

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
MESTRADO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS**

NAIARA DA SILVA SANTOS FELIX

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGUNA MUNDAÚ EM
PONTOS ESTRATÉGICOS DO MUNICÍPIO DE COQUEIRO SÊCO-AL**

Marechal Deodoro

2025

NAIARA DA SILVA SANTOS FELIX

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA MUNDAÚ EM
PONTOS ESTRATÉGICOS DO MUNICÍPIO DE COQUEIRO SÊCO-AL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Johnnatan Duarte de Freitas

Coorientador: Prof. Dr. Alan John Duarte de Freitas

Marechal Deodoro

2025



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
***Campus* Marechal Deodoro**
Biblioteca Dorival Apratto

363.7

F316m

Felix, Naiara da Silva Santos.

Monitoramento da qualidade da água da laguna Mundaú em pontos estratégicos do município de Coqueiro Sêco - AL / Naiara da Silva Santos Felix. – Dados eletrônicos (1 arquivo : 7,97 MB). – 2025.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: Internet.

Orientação: Prof. Dr. Johnnatan Duarte de Freitas.

Coorientação: Prof. Dr. Alan John Duarte de Freitas.

Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2025.

1. Qualidade da água. 2. Laguna Mundaú. 3. Extração de sal-gema. 4. Parâmetros físico-químicos. 5. Coliformes termotolerantes. 6. Impactos antrópicos. I. Freitas, Johnnatan Duarte de. II. Freitas, Alan John Duarte de. III. Título.


Andreia Gomes de Azevedo | Bibliotecária – CRB-4/AL-2164

NAIARA DA SILVA SANTOS FELIX

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional) como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.


Aprovado em 28 de dezembro de 2025

Orientador:


Documento assinado digitalmente
 JOHNNATAN DUARTE DE FREITAS
Data: 05/01/2026 15:43:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Johnnatan Duarte de Freitas- IFAL / Campus Maceió

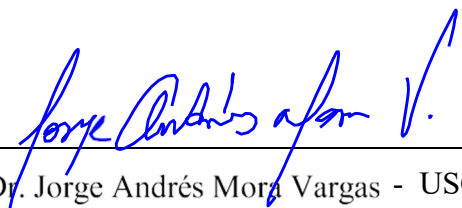
Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 AUREA LUIZA QUIXABEIRA ROSA E SILVA RAPOS
Data: 13/01/2026 20:55:28-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Áurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva Raposo – IFAL / Campus Maceió

Documento assinado digitalmente
 RONNY FRANCISCO MARQUES DE SOUZA
Data: 13/01/2026 16:20:24-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rony Francisco Marques de Souza – IFAL / Campus Piranhas


Dr. Jorge Andrés Mora Vargas - USC / Colombia

Marechal Deodoro, AL

2025

A Ele a Glória!

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, pela oportunidade de chegar até aqui, ao meu amigo Espírito Santo por ser consolo, abrigo, renovo e direção.

A minha mãe que me criou, incentivou, embora não possa ver o fim desde ciclo, esteve presente em toda a jornada, do meu nascimento, ao seu descanso, sempre acreditou que eu iria além, cultivou asas pra que eu pudesse voar. Sua força foi a mola propulsora que me permitiu avançar.

A meu irmão, que me ensinou a ler, e sempre foi me inspirou a continuar estudando.

Ao meu lindo marido que me estimulou em todas as fases do projeto, foi o guindaste que me colocou de pé quando me faltou chão.

Ao meu Pastor Eder Donizete pelas orações e incentivo. A minha querida AD Perus Canaã por ser minha família e meu apoio.

As minhas lindinhas Izabella e Best Laise por se aventurarem comigo nas coletas, renderem altas risadas nos atolamentos na lagoa, foi incrível a participação de vocês.

Aos reis do canva Fah e Igor, que por muitas vezes consideraram esse, um trabalho em grupo e não mediram esforços pra me ajudar, obrigada por me ajudarem, vocês são lindos demais.

A querida professora Áurea, que não tinha obrigação nenhuma, mas me orientou e deu diversas ideias nesta pesquisa, levarei pra sempre seus slides inteligentíssimos como inspiração.

Aos meus colegas de turma; fomos a melhor turma do PPGTEC, desculpa sociedade.

Meus queridos orientadores, mais conhecidos como maiorais da química, que tive o prazer de ser sua aluna no curso técnico em química, na graduação de Alimentos, e hoje no mestrado. Obrigada por tudo, “é intrínseco que” quando crescer quero ser como vocês crème de la crème.

Esta não tem sido uma vitória individual, mas o resultado de um trabalho em conjunto de todos citados, aos quais serei eternamente grata.

“As palavras do Senhor são palavras de vigor,
me ensinam, me guiam, me trazem a luz, as
palavras de Jesus”

Paulo Leivas Macalão

FELIX, Naiara da Silva Santos. Monitoramento da qualidade da água da Laguna Mundaú, em pontos estratégicos no município de Coqueiro Sêco-AL. 70 f. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Campus Marechal Deodoro, Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, 2025.

RESUMO

A água constitui um recurso essencial à manutenção da vida e à estabilidade dos ecossistemas, sendo sua preservação e qualidade fatores fundamentais para a sustentabilidade ambiental. Além de atuar como vetor de doenças infecciosas, a água também representa um importante indicador de impactos ambientais contemporâneos. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água da Laguna Mundaú, localizada entre os municípios de Maceió, Santa Luzia do Norte e Coqueiro Seco, integrante do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM). A área de estudo tem despertado crescente interesse científico em virtude da presença de minas destinadas à extração de sal-gema, matéria-prima empregada na fabricação de soda cáustica, ácido clorídrico, bicarbonato de sódio, sabões, detergentes, produtos de limpeza e farmacêuticos. A empresa responsável pela atividade mineradora realizava a perfuração de poços e a injeção de água na camada de halita, promovendo a formação de salmoura, posteriormente bombeada para a superfície. Esse procedimento, conduzido por mais de quatro décadas, ocasionou alterações estruturais e físico-químicas no ambiente subterrâneo. O contato da água lagunar com o material salino proveniente das jazidas pode modificar significativamente seu padrão natural de qualidade, aumentando a carga salina e comprometendo a dinâmica ecológica do sistema aquático. Para avaliar esses impactos, foi realizado monitoramento mensal, comparando-se os resultados obtidos com os limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde (MS) e pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Foram analisados parâmetros físicos (pH, turbidez, condutividade elétrica, cor, oxigênio dissolvido e temperatura), químicos (dureza total, cálcio, magnésio, alcalinidade, cloretos e acidez) e microbiológicos (coliformes totais e termotolerantes) em cinco pontos amostrais situados no município de Coqueiro Seco, a aproximadamente 21,4 km de Maceió. Os resultados indicaram que alguns pontos, especialmente os Pontos 4 e 5, apresentaram elevação nos valores de turbidez, condutividade elétrica e salinidade, sugerindo influência antrópica e possível poluição por sais minerais. As análises microbiológicas revelaram concentrações elevadas de coliformes termotolerantes, caracterizando a água como imprópria para uso

doméstico e recreativo, em razão do risco de disseminação de doenças de veiculação hídrica. De forma geral, os resultados obtidos evidenciam que as atividades antrópicas na região têm contribuído significativamente para a degradação e redução da qualidade das águas superficiais da Laguna Mundaú.

Palavras-chave: Qualidade da água; Laguna Mundaú; Extração de sal-gema; Parâmetros físico-químicos; Coliformes termotolerantes; Impactos antrópicos.

FELIX, Naiara da Silva Santos. Monitoring of Water Quality in the Mundaú Lagoon at Strategic Points in the Municipality of Coqueiro Seco, Alagoas. 70 f. 2025. Master's Thesis (Master's Degree in Environmental Technologies) – Marechal Deodoro Campus, Federal Institute of Alagoas, Marechal Deodoro, 2025.

ABSTRACT

Water is an essential resource for the maintenance of life and the stability of ecosystems, and its preservation and quality are fundamental factors for environmental sustainability. In addition to acting as a vector for infectious diseases, water also serves as an important indicator of contemporary environmental impacts. This study aimed to evaluate the water quality of the Mundaú Lagoon, located among the municipalities of Maceió, Santa Luzia do Norte and Coqueiro Seco, which is part of the Mundaú-Manguaba Estuarine-Lagoon Complex (CELMM). The study area has attracted increasing scientific interest due to the presence of rock salt (halite) mines, which provide raw material for the production of caustic soda, hydrochloric acid, sodium bicarbonate, soap, detergents, cleaning products, and pharmaceuticals. The mining company responsible for this activity drilled wells and injected water into the salt layer, producing brine that was then pumped to the surface. This process, carried out for more than four decades, caused structural and physicochemical alterations in the subsurface environment. The contact between the lagoon water and saline material from mineral deposits can significantly alter its natural quality pattern, increasing salinity and affecting the aquatic dynamics of the ecosystem. To assess these impacts, a monthly monitoring program was conducted, comparing the results with the standards established by the Brazilian Ministry of Health (MS) and the Brazilian National Environmental Council (CONAMA). Physical parameters (pH, turbidity, electrical conductivity, color, dissolved oxygen, and temperature), chemical parameters (total hardness, calcium, magnesium, alkalinity, chlorides, and acidity), and microbiological parameters (total and thermotolerant coliforms) were analyzed at five sampling points in the municipality of Coqueiro Seco, approximately 21.4 km from Maceió. Results showed that some points, particularly Points 4 and 5, exhibited elevated turbidity, conductivity, and salinity values, suggesting anthropogenic influence and possible mineral pollution. Microbiological analyses indicated high concentrations of thermotolerant coliforms, classifying the water as unsuitable for domestic and recreational use due to the potential risk of waterborne diseases transmission. Overall, the results demonstrate that

anthropogenic activities in the region have significantly contributed to the degradation and decline in the surface water quality of the Mundaú Lagoon.

Key words: Keywords: Water quality; Mundaú Lagoon; Rock salt extraction; Physicochemical parameters; Thermotolerant coliforms; Anthropogenic impacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Laguna Mundaú	21
Figura 2: Casa com rachadura	25
Figura 3: Bairros afetados pela subsidência	26
Figura 4: Área desocupada com escrito "Maceió afunda em lágrimas"	27
Figura 5: Mina 18, antes e depois do colapso.....	28
Figura 6: mapa com os pontos.....	34
Figura 7: Delineamento pesquisa de campo	35
Figura 8: Ponto 1	36
Figura 9: Ponto 2	36
Figura 10: Ponto 3	37
Figura 11: Ponto 4	38
Figura 12: Ponto 5	39
Figura 13: Sonda multiparâmetros	39
Figura 14: Análise de temperatura.....	44
Figura 15: Análise de cor.....	45
Figura 16: Análise de turbidez agitada	46
Figura 17: Análise de turbidez decantada.....	46
Figura 18: Análise de condutividade	47
Figura 19: Análise de salinidade	48
Figura 20: Análise de oxigênio dissolvido	49
Figura 21: Análise de pH.....	50
Figura 22: Análise de alcalinidade	51
Figura 23: Análise de Cálcio	52
Figura 24: Análise de magnésio	54
Figura 25: Análise de dureza	55
Figura 26: Análise de cloretos	56
Figura 27: Análise de Acidez	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de temperatura °C.....	62
Tabela 2. Análise de cor.....	62
Tabela 3. Análise de turbidez agitada.....	63
Tabela 4. Análise de turbidez decantada.....	63
Tabela 5. Análise de condutividade.....	64
Tabela 6. Análise de salinidade.....	64
Tabela 7. Análise de oxigênio dissolvido.....	65
Tabela 8. Análise de pH.....	65
Tabela 9. Análise de alcalinidade.....	66
Tabela 10. Análise de cálcio.....	66
Tabela 11. Análise de magnésio.....	67
Tabela 12. Análise de dureza total.....	67
Tabela 13. Análise de cloretos.....	68
Tabela 14. Análise de acidez.....	68
Tabela 15. Análises microbiológicas.....	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. JUSTIFICATIVA	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 A Laguna Mundaú: Contexto histórico e geográfico	21
3.2 Bioma	22
3.3 Fauna	22
3.4 Ação antrópica	23
3.5 Formação econômica em torno da Laguna	24
3.6 Danos ambientais e subsidência de mineração	25
3.7 Controle de qualidade de água	29
3.8 Parâmetros de qualidade da água	30
3.8.1 Temperatura	30
3.8.2 Turbidez	30
3.8.3 Condutividade elétrica	31
3.8.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)	31
3.8.5 Oxigênio dissolvido	31
3.8.6 Dureza	31
3.8.7 Alcalinidade	32
3.8.8 Acidez	32
3.8.9 Cloretos	32
3.8.10 Parâmetros Microbiológicos	32
4. OBJETIVOS	33
4.1 Objeto geral	33
4.2 Objetivos específicos	33

5. MATERIAL E MÉTODOS	34
5.1 Local	34
5.1.1 Ponto 1	35
5.1.2 Ponto 2	36
5.1.3 Ponto 3	37
5.1.4 Ponto 4	37
5.1.5 Ponto 5	38
5.2 Análises <i>in loco</i>	39
5.3 Análises físico-químicas	40
5.3.1 Cor	40
5.3.2 Turbidez	40
5.3.3 pH	40
5.4 Análises químicas	41
5.4.1 Alcalinidade	41
5.4.2 Dureza	41
5.4.3 Cálcio e magnésio	41
5.4.4 Cloretos	41
5.4.5 Acidez	42
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1 Temperatura	43
6.2 Cor	44
6.3 Turbidez	45
6.4 Condutividade elétrica	47
6.5 Salinidade	48
6.6 Oxigênio dissolvido	49
6.7 Potencial Hidrogeniônico (pH)	50
6.8 Alcalinidade	51

6.9 Cálcio e magnésio	52
6.10 Dureza total	53
6.11 Cloretos.....	54
6.12 Acidez.....	55
6.13 Análises microbiológicas	56
7. CONCLUSÕES.....	58
8. REFERÊNCIAS	59
9. APÊNDICE – PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO – MANUAL DE COLETA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA ANÁLISES QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS	61
10. ANEXOS	77

1. INTRODUÇÃO

As lagunas costeiras são ecossistemas aquáticos de alta produtividade que exercem papel fundamental na estabilidade climática, tanto em nível local quanto regional. Além disso, possuem grande relevância por funcionarem como zonas de transição entre ambientes continentais e marinhos, possibilitando a presença de comunidades típicas de águas doces, salobras e marinhas (Luz, 2021).

Situado no estado de Alagoas, o complexo Estuarino Lagunar Mundaú - Manguaba (CELMM), destaca-se por ser muito produtivo economicamente, sua localização próxima ao centro litorâneo do estado. O complexo é formado pelos rios Mundaú, Paraíba do Meio e Sumaúma Grande, banhando sete municípios alagoanos, Coqueiro Seco, Maceió, Marechal Deodoro, Pilar, Rio Largo, Santa Luzia do Norte e Satuba (Luz, 2021).

Apesar da relevância ambiental do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM), a região enfrenta diversos impactos decorrentes da industrialização, da urbanização e do despejo de efluentes domésticos e industriais em seu entorno. Essas atividades intensificam o fluxo energético e elevam a concentração de contaminantes tóxicos, comprometendo o equilíbrio físico, químico e biológico do sistema. Como consequência, ocorre a aceleração dos processos de eutrofização, resultante do excesso de nutrientes presentes na água (Cotoviscz JR., 2012; Silva, 2017).

A agricultura familiar tem se consolidado as margens de rios e lagoas, e intensificado a contaminação do solo e da água gerando acúmulo de sais, excesso de nutrientes. A extração de recursos naturais intensifica a interação entre sociedade e natureza, gerando modificações no equilíbrio e no funcionamento dos ecossistemas. Os corpos hídricos destacam-se como elementos essenciais para o desenvolvimento humano, uma vez que a escassez de água dificulta a ocupação de determinadas regiões e limita o crescimento populacional (Silva 2017).

Os detritos provenientes de irrigação do cultivo da cana-de-açúcar por vezes têm como destino, recursos hídricos superficiais e subterrâneos. A proximidade das lagunas da capital gera interesse de fixação de moradia em torno do CELMM. Com o crescimento demográfico milhares de famílias passam a ter o complexo diretamente como fonte de renda através da pesca e extrativismo; atividades ligadas ao turismo e gastronomia também são estabelecidas. Com o aumento desordenado da população aliado à falta de saneamento e tratamento de efluentes, o

ambiente aquático se torna cada vez mais sensível e instável, tendo degradação cada vez mais acelerada (Santos, Paiva e Silva, 2016).

A extração de recursos naturais intensifica a interação entre sociedade e natureza, gerando modificações no equilíbrio e no funcionamento dos ecossistemas. Os corpos hídricos destacam-se como elementos essenciais para o desenvolvimento humano, uma vez que a escassez de água dificulta a ocupação de determinadas regiões e limita o crescimento populacional (Melo, 2020)

Além de contar com efluentes residenciais, de pequenos comércios, agroindústrias, criação de animais, que geram contaminação do solo e dos recursos hídricos, o CELMM tem sido alvo de diversos estudos levantando interesse de pesquisadores a fim de elucidar polêmicas vinculadas ao desastre ambiental causado em Maceió pela mineradora Braskem.

A empresa Braskem S/A, conta com 40 unidades industriais, afirma ser a maior produtora de resinas termoplásticas nas Américas e maior produtora de polipropileno nos Estados Unidos. Em Alagoas opera desde a década de 1970 com exploração de sal-gema, que serve de matéria-prima para a produção de polímeros (BRASKEM 2025).

De acordo com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em 2019, a mineração gerou instabilidade no solo no bairro do Pinheiro localizado em Maceió-AL. Em 2018 a população registrou diversas rachaduras nos imóveis, crateras apareceram no solo obrigando os moradores a deixarem o bairro em junho de 2019, estendendo a evacuação aos bairros do Mutange e Bebedouro; posteriormente parte do Bom Parto e Farol também foram incluídos na zona de risco (CRPRM, 2019).

Em 10 de dezembro de 2023 houve colapso de uma mina da Braskem, situada no complexo lagunar, gerando possibilidade de extravasamento de sal-gema da mina para a lagoa, podendo elevar os níveis de cloreto de sódio, cálcio, magnésio, condutividade elétrica e salinidade. O fenômeno de subsidência geológica na área urbana de Maceió necessita de uma caracterização científica detalhada para compreender se se trata de um acidente, um processo geológico ou um desastre natural. Conforme Tobin e Montz (1997), desastres são definidos como eventos adversos que provocam impactos significativos na sociedade, sendo classificados principalmente de acordo com a origem ou a natureza do fenômeno que os causa (Barros, 2020).

De acordo com o Plano de Ações e Gestão Integrada do CELMM (ANA, 2006), o complexo lagunar tem enfrentado diversos problemas, como assoreamento, ocorrência de cheias, deficiência na coleta de resíduos sólidos e ausência de tratamento adequado de esgoto sanitário, entre outros. No entanto, ainda não existem iniciativas voltadas à criação de uma série histórica de dados batimétricos para a região. O monitoramento contínuo é fundamental para

acompanhar e prever a formação ou a persistência de fenômenos, como o assoreamento, possibilitando a adoção antecipada de medidas que evitem ou minimizem impactos indesejáveis (ANA, 2006).

A realidade descrita à cima aponta a necessidade de monitoramento constante das lagunas que formam o CELMM para gerar dados sólidos para a população, órgãos públicos e comunidade científica. Esta pesquisa consiste em analisar mensalmente parâmetros físicos, químicos e microbiológicos em cinco pontos do complexo no município de Coqueiro Sêco – Alagoas no período de um ano.

Relacionando a pesquisa aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil – ODS, a ODS número seis tem por título Água potável e saneamento, discorre sobre garantir a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, com a meta de até 2030 implementar a gestão integrada dos recursos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, também até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis se mostra altamente necessário o monitoramento deste recurso de tão vasta importância para o Estado de Alagoas (ONU, 2015).

2. JUSTIFICATIVA

O colapso da Mina 18, localizada na área de influência da Laguna Mundaú, desencadeou uma série de impactos ambientais e socioeconômicos que evidenciam a necessidade de monitoramento sistemático da qualidade da água desse ecossistema. O evento, associado à exploração de sal-gema pela mineradora Braskem, resultou em alterações geológicas e hidrológicas que podem ter intensificado processos de intrusão salina, modificação da condutividade elétrica e variações nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da lagoa (Coelho, 2023).

A Laguna Mundaú desempenha papel essencial para o equilíbrio ambiental e para a subsistência das comunidades ribeirinhas, que dependem diretamente de seus recursos pesqueiros e de suas águas para atividades econômicas e de lazer. Diante disso, compreender as possíveis alterações na qualidade da água após o colapso da mina é fundamental para avaliar os riscos à biodiversidade aquática, à saúde pública e à segurança alimentar da população local. Além do aspecto ambiental, o estudo se justifica pela relevância científica e social da geração de dados atualizados que subsidiem políticas públicas e estratégias de mitigação de impactos. A análise detalhada dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da Lagoa Mundaú possibilita identificar indícios de contaminação, origem de poluentes e tendências de degradação ambiental, contribuindo para a recuperação e preservação de um dos mais importantes ecossistemas do estado de Alagoas.

Assim, este trabalho se fundamenta na necessidade de avaliar a qualidade da água da Laguna Mundaú após o colapso da Mina 18, em área frontal a Maceió, com vistas a fornecer subsídios técnicos e científicos que orientem ações de gestão ambiental, prevenção de novos danos e recuperação das áreas afetadas.

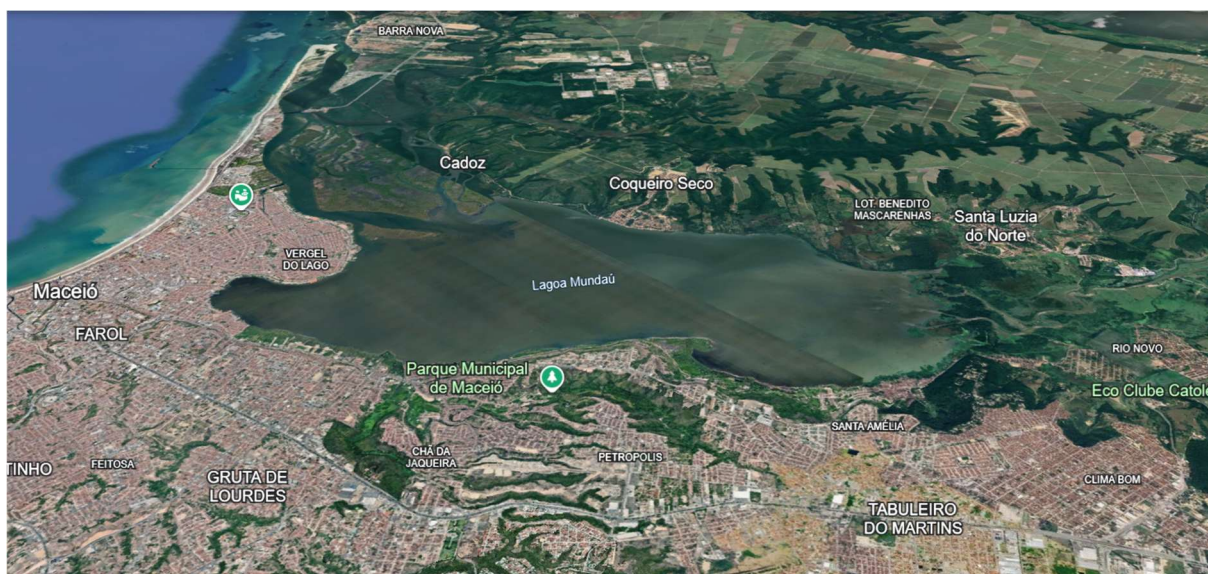
3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Laguna Mundaú: Contexto histórico e geográfico

O Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM), localizado no litoral do estado de Alagoas, constitui um sistema costeiro de alta complexidade ecológica e dinâmica sedimentar, resultante da interação de três subsistemas geológicos distintos: (1) a laguna central, responsável pela retenção e mistura de águas fluviais e marinhas; (2) os canais de conexão e as interfaces estuário-mar, que controlam a troca de massas d'água e a circulação de sedimentos; e (3) o sistema flúvio-lagunar, no qual os cursos d'água continentais interagem diretamente com as lagunas, modulando gradientes físico-químicos e biológicos. O CELMM compreende duas lagunas costeiras, Mundaú e Manguaba interligadas por um canal oceânico que intensifica a renovação hídrica e a heterogeneidade ambiental, influenciando diretamente processos de produtividade primária, dispersão de nutrientes e manutenção da biodiversidade aquática (Barros, 2023).

A Laguna Mundaú é um sistema lagunar estuarino com aproximadamente 23 km² de área e profundidade média de 2 m, localizada entre os municípios de Maceió, Santa Luzia do Norte e Coqueiro Seco. Este corpo hídrico se conecta ao Oceano Atlântico e à Lagoa Manguaba por meio de uma rede de canais estuarinos, formando um complexo de ilhas e extensos manguezais (Barros, 2023). Como ilustrado na Figura 1, Coqueiro Sêco fica localizado em região frontal a Capital Maceió, sendo a Laguna um divisor entre os dois municípios.

Figura 1: Laguna Mundaú



Fonte: Google Earth, 2025

O CELMM constitui um ambiente de notável diversidade de paisagens naturais, como: manguezais, várzeas, ilhas e canais que, aliados à sua rica biodiversidade e à relevância econômica, social e cultural das atividades desenvolvidas em seus limites, o tornam um dos ecossistemas mais significativos do Estado, profundamente relacionado à sua formação histórica e cultural (Cruz, 2019).

3.2 Bioma

A Laguna Mundaú, é cercada em sua extensão por áreas de manguezais. Os manguezais são constituídos por quatro compartimentos interdependentes: água, solo; flora e fauna, que, embora mantenham características intrínsecas próprias, funcionam de forma integrada. Esses ecossistemas asseguram a manutenção de um equilíbrio dinâmico e a interação contínua entre seus componentes no contexto ambiental (Ferreira, 2024).

Embora a relevância dos manguezais seja amplamente reconhecida, ainda persiste o desafio de estabelecer estratégias eficazes para sua conservação e manejo. Grande parte das zonas úmidas costeiras, incluindo os manguezais, tem sido submetida a diferentes intensidades de pressões antrópicas, sendo frequente a exploração inadequada que resulta, por vezes, na completa supressão de suas florestas. Além disso, as mudanças climáticas intensificam a vulnerabilidade desses ecossistemas, uma vez que são fortemente condicionados pelas variações do nível do mar e pela disponibilidade de aportes de água doce. Nesse contexto, os manguezais figuram entre os ecossistemas mais ameaçados do planeta (Ferreira, 2024).

3.3 Fauna

A área de influência do CELMM apresenta elevada suscetibilidade a impactos ambientais decorrentes da exposição a elementos potencialmente tóxicos, com destaque para a Laguna Mundaú, situada no município de Maceió-AL. Essa vulnerabilidade está associada, principalmente, ao descarte inadequado de efluentes domésticos e industriais, que comprometem a integridade ecológica do sistema.

Sistemas lagunares tropicais rasos, situados entre barreiras de recifes e a plataforma continental, compreendem uma diversidade de habitats, incluindo leitos de vegetação aquática submersa e manguezais, que atuam como importantes formadores de microhabitats. Essas estruturas promovem condições ambientais propícias à colonização e estabelecimento de

comunidades bentônicas (organismos que vivem no fundo de rios, lagos, estuários ou oceanos) e nectônicas (organismos que nadam ativamente na coluna de água, podendo se deslocar livremente). Ecossistemas costeiros são caracterizados por comunidades biológicas heterogêneas, constituídas por espécies residentes, transitórias e de ocorrência esporádica. A heterogeneidade dos habitats proporciona alta diversidade trófica, o que favorece a presença simultânea de múltiplos níveis tróficos, incluindo uma vasta gama de presas e seus respectivos predadores (Sedberry; Carter, 1993).

Os macrocrustáceos constituem recursos pesqueiros de relevância socioeconômica, particularmente para populações tradicionais de baixa renda que dependem dos ecossistemas estuarinos para subsistência. Devido ao seu hábito sésstil e ao mecanismo de alimentação por filtração direta da coluna d'água, *Mytella falcata* apresenta elevada capacidade de bioacumulação de contaminantes, tornando-se um bioindicador eficiente para a avaliação da qualidade ambiental. Alterações na composição físico-química e biológica do meio aquático refletem-se em modificações no desenvolvimento e na concentração de poluentes nos tecidos desse organismo, permitindo o monitoramento de processos de contaminação e degradação ambiental na laguna (Santos, 2022).

A Laguna Mundaú constitui um ambiente de importância estratégica para o desenvolvimento socioeconômico regional, sustentando atividades pesqueiras com ênfase na exploração do sururu (*Mytella falcata*), molusco bivalve filtrador característico da região. Estima-se que essa atividade represente a principal fonte de renda para aproximadamente 300 mil habitantes. É considerado um patrimônio cultural e imaterial do estado de Alagoas e uma atração turística (Alagoas, 2022).

O sururu é uma espécie altamente sensível às variações de salinidade, diferindo de outros fatores ambientais relevantes, pois a salinidade atua como um verdadeiro limiar para o crescimento populacional. Nesse contexto, a ocorrência de subsidência torna-se particularmente preocupante, uma vez que alterações no nível da lagoa podem modificar os padrões de salinidade e, conseqüentemente, comprometer a manutenção das populações de sururu (NUNES *et al.*, 2021)

3.4 Ação antrópica

A Política Nacional de Recursos Hídricos ressalta a importância da água e estabelece, entre seus objetivos: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de

água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Brasil, Lei n. 9.433, art. 2º, Cap. II, Tit. I).

Além disso, a mesma política, no Artigo 3º, Cap. III, Tit. I da Lei n. 9.433, determina como uma das diretrizes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos a “gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, e a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental” (BRASIL, 2002).

Os Rios Paraíba do Meio e Mundaú nascem no Estado de Pernambuco, cruzam o Estado de Alagoas e desaguam no complexo estuarino-lagunar Mundaú – Manguaba. Estudos realizados pelo Instituto do Meio Ambiente (IMA) desde os anos 2000, apontam que os rios recebem esgotos urbanos de 35 municípios que geram 38 t DBO_{5,20}/dia, além de uma estimativa de 295 toneladas de resíduos em toda área das bacias Mundaú e Paraíba do Meio/Sumaúma e Remédios. O Rio Mundaú tem ainda um agravante, a instalação de usinas canavieiras em seu entorno, o que pode trazer ainda mais fontes de contaminação.

A qualidade da água dos mananciais que integram uma bacia hidrográfica está diretamente ligada ao uso e ocupação do solo, bem como ao nível de controle das fontes de poluição. Esse controle ocorre, principalmente, por meio do tratamento de efluentes sanitários e industriais. Contudo, mudanças na qualidade da água também refletem as transformações na própria bacia, como modificações na cobertura vegetal e nas características do solo. Havendo um planejamento territorial, aliado a medidas preventivas como educação, acesso à informação, ordenamento urbano, construção de bacias de retenção e proteção das áreas marginais aos cursos d’água, há possibilidade de eficácia para o controle da poluição (TUCCI *et al.*, 2004).

3.5 Formação econômica em torno da Laguna

O Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM) representa um dos sistemas ambientais mais expressivos do litoral alagoano, possuindo elevado valor ecológico e socioeconômico para o estado de Alagoas. Reconhecido como um dos ecossistemas mais importantes do Brasil, o complexo é formado pelo rio Mundaú, que deságua na laguna homônima, e pelos rios Paraíba do Meio e Sumaúma, que desembocam na laguna Manguaba. A interligação entre essas lagunas, que convergem em direção ao oceano Atlântico, caracteriza a dinâmica natural do sistema estuarino (Santos, 2017).

Assim como em outros estuários, o CELMM abriga uma intensa atividade produtiva, sendo essencial para a subsistência das populações locais que dependem diretamente de seus recursos naturais. Aproximadamente 260 mil pessoas obtêm, de forma direta ou indireta,

sustento e renda provenientes desse ambiente. Apesar de sua relevância ambiental e socioeconômica, o CELMM tem sofrido impactos crescentes decorrentes de atividades antrópicas, que comprometem sua integridade ecológica e promovem alterações significativas nas suas condições ambientais (Jacudino, 2015).

3.6 Danos ambientais e subsidência de mineração

A subsidência do solo é caracterizada por um deslocamento vertical significativo, que se torna especialmente perigoso quando ocorre de forma não uniforme, representando riscos às construções afetadas por esses movimentos. Suas principais causas podem estar relacionadas a escavações subterrâneas, ao adensamento de camadas de argilas moles, ao rebaixamento do lençol freático ou ainda à dissolução de rochas carbonáticas (Forte, 2023).

Maceió, capital do estado de Alagoas, enfrenta a maior tragédia socioambiental provocada por atividade mineradora no país, conforme afirma o Conselho Nacional de Justiça (Brasil, 2021). De acordo com a CPRM (2019), durante um período de fortes chuvas em fevereiro de 2018, a cidade foi acometida, em 3 de março do mesmo ano, por um evento sísmico de magnitude 2,5 na escala Richter. A exploração de sal-gema, realizada há mais de quatro décadas pela mineradora petroquímica instalada na região, desencadeou a instabilidade do solo em decorrência do processo de subsidência, afetando bairros situados nas proximidades da Laguna Mundaú. Como consequência, surgiram rachaduras, trincas e fissuras em edificações, além de rebaixamentos em imóveis e vias públicas (Forte, 2023) como ilustrado na figura 2.

Figura 2: casa com rachadura



Fonte: Letras Ambientais 10/03/2019, casa de Eliene Silva

Desde 2018, os moradores do bairro do Pinheiro, em Maceió, vêm registrando rachaduras em suas residências, o que evidencia a crescente preocupação com a estabilidade do solo. O relatório técnico do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) sobre o estudo de instabilidade aponta que as cavidades resultantes da extração de sal-gema encontram-se em processo de desestabilização. Esse fenômeno promove a movimentação do sal (halocinese), que, por sua vez, reativa estruturas geológicas preexistentes, ocasionando subsidência e deformações rúpteis na superfície. O documento também destaca que fatores adicionais, como a presença de bacias endorreicas, a erosão do solo e a ausência de um sistema de drenagem eficiente na região, contribuem para agravar o quadro de instabilidade e subsidência (Normande, 2022). O processo de afundamento que atingiu os bairros Pinheiro, Mutange, Bebedouro e Bom Parto resultou em um êxodo urbano de aproximadamente 60 mil pessoas. Ao todo, 14.536 imóveis foram identificados e monitorados pela Defesa Civil, abrangendo uma área de 242 hectares com danos ambientais irreversíveis. O evento gerou impactos socioeconômicos expressivos, com mais de 3,5 bilhões de reais destinados ao pagamento de indenizações, auxílios financeiros e honorários (Braskem, 2023).

Figura 3: Bairros afetados pela subsidência



Fonte: Defesa Civil de Maceió, 2019

Um dos temas mais debatidos no contexto urbano de Maceió é a atualização do Plano Diretor Municipal. O documento, cuja revisão deveria ter ocorrido em 2015, encontra-se em atraso, sendo aguardado com expectativa pela sociedade maceioense, que reivindica um modelo de desenvolvimento mais sustentável e condizente com as demandas atuais. Assim, o Plano Diretor da capital alagoana apresenta uma defasagem de aproximadamente 20 anos (Santos, 2025).

De acordo com a proposta do novo Plano Diretor, à qual o jornal *Tribuna Independente* teve acesso, foi definida a Zona de Monitoramento e Reparação (ZMR), correspondente à área afetada pela atividade de mineração da Braskem. Essa zona compreende o bairro do Mutange e partes dos bairros Bebedouro, Bom Parto, Farol e Pinheiro, reconhecidos por seu valor histórico, cultural, ambiental e paisagístico, mas que tiveram sua dinâmica urbana interrompida em decorrência do desastre tecnológico provocado pelo colapso das cavernas subterrâneas resultantes da exploração de sal-gema na área urbana do município. O documento estabelece que não será permitido nenhum tipo de uso econômico, habitacional, social ou de lazer na ZMR durante o período de vigência do Plano Diretor (Santos, 2025).

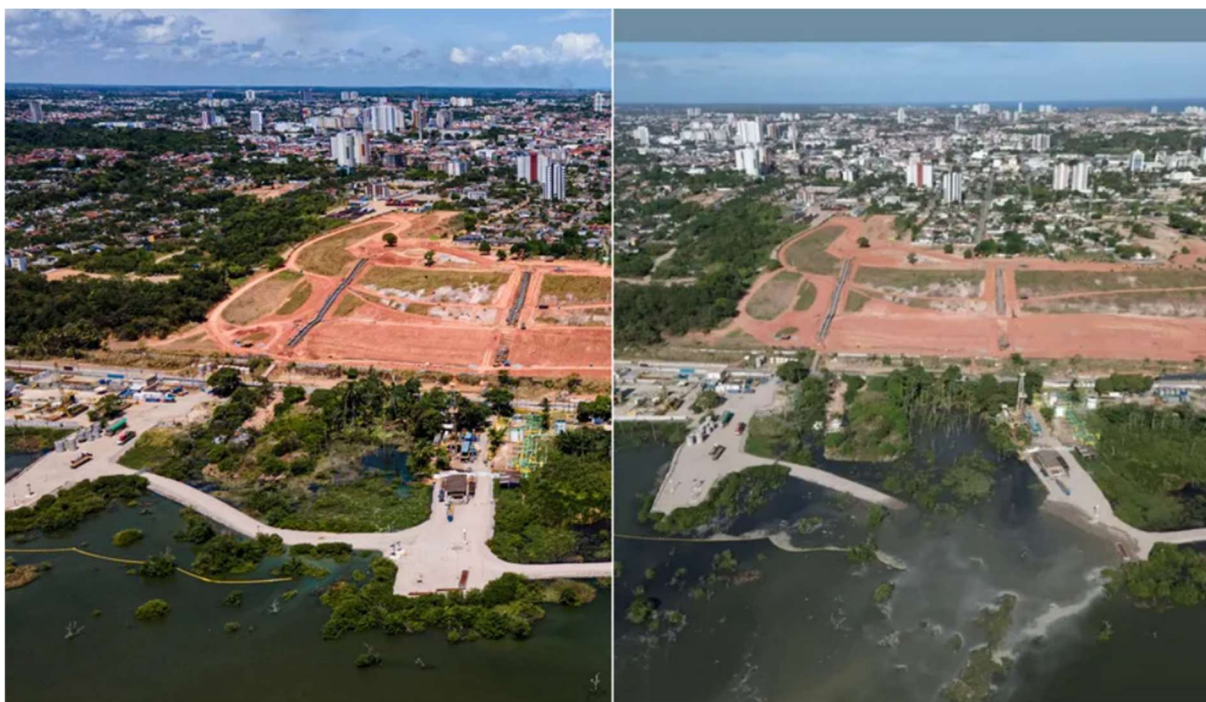
O impacto da mineração da Braskem na cidade de Maceió deixou cicatrizes profundas, não apenas no solo, mas também nas vidas das pessoas que tiveram suas casas e histórias afetadas. Um vereador da cidade de Maceió, Alan Pierre, destaca a importância de uma abordagem cuidadosa para o futuro da área, defendendo que, por enquanto, o foco deve ser na recuperação ambiental e na preservação do espaço. Outro ponto destacado pelo vereador refere-se à situação atual do Plano Diretor de Maceió. O último plano foi elaborado em 2005 e deveria ter passado por revisão em 2015. Contudo, devido à demora e à complexidade do processo, a cidade completa agora 20 anos sem uma atualização formal do documento (Santos, 2025).

Figura 4: área desocupada, com escrito “Maceió afunda em lágrimas”.



Em 10 de dezembro de 2023 houve colapso de uma das minas de extração de sal-gema, o que resultou maior preocupação com a dinâmica ambiental da Laguna Mundaú. A figura 5 mostra o antes e depois do colapso da mina 18 da mineradora Braskem, do lado esquerdo a foto da Figura 5 (a), de 04 de dezembro e do lado direito foto da figura 5(b), o momento do colapso em 10 de dezembro de 2023.

Figura 5: Mina 18, antes e depois do colapso.



Fonte: Divulgação/Prefeitura de Maceió/10-12-2023 e Ailton Cruz/Agência O Globo/04-12-2023

O relatório técnico elaborado pela empresa Tetra Tech, com 1.136 páginas, encomendado pela mineradora confirma a existência de impactos ambientais significativos decorrentes do colapso da Mina 18, localizada na região da Laguna Mundaú. O documento descreve alterações expressivas no meio físico e biótico, destacando a formação de uma depressão superior a 30 metros no leito lagunar, mudanças no regime hidrodinâmico e nos padrões de sedimentação, além da interconexão de aquíferos antes isolados, o que representa risco potencial de contaminação hídrica. Também foram observados indícios de degradação da qualidade das águas subterrâneas, com aumento de cloretos, sulfatos e salinidade, bem como a presença de metais pesados e substâncias tóxicas em águas superficiais e sedimentos. Esses processos afetam diretamente as comunidades aquáticas, incluindo espécies de importância ecológica e econômica, como crustáceos e moluscos. Embora análises preliminares realizadas por pesquisadores da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e pelo Instituto do Meio Ambiente de Alagoas (IMA) tenham minimizado a relação entre o evento de subsidência e os

impactos observados, o estudo da Tetra Tech fornece evidências técnicas que reforçam a gravidade dos efeitos ambientais associados à exploração e colapso da mina.

3.7 Controle de qualidade de água

Ao longo da história da humanidade, as formas de utilização da água passaram por transformações significativas, acompanhando o avanço tecnológico, que estabeleceu padrões de qualidade mais rigorosos e definiu os volumes necessários para diferentes atividades. Entre os principais usos da água destinada ao abastecimento humano, destacam-se o preparo de alimentos, a limpeza doméstica, a higiene pessoal e a hidratação do corpo. A água pode conter diversos compostos, como sais dissolvidos, partículas em suspensão e microrganismos que, dependendo de suas concentrações, podem representar riscos à saúde humana. Contudo, quando está livre de agentes patogênicos e dentro dos padrões de potabilidade, desempenha papel essencial na manutenção de um organismo saudável (Henrique *et al.*, 2024).

Diversas doenças de transmissão hídrica são causadas por microrganismos patogênicos, incluindo bactérias, vírus, protozoários e helmintos. A contaminação da água por bactérias e vírus pode resultar em diarreias intensas, disenteria, infecções intestinais, febre, dores de cabeça e no corpo, indisposição e perda de apetite. Já os protozoários estão associados ao surgimento de várias verminoses. Entre as principais doenças causadas por esses microrganismos destacam-se a hepatite infecciosa, giardíase, gastroenterite, criptosporidíase, amebíase, febre tifoide, paratifoide e cólera. Todas essas enfermidades provocam sintomas desconfortáveis e, em casos mais graves, podem levar ao óbito (Souza *et al.*, 2017).

Segundo Xiong *et al.* (2021), as principais fontes de contaminação dos recursos hídricos incluem o lançamento de esgotos urbanos em cursos d'água sem tratamento prévio, o uso intensivo e descontrolado de defensivos agrícolas, que podem alcançar rios, nascentes ou o lençol freático, e a atividade industrial que utiliza os rios como receptores de resíduos tóxicos (Xiong *et al.*, 2021)

Uma das formas de monitorar a qualidade da água é por meio de bioindicadores, que são organismos vivos ou comunidades cujas funções refletem alterações ambientais e níveis de poluição capazes de afetar o ecossistema. Entre os bioindicadores utilizados para avaliar a qualidade da água destinada ao consumo humano, destacam-se as bactérias do gênero

Escherichia coli, presentes no trato gastrointestinal de mamíferos e que podem contaminar o ambiente por meio do descarte inadequado de fezes (Souza, 2021).

No Brasil, a preocupação com a qualidade da água potável teve início com a criação do Departamento Nacional de Saúde Pública (DNSP), estabelecido pelo Decreto-Lei nº 3.987/1920. Contudo, apenas algumas décadas depois o Governo Federal consolidou normas mais abrangentes e detalhadas para a proteção da saúde, por meio do Código Nacional de Saúde, regulamentado pelo Decreto nº 49.974/1961, que implementou a Lei nº 2.314/1954. Essa regulamentação incluiu o saneamento e a proteção ambiental como componentes da vigilância sanitária. Posteriormente, o Decreto Federal nº 79.367, de 9 de março de 1977, atribuiu ao Ministério da Saúde a competência para desenvolver, estruturar e estabelecer normas relativas aos padrões de potabilidade da água (Bastos, 2020). A atual legislação, a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece os Valores Máximos Permitidos (VPM) para os parâmetros voltados para o consumo humano (Brasil, 2021).

O monitoramento contínuo da qualidade da água consiste na coleta periódica de amostras, na realização de análises laboratoriais e na utilização de tecnologias avançadas, como sensores remotos e sistemas de telemetria. Esses recursos possibilitam a detecção precoce de contaminações e auxiliam na tomada de decisões para intervenções rápidas, prevenindo impactos ambientais e riscos à saúde pública.

3.8 Parâmetros de qualidade da água

3.8.1 Temperatura

Segundo o Portal de Tratamento de Água, alguns parâmetros são imprescindíveis para caracterização da água, dentre eles a temperatura, pois influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido). A medida de intensidade de calor pode variar de acordo com ação antrópica, como descarte de resíduos e efluentes, e interferindo também na qualidade do ambiente para os seres aquáticos (Brasil, 2014).

3.8.2 Turbidez

Segundo o portal Água e efluentes (2022), a turbidez refere-se à quão turva ou opaca está uma amostra de água, efeitos causados pela presença de sólidos em suspensão. A turbidez é normalmente medida usando um turbidímetro, que mede a quantidade de luz que é espalhada pelas partículas suspensas. Quanto maior a turbidez, mais turva é a água e maior a concentração

de sólidos suspensos. A turbidez é expressa em unidades nefelométricas de turbidez (NTUs) (Brasil, 2014).

3.8.3 Condutividade elétrica

Capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água (Brasil, 2014).

3.8.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Sendo mensurado por escala que varia entre 0 a 14, o potencial hidrogeniônico (pH) representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- ; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos, a vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9 (Brasil, 2014)

3.8.5 Oxigênio dissolvido

A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura. O OD é um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade da água, pois corpos hídricos com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica. A decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água. O teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios (CETESB, 2005).

3.8.6 Dureza

Consiste na presença de sais alcalinos terrosos, principalmente (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}). A água dura, causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo. A origem da dureza das águas pode ser natural, por exemplo, dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio ou antropogênica por meio de lançamento de efluentes industriais (CETESB, 2005).

Classificação das Águas quanto à Dureza (em $CaCO_3$)

- Menor que 50 mg/1 $CaCO_3$ – água mole
- Entre 50 e 150 mg/1 $CaCO_3$ – água com dureza moderada

- Entre 150 e 300 mg/1 CaCO₃ – água dura
- Maior que 300 mg/1 CaCO₃ – água muito dura

3.8.7 Alcalinidade

A alcalinidade mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos; em teores elevados. Na maior parte dos ambientes aquáticos a alcalinidade é devida exclusivamente à presença de bicarbonatos. Pode proporcionar sabor desagradável à água, tem influência nos processos de tratamento da água (Brasil, 2014).

3.8.8 Acidez

A acidez mede a capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. Pode ocorrer de forma natural tendo CO₂ absorvido da atmosfera, ou resultante da decomposição de matéria orgânica, presença de H₂S – gás sulfídrico; ou por meio da interferência humana, com despejos industriais, passagem da água por minas abandonadas (Brasil, 2014).

3.8.9 Cloretos

Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar; podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais; em altas concentrações, conferem sabor salgado à água ou propriedades laxativas (Apha, 2017).

3.8.10 Parâmetros Microbiológicos

Coliformes são indicadores de presença de microrganismos patogênicos na água. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo, se encontrados na água, afirma-se que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microrganismos causadores de doenças (Apha, 2017).

4. OBJETIVOS

4.1 Objeto geral

Monitorar a qualidade da água da Laguna Mundaú, situada no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú – Manguaba (CELMM), em cinco pontos estratégicos do município alagoano de Coqueiro Sêco-AL, no período de doze meses através de análises químicas, físicas e microbiológicas.

4.2 Objetivos específicos

Determinar os parâmetros: pH, turbidez, cor, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, cloretos, alcalinidade, acidez e salinidade; bem como parâmetros microbiológicos: coliformes totais e termotolerantes em cinco pontos da Laguna Mundaú no município de Coqueiro Sêco, Alagoas.

Elaborar manual de coleta para novos integrantes do Grupo de Pesquisa de Análises de Água do Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió.

Produzir um documentário expositivo do método de coleta de águas superficiais, direcionado aos alunos participantes do grupo de pesquisa de análise de água, para se familiarizarem com a rotina de coleta antes de ir a campo.

Organizar roteiro norteador voltado aos discentes que desejem realizar trabalho similar com ênfase em coleta de amostras.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local

No CELMM, foi escolhida a Laguna Mundaú, situada no município de Coqueiro Sêco, cinco pontos foram escolhidos a fim de se verificar a qualidade da água mensalmente por um período de um ano. Os pontos foram escolhidos tendo como critério a posição frontal a Capital Maceió, áreas de pesca, recreação e transporte de moradores do município, conforme Figura 6.

Figura 6: Mapa com os pontos

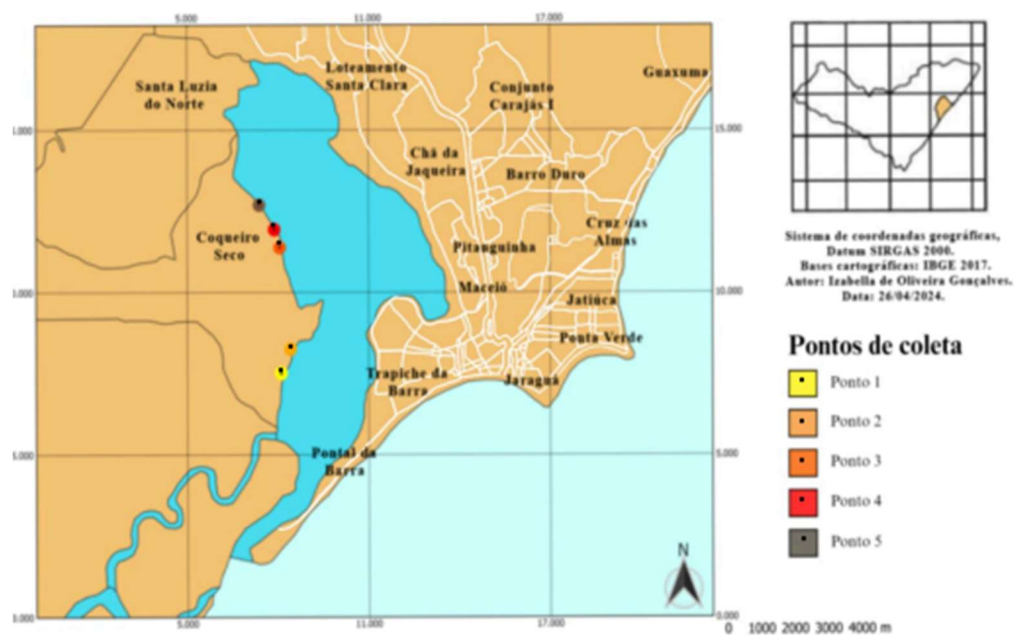
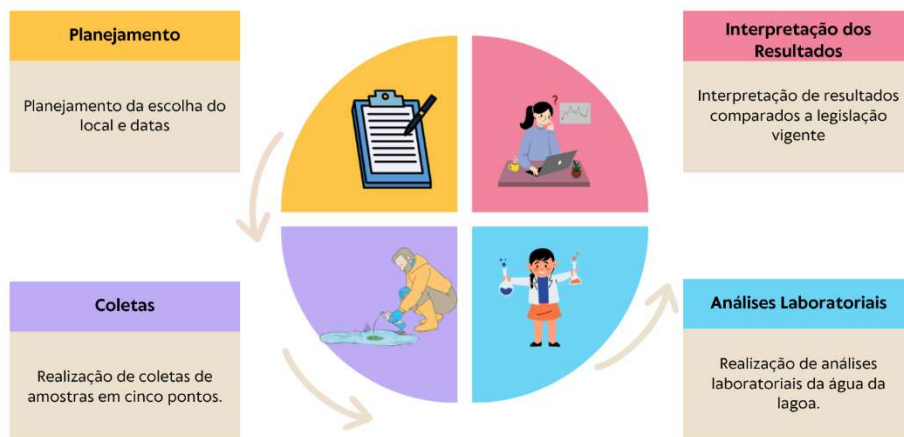


Ilustração por Izabella Gonçalves e Layse Faustino (2024), estagiárias do projeto.

A pesquisa de campo teve suas etapas definidas em quatro partes; planejamento consistindo na definição dos pontos; em seguida as amostragens por meio de coletas mensais; análises laboratoriais no Instituto Federal de Alagoas Campus Maceió e interpretação dos resultados conforme figura 7.

Figura 7: Delineamento pesquisa de campo

Delimitação de Pesquisa de Campo



Fonte, a autora, 2024

O monitoramento ocorreu por meio de coletas mensais nos cinco pontos no período de um ano. A primeira coleta em 21 de dezembro de 2023, 10 dias após o colapso da mina 18 em Maceió.

Para as coletas foram utilizados frascos estéreis de 100mL para análises microbiológicas; galões de 5 litros para os demais parâmetros. Todos os frascos e galões de coleta são identificados com as informações de cada ponto, transportados em caixas térmicas com gelo até os laboratórios do Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió, para realização da caracterização químicas e microbiológicas. Todas as análises têm o propósito de ter os resultados comparados com a legislação vigente.

5.1.1 Ponto 1

Primeiro ponto, coordenadas: -9.67110025137465; -35.79094394804897, o acesso para a laguna se dá através de um restaurante.

Figura 8: Ponto 1



Figura 1: a autora, 2024

5.1.2 Ponto 2

Segundo ponto, coordenadas: -9.66362399760634;-35.78839528089858, onde há presença recorrente de pescadores.

Figura 9: Ponto 2



Figura 2: A autora, 2024

5.1.3 Ponto 3

Terceiro ponto coordenadas: -9.638235844617252;-35.790896635868904 há uma praça, desague de um pequeno riacho e presença de pescadores.

Figura 10: Ponto 3



Figura 3:a autora, 2024

5.1.4 Ponto 4

Ponto 4 coordenadas: -9.633690076859029;-35.79186044210812 possui uma pequena praça, lugar de encontro de pescadores, há recorrente presença de urubu-preto *Coragyps atratus*; é uma espécie de ave catartiforme da família Cathartidae, pertencente ao grupo dos abutres do Novo Mundo atraídos por organismos em decomposição.

Figura 11: Ponto 4



Figura 4: a autora, 2024

5.1.5 Ponto 5

Ponto 5 coordenadas: -9.628153676846372; -35.795806546842456 local de difícil acesso por estrada de barro, com alta presença de matéria orgânica, plantas baronesas *Eichornia crassipes*, de acordo com Moraes e Cruz (2015) nascem ao sinal de poluição, as baronesas são espécies de filtros que se alimentam dos dejetos.

Figura 12: Ponto 5



Figura 5: a autora, 2024

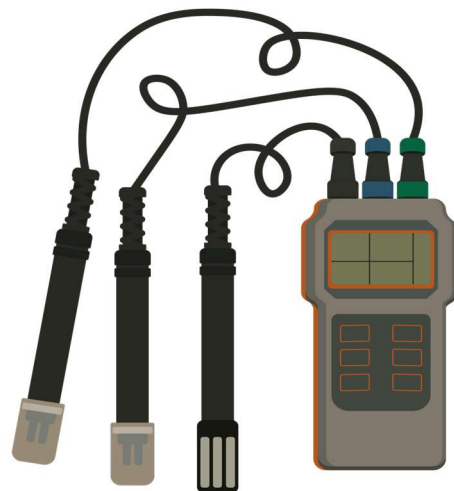
5.2 Análises *in loco*

In loco, alguns parâmetros foram mensurados com a sonda multiparâmetros (figura 8) marca AKSO, modelo AK88. São elas: pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura e condutividade. As demais análises foram realizadas nos laboratórios do Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió.

Figura 13: Sonda Multiparâmetros



Figura 6: a autora, 2024



5.3 Análises físico-químicas

5.3.1 Cor

Para medição de cor utilizou-se o equipamento DLA-COR DEL LAB calibrado previamente, no qual se coloca a amostra para leitura da cor. Pode-se ter a determinação de COR NATURAL e COR APARENTE em água, pelo Método PLATINO/COBALTO. Visor LCD 2 linhas X 16 caracteres, com função back-light (luz de fundo) para leituras em ambientes pouco iluminados. Resoluções selecionáveis: de 0,0 a 500 uC ou de 0 a 500 uC. Leitura em RGB, entre 400 a 700 nm.

5.3.2 Turbidez

O parâmetro de turbidez é realizado com o equipamento DLT-WV DEL LAB devidamente calibrado antes da análise. O Turbidímetro Microprocessado Digital é utilizado para análise de turbidez em água potável, efluentes, tratamento de água e processos; no campo ou laboratório. Atende a normas técnicas APHA, AWWA, STANDARD METHODS, ABNT e ISO7027. Gabinete em ABS, teclado em policarbonato resistente a corrosão e respingos. De fácil operação e manuseio, display com informações operacionais em português; Princípio de medição: NEFELOMÉTRICO, Faixas de medição: 0,00 a 1000 NTU; 0,00 a 250 EBC. Resolução: 0,01 NTU de 0 a 9,99 - 0,1 NTU de 10,0 a 99,9 e 1 NTU de 100 a 1000. 0,01 - 0,1 e 1 EBC. Precisão de +/- 2% em toda a escala, com média de leituras compensando flutuações causadas por grandes partículas em movimento e luz espúria (Viva laboratório de Analysis, 2024).

5.3.3 pH

A análise de pH das amostras foi feita com o auxílio do aparelho pH-metro modelo NI PHM da Nova Instruments. Lava-se o eletrodo com jatos de água destilada e enxuga-se cuidadosamente com papel absorvente macio. Por fim, foi colocado um volume suficiente da amostra em um béquer, o eletrodo foi mergulhado por cerca de três centímetros, apertou-se o botão medir inserido no visor do aparelho, esperou-se estabilizar e anotou-se o valor de pH especificado pelo aparelho.

5.4 Análises químicas

5.4.1 Alcalinidade

A verificação da alcalinidade se dá pela agitação de 25mL da amostra em um Erlenmeyer de 100mL, com adição de 3 gotas do indicador fenolftaleína; aparecendo uma coloração rósea, titula-se com solução de ácido sulfúrico 0,02 mol/L até desaparecimento da cor ou que esta fique ligeiramente rósea. Anota-se o volume gasto na titulação como, e determina-se o valor da alcalinidade em mg /L.

5.4.2 Dureza

Para análise de dureza foram vertidos 50 mL da amostra agitada em um Erlenmeyer, após acrescentou-se 2,0 mL da solução tampão de dureza pH 10, posteriormente foi inserido uma pequena massa (equivalente a ponta de uma espátula) do indicador Eriochromo Black. Uma solução padronizada de EDTA 0,01M foi vertida na bureta. Durante a titulação das amostras, observou-se a formação da coloração azul brilhante indicando o ponto de virada, posteriormente a titulação, foi anotado o volume utilizado e determinado o valor da dureza total em mg/L. de CaCO₃.

5.4.3 Cálcio e magnésio

Para análise de cálcio e magnésio, com o auxílio de uma proveta foi vertido 50 mL da amostra agitada em um Erlenmeyer de 250mL, em seguida foi adicionado 1,0 mL da solução de hidróxido de sódio (NaOH 1 mol/L). Acrescentou-se 0,2 g de indicador murexida e aguardou o aparecimento da coloração rósea. Logo após, a amostra foi titulada com solução padronizada de EDTA 0,01 M até o aparecimento da coloração violeta, indicando o ponto de virada. A partir do volume gasto é determinado o valor de cálcio, em mg/L de cálcio. A presença de cálcio e magnésio determina a dureza na água. Desta forma, a quantificação de magnésio foi determinada fazendo subtração dos valores de dureza total e cálcio.

5.4.4 Cloretos

A análise de cloretos, foi realizada com alíquota de 50mL de amostra agitada, vertida em um Erlenmeyer de 250 mL; adicionado duas gotas de fenolftaleína, com auxílio do pHmetro, ajustado, quando necessário pH da amostra entre 7 e 10, se necessário, por adição de NaOH ou H₂SO₄; em seguida, adicionado com auxílio de uma pipeta 1 mL da solução indicadora de

K_2CrO_4 ; realizada titulação com a solução-padrão de $AgNO_3$ 0,014 mol/L, até viragem para amarelo avermelhado (ou amarela para vermelho tijolo).

5.4.5 Acidez

Foi transferido 50 mL da amostra para um Erlenmeyer e adicionado 3 gotas do indicador fenolftaleína, titulou-se com solução padronizada de NaOH 0,02 mol/L até o aparecimento de uma coloração rósea indicando o ponto de virada, posteriormente a titulação, foi anotado o volume utilizado e determinado o valor da acidez da amostra.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente pesquisa realizou o monitoramento das características físicas, químicas e microbiológicas da água, considerando como referência os limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Os resultados obtidos permitiram avaliar a qualidade atual da água e forneceram subsídios para a proposição de medidas preventivas e corretivas voltadas à proteção da saúde pública. Ressalta-se, nesse contexto, a relevância da implantação de programas permanentes de monitoramento ambiental, a fim de assegurar a manutenção da qualidade dos recursos hídricos. Os dados referentes às análises físico-químicas e microbiológicas dos poços estão organizados em tabelas, acompanhados dos respectivos valores máximos permitidos pela referida Portaria. A escolha dos parâmetros de qualidade baseou-se nas diretrizes da Agência Nacional de Águas (ANA), que reconhece tais indicadores como essenciais para a determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA).

6.1 Temperatura

Por meio do uso da Sonda Multiparâmetros, foi possível mensurar a variável temperatura, inserindo-se diretamente os eletrodos na laguna. Observou-se uma variação significativa da temperatura ao longo do período analisado, conforme ilustrado na Figura 14. Lira (2019), em estudo conduzido em riachos que compõem o Complexo Estuarino Mundaú, ressalta que, mesmo quando as amostragens são realizadas em diferentes períodos, é imprescindível considerar as variações climáticas. Além disso, o uso e a ocupação do solo exercem influência direta sobre a temperatura da água. Mashiki (2012) destaca que distintos tipos de cobertura do solo afetam de maneira expressiva o comportamento da temperatura superficial em microrregiões impactadas. De forma semelhante, Callejas *et al.* (2011) identificaram uma correlação entre o aumento das temperaturas superficiais e o avanço da urbanização, ressaltando a ampliação da cobertura vegetal como medida fundamental para a mitigação desses efeitos.

Figura 14: Análise de temperatura

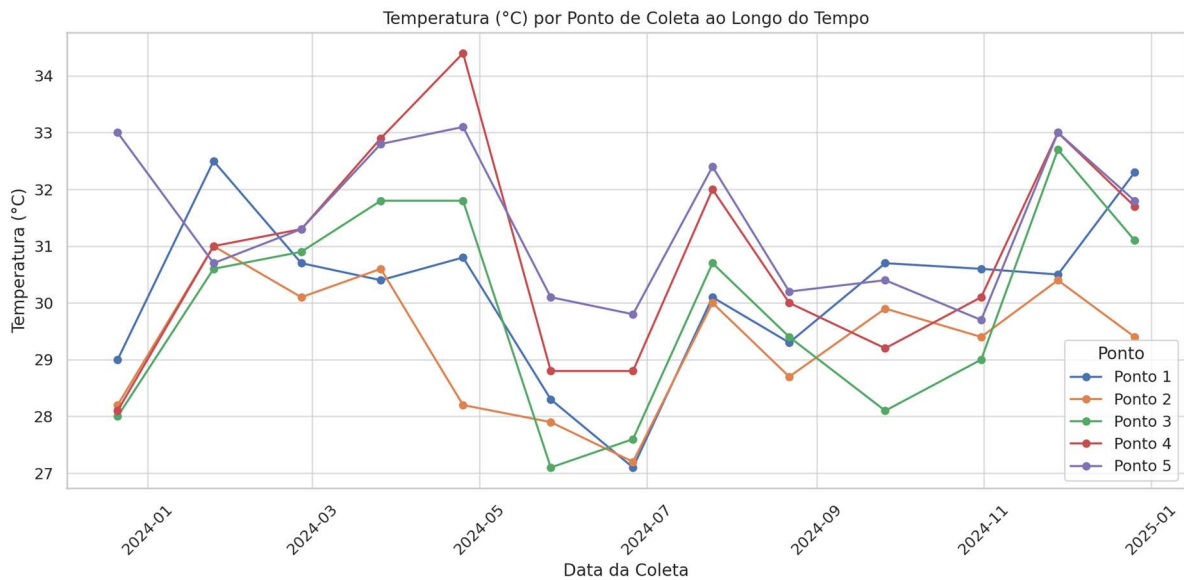


Figura 7: a autora, 2025

Pode-se observar na Tabela 1, que as medidas de temperatura apresentaram grandes variações. A temperatura é a medida da intensidade de calor, uma variável considerada muito importante no meio aquático, pois exerce influência sobre outras variáveis físico-químicas, a exemplo da solubilidade dos gases dissolvidos e da condutividade elétrica. Podendo a temperatura controlar a taxa de velocidade de reações químicas e biológicas, afetando a reprodução e crescimento da fauna e flora. Quando a temperatura aumenta, a água acelera as reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, amplifica o sabor e odor e eleva a atividade metabólica dos organismos (Patil, 2012).

6.2 Cor

Do ponto de vista dos processos erosivos superficiais e fluviais, dois parâmetros se destacam por serem diretamente afetados: a cor e a turbidez. Ambos podem ser avaliados por meio de medições físicas, caracterizando-se, portanto, como parâmetros físicos perceptíveis visualmente (Ewerling Luiz, 2012).

No que diz respeito a cor, é notável que os pontos 3 e 5 foram os que apresentaram valores mais críticos, porém esses valores podem ser justificados pelas condições em que a água da lagoa está exposta, pois a cor é geralmente um indicador da presença de metais (Fe, Mn), húmus (matéria orgânica oriunda da degradação de matéria de origem vegetal), plâncton (conjunto de plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas) dentre outras substâncias dissolvidas na água.

De acordo com a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), a água destinada ao consumo humano deve atender aos padrões de potabilidade estabelecidos. Entre esses parâmetros, o limite máximo permitido para cor aparente é de 15 uH⁴. Sendo esta uma água bruta, ou seja, sem tratamento, não deve ser utilizada para fins domésticos.

Figura 15. Análise de Cor

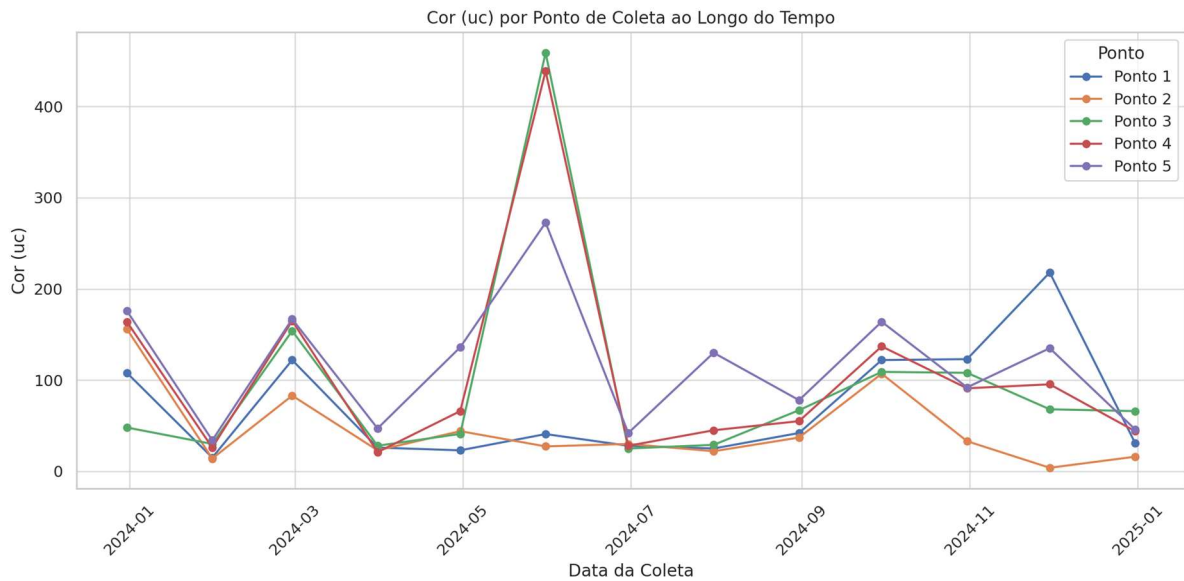


Figura 8: a autora, 2025

6.3 Turbidez

Todas as impurezas presentes na água, exceto gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos, os quais podem ser classificados de acordo com seu tamanho e suas características químicas. Aos materiais em suspensão, ainda se agregam organismos como bactérias, algas e protozoários, além de elementos químicos como o iodo por exemplo. Nas margens dos rios, é comum que o processo de erosão, especialmente durante as estações chuvosas, provoque o aumento da turbidez da água. Além disso, o lançamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais contribui para a elevação da turbidez, em razão do despejo de substâncias orgânicas e inorgânicas (APHA, 2017).

Figura 16: Análise de Turbidez agitada

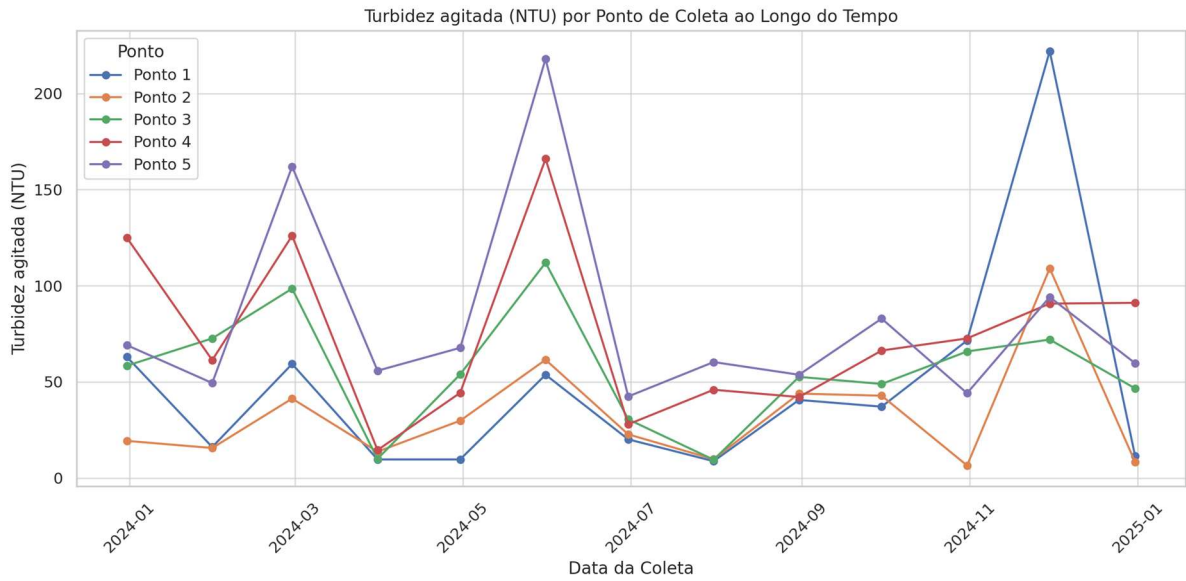


Figura 9: a autora, 2025

Figura 17: Análise de Turbidez decantada

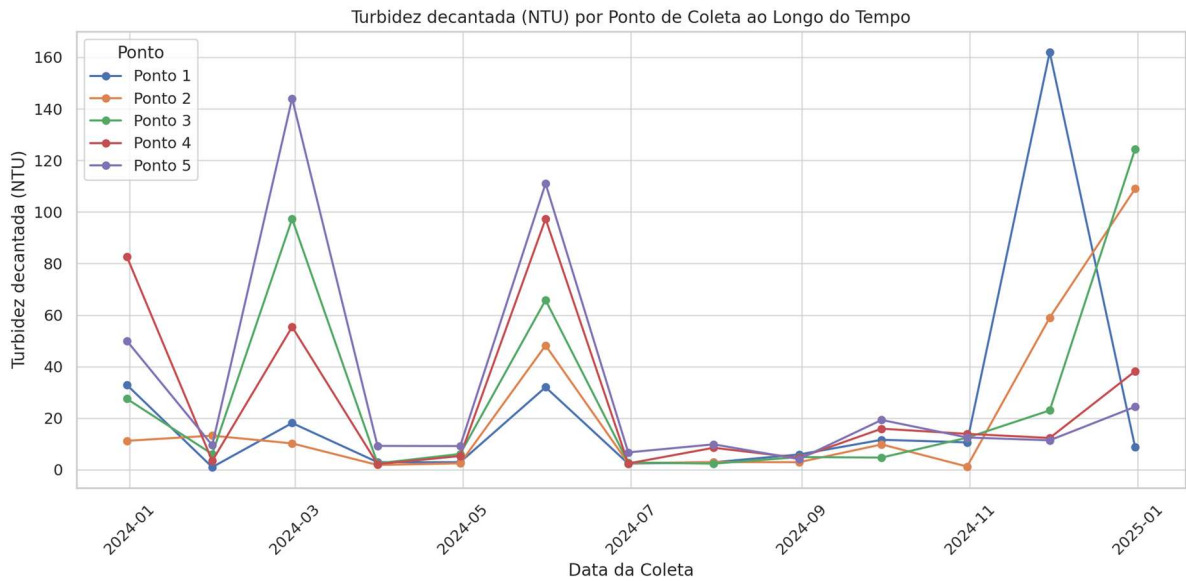


Figura 10: a autora, 2025

A turbidez agitada frequentemente foi mais alta do que a turbidez decantada, o que sugere que a água tem partículas finas ou materiais que não se sedimentam facilmente.

6.4 Condutividade elétrica

As análises de condutividade fornecem informações sobre a capacidade da água em conduzir corrente elétrica, diretamente relacionada à presença de íons dissolvidos. Segundo a CETESB (2009), valores superiores a $0,100 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ indicam a possível presença de esgoto no corpo d'água.

Figura 18: Análise de condutividade

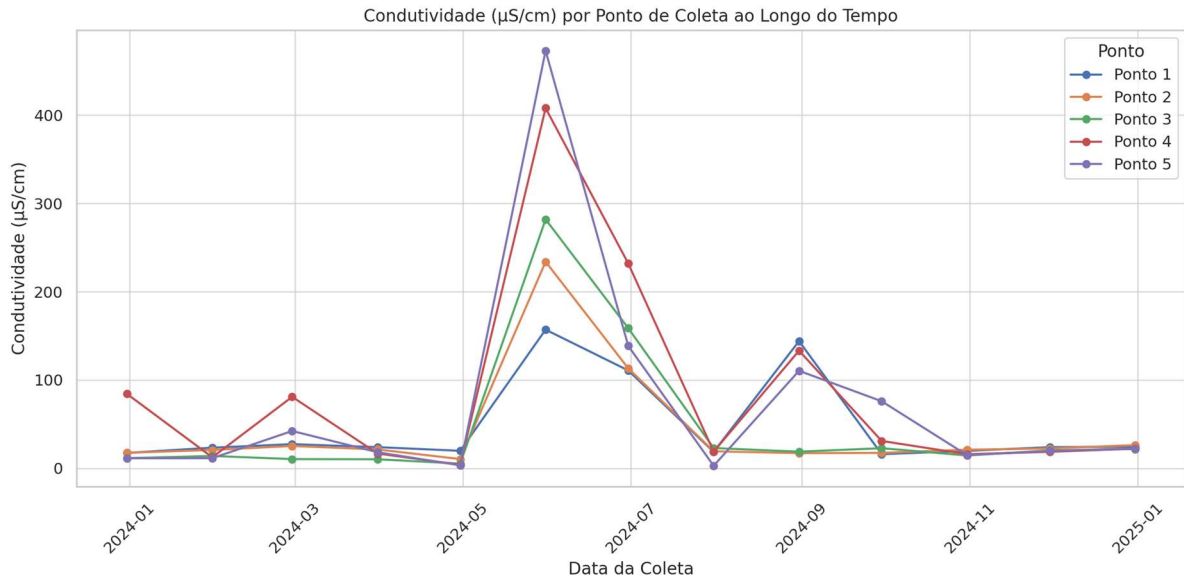


Figura 11: a autora, 2025

A condutividade da água é a capacidade que ela tem de conduzir corrente elétrica.

A água em si que conduz a eletricidade, mas sim os sais minerais que estão dissolvidos nela (compostos iônicos), como os cloretos, sulfatos, potássio, sódio, cálcio e magnésio. As águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar a $1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$, valor este que não foi ultrapassado, sendo o valor máximo encontrado de $473 \mu\text{S}/\text{cm}$ em 27/05/2024 no ponto 5.

Nos meses de maio e junho de 2024, nota-se um aumento expressivo da condutividade elétrica em todos os pontos, especialmente nos Pontos 4 e 5, que alcançaram valores acima de $400 \mu\text{S}/\text{cm}$. Esse comportamento pode estar associado à redução do volume hídrico ou à maior concentração de sais devido à evaporação e menor diluição. Já nos períodos seguintes, há redução gradual dos valores, sugerindo renovação da massa d'água ou influência de precipitações que diluem os íons presentes.

6.5 Salinidade

Considerando que os usos da água são inicialmente condicionados por sua salinidade, este parâmetro deve ser determinado como prioridade para o enquadramento da água, de acordo com as classes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005).

Figura 19: Análise de Salinidade

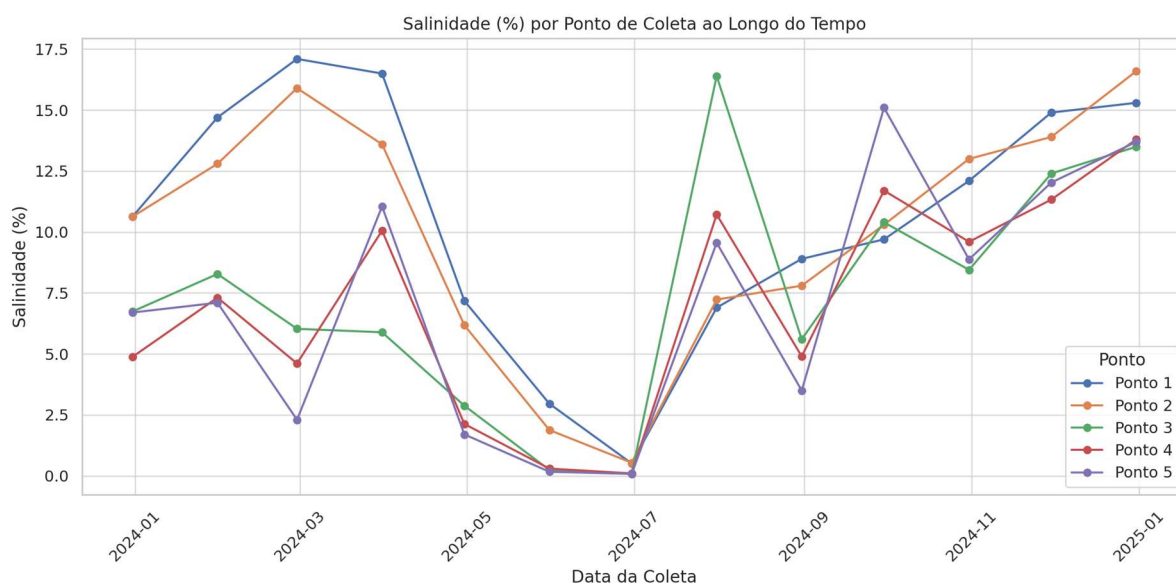


Figura 12: a autora, 2025

As mudanças no uso da terra, as variações sazonais em nosso clima e mudanças de longo prazo no clima podem afetar a água superficial, as águas subterrâneas, os fluxos entre elas e as quantidades de sal que elas contêm. O termo “salinidade” refere-se às concentrações de sais em água ou em solos. Comparando os resultados obtidos com a resolução CONAMA nº 357/2005, II - águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %, estão de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação. Os resultados de salinidade oscilaram entre 0,08% e 15,7%, com alguns pontos atingindo valores mais altos em determinadas épocas do ano, principalmente no verão, quando a evaporação é mais intensa. Isso pode ser um fator que influencia a fauna e flora aquáticas, já que algumas espécies são mais sensíveis à salinidade. O Ponto 5, em várias datas, mostrou valores de salinidade mais elevados, o que pode estar relacionado com a proximidade de fontes de salinização ou com a evaporação concentrada de água.

A salinidade apresentou variações compatíveis com a condutividade, reforçando a correlação entre as duas medidas. Valores mais elevados foram observados nos meses iniciais

(dezembro a março), indicando maior influência de águas salobras, enquanto os menores índices (maio a julho) podem estar relacionados a maior aporte de água doce.

De modo geral, a comparação dos resultados evidencia que as flutuações na condutividade elétrica e na salinidade refletem os processos de mistura entre águas doces e salobras, além de possíveis alterações sazonais e antrópicas que afetam a qualidade da água ao longo do período analisado.

6.6 Oxigênio dissolvido

A análise do oxigênio dissolvido (OD) é um dos parâmetros mais importantes para avaliar a qualidade ambiental da água, pois está diretamente ligada à respiração dos organismos aquáticos e à autodepuração (capacidade natural de limpeza) do corpo hídrico (Alpha 2017).

A temperatura da água influencia a solubilidade dos gases, afetando diretamente a concentração de oxigênio dissolvido. Como resultado, o processo de decomposição da matéria orgânica também é impactado, provocando alterações na qualidade da água (Branco, 1991).

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2009) um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta um teor de OD entre 8 a 10 mg.L⁻¹

Figura 20: Análise de oxigênio dissolvido

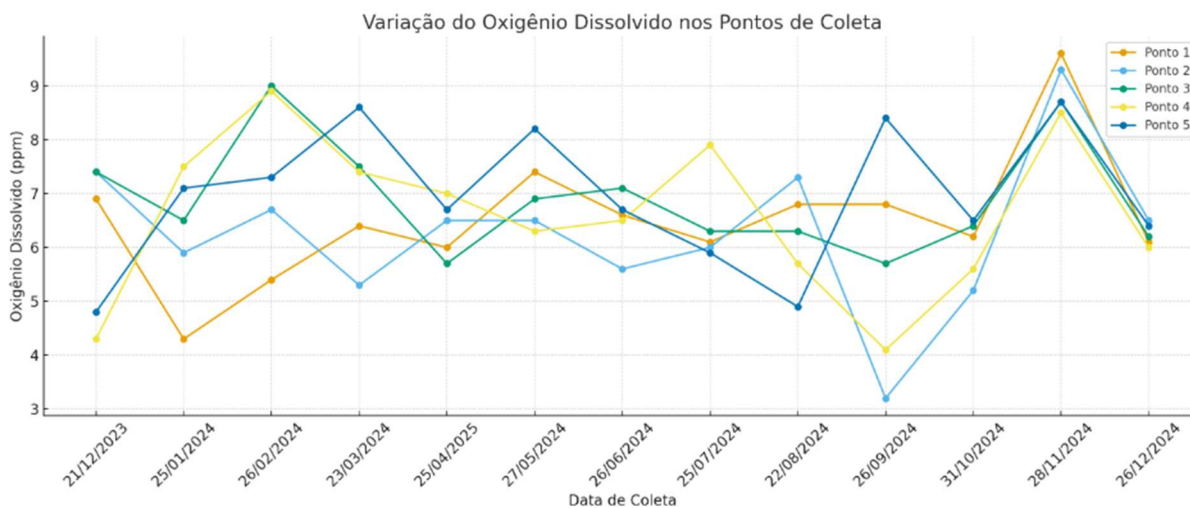


Figura 13: a autora, 2025

Conforme Figura 20, a concentração de oxigênio dissolvido variou entre 4,3 ppm (em 21/12/2023, Ponto 4) e 8,6 ppm (em 26/03/2024, Ponto 5). O valor ideal seria acima de 5ppm, já que baixos níveis de oxigênio indicam condições que podem prejudicar organismos aquáticos, entretanto, os valores obtidos mostram a dinâmica do local, em que dias diferentes

podem ter valores diferentes, afirmando a necessidade de monitoramento constante a fim de obter dados sólidos e conclusivos. A água da lagoa pode sofrer perdas de oxigênio dissolvido para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês, o Ponto 4, apresentou níveis mais baixos de oxigênio dissolvido em várias amostras, o que pode ser indicativo de maior decomposição de matéria orgânica ou poluição.

6.7 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Lira (2019) destaca em sua pesquisa que o pH é uma das variáveis mais relevantes para o enquadramento e a avaliação da qualidade da água em ambientes lóticos. Suas variações geralmente resultam do consumo e da produção de dióxido de carbono (CO_2) por organismos fotossintetizantes, bem como por processos de respiração e fermentação, que geram ácidos fracos. A presença de matéria orgânica contribui para a formação de ácidos húmicos e outros ácidos, reduzindo o pH e, conseqüentemente, aumentando a acidez do corpo d'água. É importante destacar que os rios brasileiros normalmente apresentam pH variando entre neutro e ácido. (Von Sperling, 2005). Os resultados de Lira (2019) estiveram dentro da faixa aceita pela resolução do CONAMA N°357/2005 (BRASIL, 2005).

Figura 21: Análise de pH

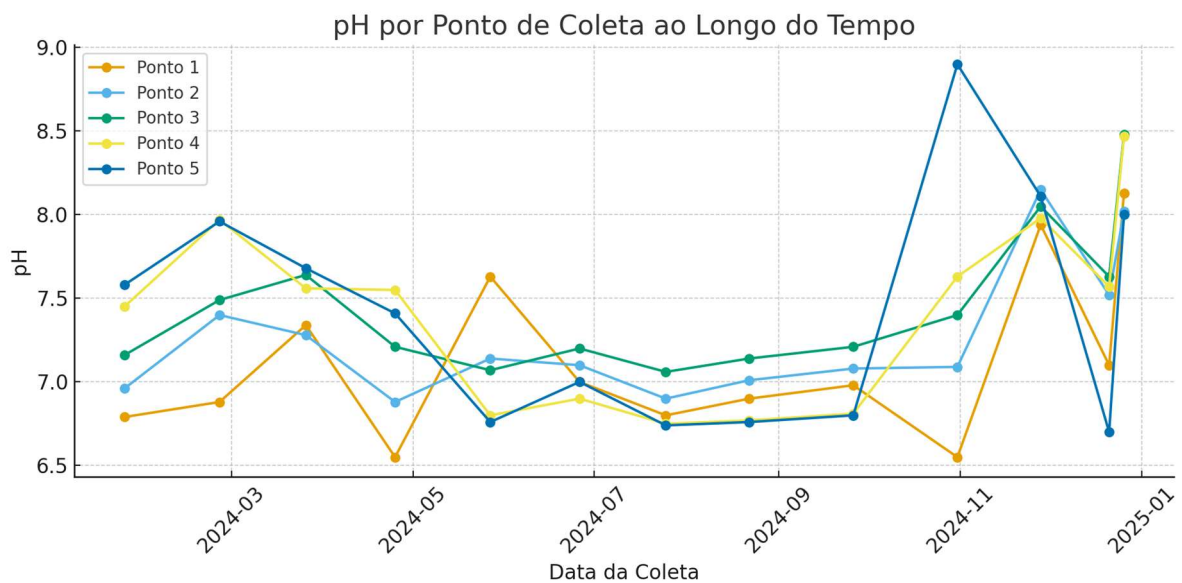


Figura 14: a autora, 2025

A resolução CONAMA nº 357/2005 aponta variação de pH ideal para águas salobras de classe I e II na faixa de pH de 6,5 a 8,5. A maioria dos resultados obtidos nos cinco pontos analisados, estão dentro da faixa ideal, o Ponto 1 em 25/04/2024 e em 31/10/2024 está um pouco abaixo, pode indicar aumento de matéria orgânica ou poluição. Nos últimos meses (novembro e dezembro), pH elevado até 8,48 no Ponto 3, pode estar ligado a processos de fotossíntese intensa ou despejo de efluentes alcalinos.

As mudanças climáticas devem ser levadas em consideração, pois com o aumento das chuvas, o pH da água tende a se aproximar da neutralidade. Esse fenômeno ocorre devido à maior diluição dos compostos dissolvidos e ao aumento do escoamento, que contribuem para a redução da acidez da água. (Lira, 2019).

6.8 Alcalinidade

A alcalinidade representa a quantidade total de substâncias presentes na água capazes de neutralizar ácidos, estando associada à presença de íons como bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Esses íons possuem caráter básico e, portanto, podem neutralizar a acidez das soluções, sendo sua determinação de grande importância para o controle da qualidade da água (Santos, 2013).

Figura 22: Análise de alcalinidade

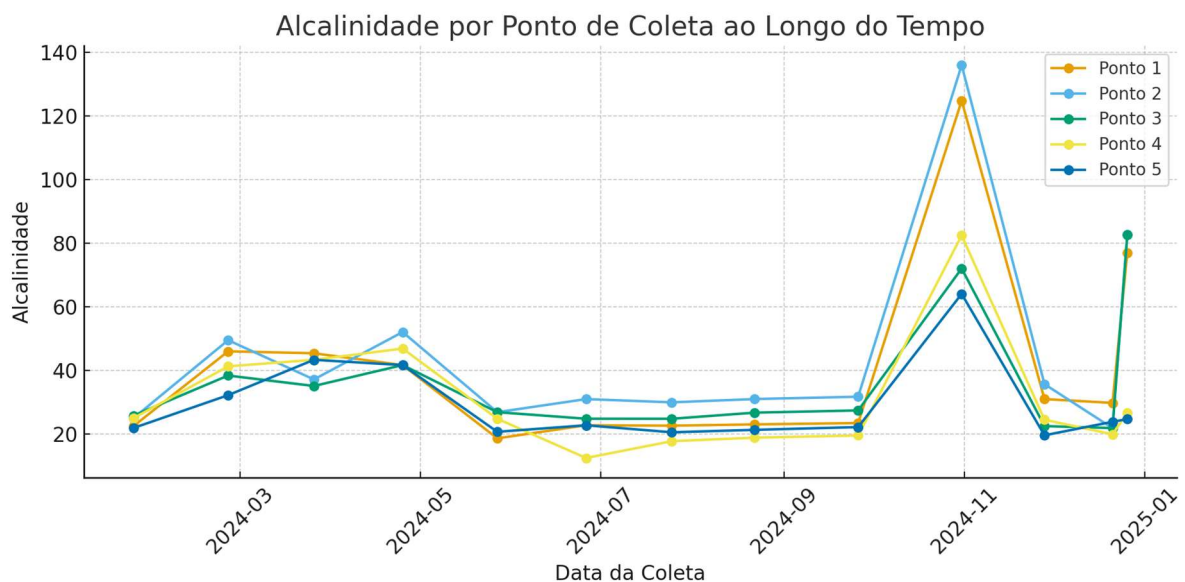


Figura 15: Análise de alcalinidade

A alcalinidade indica a presença de sais minerais dissolvidos na água, em miligramas por litro, (mg/l), este parâmetro se relaciona com pH. A maior parte dos valores está dentro ou pouco acima da faixa ideal. Em 31/10/2024, houve aumento expressivo do Ponto 2 com 136 mg/L, o que pode indicar a presença de carbonatos/bicarbonatos em excesso, possível contaminação por esgotos ou resíduos industriais. Em casos em que a alcalinidade encontra-se fora do Valor Máximo Permitido (VPM) podem indicar um elevado processo de decomposição, que afeta diretamente a concentração de oxigênio dissolvido no meio, provocando desequilíbrios ambientais e impactando as diversas formas de vida presentes, podem ainda manifestar alterações organolépticas, como alteração de cor, odor e percepção gustativa (Baird, 2002).

6.9 Cálcio e magnésio

A presença de cálcio e magnésio determina a dureza na água, nesse caso dureza de carbonatos. Portanto, a quantificação de magnésio foi determinada fazendo-se a diminuição dos valores detectados de dureza total e cálcio, respectivamente. Sendo os valores de dureza exorbitantes, conseqüentemente os resultados de cálcio e magnésio também serão elevados.

Figura 23: Análise de cálcio

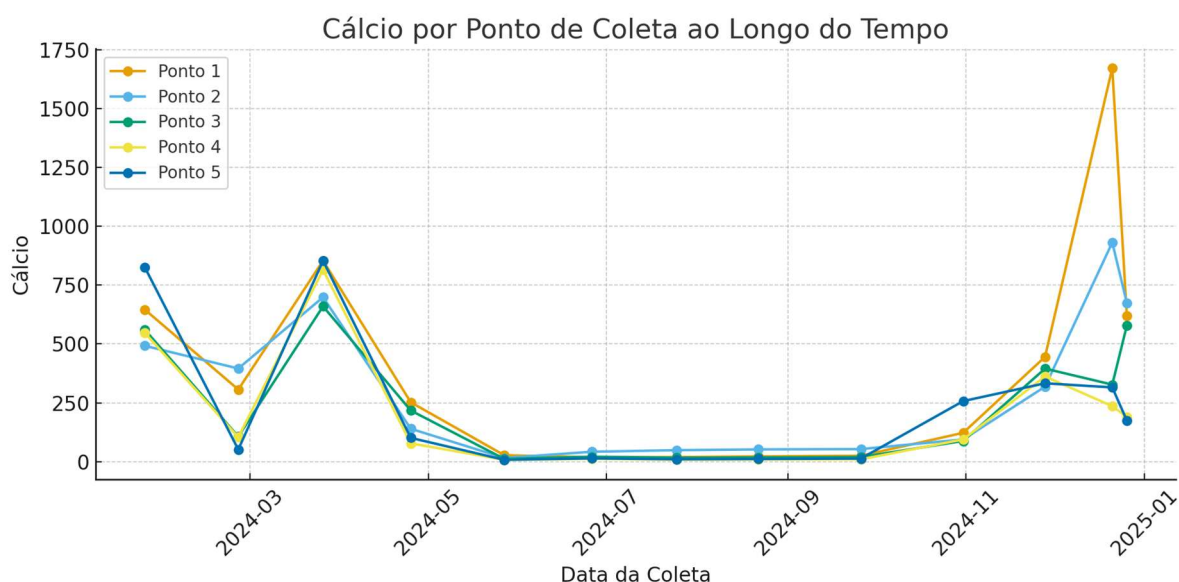


Figura 16: a autora, 2025

No que diz respeito a análise de Cálcio, foram obtidos valores altíssimos em muitos pontos, especialmente em 21/12/2024 no Ponto 1 com 1672 mg/L e 26/03/2024 também no

Ponto 1 com 853,6 mg/L. Indica enriquecimento por cálcio, provavelmente devido a atividades humanas — calcário, esgotos, fertilizantes. (Apda, 2012).

Figura 24: análise de magnésio

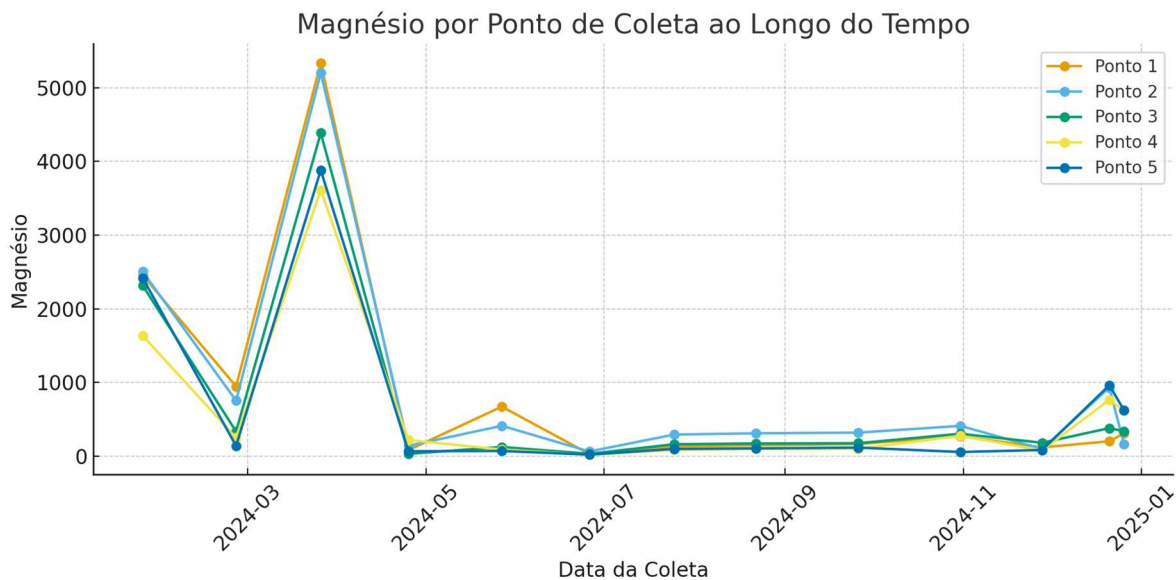


Figura 17: a autora, 2025

Para Magnésio era esperado obter valores extremamente altos em diversos pontos (devido resultados obtidos de cálcio e dureza) >5000 mg/L como em 26/03/2024 (Ponto 1: 5333,7 mg/L).

A Portaria GM/MS Nº 888/2021 não estabelece concentração de cálcio e magnésio como parâmetro de potabilidade. É importante destacar que a água da lagoa se faz necessária para diversos fins, como o consumo destinado a animais. Animais que consomem águas com altos teores de magnésio precisam estar adaptados a essa dieta, pois indivíduos provenientes de regiões com baixos níveis de sais podem apresentar toxicidade mesmo em concentrações menores. Os teores de magnésio podem variar ao longo do ano e, em casos extremos, o aumento para níveis críticos pode passar despercebido pelo produtor, sendo essas situações fontes que exigem monitoramento constante por meio de análises químicas (Farias, 2019).

6.10 Dureza total

No que diz respeito a dureza, os valores obtidos quase todos os pontos indicam água muito dura, especialmente entre janeiro e março (valores acima de 6000 mg/L em Ponto 1 e 2.

Isso pode ser por excesso de carbonatos ou atividade humana (escoamento agrícola, efluentes). Esses valores foram elevados diante da classificação da FUNASA (2014).

Classificação das águas, em termos de dureza (em CaCO_3):

- Menor que 50 $\text{mg}/1 \text{ CaCO}_3$ – água mole
- Entre 50 e 150 $\text{mg}/1 \text{ CaCO}_3$ – água com dureza moderada
- Entre 150 e 300 $\text{mg}/1 \text{ CaCO}_3$ – água dura
- Maior que 300 $\text{mg}/1 \text{ CaCO}_3$ – água muito dura

Figura 25: análise de dureza

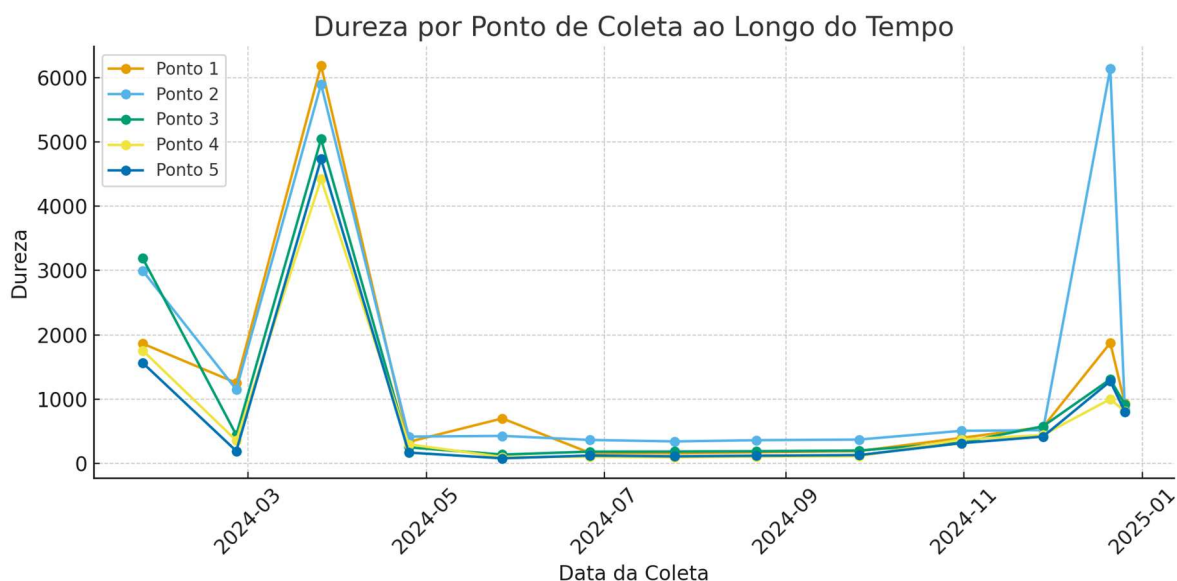


Figura 18: a autora, 2025

Valores acima de 500 mg L^{-1} tornam a água inadequada para consumo humano (Macêdo, 2003; Brasil, 2014). De acordo com Barcellos et al. (2006), níveis elevados de dureza podem conferir sabor desagradável à água e apresentar efeito laxativo em águas de abastecimento (Rocha *et al.*, 2006).

6.11 Cloretos

Os íons cloretos (Cl^-) tem origem na dissolução de sais, por exemplo, o cloreto de sódio (NaCl) e estão naturalmente presentes na água, em menor ou maior escala (Von Sperling, 2014). O conhecimento do teor de cloretos em corpos d'água fornece informações sobre seu grau de mineralização e pode indicar poluição proveniente de esgotos domésticos ou resíduos industriais. O cloro, na forma de íon cloreto (Cl^-), é um dos principais ânions inorgânicos presentes em águas naturais e residuais. Embora seja utilizado para a eliminação de bactérias,

vírus e outros microrganismos, o cloro é altamente tóxico e pode ser prejudicial à saúde humana, principalmente em altas concentrações ou em exposições prolongadas, mesmo em níveis baixos (Zugue 2018).

Figura 26: Análise de cloretos

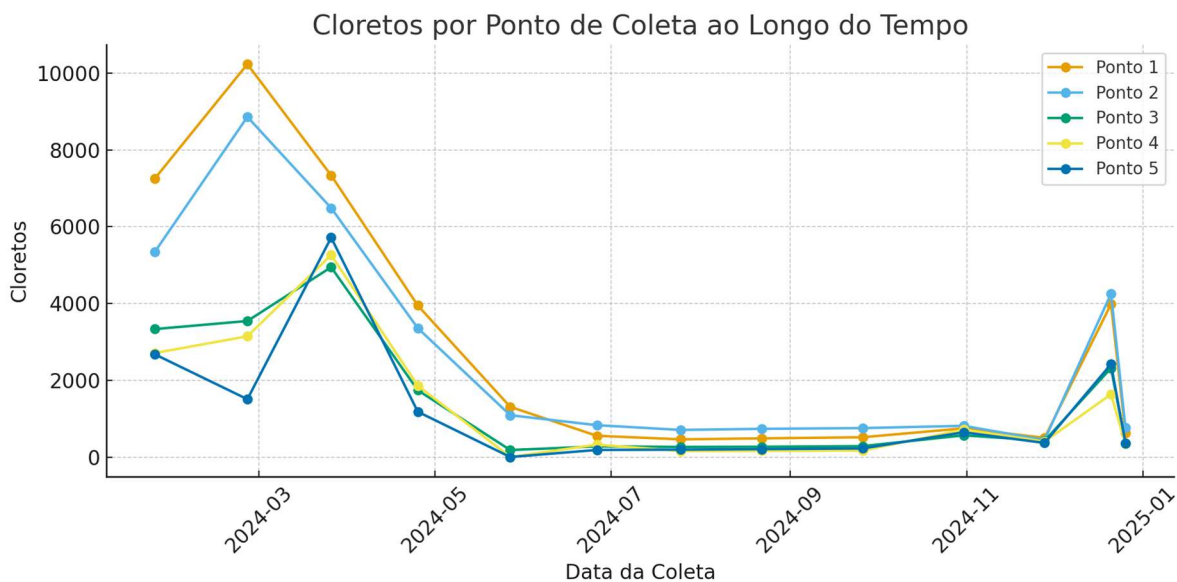


Figura 19: a autora, 2025

A quantificação de íons cloretos apresentou valores elevados em praticamente todos os pontos, considerados muito acima do ideal.

- Exemplo: 26/03/2024 — Ponto 1 com 7339,1 mg/L.
- Ponto 1 em 26/02/2024 com 10237 mg/L

Geralmente, o nível de cloretos dissolvidos na água está associado à quantidade de despejos e à presença de poluentes no ambiente, refletindo a qualidade da água para consumo e uso agrícola (Jardim 2017).

6.12 Acidez

A acidez corresponde à medida da concentração total de substâncias presentes na água capazes de neutralizar bases, estando diretamente relacionada à presença de dióxido de carbono (CO₂) livre. Esse CO₂ pode ter origem natural, pela absorção atmosférica, ou antropogênica, decorrente do lançamento de efluentes industriais e domésticos (FUNASA, 2014).

Figura 27. Análise de Acidez

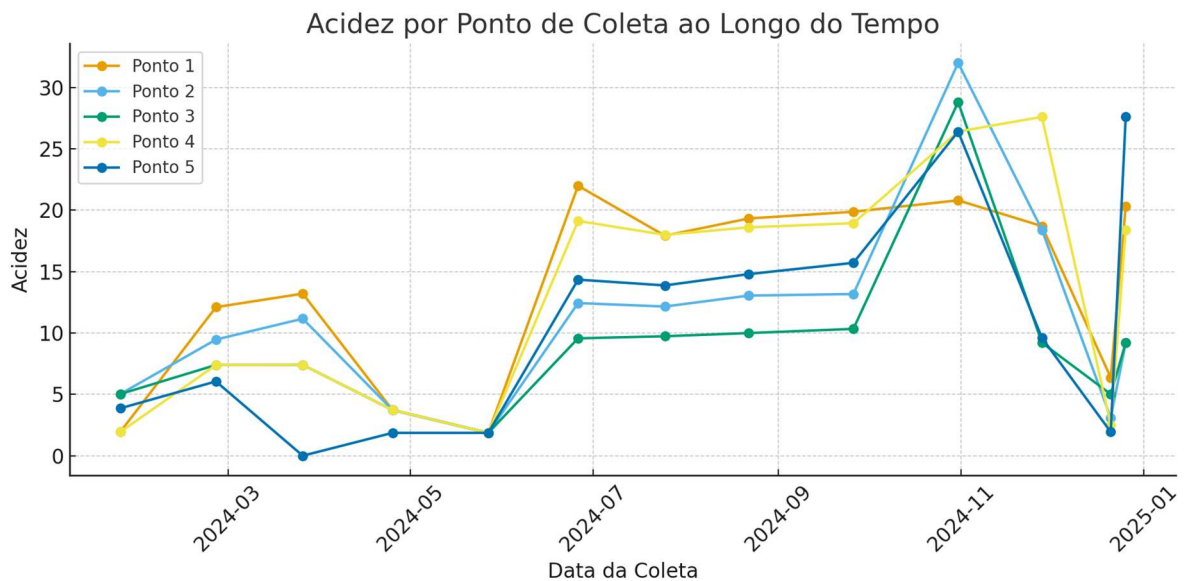


Figura 20: a autora, 2025

A acidez reflete a presença de ácidos dissolvidos. Valores naturais: normalmente baixos (entre 1 e 5 mg/L H_2SO_4 eq.). Alta acidez: pode indicar chuva ácida, resíduos industriais ou decomposição de matéria orgânica. Nos valores obtidos foi perceptível variação ao longo do tempo. Foram encontrados valores muito altos até 32 no Ponto 2 em 31/10/2024 se tem a possível correlação com baixa alcalinidade ou entrada de efluentes ácidos. Em alguns períodos (junho a setembro), há valores que aumentam significativamente sem aumento correspondente na alcalinidade, o que pode desequilibrar o pH e afetar organismos sensíveis.

6.13 Análises microbiológicas

A Resolução N° 274/2000 estabelecida pelo CONAMA, que define critérios para classificar as lagoas quanto à qualidade da água, onde, são consideradas lagoas próprias, quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas não excedam um limite de 1.000 NMP (Número Mais Provável) de coliformes termotolerantes por 100 mL da amostra de água ou 800 NMP de *Escherichia coli* por 100 mL da amostra de água. As lagoas são consideradas impróprias, quando não obedecer ao critério anterior ou quando venha apresentar um valor superior a 2.500 coliforme termotolerante por 100 mL ou valor superior a 2.000 *Escherichia*

coli por 100 mL da amostra de água. Diante disto os resultados encontrados serão classificados com satisfatórios e insatisfatórios.

Diante dos dados apresentados na tabela 3 pode-se observar que nas amostras houve expressiva presença de microrganismos, as contaminações são propensas devido o recorrente descarte de efluentes, e esgotos nas margens da lagoa. Foi visto que no período de Dez/2023, Jun/2024, Jul/2025, Ago/2024, Out/2024, Dez/2024 foram obtidos valores >1100 para coliformes totais e termotolerantes em praticamente todos os pontos. São valores muito acima dos limites aceitáveis para águas recreacionais e completamente inadequados para consumo humano, um dado preocupante, uma vez que microrganismos termotolerantes são patógenos podendo levar a infecções, como diarreia com sangue, náuseas, vômitos, febre hemorrágica, levando a distúrbios gravíssimos.

7. CONCLUSÕES

A análise temporal dos parâmetros de qualidade da água evidencia variações sazonais marcantes. Nos meses de verão, observam-se temperaturas mais elevadas e maiores valores de turbidez, fatores que podem afetar negativamente a qualidade da água e a biodiversidade local. Em contrapartida, durante o período de inverno (maio e junho), nota-se uma redução nos níveis de turbidez e nas concentrações de matéria orgânica, o que indica uma melhora temporária nas condições do ecossistema aquático.

Determinados locais, especialmente os Pontos 4 e 5, apresentaram valores elevados de turbidez, condutividade e salinidade, sugerindo a presença de poluição ou alterações significativas nas condições naturais da laguna. Esses resultados reforçam a necessidade de atenção especial a essas áreas, visto que a manutenção de níveis adequados de oxigênio dissolvido é essencial para a sobrevivência da fauna aquática.

Os dados referentes às concentrações de cloretos indicam a ocorrência de intrusão salina, possivelmente associada à atividade da mineradora Braskem, responsável pela extração de sal-gema em minas localizadas nas proximidades da laguna. Essa influência antrópica pode estar contribuindo para o aumento da salinidade observada em determinados pontos de amostragem.

As análises microbiológicas apresentaram números significativamente elevados de coliformes termotolerantes, caracterizando um cenário de contaminação microbiológica preocupante. Dessa forma, a água da laguna é considerada inadequada para uso doméstico e recreativo, sendo imprópria para banho e potencialmente transmissora de doenças infecciosas.

Diante dos resultados obtidos, recomenda-se a continuidade do monitoramento ambiental, com foco na redução da turbidez e controle da salinidade, além da investigação das fontes de poluição nos pontos mais críticos. Essas ações são fundamentais para a recuperação da qualidade da água e a preservação do equilíbrio ecológico da laguna.

8. REFERÊNCIAS

- BASTOS, R. K. X. A norma brasileira de qualidade da água para consumo humano em revisão - um convite à reflexão sob a ótica dos direitos. 35 p. 2020.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 mai. 2021.
- COELHO, Renato. *Colapso de parte da mina da Braskem ainda gera riscos em Maceió, alerta docente da Unesp*. Jornal da Unesp, São Paulo, 12 dez. 2023. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2023/12/12/colapso-de-parte-da-mina-da-braskem-ainda-gera-riscos-em-maceio-alerta-docente-da-unesp/>. Acesso em: 30 out. 2025.
- CRUZ, R. R. Dinâmicas socioambientais na produção do espaço da Massagueira em Marechal Deodoro-AL. 2019. 139 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.
- FERREIRA, Bruno; SILVA, João Pedro Luiz Santos da; SILVA, Thiago Cavalcante Lis; FERREIRA, Mikael; VENÂNCIO, Sthefany Vitória de Carvalho. Morfodinâmica do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba - CELMM, litoral sul de Alagoas. *Caderno de Geografia*, v. 34, n. 77, p. 692, 2024. DOI: 10.5752/p.2318-2962.2024v34n77p692.
- FORTE, Ana Beatriz Fernandes. *Impactos urbanos provocados pelo fenômeno de subsidência do solo: estudo de caso em Maceió, Alagoas*. 2023. 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil – Bacharelado) – Centro Universitário de Patos – UNIFIP, Patos, PB, 2023.
- Santos, O. S.; Santos, J. C. C.; Silva, A. P. B.; Oliveira, L. C.; Carmo, J. B.; Botero, W. G.; *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **2017**, 3, 1.
- JACUDINO, J. S.; Santos, O. S.; Santos, J. C. C.; Botero, W. G.; Goveia, D.; Carmo, J. B.; Oliveira, L. C.; *J. Environ. Chem. Eng.* **2015**, 3, 708.
- PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. *Monitoramento da qualidade da água*. Publicado em 16 set. 2025. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/analise-agua-monitoramento-qualidade/>. Acesso em: 22 out. 2025.
- RODRIGUES, Ricardo. *Estudo alerta para riscos em torno da mina 18: laudo encomendado pela mineradora é entregue à ANM, com dados sobre avanço da subsidência na lagoa*. Tribuna

Independente, Maceió, 22 jul. 2025. Disponível em: <https://tribunahoje.com>. Acesso em: 22 out. 2025.

SANTOS, Wellington. *Defasado 20 anos, Plano Diretor prevê resguardar patrimônio de bairros afetados pela Braskem*. Tribuna Independente, Maceió, 20 set. 2025. Atualizado em 20 set. 2025. Disponível em: <https://www.tribunahoje.com.br/cidades/defasado-20-anos-plano-diretor-resguarda-bairros-braskem>. Acesso em: 15 out. 2025.

SOUZA, S. D., ARAÚJO, R. C. O. S., SOUZA, M. V., FILHO, F. S. P., MADEIRA, M. J. A. Estudo socioambiental na Amazônia brasileira com foco na qualidade da água. Rev. Int. Investigação Ciências. Sociais. vol.13, NO1. 76-92 p, 2017.

SOUZA, C. B. Qualidade microbiológica de OSTRAS (*Crassostrea* sp.) e de águas coletadas em cultivos e em bancos naturais da ilha de São Luís-MA. Dissertação. Universidade Estadual do Maranhão Centro de Ciências Agrárias Departamento de Patologia Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. São Luís –MA. 1-70 p. Brasil, 2021.

XIONG, S.; WU, Z; LI, Z. Facile fabrication of robust, versatile, and recyclable biochar-graphene oxide composite monoliths for efficient removal of different contaminants in water. Chemosphere, 287, (pt. 04), 2021.

**9. APÊNDICE – PRODUTO TÉCNICO/TECNOLÓGICO – MANUAL DE COLETA
DE ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA ANÁLISES QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS**

MANUAL DE COLETA DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS PARA ANÁLISES
QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

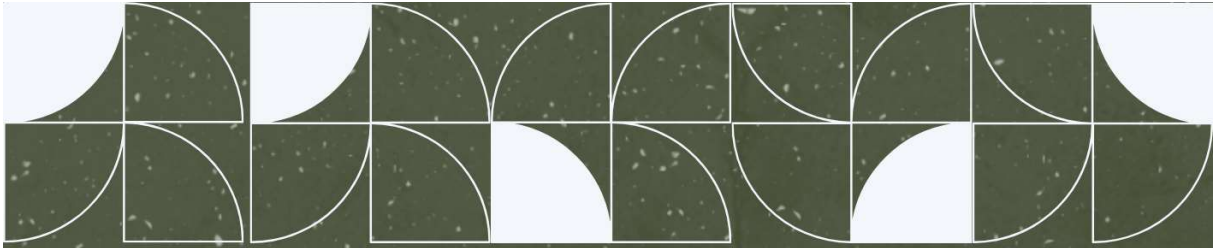
Autor: Naiara da Silva Santos Felix
Orientadores: Aurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva
Raposo
Johnnatan Duarte de Freitas
Alan John Duarte de Freitas





Instituto Federal de Alagoas
Campus Marechal Deodoro
Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais





Instituto Federal de Alagoas
Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais
Mestrado Profissional

**MANUAL DE COLETA DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS PARA ANÁLISES QUÍMICAS
E MICROBIOLÓGICAS**

Autor: Naiara da Silva Santos Felix
Orientadores: Aurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva
Raposo
Johnnatan Duarte de Freitas
Alan John Duarte de Freitas

Tipo de Produto Técnico ou Tecnológico
Manual

Linha de Pesquisa
Monitoramento Ambiental



MANUAL DE COLETA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA ANÁLISES QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

Ministério da Educação
Instituto Federal de Alagoas

Reitor

Carlos Guedes de Lacerda

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Eunice Palmeira da Silva

Coordenador do Mestrado em Tecnologias Ambientais

Joabe Gomes de Melo

**Autores: Naiara da Silva Santos Felix
Aurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva Raposo
Johnnatan Duarte de Freitas
Alan John Duarte de Freitas**

Projeto Gráfico:

Naiara da Silva Santos Felix

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS
*A reprodução não autorizada desta
publicação, no todo ou em parte, constitui
violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)*

APRESENTAÇÃO

.....

Análises de água são fundamentais para verificar potabilidade, balneabilidade e demais aplicações dos recursos hídricos no consumo humano. A relevância social desse conhecimento manifesta-se na contribuição direta para a proteção da saúde coletiva e para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Ao atuar no controle da qualidade da água destinada ao consumo humano, ao uso industrial e à irrigação agrícola, o técnico em Química desempenha um papel estratégico na prevenção de doenças de veiculação hídrica e na redução dos efeitos negativos da poluição sobre as populações vulneráveis. Além disso, o envolvimento dos discentes em atividades de análise e monitoramento ambiental favorece a formação da responsabilidade socioambiental crítica, fortalecendo o compromisso ético e profissional com a preservação do meio ambiente e o bem-estar da sociedade.

Este manual de capacitação constitui-se em produto técnico e tecnológico vinculado à pesquisa intitulada: "Monitoramento da qualidade da água da Laguna Mundaú em pontos estratégicos do município de Coqueiro Sêco - AL", desenvolvida por Naiara Felix no âmbito do Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais - Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), campus Marechal Deodoro. A pesquisa teve, como objetivo, analisar a qualidade da água da Laguna, tendo em vista os problemas sociais de seu entorno.

A abrangência do estudo e da prática de análises de água no curso técnico em Química entre outros, estende-se para além do ambiente laboratorial, envolvendo dimensões educacionais, ambientais, industriais e sociais. Essa área do conhecimento abarca desde a caracterização físico-química e microbiológica de diferentes tipos de águas: superficiais, subterrâneas, salobras e residuárias, até a aplicação de metodologias analíticas para o controle de qualidade em estações de tratamento, indústrias e instituições de pesquisa. No contexto ambiental, as análises de água fornecem subsídios técnicos indispensáveis para o monitoramento de ecossistemas aquáticos e para a avaliação do cumprimento de padrões legais de enquadramento de corpos hídricos, conforme diretrizes do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Essa multiplicidade de aplicações reforça a importância de o estudante compreender não apenas os aspectos metodológicos das análises, mas também sua inserção no contexto da gestão ambiental e do desenvolvimento sustentável. Assim, o domínio dessas práticas amplia as possibilidades de atuação profissional e consolida o papel do técnico como agente essencial na promoção da qualidade ambiental e na preservação dos recursos hídricos.

ÍNDICE

Apresentação	1
Descritivo do Produto Técnico e Tecnológico.....	3
1. Operações: coleta de água.....	4
2. Seleção da área de estudo.....	5
3. Em laboratório.....	6
4. Preparo de material: Coleta de amostra microbiológica.....	7
5. Preparo.....	8
6. Ida a Campo.....	9
7. Pós-coleta.....	10
8. Cuidados Especiais.....	11

Descritivo do Produto Técniico/Tecnológico

O Instituto Federal de Alagoas possui diversos grupos de pesquisa, com integrantes de diversos cursos, entre servidores e estudantes de nível Médio técnico, graduação, mestrado e doutorado. Este manual é destinado ao Grupo de Pesquisa de Análise de Águas do IFAL Campus Maceió, e visa auxiliar os futuros membros deste grupo a terem familiaridade com o método de coleta de águas superficiais e demais pesquisadores interessados.

1. OPERAÇÕES: COLETA DE ÁGUA

PLANEJAMENTO

É essencial definir o objetivo da coleta, definir a classe de água que será analisada, se serão águas subterrâneas, águas superficiais, água tratada para uso doméstico por exemplo. Definir periodicidade

PREPARO MATERIAL MICROBIOLÓGICO

Verificar método, disponibilidade de material e equipamentos para análises microbiológicas

SEPARAÇÃO DE MATERIAL

Definidos os parâmetros a serem mensurados, é necessário separar todo material a ser utilizado nas coletas.

PREPARO DE EQUIPAMENTOS

É necessário realizar verificação de funcionalidade e calibração de equipamentos.

IDA A CAMPO

Para ir a campo é necessário planejar o transporte, planejamento financeiro e registros de imagens e características do ambiente.

2. SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Defina o local

Defina o local, considerando as condições climáticas e acessibilidade ao local. Chuvas podem dificultar o acesso a rios e lagoas.

Defina os pontos

Defina a quantidade de pontos, e quais serão ao longo do rio. Sempre observando acessibilidade.



Defina a regularidade

O seu monitoramento pode atender uma regularidade, por exemplo, mensal; sazonal, previamente definida

Defina seus recursos

Verifique a disponibilidade da sua equipe de ir a campo, se precisará que membros fiquem a espera das amostras.



REGISTRE

Registre o local, as peculiaridades ao longo do caminho e as condições climáticas.

3. EM LABORATÓRIO



PREPARO DE MATERIAL

Agora que você já sabe onde e quando irá coletar suas amostras é hora de separar seu material para ir a campo.

SEPARE FRASCOS

Localize em seu laboratório garrafas ou frascos de coleta. Reserve sempre uma quantidade além do necessário em caso de intercorrências.



IDENTIFICAÇÃO

É momento de separar todo material destinado a identificação das amostras: canetas esferográficas, prancheta, fichas de identificação, etiquetas para as garrafas.

EQUIPAMENTOS

Se for necessário uso de equipamentos para mensurar parâmetros in loco, verificar disponibilidade e funcionamento.



4. PREPARO DE MATERIAL - COLETA DE AMOSTRA MICROBIOLÓGICA

SEPARE FRASCOS ESTÉREIS

Separe frascos estéreis para coleta de amostras para análise microbiológica. Na ausência de frascos descartáveis, esterilize frascos reutilizáveis.



FRASCOS

Separe a quantidade de frascos de acordo com o número de pontos a serem analisados, lave-os com água destilada. Embale-os em papel Kraft.

AUTOCLAVE

Leve os frascos à autoclave que deve ter seu funcionamento previamente conferido, assim como sua limpeza com álcool 70%.



ESTERELIZAÇÃO

Com o material dentro da autoclave limpa, feche o equipamento, rosqueando as porcas de maneira cruzada para distribuir a pressão, ligue o equipamento. Esterilizar a 121°C por 15 minutos.

SECAGEM

Com os frascos esterilizados, é hora de secá-los na estufa por 30 minutos a 70°C.



5. PREPARO

EQUIPAMENTOS

Alguns parâmetros podem ser mensurados in loco, como cloro livre, com uso de clorímetro.

Outros parâmetros como salinidade, oxigênio dissolvido, temperatura e pH, pode ser observados com a sonda multiparâmetros



CALIBRAÇÃO

Todos os equipamentos envolvidos devem ter o funcionamento verificado e calibração em dia.

SONDA MULTIPARAMETROS

Após cada uso, limpe a sonda com água limpa para remover qualquer sujeira ou resíduos. Se a sonda for usada em água salgada ou poluída, é especialmente importante limpar imediatamente após o uso para evitar corrosão ou acúmulo de resíduos.



CLORÍMETRO

Calibrações periódicas, realizadas conforme as recomendações do fabricante, são fundamentais para manter a precisão do clorímetro, especialmente em uso intensivo ou crítico, como no controle de qualidade de água potável.



6. IDA A CAMPO



Planejamento

Defina:
- Datas
- Horário
- Orçamento

EPI

Tenha os equipamentos de proteção individual em mãos:
luvas, botas, jaleco.



RESERVA DE VEÍCULO

• Prepare o transporte;
Em caso de utilização de carro institucional, solicite com antecedência;
Caso particular, verifique se a revisão está em dia.

PLANEJAMENTO FINANCEIRO

Se prepare financeiramente para eventualidades;
como alimentação e aquisição de gelo.



REGISTRO

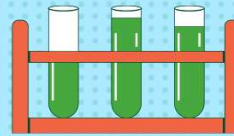
Prepare previamente o formulário de coleta para registrar as análises realizadas in loco.

7. Pós-coleta

Finalizadas as coletas, é hora de acondicionar as amostras em caixa térmica com gelo a fim de preservar a integridade de suas características.
Realizar registro na ficha abaixo

Registro

É importante registrar as condições climáticas, pois podem interferir nos resultados



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS

COLETA DE ÁGUA

Data da Coleta: ____ / ____ / ____

Responsável pela coleta: _____

Condições Climáticas: Chuva nas últimas 48h () Chuva no momento da coleta ()

Céu no momento da coleta: Ensolarado () Nublado ()

Procedência: Água Superficial () Água Subterrânea ()
Água Tratada () Água Bruta ()

Identificação da amostra	Hora	Temperatura	pH	Análise de Campo			
				Condutividade	OD	Salinidade	Cloro Livre
EX: Ponto 1							
Ponto 2							
Ponto 3							

Data e Hora do Recebimento em Laboratório ____ / ____ / ____ : Responsável pelo Recebimento: _____

8. CUIDADOS ESPECIAIS

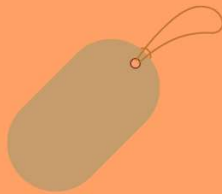


Nunca Reutilize Frascos Descartáveis

Adicione a regra e o exemplo de letra maiúscula aqui.

EVITE CONTAMINAÇÃO

Evite o toque desnecessário as garrafas/frascos, para que não haja contaminação.



IDENTIFICAÇÃO

Identifique suas amostras. Além de preencher a ficha de coleta, em cada garrafa/frasco, coloque o local e data.

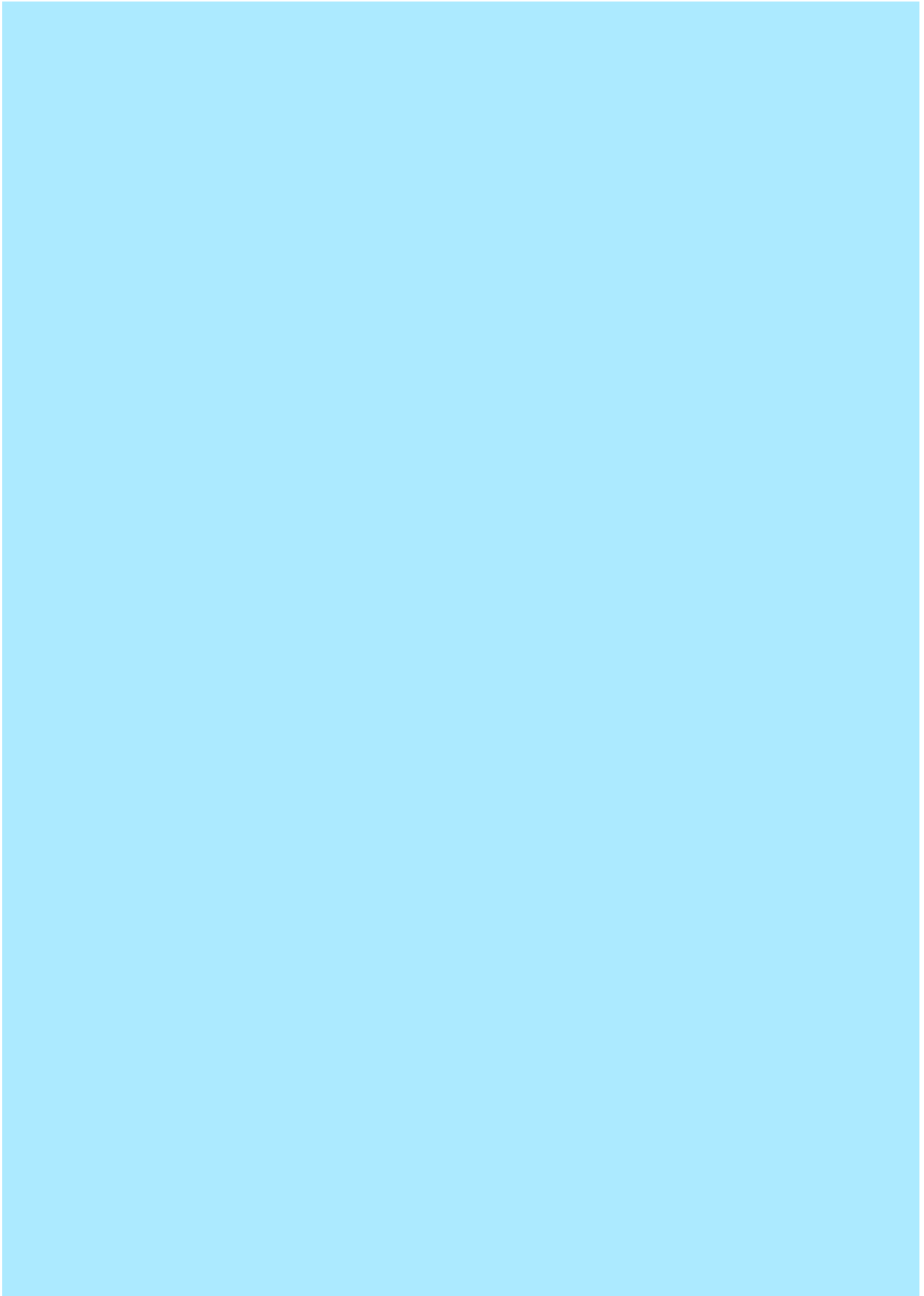
ACONDICIONAMENTO

Acondicionar as amostras de forma a evitar quedas e atritos, protegendo-as de danos.



REFRIGERAÇÃO

Ao coletar, coloque suas amostras em caixa térmica com gelo durante o transporte até o laboratório. Chegando no laboratório, se não for analisar no mesmo momento, guardar em geladeira apropriada.



10. ANEXOS

Tabela 1: Análises de Temperatura

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/062024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	7,1	6,79	6,88	7,34	6,55	7,63	7	6,8	6,9	6,98	6,55	7,94	8,13
Ponto 2	7,52	6,96	7,4	7,28	6,88	7,14	7,1	6,9	7,01	7,08	7,09	8,15	8,02
Ponto 3	7,63	7,16	7,49	7,64	7,21	7,07	7,2	7,06	7,14	7,21	7,4	8,05	8,48
Ponto 4	7,57	7,45	7,97	7,56	7,55	6,8	6,9	6,75	6,77	6,81	7,63	7,98	8,47
Ponto 5	6,7	7,58	7,96	7,68	7,41	6,76	7	6,74	6,76	6,8	8,9	8,11	8

Tabela 2: Análises de Cor uc

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/062024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	108	15	122	26	23	40,81	28	25	42	122	123	218	31
Ponto 2	156	14	83	23	44	27,31	30	22	37	107	33	3,86	16
Ponto 3	48	30	154	28	41	459	25	29	67	109	108	68	66
Ponto 4	164	26	165	21	66	438,9	28	45	55	137	91	95,4	44
Ponto 5	176	34	167	47	136	272,7	42	130	78	164	92	135	46

Tabela 3: Análises de Turbidez agitada

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/062024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto1	63,0	16,1	59,3	9,66	9,66	53,7	20,1	8,75	40,6	37,1	71,5	222	11,4
Ponto2	19,3	15,6	41,3	13,7	29,8	61,5	22,7	9,78	43,9	42,8	6,5	109	8,31
Ponto3	58,4	72,6	98,5	9,95	53,9	112	30,5	9,5	52,6	48,9	65,8	72	46,6
Ponto4	125	61,3	126,0	14,5	44,3	166	27,9	45,9	42,1	66,3	72,6	90,7	91,1
Ponto5	69,1	49,4	162,0	55,8	67,7	218	42,4	60,3	53,7	82,9	44,1	94,1	59,7

Tabela 4: Análise de Turbidez decantada

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/062024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto1	32,9	0,98	18,1	2,91	2,91	32	2,36	2,88	5,9	11,6	10,6	162	8,73
Ponto2	11,2	13,2	10,2	1,83	2,46	48,2	2,52	2,97	2,9	9,8	1,22	59	109
Ponto3	27,5	6,07	97,3	2,44	6,1	65,8	2,8	2,35	4,9	4,7	12,4	23	124,4
Ponto4	82,7	3,41	55,4	2,17	5,3	97,3	2,4	8,5	4,6	15,9	13,9	12,3	38,2
Ponto5	50,0	9,5	144,0	9,23	9,16	111	6,7	9,83	4,1	19,3	12,5	11,4	24,4

Tabela 5: Análise de condutividade

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/062024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto1	17,35	23,30	27,30	23,90	19,75	157	110,8	18,52	144	15,9	19,69	23,9	24,3
Ponto2	17,46	20,70	25,20	21,30	10,39	234	113,2	19,2	17,1	17,4	21	22,4	26,2
Ponto3	11,40	13,91	10,35	10,17	5,21	282	158,7	22,9	18,75	22,7	14,45	20,2	21,8
Ponto4	84,30	12,40	80,90	16,66	3,95	408	232	18,76	133,2	30,9	15,88	18,6	22,2
Ponto5	11,30	11,40	42,20	18,12	3,25	473	138,6	2,79	110,4	75,9	14,84	19,61	22,3

Tabela 6: Análise de salinidade %

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/062024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	10,63	14,70	17,1	16,5	7,18	2,96	0,51	6,9	8,9	9,7	12,1	14,9	15,3
Ponto 2	10,63	12,80	15,9	13,6	6,18	1,88	0,54	7,23	7,8	10,3	13	13,9	16,6
Ponto 3	6,74	8,28	6,03	5,89	2,88	0,24	0,09	16,4	5,6	10,4	8,45	12,4	13,5
Ponto 4	4,88	7,31	4,61	10,06	2,13	0,3	0,1	10,72	4,9	11,7	9,6	11,33	13,8
Ponto 5	6,70	7,1	2,3	11,05	1,7	0,17	0,08	9,56	3,5	15,1	8,88	12,03	13,7

Tabela 7: Análise de oxigênio dissolvido (ppm)

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/06/2024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	6,9	4,3	5,4	6,4	6	7,4	6,6	6,1	6,8	6,8	6,2	9,6	6,1
Ponto 2	7,4	5,9	6,7	5,3	6,5	6,5	5,6	6	7,3	3,2	5,2	9,3	6,5
Ponto 3	7,4	6,5	9,0	7,5	5,7	6,9	7,1	6,3	6,3	5,7	6,4	8,7	6,2
Ponto 4	4,3	7,5	8,9	7,4	7	6,3	6,5	7,9	5,7	4,1	5,6	8,5	6
Ponto 5	4,8	7,1	7,3	8,6	6,7	8,2	6,7	5,9	4,9	8,4	6,5	8,7	6,4

Tabela 8: análises de pH

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/06/2024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	7,1	6,79	6,88	7,34	6,55	7,63	7	6,8	6,9	6,98	6,55	7,94	8,13
Ponto 2	7,52	6,96	7,4	7,28	6,88	7,14	7,1	6,9	7,01	7,08	7,09	8,15	8,02
Ponto 3	7,63	7,16	7,49	7,64	7,21	7,07	7,2	7,06	7,14	7,21	7,4	8,05	8,48
Ponto 4	7,57	7,45	7,97	7,56	7,55	6,8	6,9	6,75	6,77	6,81	7,63	7,98	8,47
Ponto 5	6,7	7,58	7,96	7,68	7,41	6,76	7	6,74	6,76	6,8	8,9	8,11	8

Tabela 9: análises de alcalinidade

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/06/2024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	29,7	22,4	45,93	45,32	41,6	18,54	22,66	22,53	22,94	23,35	124,8	30,9	76,9
Ponto 2	21,78	24,9	49,44	37,08	52	26,78	30,9	29,88	30,91	31,65	136	35,6	82,6
Ponto 3	21,78	25,7	38,31	35,02	41,6	26,78	24,72	24,71	26,63	27,33	72	22,4	82,6
Ponto 4	19,8	24,9	41,2	43,26	46,8	24,72	12,36	17,65	18,76	19,44	82,4	24,4	26,6
Ponto 5	23,76	21,8	32,13	43,26	41,6	20,6	22,66	20,45	21,22	22,09	64	19,5	24,6

Tabela 10: Análise de Cálcio

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/06/2024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	1672	646,2	306,3	853,6	252,2	27,16	18,68	19,22	22,18	24,91	122,4	445,12	618,45
Ponto 2	931	492,2	395,6	698,4	139,7	15,52	42,04	48,71	51,99	53,24	94,4	318,49	673,44
Ponto 3	327,2	560,7	106,7	659,6	217,3	11,64	21,01	16,31	17,68	19,15	88	395,2	578,6
Ponto 4	235,6	547,8	103,9	814,8	77,6	7,76	11,68	8,47	9,18	9,65	94,4	361,92	190,2
Ponto 5	315,4	826	51,5	853,6	100,94	7,76	14,01	10,01	11,22	13,16	257,2	332,8	174,4

Tabela 11: Análise de magnésio

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/06/2024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	201,4	2456,8	944,9	5333,7	81,48	671,24	28,02	131,57	148,01	162,74	272	118,88	309,12
Ponto 2	931	2503,8	752,5	5199,2	139,7	411,28	63,06	292,45	309,53	318,63	410,8	97,5	165,6
Ponto 3	380	2316,6	334,9	4384,4	31,02	124,16	31,52	161,32	171,47	175,26	304,2	180,8	337,27
Ponto 4	763,8	1635,2	249,3	3608,4	217,28	89,2	17,52	85,92	94,93	99,47	274,87	78,08	615,9
Ponto 5	961,4	2418,8	139,8	3880	65,94	69,84	21,02	98,11	105,33	115,65	56	83,2	626

Tabela 12: Análise de dureza

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/06/2024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	1873,4	1862	1251,2	6187,3	333,68	698,4	161,6	155,67	171,35	189,72	394,4	564	927,36
Ponto 2	6144,6	2996	1148,1	5897,6	415,16	426,6	363,6	340,34	359,61	369,49	505,2	516	839,04
Ponto 3	1307,2	3188,6	441,6	5044	248,32	135,8	181,8	183,19	188,59	198,87	321,2	576	916,32
Ponto 4	999,4	1754,8	353,2	4423,2	294,88	97	101	94,54	103,74	109,16	369,2	440	805,92
Ponto 5	1276,8	1562,2	191,3	4733,6	166,84	77,6	121,2	108,21	118,47	128,31	313,2	416	800,4

Tabela 13: Análise de cloretos

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/06/2024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	3986,2	7260	10237	7339,1	3948,04	1306,8	553,06	460,34	485,42	515,21	747,33	499,88	618,45
Ponto 2	4258,6	5350	8862	6489,2	3358,1	1089,11	829,6	705,51	734,11	753,84	812,31	443,4	767,03
Ponto 3	2316,6	3334	3544	4946,4	1739,56	181,52	276,53	263,82	268,01	283,62	564,87	423,4	357,27
Ponto 4	1635,2	2710	3146	5264	1860,57	0	322,62	155,38	159,53	165,34	714,87	403,4	337,56
Ponto 5	2418,8	2674	1506	5717,8	1179,87	0	184,35	192,13	206,57	223,26	644,85	365,92	357,27

Tabela 14: Análise de acidez

	21/12/2023	25/01/2024	26/02/2024	23/03/2024	25/04/2025	27/05/2024	26/06/2024	25/07/2024	22/08/2024	26/09/2024	31/10/2024	28/11/2024	26/12/2024
Ponto 1	6,36	1,93	12,1	13,2	3,72	1,86	21,99	17,92	19,32	19,87	20,8	18,7	20,3
Ponto 2	3,08	5,02	9,46	11,16	3,72	1,86	12,43	12,15	13,04	13,17	32	18,4	9,2
Ponto 3	5,01	5,02	7,39	7,4	3,72	1,86	9,56	9,73	9,99	10,33	28,8	9,2	9,2
Ponto 4	2,5	1,93	7,39	7,4	3,72	1,86	19,12	17,99	18,6	18,94	26,4	27,6	18,4
Ponto 5	1,93	3,86	6,05	Ausência	1,86	1,86	14,34	13,87	14,79	15,71	26,4	9,6	27,6

Tabela 15: Análises microbiológicas

Data da Coleta	Análise	Local				
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
21/12/2023	Coliformes Totais	>1100	>1100	1100	> 1100	>1100
	Coliformes Termotolerantes	>1100	>1100	11	> 1100	>1100
25/01/2024	Coliformes Totais	460	1100	>1100	93	93
	Coliformes Termotolerantes	7,4	43	<3,0	<3,0	3,6
26/02/2024	Coliformes Totais	7,4	>1100	290	> 1100	1100
	Coliformes Termotolerantes	7,4	<3,0	3,6	3,6	<3,0
26/03/2024	Coliformes Totais	11	11	11	11	11
	Coliformes Termotolerantes	<3,0	<3,0	<3,0	3,6	<3,0
25/04/2025	Coliformes Totais	460	210	>1100	93	> 1100
	Coliformes Termotolerantes	43	7,4	150	11	3,6
27/05/2024	Coliformes Totais	>1100	93	>1100	>1100	460
	Coliformes Termotolerantes	23	23	23	23	23
26/06/2024	Coliformes Totais	>1100	>1100	>1100	>1100	>1100
	Coliformes Termotolerantes	460	150	15	>1100	>1100
25/07/2025	Coliformes Totais	>1100	>1100	>1100	>1100	>1100
	Coliformes Termotolerantes	43	35	11	93	>1100
22/08/2024	Coliformes Totais	>1100	>1100	>1100	>1100	>1100
	Coliformes Termotolerantes	27	75	>1101	15	>1101
26/09/2024	Coliformes Totais	>1100	1100	460	>1100	>1100
	Coliformes Termotolerantes	20	9,2	15	35	>1100
31/10/2024	Coliformes Totais	>1100	>1100	>1100	>1100	240
	Coliformes Termotolerantes	1100	210	>1101	43	21
28/11/2024	Coliformes Totais	>1100	1100	150	>1100	>1100
	Coliformes Termotolerantes	35	11	3,6	35	>1101
26/12/2024	Coliformes Totais	>1100	>1100	>1100	>1100	>1100
	Coliformes Termotolerantes	>1100	75	150	150	1100

