa do Paó, no município de Alagoa Grande – PB.

Amostra	coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Valor Máximo Permitido
30/01/25	Presente	Presente	Ausência em 100 mL
27/02/25	Presente	Presente	Ausência em 100 mL

Fonte: elaboração própria, 2025.

Ao analisar o Quadro 3, observa-se a presença de coliformes totais e *Escherichia coli* na água da Lagoa do Paó, no ponto de coleta localizado na Rua Frei Alberto. Esses resultados estão em desacordo com os limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021) e pela Resolução CONAMA nº 357/2005, indicando a presença de microrganismos patogênicos e, conseqüentemente, risco à saúde pública decorrente do uso ou contato com essa água (Silva *et al.*, 2025).

A presença de *Escherichia coli*, uma bactéria encontrada exclusivamente no intestino de humanos e animais de sangue quente, é um forte indicativo de contaminação fecal recente (Morais, 2024; Silva, 2024b). Já os coliformes totais englobam um grupo mais amplo de bactérias que podem estar presentes tanto em fezes quanto em ambientes naturais como solo e vegetação, sendo, portanto, indicadores de contaminação microbiológica, mas não necessariamente fecal (Guedes, 2011).

Essa poluição microbiológica geralmente resulta do lançamento de esgoto doméstico sem tratamento, descarte inadequado de resíduos sólidos ou infiltração de efluentes de origem agrícola. Em ambientes lânticos, como lagoas, esses impactos podem ser agravados por fatores ambientais como temperaturas elevadas, que favorecem a multiplicação bacteriana, e a baixa oxigenação, comum em águas poluídas, permitindo a sobrevivência prolongada de microrganismos patogênicos (Nascimento, 2017; Pereira; Koide, 2024; Feitosa, 2024).

A urbanização acelerada e sem infraestrutura adequada de saneamento também contribui para essa contaminação, aumentando a carga de matéria orgânica lançada nos corpos d'água. Esse material serve de substrato para o crescimento bacteriano, enquanto a redução do oxigênio dissolvido dificulta a degradação natural dos poluentes e favorece a proliferação de microrganismos anaeróbios (Silva, 2022; Lima *et al.*, 2024).

Além disso, a qualidade microbiológica da água está diretamente relacionada a outros parâmetros físico-químicos, como turbidez, concentração de matéria orgânica, baixos níveis de

oxigênio dissolvido e variações de pH — fatores que favorecem a sobrevivência de organismos patogênicos (Casimiro, 2021; Freires, 2024; Tonin *et al.*, 2025). Esses microrganismos podem causar diversas doenças de veiculação hídrica, como gastroenterites, hepatites virais A e E, e outras infecções transmitidas pelo contato direto ou consumo de água contaminada, com implicações sérias para a saúde pública (Casimiro, 2021; ; Feitosa, 2024; Moraes, 2024).

5.3 SUGESTÃO DE ESTRATÉGIAS BASEADAS EM MICROFILTRAÇÃO PARA A MELHORIA DA QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA DO PAÓ

O monitoramento da qualidade físico-química e bacteriológica da água da Lagoa do Paó, na Rua Frei Alberto, revelou inconformidades em diversos parâmetros, como amônia total, cloretos, condutividade elétrica, dureza total, fósforo, salinidade, temperatura e turbidez. A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* evidencia a contaminação microbiológica, indicando riscos à saúde pública e o descumprimento das normas ambientais vigentes (Brasil, 2021; CONAMA, 2005). As irregularidades observadas impactam diretamente a disponibilidade da água para diferentes usos e afetam a biodiversidade aquática, tornando indispensável a adoção de medidas corretivas que garantam sua adequação aos limites regulamentares e minimizem riscos à saúde humana e ao equilíbrio ambiental.

As alterações físico-químicas apontam para um processo contínuo de eutrofização, com elevadas concentrações de nutrientes como fósforo (até 1,17 mg/L) e amônia (até 3,63 mg/L), favorecendo a proliferação de algas e cianobactérias e comprometendo a biodiversidade local (Nascimento, 2017; Pereira; Koide, 2024). Além disso, os altos níveis de condutividade elétrica, dureza e a variação nos teores de cloretos e sulfatos indicam a presença de resíduos domésticos ou industriais e o acúmulo de sais por evaporação, refletindo a degradação ambiental e a instabilidade das condições da lagoa (Silva, 2022; Lima *et al.*, 2024).

Diante desse cenário, a micofiltração surge como uma solução promissora para o tratamento de águas contaminadas (Silva *et al.*, 2023). O micélio fúngico, principalmente de espécies de fungos de podridão branca, como *Pleurotus ostreatus* e *Trametes versicolor*, atua como um filtro biológico eficiente, retendo partículas suspensas (Boujelben *et al.*, 2024; Wancura *et al.*, 2024) e metais pesados por meio do processo de biossorção em sua complexa rede de hifas (Green, 2018; Chandra *et al.*, 2022; Souza e Arruda, 2020).

Além disso, o micélio potencializa a degradação de poluentes tóxicos e compostos orgânicos ao quebrar ligações químicas, como éster, éter, amida e os anéis aromáticos por meio da ação enzimática (Wancura *et al.*, 2024). Enzimas extracelulares, como lacases e peroxidases

desempenham um papel fundamental na neutralização de contaminantes e na eliminação de microrganismos patogênicos presentes na superfície do biossorvente (Wancura *et al.*, 2024).

A aplicação da micofiltração pode reduzir a carga de patógenos e compostos tóxicos provenientes do despejo de efluentes, melhorando a qualidade hídrica e protegendo a saúde pública. Esse método também se destaca como uma solução acessível e sustentável, especialmente em regiões de vulnerabilidade social, onde métodos convencionais de tratamento de água são inviáveis (Silva *et al.*, 2023). O uso dos substratos residuais da fungicultura, como meio filtrante otimiza a gestão eficiente de resíduos orgânicos, promovendo um ciclo fechado de reutilização de materiais (Silva *et al.*, 2023).

Estudos indicam que a micofiltração pode reduzir em até 80% a carga microbiana da água contaminada, dependendo das condições ambientais e do tipo de contaminante presente (Böckler; Böckler; Simm, 2016; Boujelben *et al.*, 2024). Na Lagoa do Paó, onde se observa elevado despejo de esgoto e intensa atividade humana, a implementação desse método pode trazer benefícios, reduzindo a carga microbiana e melhorando a qualidade da água (Boujelben *et al.*, 2024; Wancura *et al.*, 2024). Dessa forma, a micofiltração representa uma abordagem inovadora e eficiente para restaurar o equilíbrio ambiental da Lagoa do Paó e garantir maior segurança hídrica para a população local.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesta pesquisa revelam um quadro preocupante de degradação ambiental na Lagoa do Paó, localizada no município de Alagoa Grande-PB. As análises físico-químicas indicaram alterações significativas em diversos parâmetros, como fósforo, amônia, cloretos, dureza total, salinidade e turbidez, todos apresentando níveis acima dos limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente, especialmente pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que classifica os corpos de água e estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes, e pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os padrões de qualidade para água potável no Brasil. Tais evidências apontam para a influência de fontes poluidoras, como o lançamento de esgotos domésticos e resíduos urbanos, além de processos de eutrofização que impactam diretamente a biodiversidade e o equilíbrio do ecossistema aquático.

As análises microbiológicas reforçam esse cenário de comprometimento ambiental, evidenciando a presença de coliformes totais e da bactéria *Escherichia coli* em todas as amostras avaliadas. Esses resultados demonstram contaminação fecal na lagoa, o que representa sérios riscos à saúde pública, principalmente para comunidades que vivem nas proximidades ou que utilizam a água da lagoa para atividades de pesca, lazer ou outras finalidades. A ausência de saneamento básico adequado e o manejo ineficaz de resíduos sólidos são fatores agravantes desse quadro.

Diante desse contexto, destaca-se a micofiltração como uma alternativa tecnológica viável e sustentável para a melhoria da qualidade da água. Essa técnica, que utiliza substratos fúngicos como filtros naturais, apresenta potencial para reduzir tanto contaminantes físico-químicos quanto microbiológicos, contribuindo para a reabilitação de ecossistemas aquáticos e para a promoção da segurança hídrica em comunidades em situação de vulnerabilidade.

No entanto, para que essa proposta se torne efetiva, é necessário o desenvolvimento de estudos experimentais mais detalhados, que considerem as especificidades ambientais da Lagoa do Paó. Avaliações sobre a eficiência do processo, a durabilidade dos materiais filtrantes, a adaptação em diferentes escalas e a integração com ações de educação ambiental e políticas públicas são fundamentais para o sucesso da aplicação.

Somente com o comprometimento conjunto da sociedade civil, do poder público e da comunidade científica será possível restaurar esse importante corpo hídrico e assegurar melhores condições ambientais e de saúde para a população local.

REFERÊNCIAS

AHMED, M. B.; ZHOU, J. L.; NGO, H. H.; GUO, W.; THOMAIDIS, N. S.; XU, J. Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: A critical review. **Journal of hazardous materials**, Amsterdã, v. 323, p. 274–298, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.04.045>. Disponível em: <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/43832/3/MED%2027143286%20am.pdf>. Acesso em: 17 maio 2025.

AKHTAR, N; MANNAN, M. A. Mycoremediation: Expunging environmental pollutants. **Biotechnology Reports**, Amsterdã, v. 26, p. e00452, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bre.2020.e00452>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X19307003>. Acesso em: 17 maio 2025.

ALFIKY, A.; WEISSKOPF, L. Deciphering Trichoderma–Plant–Pathogen Interactions for Better Development of Biocontrol Applications. **Journal of Fungi**, Basel, v. 7, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof7010061>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2309-608X/7/1/61>. Acesso em: 17 maio 2025.

ALMEIDA NETO, R.; QUEIROZ, C. C. de.; AZEVEDO, L. C. de.; RODRIGUES, G. R.; OLIVEIRA, Q. S. de.; SILVA, B. M. da, REIS, P. V. L.; OLIVEIRA, G. T. de, SOUZA, P. A. S. de. Avaliação preliminar da qualidade química da água do rio das contas nas margens urbanas de Aurelino Leal: desafios para a sustentabilidade e saúde pública. **Revista Foco**, Curitiba, v. 18, n. 3, p. e8052–e8052, 2025. DOI: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v18n3-096>. Disponível em: https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A11%3A13641035/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A184541411&crl=c&link_origin=scholar.google.com.br. Acesso em: 17 maio 2025.

ALMEIDA, A.; CERNICCHIARO, G. Dispositivo microcontrolado de monitoramento de Salinidade da Água do Mar. **Notas Técnicas**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 1-12, 2025. DOI: <https://dx.doi.org/10.7437/NT2236-7640/2025.01.001>. Disponível em: <https://revistas.cbpf.br/index.php/NT/article/view/241>. Acesso em: 17 maio 2025.

ALVES, L. F. **Uso e cobertura da terra e a qualidade das águas superficiais da sub-bacia hidrográfica do Arroio Dmétrio (Gravataí—RS)**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/289923>. Acesso em: 1 jun. 2025.

AMORIM, E. G. de.; NASCIMENTO, I. R. M. A. The role of Primary Health Care (PHC) nurses in breaking the cycle of disease and environmental damage caused by contaminated water in vulnerable communities: An integrative review. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 14, n. 3, 2025. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i3.48414>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/48414>. Acesso em: 17 maio 2025.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Impacto da mudança climática nos recursos hídricos do Brasil**. Brasília: ANA, 2024. 96 p. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/acervo/detalhe/106209. Acesso em: 30 maio 2025.

ANDRADE, D. PÁDUA, de.; FORTUNATO, M. H. T.; PAMPLIN, P. A. Z. Análise do nitrogênio, fósforo, alcalinidade e dureza em diferentes amostras de águas naturais e impactadas. **ActaPesca**, São Paulo, n. 22, p. 23-27, 2025. DOI: <https://doi.org/10.46732/Actafish.22.23-27>. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2025/04/ActaPesca-Artigo-Open-Access-Analise-do-nitrogenio-fosforo-alcalinidade-e-dureza-em-diferentes-amostras-de-aguas-naturais-e-impactadas.pdf>. Acesso em: 17 maio 2025.

ANTONELI, V.; ANTONIO, L. M.; MARTINS, K. G.; de SOUZA, K. V. Analysis of water quality in springs in different types of land use using the soil-cement method: Analysis of water quality in springs in different types of land use using the soil-cement method. **Revista de Geociências do Nordeste**, Rio Grande do Norte, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2025. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2025v11n1ID37134>. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/37134>. Acesso em: 14 maio 2017.

APHA.; AWWA.; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.**, [S.l.], 23th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, 2017. Disponível em: <https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf>. Acesso em: 14 maio 2025.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 1426**. Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water. West Conshohocken: ASTM, 2008.

AZEVEDO, D. G.; MORAIS, T. Q, de.; LARANJEIRA, E. F. V.; COSTA, S. C.; GONÇALVES, M. da S. P.; SOUZA, K. R C. de.; SOUZA, A. B de.; MATTOS, D, da. C.; ARIDE, P. H. R.; CARDOSO, L. D.; LAVANDER, H. D. Avaliação da sobrevivência do peixe-palhaço *Amphiprion biaculeatus* (Bloch 1790) durante o transporte utilizando óleos essenciais, **ActaPesca**, São Paulo, v. 22, p. 62-70, 2025. DOI: <https://doi.org/10.46732/Actafish.22.62-70>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/388845638>. Acesso em: 14 maio 2025.

BARBOSA, L. G.; CARNEIRO, K. de A. A; MORO, L; SANTOS, J. P. de O; MACEDO, R. S. Seasonal precipitation and anthropogenic pressure affect the water quality of reservoirs in the highland humid forest enclaves. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Paulo, v. 35, p e35, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X3723>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/fqXFK7hbfZxctZLTNHL4LXs/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 14 maio 2025.

BARROS JUNIOR, L. P. de. **Avaliação da qualidade das águas do poço e da caixa d'água utilizadas em irrigação na área experimental do CDSA/UFCG, SUMÉ-PB**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Biotecnologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2024. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/36493>. Acesso em: 30 maio 2025.

BARROS, E. E. F.; SOUSA, F. R. B.; NETO, O. G. de A.; SILVA, D. L. M. da. Índices de distribuição de água e esgoto e sua relação com as doenças de veiculação hídrica: Um estudo de caso no município de Russas. **Observatório De La Economía Latinoamericana**, São José dos Pinhais, v. 22, n. 12, p. e8050–e8050, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n12-025>. Disponível em:

<https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/8050>. Acesso em: 14 maio 2025.

BHATTACHARYA, S. K. The Epidemiology of Diseases Transmitted by Water. **Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences**, Belgium, v. 1, n. 103, p. 2, 2018. Disponível em: <https://www.hilarispublisher.com/open-access/the-epidemiology-of-diseases-transmitted-by-water.pdf>. Acesso em: 14 maio 2025.

BÖCKLER, T. P.; BÖCKLER, K. K. P.; SIMM, K. C. B. Utilização de fungos na biorremediação de águas contaminadas por coliformes fecais. **Revista Thêma et Scientia**, Paraná, v. 6, n. 2E, 2016. Disponível em: <https://themaetscientia.fag.edu.br/index.php/rtes/article/view/730>. Acesso em: 10 abr. 2025.

BOUJELBEN, R.; ELLOUZE, M.; TÓRAN, M. J.; BLÁNQUEZ, P.; SAYADI, S. Mycoremediation of Tunisian tannery wastewater under non-sterile conditions using *Trametes versicolor*: Live and dead biomasses. **Biomass Conversion and Biorefinery**, Alemanha, v. 14, n. 1, p. 299–312, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02328-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-022-02328-0>. Acesso em: 15 maio 2025.

BRANDÃO, L. da S.; SANTOS, W. L. dos. Análise hidroquímica da água do rio Acre no perímetro urbano de Rio Branco – AC. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, Minas Gerais, v. 3, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.61164/rnm.v1i3.3562>. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/3562>. Acesso em: 15 maio 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água no mundo**. Brasília, DF: ANA, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 04 maio 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 15 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 24 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf. Acesso em: 28 set. 2024.

CÂNDIDO, C. **Alagoa Grande-PB: Impactos de uma grande catástrofe sobre o acesso à informação registrada**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em

Arquivologia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/1213>. Acesso em: 30 maio 2025.

CARVALHO, B. de A. F.; ELOI, W. M.; ALEXANDRE, D. M. B.; CHAVES, M. T. R.; FILHO, J. C. R. Efeito da sazonalidade na qualidade da água do Açude Taquara, Ceará, Brasil. **Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, México, v. 117, n. 3, p.780–798, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2024.17.3.87666>. Disponível em: <https://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/87666>. Acesso em: 15 mai. 2025.

CASIMIRO, M. R. A. **Doenças de veiculação hídrica em Cajazeiras- PB na bacia hidrográfica do rio do peixe**. 2021. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/27666>. Acesso em: 30 maio 2025.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. **Manual técnico**. São Paulo, [S.l.], p. 1 - 52, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-Variaveis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 14 maio 2025.

CHANDRA, D.; MISHRA, A.; TRAKROO, M. D.; CHAUHAN, R. S.; MISHARA, S. K. Impact of mycofiltration on water quality. **Environmental Quality Management**, Austrália, v. 31, n. 3, p. 253–266, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/tqem.21782>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353242673_Impact_of_mycofiltration_on_water_quality. Acesso em: 14 maio 2025.

CHAVES, F. D. P.; VINAGRE, M. V. de A.; NUNES, M. C. R. G.; MERCÊS, S. do S. S. das, ROJAS, M. D. C.; CHAVES, A. S. F. R. Educação em saúde como instrumento para garantir a segurança da água: estudo de caso na comunidade quilombola de Iracoãzinho no Acará-PA. **Editora Impacto Científico**, Paraná, p. 639–652, 2025. DOI: <https://doi.org/10.56238/edimpacto2024.002-042>. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/editoraimpacto/article/view/2811>. Acesso em: 15 maio 2025.

CHIRINDA, E. E. **Análise de parâmetros físico-químicos para avaliação da qualidade da água do estuário do Espírito Santo, Matola-Moçambique**. 2024. Trabalho de Culminação do Curso (Licenciatura em Química Industrial) - Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade Ciências, Maputo, 2024. Disponível em: <http://monografias.uem.mz/jspui/handle/123456789/4176>. Acesso em: 29 maio 2025.

CHO, K. H.; WOLNY, J.; KASE, J. A.; UNNO, T.; PACHEPSKY. Interactions of E. coli with algae and aquatic vegetation in natural waters. **Water Research**, Europa, v. 209, p. 117952, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117952>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135421011465>. Acesso em: 29 maio 2025.

CHOI, H; HAN, M. S.; CHO, N.-C.; HWANG, H.; SUN, G. M.; UHM, Y. R. Understanding the corrosion mechanism of iron artifacts using mössbauer spectroscopy. **Scientific Reports**,

Londres, v. 15, n. 1, p. 10207, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95196-3>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-95196-3>. Acesso em: 15 maio 2025.

CINCO-REIS, A. P. Análise da qualidade da água de poços que abastecem o bairro do Sassonde no município do Huambo. **Revista Científica da Universidade José Eduardo dos Santos**, Angola, v. 3, n. 1, Artigo 1, 2025. Disponível em: <https://www.reciujes.com/index.php/reciujes/article/view/41>. Acesso em: 06 de mar. 2025.

COSTA, A. A da. **Desempenho reprodutivo de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tecnologia de biofiltros (BFT)**. 2025. Dissertação (Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/jspui/retrieve/b8134092-0b50-48f9-a581-4273afa77576/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Adryadine%20final%20%281%29.pdf>. Acesso em: 30 de maio 2025.

COSTA, K. L. P. **Saneamento e seu impacto na saúde coletiva: Um estudo em comunidades rurais no alto sertão paraibano**. 2023. Dissertação (Mestrado em Gestão e Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2023. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/39953>. Acesso em: 30 maio 2025.

COSTA, R. M. da. **Iniquidades no acesso à água potável de qualidade no Brasil: uma revisão integrativa dos determinantes socioambientais da saúde**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Saúde Coletiva) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/22556>. Acesso em: 30 maio 2025.

COTOVICZ, L.; RIBEIRO, R.; TÉGIS, C. R.; BERNARDES, M.; SOBRINHO, R.; VIDAL, L. O.; TREMMEL, D.; KNOPPERS, B.; ABRIL, G. Greenhouse gas emissions (CO₂ and CH₄) and inorganic carbon behavior in an urban highly polluted tropical coastal lagoon (SE, Brazil). **Environmental Science and Pollution Research**, Berlim, v. 28, n. 28, p. 38173–38192, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13362-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-13362-2>. Acesso em: 16 maio 2025.

CRUZ, J. V. B.; SANTOS, É. P. dos, SILVA, N. de J.; LIMA, F. L. O.; MARTINELLI, P. P.; NETO, J. R. T. de V. Influência dos metais pesados no acometimento do câncer: Uma revisão da literatura. **Research, Society and Development**, Minas Gerais, v. 10, n. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15992>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15992>. Acesso em: 29 maio 2025.

CUELLO, R. E. G.; TORO, R. O.; CASTELLANOS, H. M. Optimizing COD reduction in dairy wastewater treatment using magnetic coagulant derived from Moringa oleifera. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, São Paulo, v. 20, p. 1–10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.3021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/5yM8tfPmzNrmDN5StN7nzmt/>. Acesso em: 16 maio 2025.

DANTAS, L. P. P. **Maturidade em poderes legislativos segundo eixos ASG (Ambiental, Social e Governança): uma adaptação à ABNT PR 2030**. 2024. Dissertação (Mestrado em

Administração e Controladoria) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/76822>. Acesso em: 30 maio 2025.

DEMO, A. H.; GEMEDA, M. K.; ABDO, D. R.; GULUMA, T. N.; ADUGNA, D. B. Impact of soil salinity, sodicity, and irrigation water salinity on crop production and coping mechanism in areas of dryland farming. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, [S.l.], v. 8, n. 1, p. e70072, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.70072>. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/agg2.70072>. Acesso em: 16 maio 2025.

DIAS, L. C.; BASQUERA, F. A.; JACINTO, F. F.; FRANCO, I. L.; SOUZA, L. S. de, MANDRAMI, S. C.; CASTRO, B. G. de. Detecção e quantificação de coliformes totais e termotolerantes na água fornecida em bebedouros da Universidade Federal de Mato Grosso, câmpus Sinop. **Scientific Electronic Archives**, Mato Grosso, v. 18, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.36560/18120251934>. Disponível em: <https://scientificelectronicarchives.org/index.php/SEA/article/view/1934>. Acesso em: 16 maio 2025.

DIAS, T. M. **Monitoramento sazonal da água subterrânea na área urbana do município de Apuí-AM**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2025. Disponível em: <http://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/8491>. Acesso em: 30 maio 2025.

EDWARDS, T. M.; PUGLIS, H. J.; KENT, D. B.; DURÁN, J. L.; BRADSHAW, L. M.; FARAGa, A. M. Ammonia and aquatic ecosystems – A review of global sources, biogeochemical cycling, and effects on fish. **Science of The Total Environment**, São Paulo, v. 907, p.167911, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167911>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723065385>. Acesso em: 16 maio 2025.

FARIAS, L. M. S.; SILVA, M. C. B. C da.; ADLOFF, C. T.; MARINHO, R. S de. A. Análise da qualidade da água em uma lagoa urbana na cidade de João Pessoa (PB): diagnóstico e propostas de melhoria. **OKARA: Geografia em Debate**, Paraíba, v. 18, n. 3, p. 903, 2024. DOI: <https://doi.org/10.22478/ufpb.1982-3878.2024v18n3.70858>. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/view/70858>. Acesso em: 16 maio 2025.

FEITOSA, D. Y. O. **Análise dos Serviços de Saneamento Básico e sua Relação com o meio Ambiente e Saúde Pública no Município de São Bento**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Universidade Estadual do Maranhão, São Bento, 2024. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/jspui/handle/123456789/2546>. Acesso em: 30 maio 2025.

FERRAZ, T. D. A. **Utilização de grupos funcionais fitoplanctônicos como descritores ambientais em lagos rasos no Brejo paraibano**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/4532>. Acesso em: 30 maio 2025.

FORNAROLI, R.; IPPOLITO, A.; TOLKKINEN, M. J.; MYKRA, H.; MUOTKA, T.; BALISTRIERI, L. S.; SCHMIDT, T. S. Disentangling the effects of low pH and metal mixture toxicity on macroinvertebrate diversity. **Environmental Pollution (Barking, Essex:**

1987), Amsterdã, v. 235, p. 889–898, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.097>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026974911732571X>. Acesso em: 16 maio 2025.

FRANÇA, C. L. E.; ANJOS, F. S. C. dos.; ANJOS, D. S. C. dos.; SOUZA, L. S. da S.; SOUZA, R. S.; FINAZZI, G. A.; SILVA, A. M. C. Caracterização físico-química das águas superficiais do Rio São Francisco nos municípios de Juazeiro/BA e Petrolina/PE. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Paraná, v. 10, n. 6, p. 218–230, 2019. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0019>. Disponível em: <https://www.sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2019.006.0019>. Acesso em: 14 maio 2025.

FREIRES, A. S. S. **Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica em Reservatórios do Semiárido Paraibano**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciado em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Princesa Isabel, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/4215>. Acesso em: 30 maio 2025.

FREITAS, R. S. **Toxidade aguda e crônica por amônia do camarão de água-doce *Macrobrachium amazonicum*, Heller, 1862**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Fisiológicas) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2022. Disponível em: <http://bdtd.ufmt.edu.br/handle/123456789/1365>. Acesso em: 30 maio 2025.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. Brasília, 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/saude-ambiental/-/asset_publisher/G0cYh3ZvWCm9/content/manual-pratico-de-analise-de-agua?inheritRedirect=false. Acesso em: 28 mar. 2025.

GOMES, U. F. **Monitoramento da Qualidade das Águas e Efluentes**, 2023. Disponível em: <https://ferreiragomesenergia.com.br/wp-content/uploads/sites/3/2024/01/RELATORIO-DE-MONITORAMENTO-DE-QUALIDADE-DE-AGUA-ABRIL-DE-23.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2025.

GÓMEZ-BERTEL, S.; AMAYA-BULLA, D.; MALDONADO-SAAVEDRA, C.; MARTÍNEZ-SALGADO, M. M.; QUEVEDO-HIDALGO, B.; SOTO-GUZMÁN, A. B.; PEDROZA-RODRÍGUEZ, A. M. *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor*, *Pleurotus ostreatus* and *Aspergillus niger* as alternatives for the tanning wastewater treatment. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, México, v. 24, n. 3, p. 93–106, 2008. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-49992008000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es. Acessado em: 06 de mar. 2025.

GÓMEZ-MÉNDEZ, L. D.; MORENO-BAYONA, D. A.; POUTOU-PIÑALES, R. A., SALCEDO-REYES, J. C.; EDROZA-RODRÍGUEZ, A. M.; VARGAS, A.; BOGOYA, J. M. Biodeterioration of plasma pretreated LDPE sheets by *Pleurotus ostreatus*. **PLOS ONE**, [S.l.], v. 13, n. 9, e0203786, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203786>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0203786>. Acesso em: 06 de ma. 2025.

GONZATTI, C. A. **Desenvolvimento de um catalisador enzimático para a valorização de resíduos domésticos de alimentos**. 2024. Dissertação (Mestrado em Química) –

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/273998>. Acesso em: 30 maio 2025.

GOOGLE EARTH. **Lagoa do Paó, Alagoa Grande – PB**, Alagoa Grande. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-7.0426764,-35.63154905,121.22466274a,2418.35368393d,30y,360h,0t,0r/data=CgRCAGgBMikKJwolCiExbWJrOHF3d3h2RXhaZXIJOTRIUXR2ZE9xMEEzNmpseTcgAToDCgEwQgIIAEoICKDcn54BEAE>. Acesso em: 30 abr. 2025.

GUEDES, J. de A. Poluição de rios em áreas urbanas. **Ateliê Geográfico**, Goiás, v. 5, n. 2, p. 2012-226, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5216/ag.v5i2.15488>. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/ateli/article/view/15488>. Acesso em: 30 abr. 2025.

GUTIÉRREZ-ARZALUZ, M.; VELASCO-AVILA, A. F.; ROSALES-ALCALDEA, R. J.; VILLE-HERMÁNDEZ, B. L.; MUGICA-ÁLVAREZ, V.; RODRÍGUEZ, M. T. Síntesis de catalizadores de hierro y cobre para la hidrogenación de nitratos en agua. **Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI**, México, v. 12, p. 153–160, 2024. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v12iEspecial5.13823>. Disponível em: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/13823>. Acesso em: 30 abr. 2025.

HAN, J.; XU, J.; CHEN, H.; XU, P.; WANG, L. Spatiotemporal Patterns of Ammonia Nitrogen and Chemical Oxygen Demand in the Huaihe River–Hongze Lake System (Eastern China). **Water**, [S.l.], v. 15, n. 12, p. 2157, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15122157>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/12/2157>. Acesso em: 30 abr. 2025.

HUSSAIN, F.; SHAH, S. Z.; AHMAD, H.; ABUBSHAIT, S. A.; ABUBSHAIT, H. A.; LAREF, A.; MANIKANDAN, A.; KUSUMA, H. S.; MUNAWAR, I. Microalgae an ecofriendly and sustainable wastewater treatment option: Biomass application in biofuel and bio-fertilizer production. A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 137, p. 110603, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110603>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403212030887X>. Acesso em: 30 abr. 2025.

HUSSAIN, M.; JAMIR, L.; SINGH, M. R. Assessment of physico-chemical parameters and trace heavy metal elements from different sources of water in and around institutional campus of Lumami, Nagaland University, Índia. **Applied Water Science**, Índia, v. 11, n. 4, 76, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01405-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-021-01405-5>. Acesso em: 30 abr. 2025.

HUSSEIN, F. H. Chemical properties of treated textile dyeing wastewater. **Asian Journal of Chemistry**, Índia, v. 25, n. 16, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2013.15909A>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/258365448_Chemical_Properties_of_Treated_Textile_Dyeing_Wastewater. Acesso em: 30 abr. 2025.

JESUS, U. M. A. de.; PIRES, L. C.; PUPO, A. S. D.; CAMPOS, L. S.; ALVES, L. P.; OLIVEIRA, B. R. M.; SILVA, A. G.; da SILVA, J. B. L. Determinação do Índice do Estado Trófico do rio Itanhém entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 18, n. 01, p. 756–770, 2025. DOI:

<https://doi.org/10.26848/rbgf.v18.1.p756-770>. Disponível em:
<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/261547>. Acesso em: 30 abr. 2025.

KHALIL, H. H.; ABDRABO, M. A.; HASSAAN, M. A.; ELSHEMY, M. M. Integrated approach for estimating climate change impacts on CO₂ sink capacity of inland waterbodies using hydrodynamic modelling and GIS analysis. **Scientific Reports**, Londres, v. 15, n. 1, p. 762, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-81707-1>. Disponível em:
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-81707-1>. Acesso em: 30 abr. 2025.

KUMAR, V.; PARIHAR, R. D.; SHARMA, A.; BAKSHI, P.; SINGH SIDHU, G. P.; BALI, A. S.; KARAOUZAS, I.; BHARDWAJ, R.; THUKRAL, A. K.; GYASI-AGYEI, Y.; RODRIGO-COMINO, J. Global evaluation of heavy metal content in surface water bodies: A meta-analysis using heavy metal pollution indices and multivariate statistical analyses. **Chemosphere**, Europa, v. 236, p. 124364, 2019. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124364>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519315851>. Acesso em: 29 maio 2025.

LANDA, G. G.; VALFRÉ, A. R.; SOUZA, S. S. Evaluation of the water quality index in the Sete de Setembro stream dam, in the city of Nanuque, state of Minas Gerais (MG), Brazil. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. e8814348508-e8814348508, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v14i3.48508>. Disponível em:
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/48508>. Acesso em: 30 abr. 2025.

LEITE, N. M. G.; PINHEIRO, A. R. da S.; MADEIRA, C. S. R.; BRITO, R. M. de.; SOUZA, M. O. A. J. de.; ARAÚJO, C. H. da N. L.; MELO, J. U. L. de.; RIBEIRO, G. do N. A influência da disposição final dos resíduos sólidos nos recursos hídricos: Uma revisão sistemática / The influence of the final disposal of solid waste on water resources: a systematic review. **Brazilian Journal of Development**, Paraná, v. 7, n. 2, p. 12997–13006, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-084>. Disponível em:
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24270>. Acesso em: 30 abr. 2025.

LEWINGTON-PEARCE, L.; PARKER, B.; NARWANI, A.; NIELSEN, J. M.; KRATINA, P. Diversity and temperature indirectly reduce CO₂ concentrations in experimental freshwater communities. **Oecologia**, Heidelberg, v. 192, n. 2, p. 515–527, 2020. DOI:
<https://doi.org/10.1007/s00442-020-04593-0>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-020-04593-0>. Acesso em: 01 maio 2025.

LIMA, D. de.; SILVA, F. A. da.; CHAVES, B. G.; SOUZA, D. de O.; SILVA, M. A. O. e; SILVA, V. L. G. da.; SANTOS, S. M. A. V. Saúde ambiental e potabilidade da água: análise de amostras no Bairro Doutor Gusmão, Eunápolis-BA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 10, n. 7, 2024. DOI:
<https://doi.org/10.51891/rease.v10i7.14975>. Disponível em:
<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/14975>. Acesso em: 01 maio 2025.

LIU, W.; HAO, D.; XU, R. Will new-type urbanization enhance sustainable potential of rural water resources in China? – Based on an improved water poverty framework—ScienceDirect. **Agricultural Water Management**, Holanda, v. 307, p. 109256, 2025. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109256>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377424005924>. Acesso em: 01 maio 2025.

MELLO, F.A de.; OLIVIO, A. M de.; Recursos hídricos: poluição, escassez, qualidade microbiológica e química da água. **COLLOQUIUM VITAE**, São Paulo, v. 8, n. Especial, p. 36–42, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5747/cv.2016.v08.nesp.000262>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316947239_RECURSOS_HIDRICOS_POLUICAO_ESCASSEZ_QUALIDADE_MICROBIOLOGICA_E_QUIMICA_DA_AGUA. Acesso em: 01 maio 2025.

MILLI, A. P. de R. **Qualidade hídrica do rio Fundão**. 2025. Pós-Graduação – (Especialização em Análise e Gestão Ambiental) – Instituto Federal do Espírito Santo, Santa Teresa, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/5969>. Acesso em: 30 maio 2025.

MIRANDA, E. K. S. **Efeitos tóxicos da amônia sobre a sobrevivência, morfologia das brânquias e resposta imune do PITU *Macrobrachium acanthurus* (Caridea: Palaemonidae)**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Registro, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/87eec640-70ce-4feb-adda-e36fc56c2ca6>. Acesso em: 30 maio 2025.

MISHRA, S.; MAITI, A. The efficiency of Eichhornia crassipes in the removal of organic and inorganic pollutants from wastewater: A review. **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg, v. 24, n. 9, p. 7921–7937, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8357-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-8357-7>. Acesso em: 29 maio 2025.

MORAIS, M. F. **Análise da relação entre qualidade da água, doenças de veiculação hídrica e condições climáticas em Francisco Beltrão: Um estudo de série histórica (2015-2022)**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2024. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/35504>. Acesso em: 30 maio 2025.

MOSCHEM, J. da C.; GONÇALVES, P. R. Impacto Toxicológico de Metais Pesados: Uma Análise de Efeitos Bioquímicos e Celulares: Impact of Heavy Metals: An Analysis of Biochemical and Cellular Effects. **Health and Biosciences**, Espírito Santo, v.1, n.2, p. 88-100, 2020. DOI: <https://doi.org/10.47456/hb.v1i2.31629>. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/healthandbiosciences/article/view/31629>. Acesso em: 06 de mar. 2025.

NASCIMENTO, I. N do. **Associação de fatores físico-químicos as cianobactérias em lago raso urbano**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/2422>. Acesso em: 30 maio 2025.

NEGREIROS, M. T. S de.; SANTOS, M. F.; COLARES, E. C dos. S.; MARTINS, V. L. Determinação de compostos nitrogenados em águas de consumo humano no município de Itacoatiara-AM utilizando metodologias baseadas em imagens digitais. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, Minas Gerais, v. 4, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61164/rmnm.v4i1.2285>. Disponível em:

<https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2285>. Acesso em: 01 maio 2025.

NEVES, Q. K. D. **Influência da piscicultura na qualidade da água da barragem Saulo Maia**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/27374>. Acesso em: 30 maio 2025.

NKECHI-NWOGU, C. G.; CHUKWU, S. B.; EKE, P. C. Mycofiltration of soil leachate using *Lentinus squarrosulus* for bioremediation of soils from auto-mobile mechanic leachate soils of Ikoku market, Port Harcourt. **FUDMA Journal of Agriculture and Agricultural Technology**, [S.l.], v. 9, n. 1, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33003/jaat.2023.0901.05>. Disponível em: <https://jaat.fudutsinma.edu.ng/index.php/jaat/article/view/146>. Acesso em: 01 maio 2025.

NOBRE, F. É. C.; OLIVEIRA, V. P. V. de. Indicadores de segurança hídrica domiciliar: Panoramas e reflexões contextualizadas no Brasil e no mundo a partir de uma análise bibliométrica. **GEOFRONTER**, Mato Grosso do Sul, v. 10, p. e8862–e8862, 2024. DOI: <https://doi.org/10.61389/geofronter.v10.8862>. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/8862>. Acesso em: 01 maio 2025.

NOLASCO, G. M.; GAMA, E. M.; REIS, B. M.; REIS, A. C. P.; GOMES, F. J. S.; MATOS, R. P. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, Almenara, v. 2, n. 2, 2020. DOI: <https://doi.org/10.46636/recital.v2i2.60>. Disponível em: <https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/article/view/60>. Acesso em: 01 maio 2025.

OBAYAGBONA, O. N.; DUNKWU-OKAFOR, A.; ODIGIE, O. Mycofiltration of urban derived raw stormwater using *Lentinus squarrosulus*. **Journal of Biological Research & Biotechnology**, Nigeria, v. 22, n. 2. p. 2336-2341, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4314/br.v22i2.2>. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/br/article/view/271245>. Acesso em: 29 maio 2025.

OLIVEIRA FILHO, J. C. C de. **Qualidade da Água da Lagoa do Parque Sólon de Lucena**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/26618>. Acesso em: 30 maio 2025.

OLIVEIRA, R. I. de. **Ocorrência de nitrato em poços artesanais de assentamentos rurais no município de Mirante do Paranapanema, Estado de São Paulo-Brasil**. 2024. Dissertação de Mestrado Profissional (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/cf903884-cc16-4bb8-86c6-219eeb646a72>. Acesso em 30 maio 2025.

OLIVEIRA, R. M. M.; OLIVEIRA, L. R. M.; ZAIDAN, G. S. de A. Índice de estado trófico e qualidade de águas superficiais e subterrâneas utilizadas no abastecimento rural no Maranhão. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, Málaga, v. 17, n. 1, p. e7392–e7392, 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/cuadv17n1-160>. Disponível em:

<https://ojs.cuadernoseducacion.com/ojs/index.php/ced/article/view/7392>. Acesso em: 29 maio 2025.

PAIS, A. K. L.; COSTA, M. R. G. da.; CAMPOS, L. D. F.; SILVA, D. R.; SOUZA, M. J. de.; HETKOWSKI, T. M.; SANTOS, M. H. L. C. Reutilização de água residual de piscicultura na produção de biofertilizantes líquidos. **Revista Ouricuri**, Brasil, v. 15, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.59360/ouricuri.vol15.i1.a22462>. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri/article/view/22462>. Acesso em: 02 maio 2025.

PEREIRA, D. Q. M. **Análise de qualidade da água do poço que abastece a residencial casa forte no bairro do antares em Maceió – AL**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Alagoas, Maceió, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifal.edu.br/server/api/core/bitstreams/e1f52f1e-81bd-4765-8522-ed8177216e67/content>. Acesso em: 29 maio 2025.

PEREIRA, A. R.; KOIDE, S. Monitoramento da qualidade da água do lago Paranoá: uma revisão e discussão sobre necessidades para a gestão. **Paranoá**, Brasília, v. 17, p. e51419-e51419, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18830/1679-09442024v17e51419>. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/51419>. Acesso em: 02 maio 2025.

PERERA, T. W. N. K.; WEERASINGHE, W. R. H.; ATTANAYAKE, R. N.; PARANAGAMA, P. A. Biodeterioration of low-density polyethylene by mangrove-associated endolichenic fungi and their enzymatic regimes. **Letters in Applied Microbiology**, v. 75, n. 6, p. 1526–1537, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.13819>. Disponível em: <https://academic.oup.com/lambio/article-abstract/75/6/1526/6989337?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 01 de jun. 2025.

PINAFFI, C. D.; SCANDELAI, A. P. J.; SANTOS, C. H. Seasonal performance of aquatic macrophytes in improving physicochemical parameters of swine wastewater. **Brazilian Journal of Biology**, São Paulo, v. 80, p. 897-906, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.225502>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/bFLycDh4TqyMnnSGc5P7LVy/abstract/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 02 maio 2025.

PINI, A. K.; GEDDES, P. Fungi Are Capable of Mycoremediation of River Water Contaminated by E. coli. **Water, Air, & Soil Pollution**, Suíça, v. 231, n. 2, p. 1-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4464-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-020-4464-7>. Acesso em: 29 maio 2025.

PONCE, G. **Diagnóstico e prognóstico de qualidade da água em ambiente lótico urbano. Estudo de caso: Córrego Mumbuca, Monte Carmelo (MG)**. 2025. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/44935>. Acesso em: 08 abr. 2025.

PUYOL, D.; BATSTONE, D. J.; HULSEN, T.; ASTALS, S.; PECES, M.; Krömer, J. O. Resource recovery from wastewater by biological technologies: Opportunities, challenges, and prospects. **Frontiers in microbiology**, Lausanne, v. 7, p. 2106, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02106>. Disponível: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2016.02106/full>. Acesso em: 10 maio 2025.

RIBEIRO, S. de J. R. **Análise dos serviços de saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no município de São Bento, Maranhão**. 2024. (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Universidade Estadual do Maranhão, São Bento, Maranhão, 2024. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/jspui/handle/123456789/2546>. Acesso em: 08 de abr. 2025.

RODRIGUES, M. V. F. **Avaliação da presença de dióxido de carbono em águas subterrâneas e sua influência no processo de corrosão**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/55559>. Acesso em: 08 abr. 2025.

ROSA, L. M. **Avaliação da composição, qualidade e concentração de cloretos nas águas dos sistemas aquíferos costeiro e Guarani do Município de Terra de Areia (RS)**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2023. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/257306>. Acesso em: 29 maio 2025.

SANTOS, D. G. F. **Determinação dos parâmetros físico-químicos em amostras de água de poços do município de Cuité-PB**. 2023. 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>. Acesso em: 29 maio 2025.

SANTOS, J. P. de O.; SILVA, J. dos S.; PESSOA, G. G. F. de A.; PEREIRA, M. C. S.; Alves, R. M. de A.; BARBOSA, L. G. Influência da urbanização no índice de estado trófico de um ecossistema lântico na bacia do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, Santa Catarina, v. 7, n. 1, p. 113-122, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21726/abc.v7i1.166>. Disponível em: <http://periodicos.univille.br/ABC/article/view/166>. Acesso em: 14 maio 2025.

SCHEFER, D. C. **Efeito da onda de calor em uma laguna eutrofizada subtropical: lagoa da conceição (SC, BRASIL)**. 2023. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/254842>. Acesso em: 29 maio 2025.

SHOURIE, A.; VIJAYALAKSHM, U. Fungal Diversity and Its Role in Mycoremediation. **Geomicrobiology Journal**, [s.l.], v. 39, n. 3-5, p. 426-444, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/01490451.2022.2032883>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01490451.2022.2032883>. Acesso em: 14 maio 2025.

SILVA, A. B. da.; FILHO, E. D. da S.; CÂMARA, J. C. S.; SANTOS, M. L. O. dos.; SANTOS, D. R. dos.; FREITAS, M. L. A. de.; SANTOS, J. S. I. dos.; SILVEIRA, P. L. N. da. Química ambiental: Monitoramento físico-químico da água de um poço artesiano na cidade de Remígio-PB. **Águas Subterrâneas**, Minas Gerais, v. 33, n. 3, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v33i3.29583>. Disponível em: <https://aguassubterraneas.emnuvens.com.br/asubterraneas/article/view/29583>. Acesso em: 14 maio 2025.

SILVA, C. L. da.; KERSTING, C. B.; GRIBOGGI, A. M. Participação social na gestão dos recursos hídricos: uma análise dos comitês de bacias hidrográficas a partir da matriz GUT

(gravidade, urgência e tendência). **Contribuciones A Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 16, n. 4, p. 1517-1541, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.16n.4-004>. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/502>. Acesso em: 14 maio 2025.

SILVA, G. A. de M. **Mudanças climáticas, desastres e saúde: evolução da produção científica em periódicos na segunda década do século XXI**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2024 a. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/38766>. Acesso em: 29 maio 2025.

SILVA, L. D. R. da. **Monitoramento da qualidade das águas de poços comercializadas no município de Areia-PB**. 2024 b. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/32571>. Acesso em: 29 maio 2025.

SILVA, N. D. **Dinâmica de grupos funcionais do fitoplâncton em lagos com diferentes estados de equilíbrio**. 2016. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016b. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16559>. Acesso em: 30 maio 2025.

SILVA, S. A. da.; ZÁRATE-SALAZAR, J. R.; COSTA, N. K. A.; ARAÚJO, J.V. dos S.; M. H. C. de ARAÚJO.; de DIAS, B. de O. Uso da microfiltração no tratamento da água contaminada. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Pernambuco, v. 11, n. 2, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8023493>. Disponível em: <https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/1409>. Acesso em: 14 maio 2025.

SILVA, Y. R.; ARAÚJO, D. M. da S.; LIMA, M. do C. P.; SILVA, V. F. Relação entre poluição ambiental e doenças transmitidas por vetores. **Observatório De La Economía Latinoamericana**, [S.l.], v. 23, n. 1, p. e8680–e8680, 2025. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n1-140>. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/8680>. Acesso em: 01 de jun. 2025.

SILVA. G.G da. **Compostagem orgânica no laboratório de Tecnologias Agroambientais UFCG-Campus I com foco nos objetivos do desenvolvimento sustentável**. 2022. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/28803>. Acesso em: 29 maio 2025.

SILVA. K. D. P da. **Influência do entorno dos reservatórios do estado trófico e na distribuição de diatomáceas em sedimentos superficiais (bacia hidrográfica no rio Mamanguape)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016a. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15485>. Acesso em: 29 maio 2025.

SOARES, V. H. P. **Farmacologia do sistema nervoso central**. 1. ed. São Paulo: Difusão Editora, 2022. v., 1, p., 1-128. ISBN 978-8578085223.

SOUSA, A. F. de. **Diagnóstico dos impactos socioambientais do riacho do Inhamum em um trecho urbano de Caxias/Maranhão: a piscina do Ponte**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão, Caxias, 2024. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/jspui/handle/123456789/3263>. Acesso em: 30 maio 2025.

SOUSA, G. de.; MENDES, J. J. Avaliação da capacidade de autodepuração da bacia do Rio Tibiri, São Luís–Ma. **Brazilian Journal of Development**, Paraná, v. 11, n. 2, p. e77999-e77999, 2025. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv11n2-076>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/77999>. Acesso em: 14 maio 2025.

SOUTO, G. L. S.; ANTONIO, G. C. S.; JANSEN, J. G. G.; AZEVEDO, J. C. A.; LIMA, L. D.; SANTOS, V. S. **Avaliação da qualidade da água potável e dos bebedouros da Etec de Cidade Tiradentes: análises químicas e microbiológicas**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Química (Novo Tec)) – Escola Técnica Estadual Cidade Tiradentes, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/27164>. Acesso em: 30 maio 2025.

SOUZA, L. H. N. de.; ARRUDA, R. de O. M. Revitalização de corpos d'água com o uso da biorremediação. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada - UNG-Ser**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 137-45, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33947/2595-6264-v4n1-4579>. Disponível em: <https://revistas.ung.br/engenhariaetecnologia/article/view/4579>. Acesso em: 14 maio 2025.

TITILAWO, M. A.; ADEYEMI, F. M.; AJANI, T. F.; OGUNLANA, E.O.; TITILAWO, Y. Evaluation of fungal permeated lignocellulosic filter for remediation of water pollutants. **African Journal of Pure and Applied Sciences**, Quênia, v. 4, n. 3, p. 35-43, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33886/ajpas.v4i3.422>. Disponível em: <https://journals.ku.ac.ke/index.php/AJPAS/article/view/423>. Acesso em: 29 de maio 2025.

TONIN, G. M.; CAPELA, J. M. V.; FARIA, H. A. M.; CAPELA, M. V. Análise de parâmetros da qualidade da água em Araraquara – SP: (2020-2021). In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 43., 2025, Ipojuca. **Anais [...]**. Ipojuca: SBMAC, 2025. v. 11, n. 1. Disponível em: <https://proceedings.sbmec.org.br/sbmec/article/view/4687>. Acesso em: 24 mar. 2025.

TORQUATO, A. L. **Existe Segurança Microbiológica na Portaria de Potabilidade GM/MS 888/2021 nas Condições da Região Semiárida do Brasil?** 2022. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/32248>. Acesso em: 30 maio 2025.

UNESCO. **2,4 bilhões de pessoas podem sofrer com escassez de água até 2050**. 2024. Disponível em: <https://brasil61.com/n/unesco-2-4-bilhoes-de-pessoas-podem-sofrer-com-escassez-de-agua-ate-2050-pind244461>. Acesso em: 12 jan. 2025.

VIANA, V. S. **Classificação da salinidade da água de poços com base na concentração de cloretos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química com habilitação em Química Industrial) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/55550>. Acesso em: 30 maio 2025.

WANCURA, G. C.; LEITE, M. L. E.; PRESTES, L.; MAGALHÃES, B. de P.; KUBENECK, S.; CAMARGO, A. F.; MOSSI, A. J.; TREICHEL, H. Application of mushrooms as a pollutant remediator. **Brazilian Applied Science Review**, Brasil, v. 8, n. 1, p. 225–249, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34115/basrv8n1-012>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/69907>. Acesso em: 14 maio 2025.