



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

**IAGO GABRIEL FRANÇA BRANDÃO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS MUNICÍPIOS DE  
MACEIÓ E RIO LARGO - AL**

Marechal Deodoro - AL

2024

**Iago Gabriel França Brandão**

**Análise da qualidade de águas subterrâneas dos municípios de Maceió e Rio Largo -  
AL**

Dissertação apresentada 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 - AL

2024



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

---

B817a

Brandão, Iago Gabriel França.

Análise da qualidade de águas subterrâneas dos municípios de Maceió e Rio Largo - AL / Iago Gabriel França Brandão. – 2024.

123 f.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Marechal Deodoro*, Marechal Deodoro, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Johnnatan Duarte de Freitas

1. Monitoramento. 2. Recursos hídricos. 3. Saúde pública.  
I. Título. II. Freitas, Johnnatan Duarte de.

CDD: 551.48

---


**Jonismar Kendys da Silva Leão**  
**Bibliotecário – CRB-4/2332**

# IAGO GABRIEL FRANÇA BRANDÃO

Dissertação apresentada 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: 30/10/2024


Orientador:

 Documento assinado digitalmente  
**JOHNNATAN DUARTE DE FREITAS**  
Data: 15/11/2024 13:54:17-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Johnnatan Duarte de Freitas - IFAL/Campus Maceió


Coorientador:

 Documento assinado digitalmente  
**ALAN JOHN DUARTE DE FREITAS**  
Data: 15/11/2024 20:51:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---


Prof. Dr. Alan John Duarte de Freitas - IFAL/Campus Maceió

Banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente  
**JORIO BEZERRA CABRAL JUNIOR**  
Data: 17/11/2024 14:03:08-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Jório Bezerra Cabral Júnior - UFAL/Campus A.C. Simões

 Documento assinado digitalmente  
**MIRELLE MARCIO SANTOS CABRAL**  
Data: 17/11/2024 21:44:20-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Mirelle Márcio Santos Cabral - IFAL/Campus Penedo

Marechal Deodoro - AL

2024

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, pelo dom da vida e por me conceder a graça de chegar até aqui. Aos meus pais, Werson Brandão e Silvana Brandão, e, claro, à minha maravilhosa avó, Gercina França, que são meus exemplos e que sempre me incentivaram.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Johnnathan Duarte de Freitas, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Alan John Duarte de Freitas, pela oportunidade, incentivo, paciência, ensinamentos e compreensão

À grande Anne Lins, que sempre me apoiou e me incentivou a progredir ao longo deste processo de pesquisa e elaboração deste trabalho. Sua orientação, encorajamento e apoio foram inestimáveis.

Aos integrantes do laboratório: Professor Demetrius, Thyago, Izabelly, Jamilly, Laise e Marília, gostaria de expressar minha mais profunda gratidão pelo apoio, coragem e determinação que demonstraram durante toda a realização deste trabalho. Suas contribuições foram cruciais para enfrentarmos os desafios e alcançarmos nossos objetivos.

Por fim, gostaria de agradecer aos Engenheiros do Hawaii, Red Hot Chili Peppers, Led Zeppelin, The White Buffalo, Zimbra e Lynyrd Skynyrd por todas as músicas que me proporcionaram uma paz interior para seguir nos momentos mais difíceis e conturbados da minha jornada.

## RESUMO

É essencial considerar a importância da água, um recurso vital para a vida no planeta, ao abordar a conservação de sua qualidade. A crescente conscientização sobre os impactos na saúde decorrentes da exposição a uma ampla gama de compostos levou ao fortalecimento de regulamentações e políticas ambientais, como a portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dentre os últimos anos se tornou ainda maior a procura por formas eficazes de reduzir os impactos ambientais, visto que, o risco de contaminação dos recursos hídricos configura-se como a preocupação ambiental de grande impacto para a saúde pública. Portanto, o estudo tem como o objetivo avaliar e caracterizar a qualidade de águas subterrâneas, determinando parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Foram selecionados 05 poços, onde foram analisadas as variáveis de pH, turbidez, condutividade elétrica, cor, temperatura, alcalinidade, dureza total, cálcio, magnésio, cloretos, acidez, coliformes totais e coliformes termotolerantes. As análises microbiológicas foram realizadas para avaliar a presença ou ausência de coliformes totais e termotolerantes. Posteriormente a realização dos ensaios em campo e laboratório. Os resultados obtidos durante os ensaios indicaram que as águas analisadas necessitam de diferentes tratamentos, inerentes a qualidade específica. O poço 02 atende todas as normas da Portaria nº GM/MS 888/2021, entretanto o mesmo operou por apenas 3 meses durante o ano. As amostras dos poços 01, 03 e 04 contemplam os diversos aspectos da portaria, necessitando apenas da tratabilidade com cloro para atender a todas as normativas da potabilidade. O poço 05 não atende todas as normas da Portaria nº GM/MS 888/2021, demonstrando amostras que excederam o VMP para turbidez, cor, dureza total e cloretos.

**Palavras-chave:** Monitoramento; Recursos hídricos; Saúde pública.

## **ABSTRACT**

It is essential to consider the importance of water, a vital resource for life on the planet, when addressing the conservation of its quality. The growing awareness of the health impacts resulting from exposure to a wide range of compounds has led to the strengthening of environmental regulations and policies, such as Ordinance GM/MS No. 888, of May 4, 2021. In recent years, the search for effective ways to reduce environmental impacts has become even greater, since the risk of contamination of water resources is an environmental concern with a major impact on public health. Therefore, the study aims to evaluate and characterize the quality of groundwater, determining some physical-chemical and microbiological parameters. Five wells were selected, where the variables of pH, turbidity, electrical conductivity, color, temperature, alkalinity, total hardness, calcium, magnesium, chlorides, acidity, total coliforms and thermotolerant coliforms were analyzed. Microbiological analyses were performed to assess the presence or absence of total and thermotolerant coliforms. Subsequently, field and laboratory tests were carried out. The results obtained during the tests indicated that the analyzed waters require different treatments, inherent to their specific quality. Well 02 meets all the standards of Ordinance No. GM/MS 888/2021, however, it operated for only 3 months during the year. Samples from wells 01, 03, and 04 meet the various aspects of the ordinance, requiring only chlorine treatability to meet all potability regulations. Well 05 does not meet all the standards of Ordinance No. GM/MS 888/2021, demonstrating samples that exceeded the VMP for turbidity, color, total hardness, and chlorides.

**Keywords:** Monitoring; Water resources; Public health.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa dos bairros da cidade de Maceió-AL .....	20
Figura 2. Mapa da cidade de Rio Largo – AL e seus limites municipais .....	21
Figura 3. Distribuição dos pontos de coleta. ....	30
Figura 4. Pontos de coletas dos poços. ....	31
Figura 5. Representação esquemática do procedimento de coleta.....	33
Figura 6. Análise de pH em campo e laboratório dos poços do 1° ao 6° mês.....	40
Figura 7. Análise de pH em campo e laboratório dos poços do 7° ao 12° mês.....	40
Figura 8. Análise de Condutividade (S/m) em campo e laboratório dos poços do 1° ao 6° mês. ....	42
Figura 9. Análise de Condutividade (S/m) em campo e laboratório dos poços do 7° ao 12° mês. ....	42
Figura 10. Análise de Cloro Livre (mg/L) em campo dos poços. ....	44
Figura 11. Análise de Cloro Total (mg/L) em campo dos poços. ....	44
Figura 12. Análise de Cloraminas (mg/L) em campo dos poços. ....	45
Figura 13. Análise de Temperatura (°C) dos poços. ....	46
Figura 14. Análise de Turbidez (NTU) dos poços.....	47
Figura 15. Análise de Cor aparente dos poços. ....	47
Figura 16. Análise de Dureza Total (mg/L) dos poços. ....	48
Figura 17. Análise de Cloretos (mg/L) dos poços.....	49
Figura 18. Análise de acidez (mg/L).....	50
Figura 19. Análise de alcalinidade (mg/L). ....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valor máximo permitido para os parâmetros de qualidade da água da Portaria MS nº 888/2021. ....	26
Tabela 2. Temperatura ambiental próximas aos poços.....	38
Tabela 3. Análise de pH dos poços. ....	60
Tabela 4. Análise de condutividade (uS/m) dos poços.....	61
Tabela 5. Análise de cloro (mg/L) dos poços. ....	62
Tabela 6. Análise de temperatura (°C) em campo dos poços. ....	63
Tabela 7. Análise de turbidez (NTU) dos poços. ....	63
Tabela 8. Análise de cor aparente dos poços. ....	63
Tabela 9. Análise de Magnésio (mg/L) dos poços.....	64
Tabela 10. Análise de Cálcio (mg/L) dos poços. ....	64
Tabela 11. Análise de dureza (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) dos poços. ....	65
Tabela 12. Análise de cloretos (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) dos poços. ....	65
Tabela 13. Análise de Acidez (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) dos poços. ....	66
Tabela 14. Análise de Alcalinidade (mg/L de CaCO <sub>3</sub> ) dos poços.....	66
Tabela 15. Análise de coliformes totais.....	66
Tabela 16. Análise de coliformes termotolerantes.....	67

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
2.1	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	14
2.2	ÁGUA E CONTROLE DE QUALIDADE .....	16
2.3	MACEIÓ E RIO LARGO – AL .....	19
2.4	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	22
2.4.1	pH (POTENCIAL HIDROGENIÔNICO) .....	22
2.4.2	TEMPERATURA.....	22
2.4.3	TURBIDEZ.....	22
2.4.4	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA .....	23
2.4.5	DUREZA.....	23
2.4.6	COR APARENTE.....	23
2.4.7	ALCALINIDADE .....	23
2.4.8	CLORETO .....	24
2.4.9	ACIDEZ .....	24
2.4.10	CÁLCIO .....	24
2.4.11	COLIFORMES TOTAIS .....	24
2.4.12	COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	24
2.4.13	CORO RESIDUAL LIVRE E CLORO TOTAL.....	25
2.5	LEGISLAÇÕES PARA QUALIDADE DA ÁGUA .....	25
3	OBJETIVOS.....	29
3.1	GERAL.....	29
3.2	ESPECÍFICOS .....	29
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	30
4.1	DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM .....	30
4.1.1	POÇO 01 .....	31
4.1.2	POÇO 02 .....	31
4.1.3	POÇO 03.....	32
4.1.4	POÇO 04 .....	32
4.1.5	POÇO 05.....	32
4.2	COLETA DAS AMOSTRAS .....	33

4.3	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS EM CAMPO .....	33
4.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	33
4.4.1	TURBIDEZ E COR .....	33
4.4.2	ANÁLISE DE pH.....	34
4.4.3	CONDUTIVIDADE .....	34
4.5	ANÁLISES QUÍMICAS .....	34
4.5.1	ALCALINIDADE .....	34
4.5.2	DUREZA TOTAL.....	34
4.5.3	CÁLCIO E MAGNÉSIO .....	35
4.5.4	CLORETOS .....	35
4.5.5	ACIDEZ .....	35
4.6	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	35
4.6.1	COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES.....	35
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	37
5.1	pH .....	39
5.2	CONDUTIVIDADE .....	41
5.3	CORO .....	43
5.4	TEMPERATURA.....	45
5.5	TURBIDEZ E COR.....	46
5.6	DUREZA TOTAL, MAGNÉSIO E CÁLCIO.....	48
5.7	CLORETOS .....	49
5.8	ACIDEZ E ALCALINIDADE .....	49
5.9	COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES TEMORTOLERANTES .....	51
6	CONCLUSÃO.....	52
7	REFERÊNCIAS.....	53
8	ANEXO.....	60

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil detêm cerca de 13,7% da água doce disponível no planeta. A água é um dos recursos naturais mais importantes e fundamentais para a manutenção da vida no mundo, sendo indispensável para todos os seres vivos. Contudo, apesar de possuir esse privilégio em termos de quantidade e qualidade, nossos recursos hídricos vêm sofrendo cada vez mais com a ação antrópica, devido à utilização incorreta e sem responsabilidade (Ribeiro *et al.*, 2007; Okokpujie *et al.*, 2019).

Um dos principais fatores para a contaminação dos recursos hídricos são os resíduos de agroquímicos, especialmente em regiões onde a agricultura é a principal atividade. Nessas localidades, os processos de contaminação do solo e da água são intensificados devido ao acúmulo de sais, excesso de nutrientes e ao uso inadequado da água para atividades diárias, resultando em sérios problemas de saúde pública (Neto, 2009; Gessi, 2001).

Embora algumas substâncias tenham baixa mobilidade no solo devido à sua alta capacidade de adsorção, a elevada solubilidade dessas substâncias e de seus sais em água indica sua grande mobilidade nesse meio. Assim, embora a água de qualidade seja essencial para a saúde e o bem-estar, a maioria da população mundial ainda não tem acesso a esse recurso fundamental. A presença desses compostos nos recursos hídricos pode causar grandes problemas no tratamento da água, exigindo procedimentos mais complexos para garantir níveis aceitáveis de potabilidade (Santos, 2016; Ribeiro & Rolim, 2017).

Estima-se que a quantidade de água existente no nosso planeta cobre cerca de 70% da superfície, distribuída entre mares, lagos e rios. Desses 70%, aproximadamente 97% da água não é apta para o consumo. Dos 3% restantes, a maior parte se encontra no solo e nos polos, mais especificamente em calotas de gelo. Desta forma, resta apenas 0,008% de água doce disponível para consumo, presente em rios, lagos e lagoas (Branco, 2010; Santos, 2013).

Com o avanço do desenvolvimento global, surgem crescentes preocupações sobre os limites desse crescimento, levantando questionamentos sobre os riscos de degradação ambiental. No Brasil, o poder público estabelece normas que delineiam os padrões de qualidade das águas, definindo valores limites para substâncias e outros indicadores de qualidade. Esses critérios são estabelecidos tendo em vista não apenas a potabilidade da água, mas também a preservação do equilíbrio ecológico.

Os danos ambientais causados pelos poluentes emergem como peça central nesse processo, dada a intrincada interação entre os impactos ambientais e a legislação correspondente (Veiga, 2007).

De acordo com a Portaria Ministério da Saúde Gabinete do Ministro (GM/MS) nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (MS), busca-se estabelecer o padrão de procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A potabilidade é definida por um conjunto de parâmetros permitidos para o controle da qualidade da água, incluindo padrões microbiológicos, condutividade, cor, pH, turbidez e outros aspectos físico-químicos.

Nesse contexto, o estudo foi conduzido com o intuito de abordar questões relacionadas à proteção contra a contaminação das águas de abastecimento consumidas pela população de Rio Largo e Maceió. O estudo em questão teve como objetivo monitorar e avaliar os padrões de qualidade da água fornecida nas áreas urbanas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A disponibilidade hídrica subterrânea, a qualidade e a produtividade de poços são fatores determinantes para a qualidade dos aquíferos. Grande parte da reserva de água doce em nosso planeta não é encontrada em forma potável. Dessa forma, as águas subterrâneas, que em sua maioria são provenientes de poços, geralmente são menos contaminadas por fatores químicos e biológicos do que os mananciais superficiais. Apesar da relevância da água subterrânea tanto em termos de qualidade quanto de quantidade, o Brasil apresenta uma grande deficiência no conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos (Eckhardt *et al.*, 2009; Feitosa *et al.*, 2008).

A água desempenha um papel biológico indispensável para a vida e também é essencial para a indústria e agricultura. Apesar de mais de 70% do planeta ser composto de água, apenas cerca de 0,008% desta está disponível para o consumo humano. Deste total, cerca de 30% corresponde a águas subterrâneas, representando aproximadamente 10.530.000 km<sup>2</sup>, e 11,6% dessas águas disponíveis estão localizadas no Brasil (Brasil, 2011).

Apesar da abundância de recursos hídricos no território brasileiro, sua distribuição é desigual pelo país. Enquanto a região Sudeste, com 42,65% da população, possui apenas 6% dos recursos hídricos, o Norte, com apenas 6,98% da população, detém 68% desses recursos. O Centro-Oeste, com 15,7% dos recursos, abastece 6,41% da população, enquanto o Nordeste, com 28,91% da população, conta com apenas 3,3% dos recursos. Por fim, o Sul, com 15,5% da população, possui 6,5% dos recursos hídricos. Devido às atividades humanas, ao crescimento populacional e à perfuração de poços, o controle da qualidade dos aquíferos subterrâneos tornou-se crucial para o gerenciamento eficaz do recurso hídrico (Brasil, 2011).

Dentre as fontes hídricas existentes, a água subterrânea é a mais econômica e é estimada mundialmente como uma fonte fundamental de abastecimento para o consumo humano, principalmente para populações em locais com escassez ou mesmo para aqueles que têm fornecimento irregular. Numerosos aquíferos são captados principalmente por poços de profundidade reduzida, o que os torna extremamente vulneráveis à contaminação. Em geral, as fontes de contaminação estão associadas a diversos fatores que podem comprometer a qualidade da água subterrânea, como despejos de resíduos domésticos, industriais, fossas sépticas,

disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e chorume proveniente de aterros de resíduos sólidos. Se dispostos de forma irregular, esses elementos podem contaminar os aquíferos com micro-organismos nocivos. Desta forma, o modo como o homem utiliza e ocupa o meio ambiente se reflete diretamente na qualidade da água disponível para consumo (Di Bernardo *et al.*, 2002; Freitas *et al.*, 2001).

Outros possíveis riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas são os agroquímicos, que nos últimos anos têm sido objeto de estudo de diversas pesquisas. No intervalo entre 2014 e 2017, diversas empresas responsáveis pelo abastecimento detectaram a presença de 27 agroquímicos nos 27 testes obrigatórios. Dentre as substâncias, 11 estão diretamente relacionadas a doenças crônicas e 16 são classificadas como altamente tóxicas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Em muitas capitais, foram detectados traços dos agroquímicos testados, sendo a maioria localizada na região Sul-Sudeste. Já nas regiões Norte e Nordeste, muitas cidades não realizaram os testes, não permitindo uma avaliação precisa da qualidade da água (ANVISA, 2017).

Outro aspecto enfático reside diretamente nas características do solo, as quais desempenham um papel crucial na transformação dos agrotóxicos. Em solos com altas taxas de infiltração e permeabilidade, as substâncias químicas tendem a alcançar o aquífero em tempos menores em comparação com aqueles que possuem uma textura mais fina, resultando em uma zona de interação mais ampla. Devido a essa passagem rápida pela zona não saturada, a probabilidade de degradação das substâncias é reduzida. No entanto, camadas impermeáveis podem interromper o movimento vertical (Correia, 2018).

No Brasil, o uso das águas subterrâneas geralmente é feito de forma desenfreada, improvisada e não controlada, muitas vezes com diversos poços circunvizinhos, o que origina diversos problemas de interferência entre os poços devido à proximidade destes. Isso pode resultar na redução do fluxo da água, impactos em áreas molhadas e redução da vazão de fontes e nascentes. A inexistência de uma gestão que incorpore o controle das águas subterrâneas nas políticas de desenvolvimento urbano tem gerado diversos problemas de sustentabilidade, devido à intensiva extração de água subterrânea. Isso acarreta na redução localizada dos níveis dos aquíferos, redução dos fluxos de base em corpos de água superficial, aumento nos custos de bombeamento das águas subterrâneas devido à necessidade de readequação da captação devido à diminuição dos níveis dinâmicos dos aquíferos,

além do surgimento de contaminantes e águas salinizadas (Costa *et al.*, 2010).

Por muito tempo, acreditou-se que as águas subterrâneas estavam naturalmente preservadas da contaminação pelas camadas dos solos e das rochas. Contudo, estudos vem mostrando que foram detectados traços da presença de contaminantes em águas subterrâneas, o que nos alerta para a importância desse recurso. Em condições de crise hídrica, que abrangem não apenas a escassez de água, mas também a falta de ações sustentáveis, as águas subterrâneas assumem um papel de protagonismo no abastecimento, com aspectos relacionados à potabilidade (Fiorucci; Benedetti, 2005).

## **2.2 ÁGUA E CONTROLE DE QUALIDADE**

A demanda por recursos hídricos está aumentando cada vez mais devido ao crescimento das atividades humanas e ao forte crescimento populacional nas últimas décadas, o que gera preocupações ecológicas e ambientais. Diante disso, a qualidade da água subterrânea pode sofrer interferência de diversos fatores, como a qualidade da recarga, a interação com o solo, a interação com outros tipos de aquíferos e os processos decorrentes da ação antrópica. Em função da enorme quantidade de variáveis que compõem os parâmetros de qualidade da água, são avaliados diversos fatores na determinação da qualidade da água para consumo (Carvalho *et al.*, 2022).

Cerca de 3,5 milhões de pessoas morrem anualmente no mundo devido a problemas relacionados ao fornecimento inadequado de água, sendo mais de 1,5 milhões dessas vítimas crianças com menos de 5 anos. Em geral, as doenças de propagação hídrica podem ser agudas ou crônicas, dependendo do tipo de agente, da capacidade do vírus e da quantidade ingerida, destacando-se as doenças diarreicas agudas (Brasil, 2018; WHO, 2020).

No final do século XIX, houve um crescente interesse na qualidade da água devido às preocupações emergentes com a saúde pública. Doenças transmitidas pela água estavam se tornando epidêmicas em muitas áreas urbanas, destacando a necessidade de compreender e melhorar a qualidade da água para proteger a saúde da população. Anteriormente, a qualidade da água era avaliada principalmente com base em aspectos visuais e sensoriais, como cor, gosto e odor. No entanto, alguns registros indicam o uso de métodos para melhorar esses aspectos. Na Grécia antiga, foram encontradas descrições de técnicas de filtração, tratamento por luz UV com a exposição da água ao sol e fervura para melhorar a qualidade da água, principalmente

para reduzir a turbidez. Os gregos também apontaram empiricamente a existência de relações entre a água e doenças patológicas (Batista *et al.*, 2021; USEPA, 1999).

Por volta da metade do século 19, muito avanços na compreensão da relação entre água contaminada e doenças ocorreram, no qual o trabalho do epidemiologista John Snow, em 1855, onde o mesmo constatou que um surto de cólera em Londres estava relacionado a poços de abastecimento público contaminados por esgoto. A partir destes avanços algumas descobertas foram primordiais, a revelação que a turbidez não estava somente relacionada a aspectos visuais, o qual, as partículas em água poderia conter organismos patogênicos e coliformes (USEPA, 1999).

Já no século 20, surgiram muitos sistemas de tratamento de água se utilizando de métodos como a filtração como forma de controle da qualidade da água e após alguns anos, começou a ser empregado o uso da cloração no tratamento da água, sendo a cloração um método de simples, de relativo baixo custo e muito eficaz. Alguns outros agentes desinfetantes também foram utilizados nesse mesmo período, como o ozônio. Todas essas iniciativas para a potabilização da água de consumo humano ocorreram antes mesmo do surgimento de normatizações e o estabelecimento de parâmetros de qualidade. Uma das primeiras normas a surgirem ocorreram em 1914, uma normativa federal americana, elaborada pelo serviço de saúde pública, o qual estabelecia um padrão para qualidade microbiológica da água, entretanto, essa norma somente se aplicava para a água produzida por sistema de abastecimento e transportada via navios e trens para outros estados, e era apenas limitado a contaminantes capazes de causar doenças contagiosas. A partir disso diversos estudos começaram a surgir, nos quais foram estabelecidos os valores máximos permitidos em função de ensaios toxicológicos e físico-químicos que seriam capazes de modificar as propriedades da água. Na atualidade a Organização Mundial de Saúde (OMS) é a agência que realizam ensaios toxicológicos e físico-químicos que recomenda os valores máximos permitidos, se utilizando dos testes que são realizados em todo o mundo e publicados em diferentes revistas e eventos científicos (Gasser *et al.*, 2018; USEPA, 1999).

No Brasil, a importância pela qualidade da potabilidade da água começou com a criação do Departamento Nacional de Saúde Pública (DNSP). Ele foi estabelecido pelo Decreto-Lei nº 3.987/1920, entretanto somente após algumas décadas, o Governo Federal estabeleceu normas mais abrangentes e concisas sobre a proteção à saúde, ao normatizar o Código Nacional de Saúde, através do Decreto nº

49.974/1961, que regulamentou a Lei nº 2.314/1954. A regulamentação introduziu o saneamento e a proteção ambiental dentro da vigilância sanitária. Em seguida, surgiu o Decreto Federal nº 79.367 09 de março de 1977, onde foi relacionado ao Ministério da Saúde a competência para desenvolver, estruturar e estabelecer normas e o padrão da potabilidade da (Bastos, 2020; Formaggia, 2007).

A qualidade da água, não se relaciona apenas a água já tratada, todavia a qualidade da água bruta, sendo um dos precedentes decisivos para a definição do tipo de tratamento e totalmente influenciado pelo tipo de fonte utilizada. O tratamento de água consiste em adequar as características da água bruta a portaria vigente, tendo como o objetivo final torna-la própria para o consumo humano e que não ofereça nenhum tipo de risco a saúde. Dentre os processos de tratamento o cloro destaca-se como agente desinfetante por atuar diretamente sobre as bactérias, apresentar baixa insalubridade ao homem na dosagem normativa da portaria e principalmente por não altera outros parâmetros da água após sua aplicação, entretanto quando aplicado em excesso, o cloro pode reagir com a matéria orgânica presente na água e produzir subprodutos indesejados, como trihalometanos (THMs) e cloraminas que podem causar irritação (Brasil, 2014; Brasil, 2015; Turner, 2018).

Quando nos referimos à qualidade da água, estamos buscando avaliar se ela atende aos parâmetros estabelecidos com base em um extenso histórico de testes e pesquisas. Esses parâmetros são determinados com base em diretrizes científicas, levando em consideração fatores como a presença de substâncias químicas, microrganismos e outros contaminantes que possam afetar a saúde humana e o ecossistema aquático. Ao delimitar a qualidade da água dentro desses parâmetros, busca-se garantir que ela seja segura para consumo humano, além de preservar a sustentabilidade dos recursos hídricos. No Brasil, embora houvesse uma norma de potabilidade desde 1977, o controle da qualidade da água para potabilidade só se consolidou com o surgimento do Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde. O uso de padrões que fundamentam os parâmetros físico-químicos, organolépticos e microbiológicos é a principal ferramenta para nortear o planejamento. 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; FUNASA, 2002).

### 2.3 MACEIÓ E RIO LARGO – AL

Os municípios de Maceió e Rio Largo possuem uma topografia plana, facilitando a captação de água subterrânea por meio de poços tubulares e apresentando solo com boas características para fundações. Dessa forma, houve uma grande expansão urbana com a implantação de conjuntos habitacionais, indústrias e outras atividades socioeconômicas, além da manutenção de atividades agrícolas, como a plantação de cana-de-açúcar. Entre as alternativas disponíveis para o abastecimento na região, a mais econômica e viável é a água subterrânea, devido ao baixo custo para encontrar o recurso. Na conjuntura atual, cerca de 80% da água consumida na região metropolitana de Maceió (Maceió e Rio Largo) para diferentes usos é de origem subterrânea. A exploração dos recursos hídricos subterrâneos deve ser feita de forma racional e obedecer aos princípios da sustentabilidade ambiental, uma vez que a recarga das águas retiradas dos aquíferos nem sempre ocorre na mesma velocidade da extração, o que pode provocar superexploração ou exaustão. Nesse sentido, a exploração das águas subterrâneas exige um monitoramento constante dos volumes extraídos (Conejo, 2007; CPRM, 2014).

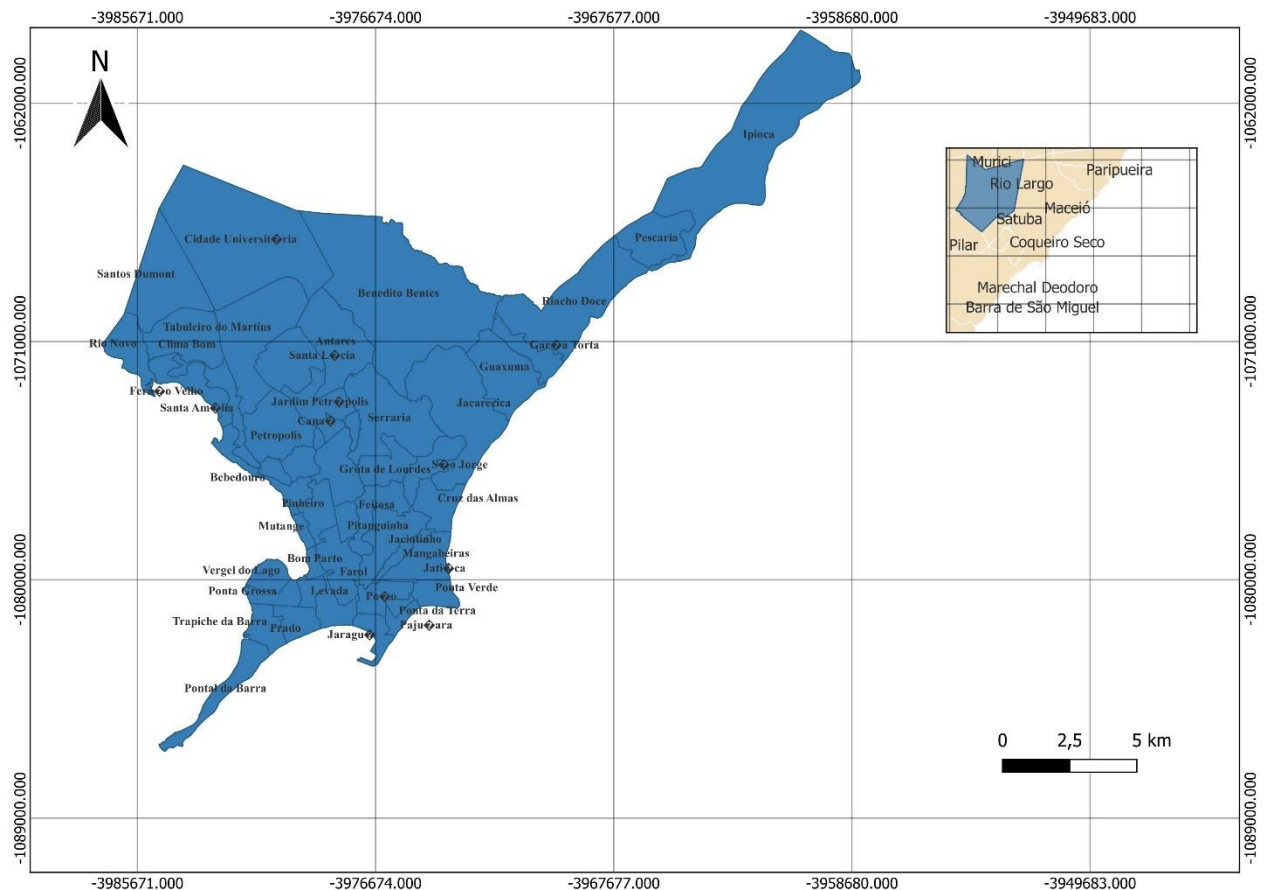
Os municípios são formados por aquíferos com características porosas cretácicas da bacia sedimentar de Alagoas, recobertos por sedimentos pleistocênicos da Formação Barreiras, aluviões e areias de praia, sendo assim, basicamente formado por arenitos, conglomerados e argilas. Hidrogeologicamente as formações existentes fazem parte de um sistema aquífero de boa potencialidade que vem abastecendo a região metropolitana de Maceió desde a década de 70. O balanço hidrogeológico geral de entradas e saídas de água indicou um saldo positivo para toda a região metropolitana, da ordem de 520 milhões de m<sup>3</sup>/ano, já para a área urbana do município de Maceió, já está existe um déficit de 100 milhões de m<sup>3</sup>/ano, o qual cria um grande alerta para escassez hídrica, este fator se deve em partes a impermeabilização do solo (Brasil, 2006).

Em função do aumento das áreas construídas nos centros urbanos, já que à água não consegue infiltrar o solo, acaba fluindo pela superfície em direção às partes baixas do relevo, o que resulta na redução do volume de água na recarga dos aquíferos. A grande exploração em cerca de 2.000 poços na região, com vazões que chegaram a ultrapassar os 200 m<sup>3</sup>/h acarretaram depleções profundas e localizadas da superfície potenciométrica (Conejo, 2007; Brasil, 2007; CPRM, 2014).

A Figura 1, mostra o mapa de Maceió e seus respectivos bairros, o município

tem a população estimada de 957.916 habitantes, ocupa uma área de 509,320 km<sup>2</sup> sendo destes 115,08 km<sup>2</sup> de área urbanizada e com uma temperatura média entre 25°C e 32°C. Nos últimos anos as internações devido a diarreias são de 0,7 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2023).

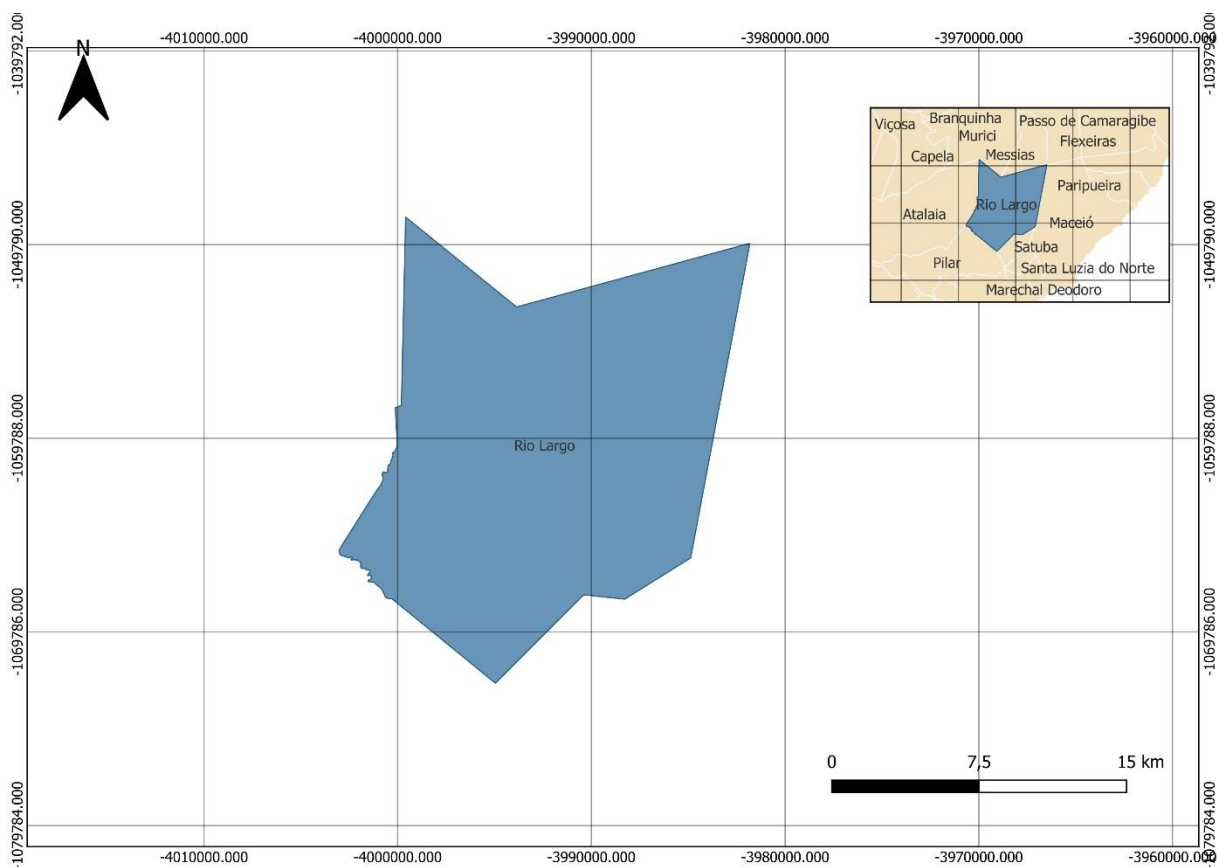
**Figura 1.** Mapa dos bairros da cidade de Maceió-AL



Fonte: Autor, 2024.

A Figura 2 mostra o mapa de Rio Largo, município localizado no estado de Alagoas, situando-se a 27 quilômetros da capital, Maceió. É a segunda cidade mais populosa da Região Metropolitana de Maceió e a terceira maior do estado, com cerca de 93.927 habitantes, de acordo com o censo do IBGE de 2023. Rio Largo conta com uma área total de 293,82 km<sup>2</sup>, sendo 16,27 km<sup>2</sup> de área urbanizada. A região é cercada por plantações. O clima de Rio Largo é tropical litorâneo úmido, com temperaturas variando entre 19 °C e 32 °C. Nos últimos anos, as internações devido a diarreias são de 1,8 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2023).

**Figura 2.** Mapa da cidade de Rio Largo – AL e seus limites municipais



Fonte: Autor, 2024.

A presença do poder público para garantir a universalização do acesso à água tratada, com ênfase no abastecimento, especialmente nas áreas urbanas. O crescimento urbano, combinado com as características naturais do local, resulta em diversas formas de interação com o meio ambiente. O crescimento desenfreado e desorganizado tem levado a ocupações em espaços inadequados do ponto de vista ambiental, muitas vezes ignorando a infraestrutura urbana e o saneamento básico, o que resulta na deterioração da qualidade de vida da população. A falta de medidas sanitárias adequadas leva ao surgimento de diversos problemas de saúde, especialmente doenças infectocontagiosas. Estima-se que 88% dessas doenças sejam atribuídas ao abastecimento inadequado de água, ao esgotamento sanitário precário e aos hábitos de higiene insuficientes. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo monitorar e avaliar a qualidade da água de abastecimento (Boeing, 2013; Prüss *et al.*, 2002).

## **2.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA**

### **2.4.1 pH (POTENCIAL HIDROGENIÔNICO)**

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma grandeza que varia de 0 a 14 em sistemas aquosos, indica a intensidade de acidez ( $\text{pH} < 7,0$ ), neutralidade ( $\text{pH} = 7,0$ ) ou alcalinidade ( $\text{pH} > 7,0$ ) de uma solução aquosa e é aferida através da concentração de íons hidrônios presentes nessa solução. Os valores de pH na água tendem a variar conforme fatores naturais, como absorção de gases atmosféricos, dissolução de rochas, oxidação de compostos orgânicos e fotossíntese, além disso por fatores antropogênicos como o descarte de resíduos (Santos, 2013; Gomes, *et al.*, 2015; Clesceri, 1998).

### **2.4.2 TEMPERATURA**

A Temperatura é a medida da intensidade de calor expressa em uma determinada escala, o grau centígrado ou grau Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). Este parâmetro se relaciona a diferentes processos físicos, químicos e biológicos que podem ocorrer na água. A temperatura se relaciona diretamente a energia cinética das moléculas de um corpo, podendo ser utilizada no processo de caracterização de corpos d'água. Sendo um parâmetro de grande importância, visto que, o seu aumento pode provocar elevações nas velocidades das reações químicas, terminando assim por acelerar processos físicos, químicos e microbiológicos. Existem diversos fatores que podem alterar a temperatura da água, sendo esse por fontes naturais, como a incidência da luz solar, ou mesmo por ação antropica (Brasil, 2014).

### **2.4.3 TURBIDEZ**

A turbidez é definida como o grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre na supressão dessa passagem, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (NTU). A presença de matéria orgânica, assim como, altas concentrações de microrganismos promovem a formação de matéria em suspensão nas águas naturais (Brasil, 2014; Bortoli, 2016; Clesceri, 1998).

#### **2.4.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA**

A condutividade elétrica representa um parâmetro da capacidade da água em conduzir corrente elétrica, sendo diretamente proporcional à concentração de íons no meio, portanto a condutividade está em função da quantidade de sais dissolvidos presentes na amostra. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a capacidade em conduzir corrente elétrica. A condutividade elétrica da água é expressa em microsiemes por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Brasil, 2014).

#### **2.4.5 DUREZA**

A dureza da água está associada a presença de íons metálicos dissolvidos na água, sendo em maior escala relacionados aos cátions cálcio e magnésio, também podendo ser relacionados ao ferro, manganês, estrôncio e alumínio. A dureza da água é formada por duas partes, a dureza temporária e a dureza permanente, de acordo com a quantidade íons dissolvidos. Podendo a mesma ter origem natural por contato da água com o solo ou por origem artificial (Abdalla *et al.*, 2010).

#### **2.4.6 COR APARENTE**

A cor aparente é um parâmetro que está associado diretamente a qualidade da água, a presença de partículas em suspensão e dissolvidas pode estar relacionada com a interferência orgânica, inorgânica, ou microbiológica na amostra., desta forma, as propriedades físicas de cor e turbidez costumam estar associadas. A cor pode ser gerada devido a presença de microorganismos e metais e outros tipos de partículas que conseguem absorver determinados comprimentos de onda (Bortoli, 2016).

#### **2.4.7 ALCALINIDADE**

A alcalinidade é a medida total das substâncias que estão presentes na água capaz de neutralizar ácidos, estando associados com a presença de íons de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Tais íons tem caráter básico, por isso são capazes de neutralizar a acidez presente em solução, sendo uma determinação de grande importancia no controle de qualidade da água. (Santos, 2013)

#### **2.4.8 CLORETO**

Os cloretos tem sua origem na dissolução de sais, são os ânions de origem inorgânica, que podem ser encontrados dissolvidos em recursos hídricos. A origem dos cloretos pode acontecer de forma antropogênica, advindo do despejos domésticos e industrias, da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar. Sendo um e parâmetro de grande relevância pois sua concentração é considerada no padrão de potabilidade da água pois podem limitar o uso da água já que conferem sabor e propriedades laxativas (Brasil, 2014; Sperling, 2014).

#### **2.4.9 ACIDEZ**

A acidez é a medida total das substâncias que estão presentes na água capaz de neutralizar bases, estando associados com a preseça de de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) livre na água, que pode ocorrer de origem natural, absorvido pela atmosfera, ou antropogênica, a partir de lançamentos industriais e utensílios domésticos (FUNASA, 2014).

#### **2.4.10 CÁLCIO**

O cálcio pode ser encontrado sob várias formas. Sendo um elemento de ciclo sedimentar, o cálcio é constituinte de sólidos em suspensão, podendo ter origem na dissolução dos solos e na decomposição de matéria orgânica, ou de forma antrópica, advindo do uso de fertilizantes e despejos domésticos. Como um nutriente de grande importância para o crescimento das plantas, o cálcio pode ocorrer em excesso em corpos hídricos, prejudicando os usos da água (Parron, Muniz, Pereira, 2011).

#### **2.4.11 COLIFORMES TOTAIS**

Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não esporogênicos, oxidasenegativos, capazes de fermentar a lactose com produção de ácido e aldeído a  $35,0 \pm 0,5$  °C em 24-48 horas. O qual a maior parte das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* (Maia et al., 2013).

#### **2.4.12 COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

Os coliformes termotolerantes são um subgrupo das bactérias do grupo

coliforme, que se diferenciam dos coliformes totais por fermentarem lactose com produção de gás a uma temperatura de  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  em 24 horas. A *Escherichia coli* é uma bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose, sendo conceituado como um indicador de contaminação fecal e de presença de organismos patogênicos (Maia, 2013; Oliveira, 2015).

#### **2.4.13 CLORO RESIDUAL LIVRE E CLORO TOTAL**

O cloro residual livre é a quantidade de cloro presente na água na forma de ácido hipocloroso (HOCl) e íon hipoclorito ( $\text{OCl}^-$ ), sendo essas as formas mais eficientes para desinfecção. O ácido hipocloroso é mais eficaz que o íon hipoclorito devido ao seu maior poder oxidante, que é responsável por inativar patógenos, assegurando a potabilidade da água. O cloro total é a soma do cloro residual livre e do cloro combinado, fornecendo uma visão geral da quantidade de agente desinfetante presente na água. O cloro combinado compreende as cloraminas, que são formadas pela reação do cloro com compostos de nitrogênio, sobretudo a amônia presente na água. As cloraminas, por sua vez, têm menor eficácia como agentes desinfetantes, mas possuem maior estabilidade, permanecendo na água por mais tempo e fornecendo uma desinfecção de longa duração (Soares et al., 2016).

#### **2.5 LEGISLAÇÕES PARA QUALIDADE DA ÁGUA**

Em 1977, no Brasil, com a instauração do Decreto n.º 79.367/1977, foi atribuído ao Ministério da Saúde o dever de estabelecer as normas e padrões de potabilidade da água. Essas normas compreendem definições, parâmetros de qualidade da água potável, métodos analíticos e de amostragem, com prazos de revisão do texto da portaria de potabilidade a cada cinco anos ou a qualquer tempo necessário. Assim, surgiu a primeira portaria de potabilidade da água para consumo humano, a PRT BSB n.º 56/1977, que passou por revisão com base nos guias publicados pela OMS (Organização Mundial de Saúde), culminando na publicação da Portaria GM n.º 36/1990. Subsequentemente, ocorreram quatro atualizações da norma: PRT GM n.º 36/1990, PRT n.º 1.469/2000, PRT GM/MS n.º 518/2004 e PRT GM/MS n.º 2.914/2011, inserida no Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS n.º 5/2017. Em 2021, foi estabelecida uma nova portaria de potabilidade, a Portaria MS n.º 888/2021, em revisão e substituição do Anexo XX da portaria de 2017, que nos orienta

sobre os padrões de potabilidade da água (Brasil, 2020; Brasil, 2021).

A atual legislação brasileira de potabilidade de água, Portaria MS nº 888/2021, de 4 de maio de 2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, tendo como objetivo garantir que os procedimentos que certificam a qualidade da água sejam cumpridos dispondo sobre os procedimentos de controle, vigilância e padrão de potabilidade da água para consumo humano, assim como o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, sendo o mesmo responsável pelas ações de controle e vigilância da qualidade da água. De acordo com a portaria, água potável é a água que atenda ao padrão de potabilidade sendo esse o conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano e que não ofereça riscos à saúde (FORTES *et al.*, 2019; GOMES *et al.*, 2018). A Tabela 1, indica alguns parâmetros de potabilidade de água descritos na Portaria MS nº 888/2021.

**Tabela 1.** Valor máximo permitido para os parâmetros de qualidade da água da Portaria MS nº 888/2021.

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade de Medida</b>	<b>Valor Máximo Permitido (VMP)</b>
<b>Cor aparente</b>	uH	15
<b>Turbidez</b>	NTU	5
<b>Condutividade</b>	µs/cm	-
<b>Temperatura</b>	°C	-
<b>pH</b>	-	-
<b>Alcalinidade</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-
<b>Acidez</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-
<b>Dureza Total</b>	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300
<b>Magnésio</b>	mg/L Mg	-
<b>Cloreto</b>	mg/L Cl	250
<b>Cálcio</b>	mg/L	-
<b>Cloro</b>	mg/L	5,0
<b>Cloraminas</b>	Mg/L	4,0
<b>Coliformes totais</b>	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL
<b>Escherichia coli</b>	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL

Fonte: BRASIL, 2021.

Quando observa-se o parâmetros com VMP a cor aparente tem um grande destaque para medir a qualidade da água, já que a mesma pode estar diretamente relacionada com a interferência orgânica, inorgânica, ou microbiológica contida na amostra. Segundo a portaria nº GM/MS (88/2021 o VMP para cor aparente de água para potabilidade, ou seja, para consumo humano é de 15 uH (Brasil, 2021).

A análise de turbidez é um parâmetro que está diretamente ligado às propriedades ópticas que a água apresenta em absorver ou refletir a luz. A turbidez em altos níveis está diretamente relacionada a existência de matérias orgânicas e sedimentos suspensas na água. A turbidez alta torna a água inviável para o consumo sendo o seu VMP para padrões de potabilidade de 5,0 uT (Brasil, 2021).

Os cloretos correspondem aos ânions de origem inorgânica ( $\text{Cl}^-$ ) que podem ser encontrados dissolvidos em água bruta ou tratada em concentrações variadas. De acordo com a Portaria nº GM/MS 888/2021, o VMP de cloreto, para águas potáveis, deve ser de 250 mg/L (Brasil, 2014; Brasil, 2021).

O cloro livre é um agente de grande importância quando se fala em padrões de potabilidade, devido ao fato do mesmo atuar como agente sanitizante na água, oxidando a matéria orgânica presente e microrganismos patogênicos como algas, bactérias, fungos e vírus. Sendo regularmente adicionado à água como agente desinfetante para torná-la segura para a potabilidade. A Portaria nº GM/MS 888/2021 estabelece o VMP de 5 mg/L para este parâmetro assim como estabelece um valor mínimo de 0,20 mg/L (Brasil, 2021).

Os parâmetros de acidez e a alcalinidade, não apresentam VMP na legislação atual, entretanto, estes parâmetros nos traz indicativos bastantes importantes acerca da qualidade e utilidade da água, já que um pH muito baixo (ácida) pode ser corrosiva e danificar tubos, equipamentos e eletrodomésticos. Enquanto águas alcalinas podem apresentar sabor amargo ao paladar humano (Nolasco *et al.*, 2020).

Para a temperatura no Brasil não existe um Valor Máximo Permitido (VMP) estabelecido para padrões da água potável (Brasil, 2021).

Um dos aspectos indispensáveis para a caracterização da qualidade da águas está relacionado com a contaminação por coliformes, sendo diretamente associada a doenças que têm como veículo a água. Os riscos microbianos estão relacionando diretamente à ingestão de água contaminada com fezes humanas ou de animais, as quais podem conter uma ampla gama de patógenos, que quando introduzidos no

ambiente podem manter-se por diferentes quantidades de tempo. Esse parâmetro permite avaliar de forma indireta o potencial de contaminação da água por patógenos de origem fecal. Para a microbiologia diversos pontos se tornam de grande importância já que na portaria GM/MS nº 888/2021 houve a exclusão da contagem de bactérias heterotróficas, já que seu monitoramento se dá também pela identificação de coliformes totais a qual existe uma margem de tolerância em vista da quantidade de amostras tendo como relação o número de habitantes, ao mesmo tempo que a presença *Escherichia coli* permanece intolerável, uma vez que, a ingestão de água contaminados por bactérias desse grupo pode causar no indivíduo: dores abdominais, de cabeça, febre, vômito, calafrios e diarreia aguda (Amaral *et al.*, 2003; Brasil, 2011; Holcomb *et al.*, 2020; Medeiros *et al.*, 2018).

A maior parte das doenças de disseminação hídrica podem ser facilmente reduzidas, desde que o acesso à água potável seja universalizado. Contudo, um dos maiores problemas das fontes particulares que surgem pela necessidade é a carência de monitoramento da qualidade da água consumida. O Ministério da Saúde estabelece que o plano de amostragem para o controle de qualidade da água deverá ser elaborado de acordo com as diretrizes específicas aplicáveis a cada situação. Entretanto, encarregar o próprio consumidor de realizar o controle da qualidade da água é incoerente, uma vez que, a falta de conhecimento específico quanto aos riscos que a água pode oferecer à saúde é praticamente generalizada. Neste contexto os estudos regionais são poucos e em sua maioria se encontram defasados, a maior parte dos estudos de qualidade da água subterrânea publicados mais recentemente têm caráter mais localizado, trazendo uma particularidade ao local e distinção com os demais. Para essa condição, a avaliação periódica é uma ferramenta essencial para a boa gestão dos recursos hídricos (Anderson *et al.*, 2022; Reis, *et al.*, 2022; Rodrigues *et al.*, 2022).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 GERAL**

- Analisar a qualidade das águas subterrâneas dos municípios de Maceió e Rio Largo.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

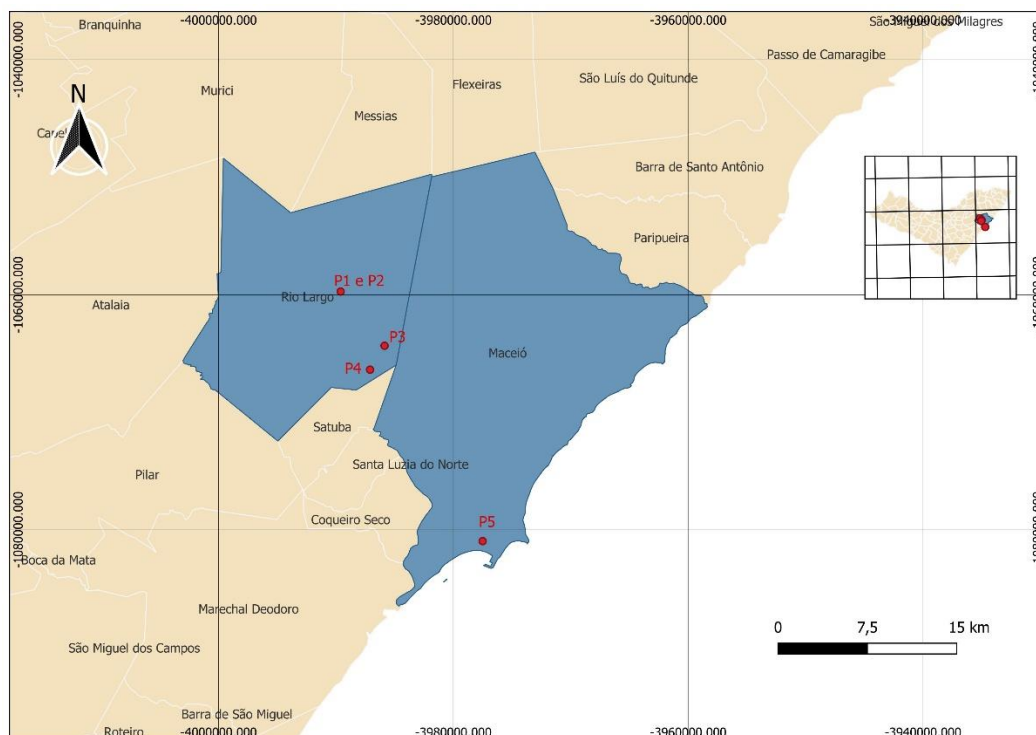
- Determinar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos;
- Comparar os resultados obtidos com os valores exigidos pela legislação vigente;
- Elaborar Relatório Técnico de avaliação da qualidade da água;
- Gerar informação para os órgãos responsáveis por Maceió e Rio Largo-AL.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

A pesquisa foi realizada nas regiões de Maceió e Rio Largo, selecionadas por utilizarem abastecimento alternativo de água para consumo humano. O período de coleta ocorreu entre setembro de 2023 e agosto de 2024, com coletas mensais em cada um dos pontos escolhidos respeitando o tempo equivalente de 30 dias entre as coletas. No total, foram coletados dados de cinco pontos, sendo quatro na cidade de Rio Largo e um em Maceió. Esses pontos foram mapeados utilizando um sistema de posicionamento global (GPS), conforme mostrado na Figura 3. A figura 4 permite a visualização dos pontos de amostragem.

**Figura 3.** Distribuição dos pontos de coleta.



Fonte: Autor, 2024.

**Figura 4.** Pontos de coletas dos poços.



Fonte: Autor, 2024.

#### **4.1.1 POÇO 01**

O Poço 01 corresponde ao poço artesiano construído pelos proprietários, utilizado para distribuição de água através de uma torneira localizada na porta da residência, disponível pontualmente às terças, quintas e sábados. Seu ponto de coleta é uma torneira situada na saída, que se encontra na área externa da residência, rodeada por plantas e árvores. Ponto de coleta diretamente ligado ao poço, o local apresenta-se como uma área habitada e com presença de residências aos arredores. Coordenada: 9°28'38"S 35°50'09"W

#### **4.1.2 POÇO 02**

O Poço 02 está localizado em um espaço aberto, cercado por residências, com o ponto de coleta a uma distância de cerca de 40 metros, composto por um registro e uma tubulação de metal. Durante as amostragens, foi notável a presença constante de moradores enchendo baldes para suprir suas necessidades. No decorrer do período de amostragem, houve dificuldades significativas devido o mesmo estar

frequentemente inativo. Os moradores relataram problemas recorrentes com a bomba, o que compromete o acesso à água. Ponto de coleta diretamente ligado ao poço, o local apresenta-se como uma área habitada e com presença de residências aos arredores.

Coordenada: 9°28'34"S 35°50'21"W

#### **4.1.3 POÇO 03**

O terceiro ponto, Poço 03, possui outorga e seu ponto de coleta é uma torneira situada na saída do poço. Localiza-se em um condomínio fechado próximo ao aeroporto, em uma área de acesso restrito, sendo responsável pelo abastecimento de água de todo o condomínio. Ponto de coleta diretamente ligado ao poço, o local apresenta-se como uma área habitada e com presença de residências aos arredores.

Coordenada: 9°31'01"S 35°48'20"W

#### **4.1.4 POÇO 04**

O Poço 04 também possui outorga e está situado em um condomínio fechado próximo à região da Utinga Leão. A cerca de 50 metros de distância, há uma plantação de cana-de-açúcar, informação de grande relevância para o entendimento e a avaliação da qualidade da água coletada. Ponto de coleta diretamente ligado ao poço, o local apresenta-se como uma área habitada e com presença de residências aos arredores. Coordenada: 9°32'06"S 35°49'00"W

#### **4.1.5 POÇO 05**

Por fim, o ponto 5, Poço 05, está localizado dentro do Instituto Federal de Alagoas (IFAL). Seu ponto de coleta percorre uma distância de cerca de 45 metros em relação ao poço, formado por um registro e tubulação com presença de ferrugem. Ponto de coleta diretamente ligado ao poço, o local apresenta-se como uma área habitada, dentro do Instituto Federal de Alagoas - Campus Maceió e com presença de residências aos arredores.

Coordenada: 9°39'51"S 35°43'50"W

## 4.2 COLETA DAS AMOSTRAS

Durante um período de 12 meses, foram realizadas amostragens em cinco poços para monitoramento. Os frascos, previamente identificados com os respectivos pontos de coleta, foram preenchidos com as amostras, vedados e, por fim, armazenados em caixas térmicas contendo gelo. As amostras foram então encaminhadas para o laboratório, conforme descrito na Figura 5.

**Figura 5.** Representação esquemática do procedimento de coleta.



Fonte: Autor, 2024.

## 4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS EM CAMPO

As análises físico-químicas foram realizadas diretamente no local de coleta, sendo elas: pH, temperatura, condutividade e cloro residual livre e cloro total, tais análises foram feitas com auxílio da sonda multiparâmetros marca Hanna modelo HI9829 e colorímetro marca HACH modelo DR300.

## 4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

### 4.4.1 TURBIDEZ E COR

As análises de cor e turbidez foram realizadas no laboratório de química do Instituto Federal de Alagoas-Campus Maceió. Para medição de cor foi utilizado o equipamento del lab, modelo DLA-COR. A turbidez será verificada com o auxílio do equipamento turbidímetro marca del lab, modelo DLT-VW, em unidades

nefelométricas de turbidez (NTU).

#### **4.4.2 ANÁLISE DE pH**

A análise de pH foi feita com o auxílio do aparelho pH-metro nova modelo NI-PHM, ao ligar o aparelho aguardou-se o tempo de estabilização do equipamento, em seguida o eletrodo foi lavado com água destilada e enxugado com papel toalha. Após foi colocado um volume suficiente da amostra em um béquer e mergulhou-se o eletrodo até a estabilização do pH, em sequência foi anotado o valor de pH especificado pelo aparelho.

#### **4.4.3 CONDUTIVIDADE**

A análise de condutividade foi com o auxílio do aparelho condutivímetro intrutherm modelo CD-830, foi colocado um volume suficiente da amostra em um béquer e mergulhou-se o eletrodo até a estabilização, em sequência foi anotado o valor da condutividade especificado pelo aparelho.

### **4.5 ANÁLISES QUÍMICAS**

#### **4.5.1 ALCALINIDADE**

Para análises de alcalinidade foram vertidos 50 mL da amostra em um erlenmeyer sobre constante agitação, sendo adicionando quatro gotas de fenolftaleína, após a presença da coloração rosa foi iniciada a titulação com adição de quatro gotas de metilorange. Em sequência foi iniciada a titulação da amostra com uma solução padrão de ácido sulfúrico 0,02 mol/L, até que a coloração passou de alaranjado ao róseo alaranjado. Posteriormente a titulação, foi anotado o volume utilizado e determinado o valor da alcalinidade em mg/L.

#### **4.5.2 DUREZA TOTAL**

Para à análise de dureza foram adicionados 50 mL em um erlenmeyer, após acrescentou-se 2,0 mL da solução tampão de dureza pH 10, posteriormente foi inserido cinco gotas da solução indicadora de 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 CaCO<sub>3</sub>.

### **4.5.3 CÁLCIO E MAGNÉSIO**

Nas amostras de cálcio e magnésio com o auxílio de uma proveta foi vertido 50 mL da amostra em um erlenmeyer, 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 de uma coloração violeta indicando o ponto de virada. Posteriormente foi anotado o volume utilizado e 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.

### **4.5.4 CLORETOS**

Para à análise de cloretos foram adicionados 50 mL da amostra em um erlenmeyer, juntamente com duas gotas de fenolftaleína, em seguida foram adicionados 1,0 mL do indicador cromato de potássio, posteriormente procedeu-se a titulação com a solução padrão  $\text{AgNO}_3$  0,014 mol/L até que a coloração amarela mudasse para vermelho. posteriormente a titulação, foi anotado o volume utilizado e determinado o valor de cloreto da amostra em mg/L.

### **4.5.5 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.

## **4.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA**

### **4.6.1 COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

O meio utilizado na quantificação de coliformes totais será o Verde brilhante, já para termotolerantes foi o EC-MUG. Uma alíquota de 100 mL foi retirada através da pipeta estéril e colocada em frasco, que será agitado até a completa diluição. A solução foi incubada a 35°C em estufa por 24 horas. Após o período será realizada a

quantificação com os resultados positivos e feita a interpretação em N.M.P (número mais provável em 100 mL de água).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa analisou as características físicas, químicas e microbiológicas da água, possuindo como critérios os valores estabelecidos pela portaria GM/MS nº 888/2021. Os resultados obtidos nas análises informam a atual qualidade da água, nos orientando para possíveis soluções e prevenções voltadas para a saúde pública, ressaltando a necessidade da implantação de programas de monitoramento ambiental, os resultados obtidos a respeito das análises físicas, químicas e microbiológicas dos poços, encontram-se nas tabelas junto aos valores máximos permitidos pela Portaria MS nº 888/2021 do ministério da saúde. Os parâmetros de qualidade foram escolhidos perante a indicações da Agência Nacional de Águas-ANA que estabelece tais parâmetros como indicadores vitais para o índice de qualidade da água. Conforme a Tabela 2, é possível observar as condições meteorológicas dos pontos no momento da coleta. Essas condições podem alterar diversos aspectos da amostragem de um poço, influenciando diretamente a qualidade, quantidade e fidedignidade das amostras. Outro fator importante é a temperatura, que pode afetar as reações químicas e biológicas no subsolo.

**Tabela 2.** Temperatura ambiental próximas aos poços.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/23	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24
<b>Poço 01</b>	26 °C (Céu nublado)	27 °C (Céu nublado)	27 °C (Céu Claro)	26 °C (Céu nublado)	28 °C (Céu nublado)	27 °C (Céu Claro)	29 °C (Céu Claro)	26 °C (Céu Claro)	27 °C (Céu Claro)	25 °C (Céu Claro)	26 °C (Céu Claro)	25 °C (Céu Claro)
<b>Poço 02</b>	26 °C (Céu nublado)	27 °C (Céu nublado)	27 °C (Céu Claro)	26 °C (Céu nublado)	28 °C (Céu nublado)	27 °C (Céu Claro)	28 °C (Céu Claro)	26 °C (Céu Claro)	27 °C (Céu Claro)	27 °C (Céu Claro)	28 °C (Céu Claro)	28 °C (Céu Claro)
<b>Poço 03</b>	27 °C (Céu nublado)	27 °C (Céu nublado)	29 °C (Céu Claro)	26 °C (Céu nublado)	29 °C (Céu nublado)	28 °C (Céu Claro)	30 °C (Céu Claro)	27 °C (Céu Claro)	26 °C (Céu Claro)	28 °C (Céu Claro)	26 °C (Céu Claro)	28 °C (Céu Claro)
<b>Poço 04</b>	27 °C (Céu nublado)	28 °C (Céu nublado)	31 °C (Céu Claro)	28 °C (Céu nublado)	30 °C (Céu nublado)	28 °C (Céu Claro)	27 °C (Céu Claro)	29 °C (Céu Claro)	27 °C (Céu Claro)	28 °C (Céu Claro)	29 °C (Céu Claro)	26 °C (Céu Claro)
<b>Poço 05</b>	28°C (Céu nublado)	29 °C (Céu nublado)	27 °C (Céu nublado)	29 °C (Céu nublado)	33 °C (Céu nublado)	31 °C (Céu Claro)	29 °C (Céu Claro)	29 °C (Céu Claro)	27 °C (Céu Claro)	28 °C (Céu Claro)	28 °C (Céu Claro)	27 °C (Céu Claro)

Fonte: Autor, 2024

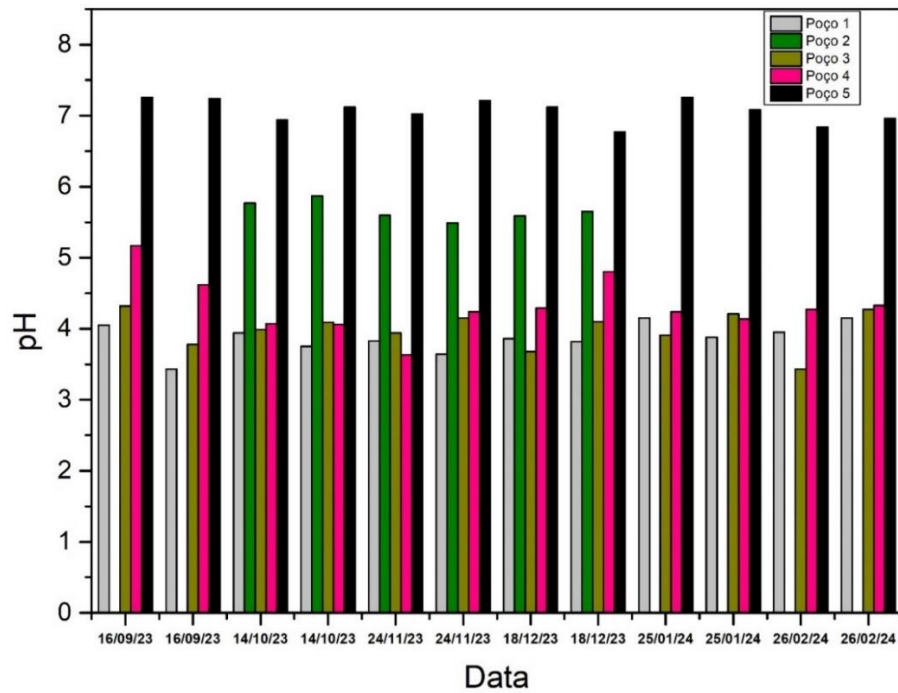
## 5.1 pH

Durante os ensaios, como podemos ver nas Figuras 6 e 7, é possível observar uma variação do pH ao longo do período de coleta. Para o Poço 01, a variação foi de 3,38 a 4,15; no Poço 02, de 5,49 a 5,87; no Poço 03, de 3,43 a 4,32; no Poço 04, de 3,32 a 5,17; e no Poço 05, de 6,75 a 7,42.

A Portaria GM/MS n.º 888 não estabelece normas específicas para valores de pH. Contudo, existem recomendações que orientam sobre o tempo de contato nos processos de desinfecção por cloro em águas subterrâneas, devido ao fato de que o valor de pH interfere na eficiência da desinfecção. Diversas outras resoluções estabelecem que o pH da água doce deve estar na faixa de 6,0 a 9,5 para ser considerado de boa qualidade. A Resolução CONAMA 396, por sua vez, determina que, para águas subterrâneas destinadas ao abastecimento humano, com ou sem tratamento, o pH deve estar entre 6,0 e 9,5, visto que valores fora desse intervalo podem indicar contaminação ou condições químicas desfavoráveis. Entre todos os poços, apenas o Poço 05 possui pH dentro dos valores permitidos. É importante destacar que, apesar da proximidade entre os Poços 01 e 02, há uma grande disparidade entre os resultados, o que pode ser justificado pelo tipo de perfuração e profundidade (BRASIL, 2008)

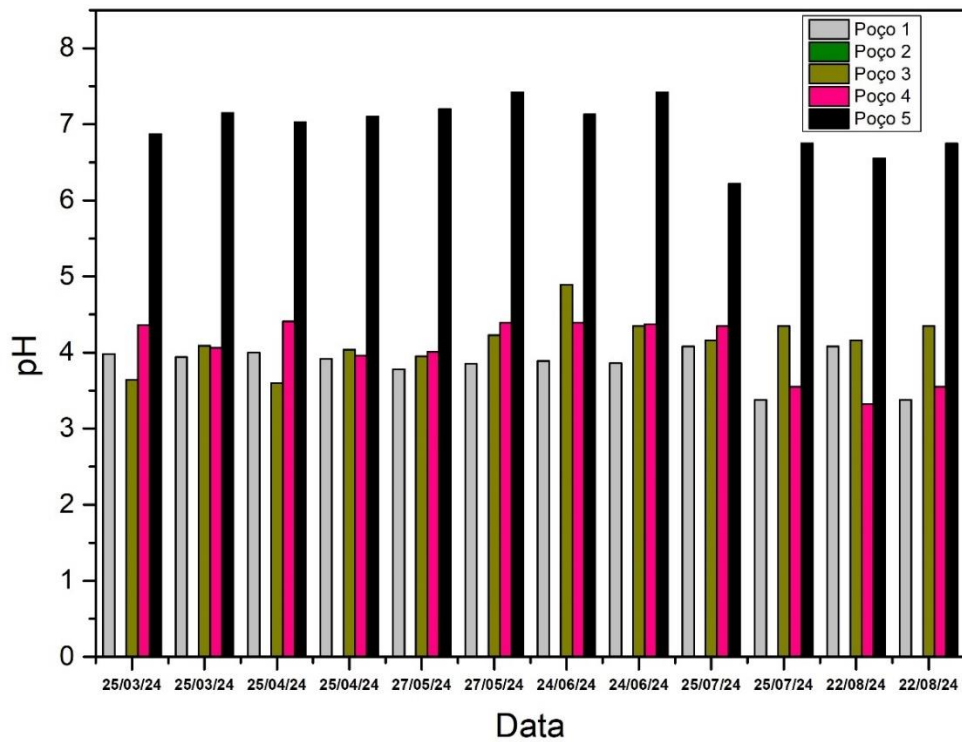
No trabalho de Menezes *et al.* (2013) realizado na cidade do Rio de Janeiro, resultados diferentes foram encontrados, com valores de pH variando de 4,93 a 8,75. Paim *et al.* (2018) na análises de 15 poços na cidade de Osório-RS, o pH variou de 4,8 a 7,6. Ao compararmos com o resultados obtidos no estudo deste aquíferos, os valores são bem contrastantes. Para águas de abastecimento, valores de pH entre 4,5 e 8,2 indicam condições de acidez carbônica; já um pH menor que 4,5 indica acidez por ácidos minerais fortes (FUNASA, 2014).

**Figura 6.** Análise de pH em campo e laboratório dos poços do 1° ao 6° mês.



Fonte: Autor, 2024.

**Figura 7.** Análise de pH em campo e laboratório dos poços do 7° ao 12° mês.



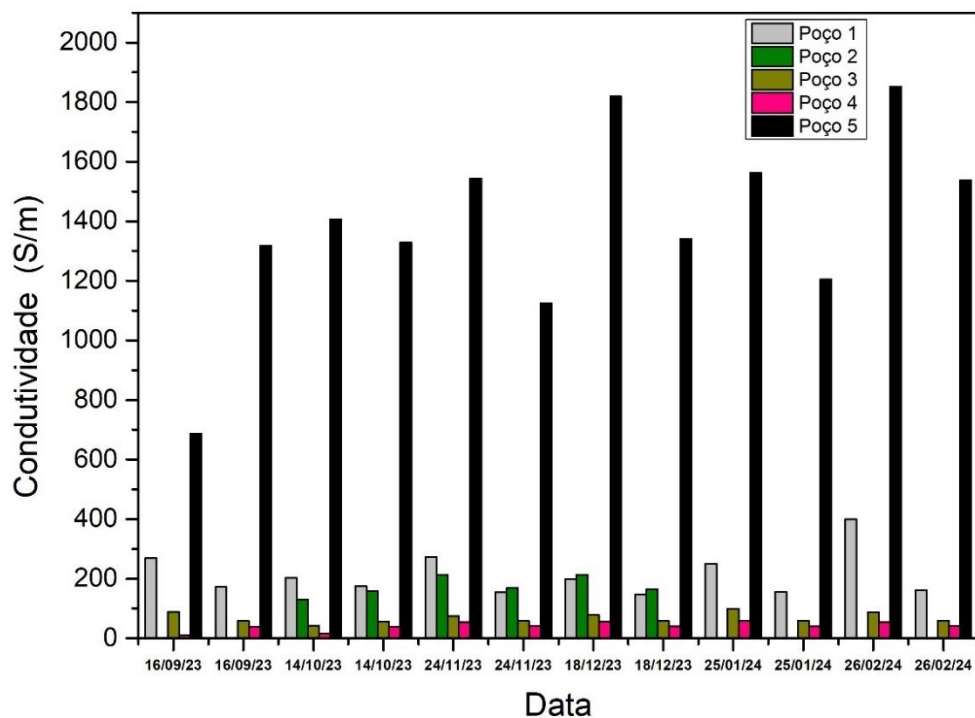
Fonte: Autor, 2024.

## 5.2 CONDUTIVIDADE

A Portaria GM/MS n.º 888 não estabelece normas específicas para valores de condutividade, assim como outras resoluções. Entretanto, embora não seja definido um valor máximo específico para a condutividade elétrica, este é um dos parâmetros físico-químicos que devem ser monitorados para avaliar a qualidade das águas subterrâneas. Valores muito altos de condutividade podem indicar salinização ou poluição, sendo um importante indicador da potabilidade da água. Para a condutividade como se pode verificar na Figura 8 e 9, o poço 05 apresentou altos valores de condutividade, os quais podem ser justificados pela proximidade do poço com a zona marítima, ainda sendo possível relacionar a condutividade com altos níveis de mineralização, o que indica uma alta concentração de sólidos totais dissolvidos para as amostras do poço 05, a alta condutividade encontrada no poço 05 coincide também com o maior valor de pH obtido neste estudo, o que nos indica que existe uma concentração significativa de íons dissolvidos. Em contrapartida o poço 04 apresentou o menor valor para condutividade.

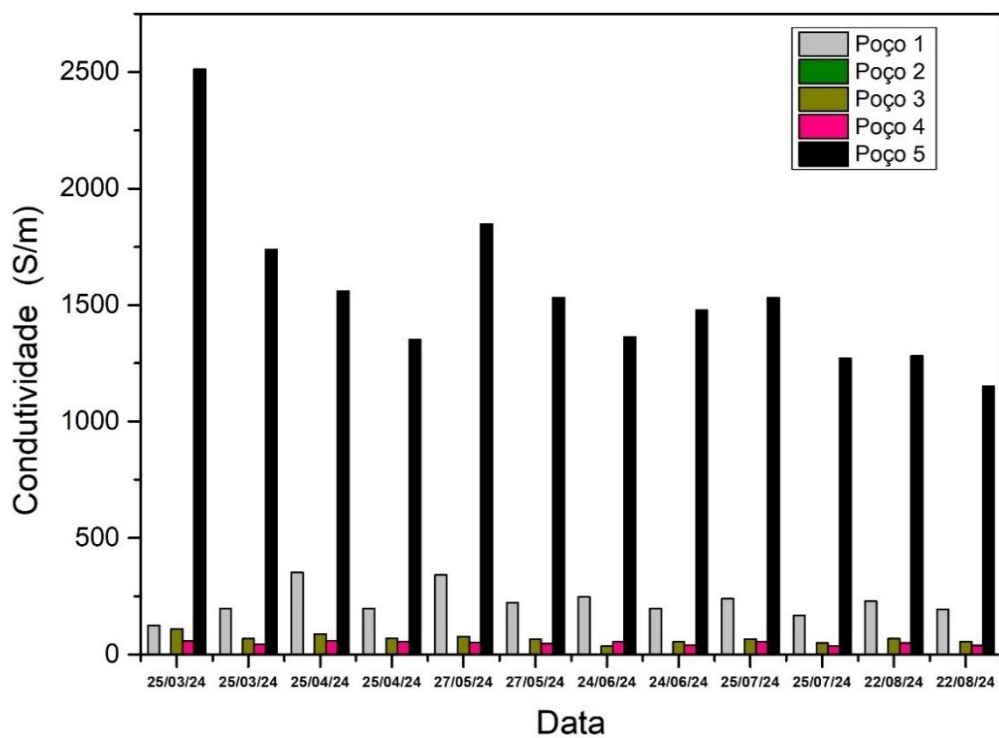
Bortolin (2014), constatou em seu estudo a ocorrência de águas ácidas, com baixa concentração de sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica. Onde o autor, justifica essa características com a relação à profundidade dos poços.

**Figura 8.** Análise de Condutividade (S/m) em campo e laboratório dos poços do 1° ao 6° mês.



Fonte: Autor, 2024.

**Figura 9.** Análise de Condutividade (S/m) em campo e laboratório dos poços do 7° ao 12° mês.



Fonte: Autor, 2024.

### 5.3 CLORO

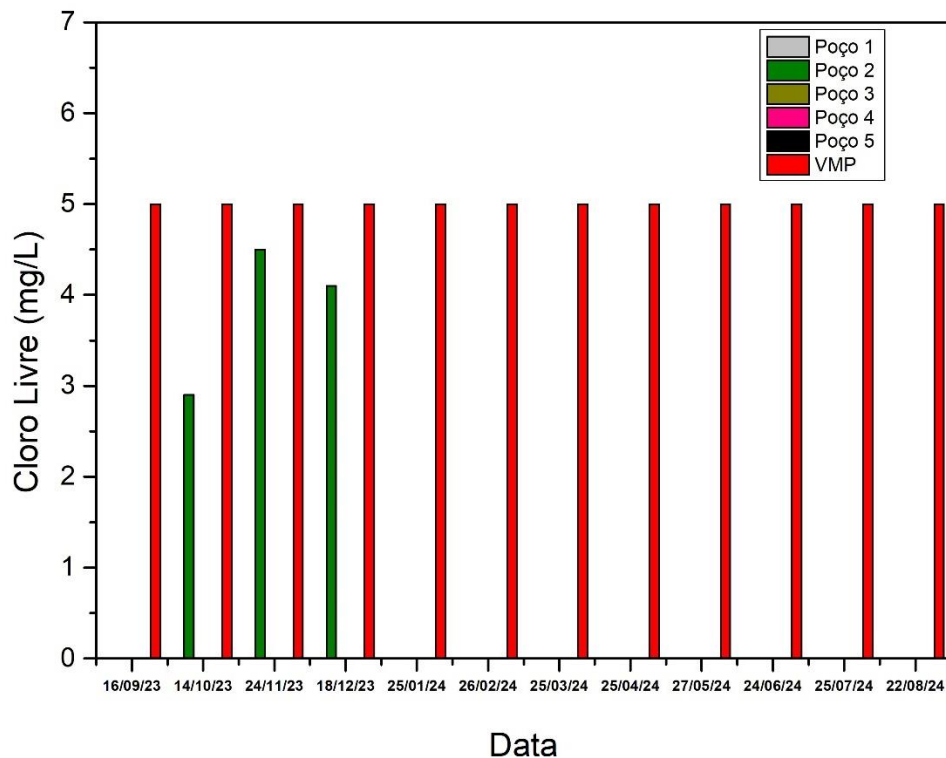
Em relação aos padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888/2021, é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre em toda a extensão do sistema de distribuição e nos pontos de consumo. O valor máximo permitido como padrão de potabilidade é de 5,0 mg/L. No caso das cloraminas, o limite é de 4,0 mg/L.

Para o cloro residual livre, conforme a Figura 10, apenas o Poço 02 apresentou teores detectáveis, enquanto nos demais poços não foi constatada a presença de cloro residual livre em nenhuma das amostras. Isso ocorre porque esse agente só é adicionado e detectado quando há tratamento da água. No entanto, o Poço 02 funcionou por apenas 3 meses durante a campanha de 12 meses. Conforme a Figura 11, os resultados de cloro total em duas análises foram superiores ao limite permitido. Além disso, é possível estabelecer uma relação entre o cloro livre e o cloro total, resultando na formação de cloraminas, que se formam quando o cloro reage com compostos amoniacais presentes na água. Nos casos analisados, conforme ilustrado na Figura 12, os valores de cloramina foram de 0,8; 1,5 e 0,9 mg/L, indicando uma baixa concentração. Essa baixa concentração pode permitir a proliferação de microrganismos patogênicos e aumentar o risco de doenças transmitidas pela água, uma vez que, as cloraminas são mais estáveis e permanecem na água por mais tempo, fornecendo desinfecção de longa duração, sendo sua eficácia desinfetante menor em concentrações reduzidas.

No estudo de Pinheiro *et al.* (2023) a qualidade da água distribuída para consumo humano em dois sistemas foram analisadas, onde uma, recebe tratamento pela Companhia de Saneamento do Pará (Cosanpa) e o outro um poço artesiano de uma propriedade privada, que não recebe tratamento, ambos na zona urbana de Oriximiná/PA. Os autores constaram que a concentração de cloro residual livre presente na água distribuída pela Cosanpa variou de 1,5 a 2,0 mg/L e estão dentro do permitido pela legislação vigente, enquanto que para o poço artesiano, não houve a detecção desse agente. Para o poço 02 ao longo do estudo ocorreu uma variação de 2,9 a 4,5 mg/L. É válido destacar que as estações de tratamento de água geralmente trabalham com valores em torno de 2,0 mg/L, mesmo que a portaria vigente tenha como valor máximo 5,0 mg/L, pois concentrações acima deste valor podem causar problemas por ser um

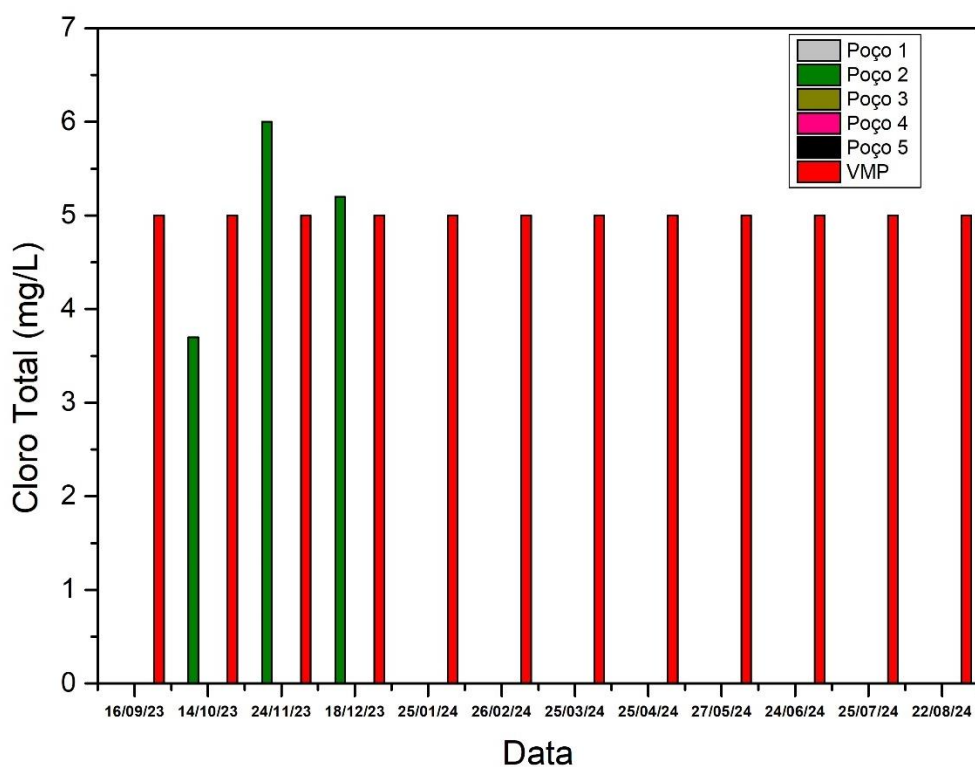
componente corrosivo e tóxico, além de conferir sabor e odor à água e em alguns casos causar efeito laxativo.

**Figura 10.** Análise de Cloro Livre (mg/L) em campo dos poços.



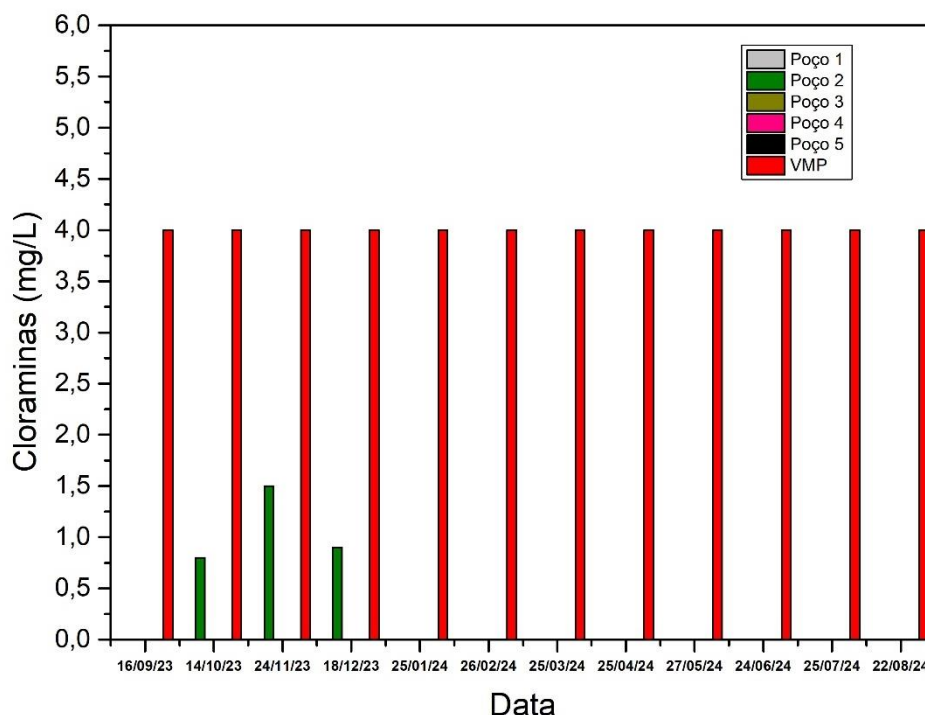
Fonte: Autor, 2024.

**Figura 11.** Análise de Cloro Total (mg/L) em campo dos poços.



Fonte: Autor, 2024.

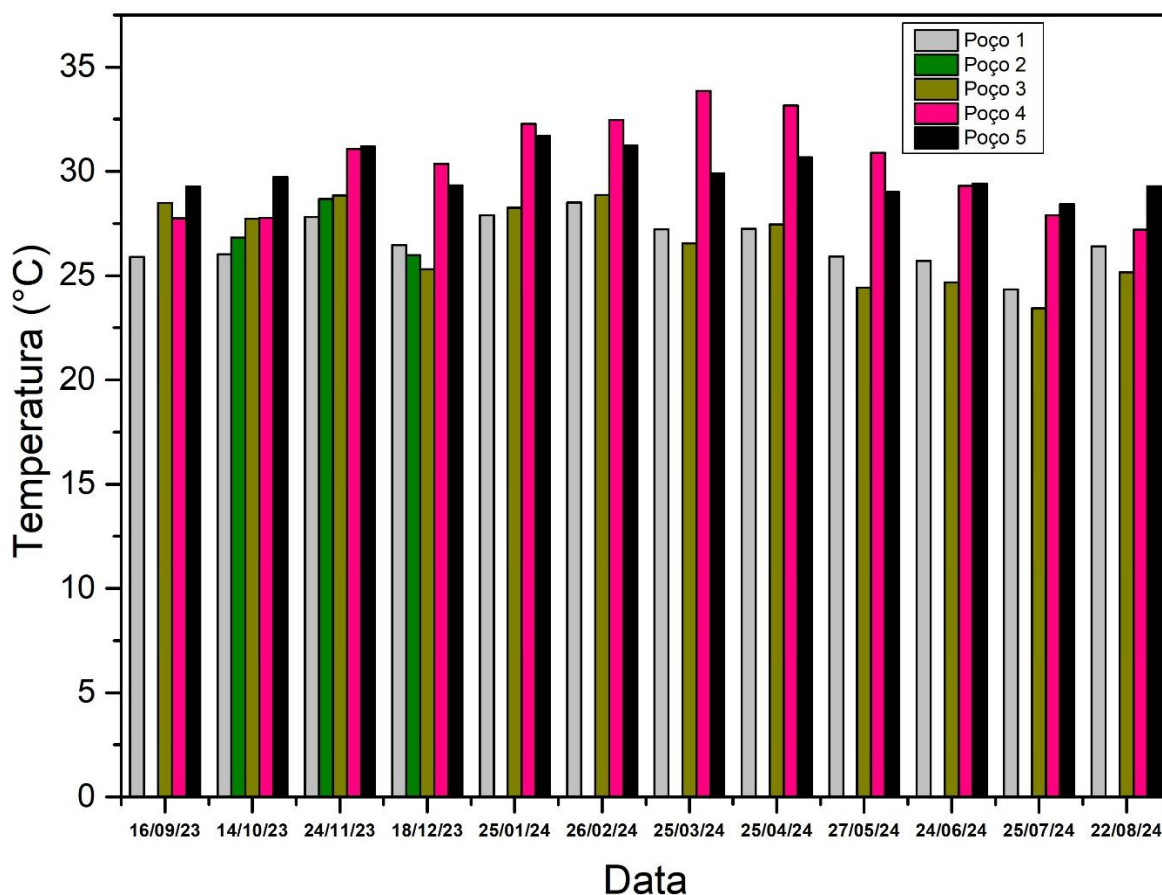
**Figura 12.** Análise de Cloraminas (mg/L) em campo dos poços.



## 5.4 TEMPERATURA

A Portaria GM/MS Nº 888/2021 não estabelece temperatura como parâmetro de potabilidade, contudo, de acordo com Libânio (2016), no tratamento, a temperatura nos traz um parâmetro de vantagem pois para os países tropicais as variações são ínfimas. No geral as médias diárias de águas raramente se apresentam inferiores a 18 °C, o que favorece o processo de coagulação. De acordo com os dados da Figura 13, apenas os poços 04 e 05 apresentaram valores acima de 31 °C no dia 24/11/23 e 25/01/24, é válido salientar, afim de uma padronização, o período de coleta, foi estabelecido no horário entre 07 h 00 e 11 h 00 na sequência do poço 01 ao 05. No trabalho Silva e Souza (2023), as temperaturas dos poços do aquíferos aluviais da Bacia Riacho do Tigre/PB foram determinadas, nos meses de agosto e novembro de 2018 e março de 2019, onde foi constatado que as temperaturas variaram entre 20,1 e 30,9 °C, o que nos expressa correspondência com a maioria dos pontos analisados.

**Figura 13.** Análise de Temperatura (°C) dos poços.

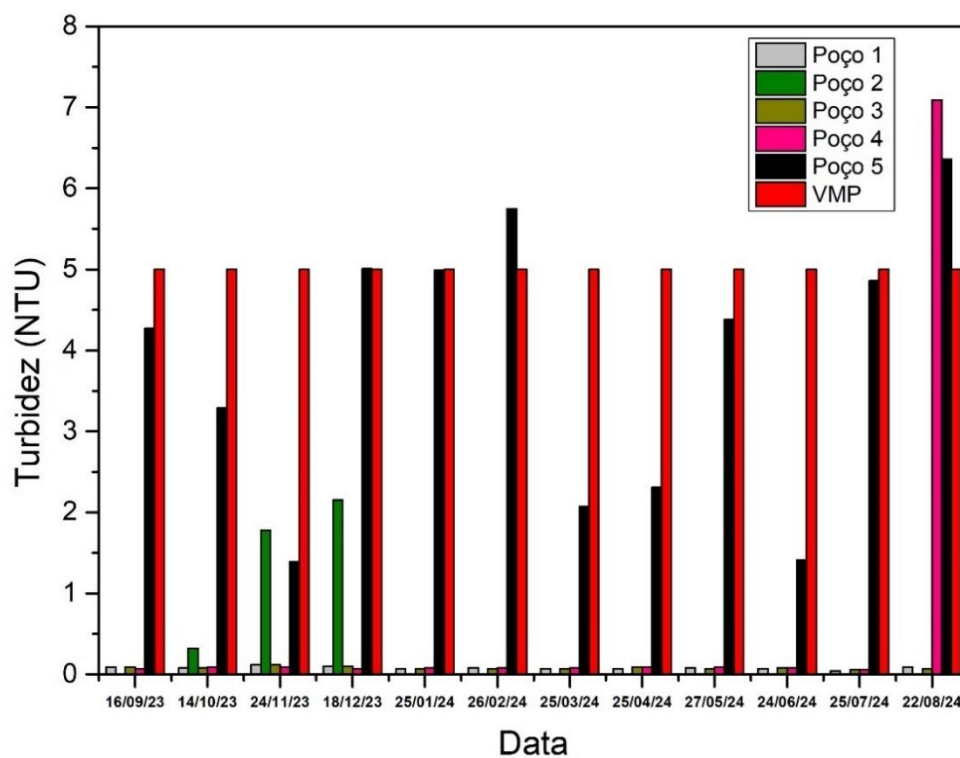


Fonte: Autor, 2024.

## 5.5 TURBIDEZ E COR

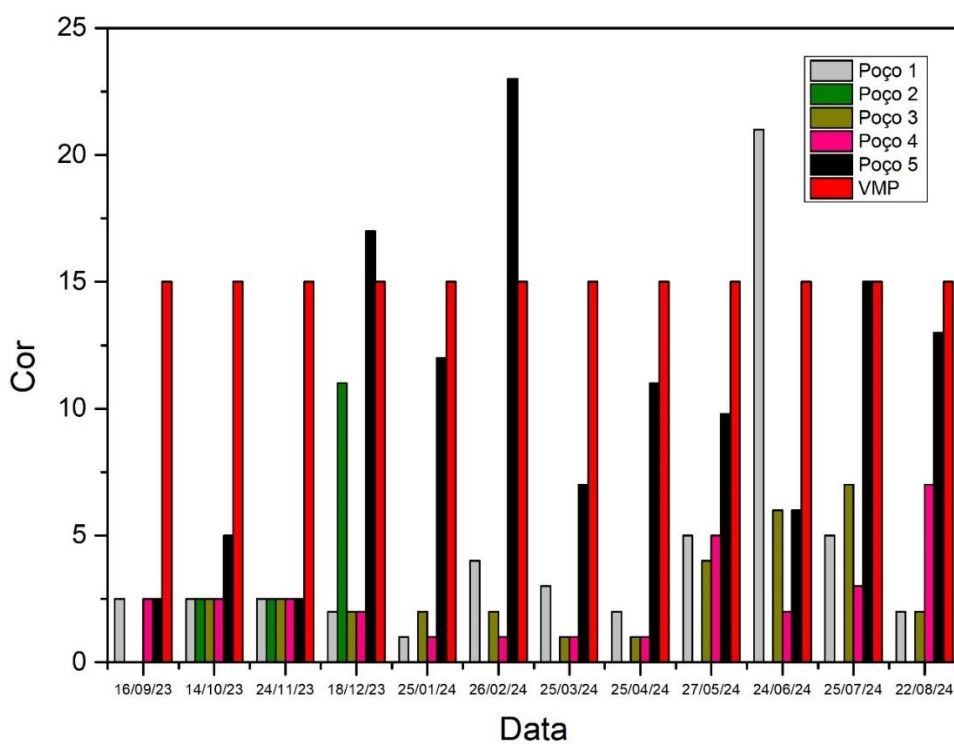
Para turbidez, conforme mostrado nas Figuras 14 e 15, o Poço 05, nos dias 18/12/23, 26/02/24 e 22/08/24, não cumpriu os requisitos legais, assim como o Poço 04 no dia 22/08/24. Quanto à cor aparente, o Poço 05 não atendeu à legislação nos dias 18/12/23 e 26/02/24, assim como o Poço 01 no dia 24/06/24. Nos demais ensaios, observa-se uma diminuição da turbidez e da cor aparente, indicando que o ponto passou a estar em conformidade com a legislação. De acordo com Azevedo (2006), águas subterrâneas geralmente não apresentam excesso de turbidez, exceto quando contêm íons de Fe. Dessa forma, com base nos dados obtidos para turbidez e correlacionando-os com os parâmetros de condutividade e cor, o poço apresenta indícios da presença de ferro.

**Figura 14.** Análise de Turbidez (NTU) dos poços.



Fonte: Autor, 2024.

**Figura 15.** Análise de Cor aparente dos poços.



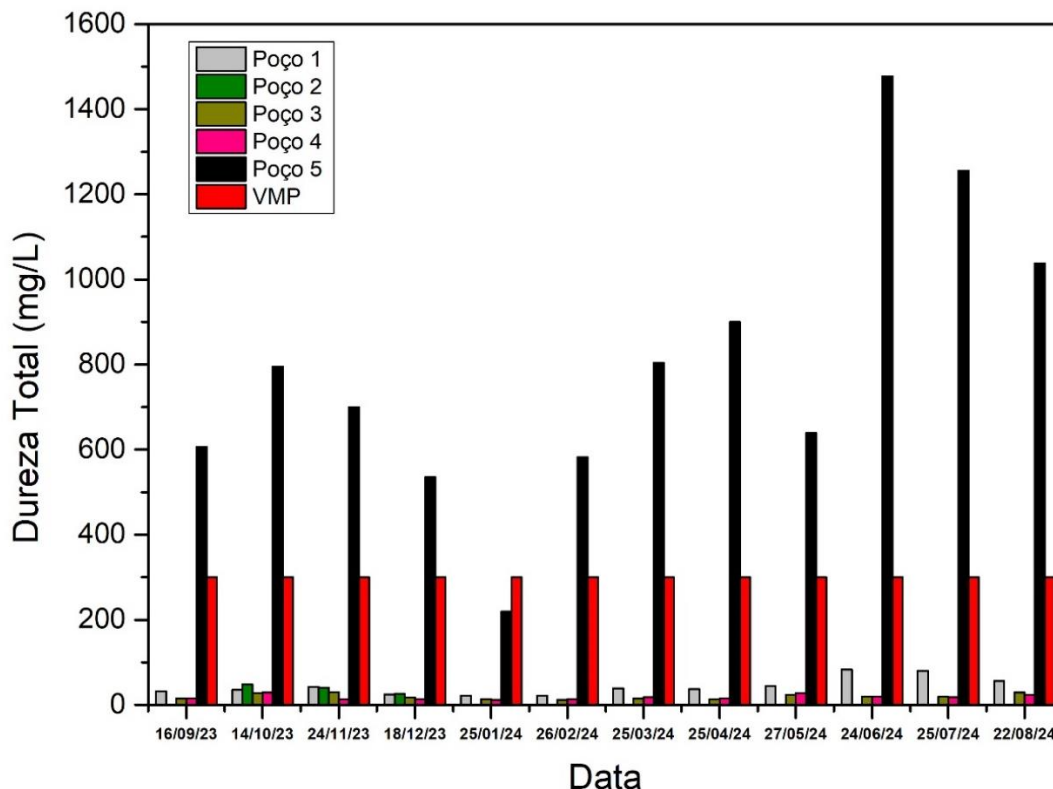
Fonte: Autor, 2024.

## 5.6 DUREZA TOTAL, MAGNÉSIO E CÁLCIO

A Portaria GM/MS N° 888/2021 não estabelece concentração de cálcio e magnésio como parâmetro de potabilidade, contudo, são de grande importância para determinação da dureza total da água, visto que o parâmetro de dureza total é o resultado da soma dos íons de magnésio e cálcio, o qual tem VMP estabelecido.

Para a dureza total, os resultados apresentados na Figura 16 mostram que, nos ensaios do Poço 05, os valores de dureza ultrapassaram o valor máximo permitido pela Portaria GM/MS N° 888/2021. Segundo Macêdo (2003), a água pode ser classificada quanto à dureza: água mole apresenta até 50,00 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; moderadamente dura, de 50,00 a 150,00 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; dura, de 150,00 a 300,00 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ; e muito dura, acima de 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Assim, os Poços 01, 02, 03 e 04 analisados nesta pesquisa foram classificados como águas moles, indicando uma condição adequada para o consumo. Por outro lado, o Poço 05 foi classificado como água muito dura, o que pode estar relacionado à dissolução de minerais.

**Figura 16.** Análise de Dureza Total (mg/L) dos poços.

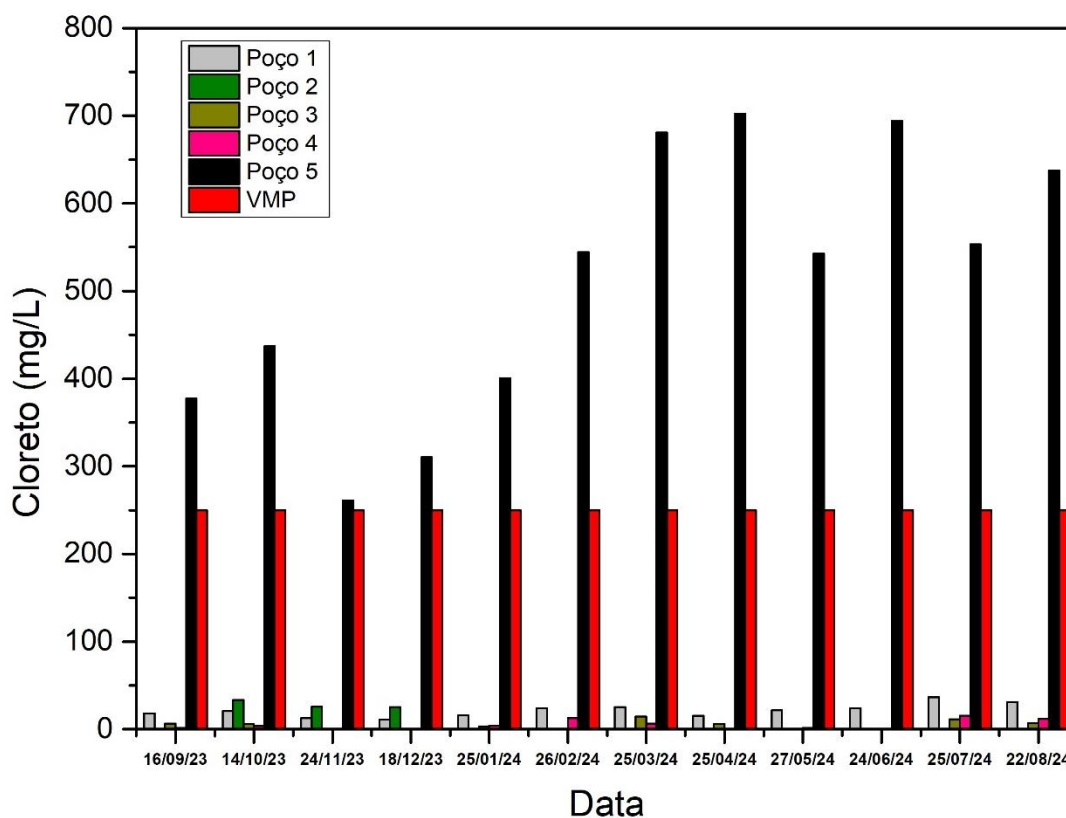


Fonte: Autor, 2024.

## 5.7 CLORETOS

Nos resultados de íons cloretos, conforme Figura 17, apenas as amostras do poço 05 apresentaram valores acima do VMP determinado pela Portaria nº GM/MS 888/2021, portanto, não é indicado seu uso para consumo humano, altas concentrações de íons em água subterrâneas podem ser causadas pela dissolução de minerais (BRASIL, 2021). Herphs *et al.* (2023) ao analisar águas destinadas ao consumo humano em instituições públicas de Porto Seguro/BA, verificaram que os valores estão entre 0,92 e 1,37 mg/L e, portanto, dentro dos valores estabelecidos por essa portaria.

**Figura 17.** Análise de Cloretos (mg/L) dos poços.



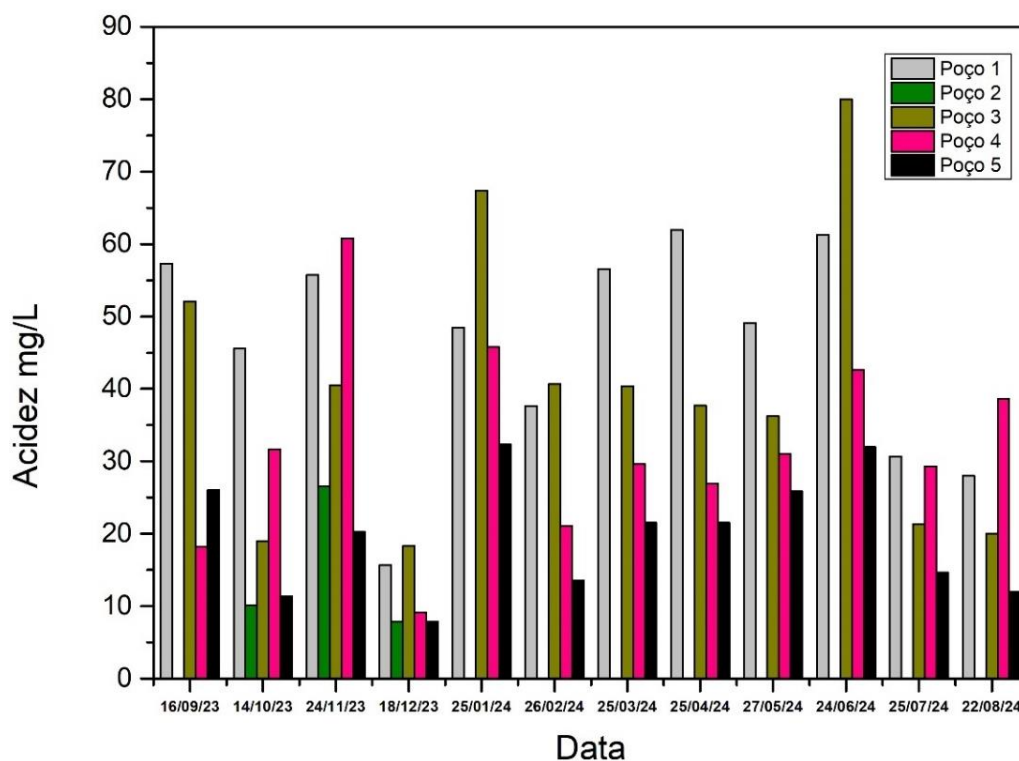
Fonte: Autor, 2024.

## 5.8 ACIDEZ E ALCALINIDADE

No Brasil, a alcalinidade e acidez não são parâmetros de potabilidade para consumo humano. Contudo, altas concentrações de alcalinidade pode atribuir gosto para a água, desta forma por não possuir significado sanitário, não é atribuído restrições nos casos em que a alcalinidade e acidez apresentem altas

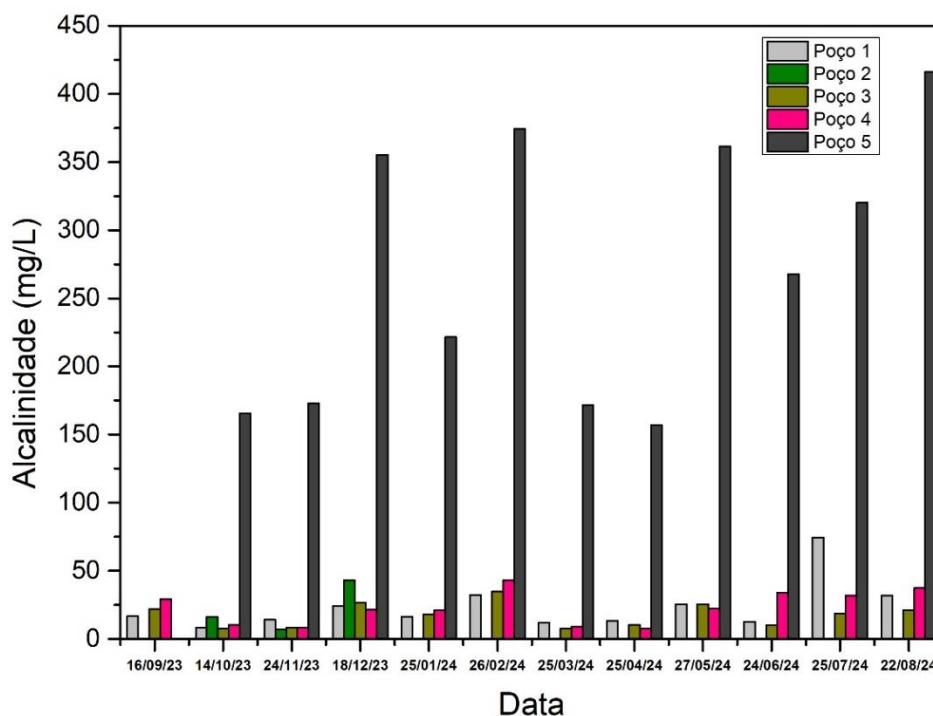
concentrações. Para acidez a partir da Figura 18, no geral pode-se observar uma variação mínima, com valores inferiores a 65 mg/L de CaCO<sub>3</sub> em todo o estudo. Em relação ao parâmetro de alcalinidade a partir da Figura 19 verificou-se o valor inferior a 30 mg/L de CaCO<sub>3</sub> para todos os poços com exceção do poço 05 que apresentou altas concentrações, no trabalho de Santos e Mohr. (2013), foi observado que águas subterrâneas apresentam alcalinidade superior a 20 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, corroborando com os resultados obtidos.

**Figura 18.** Análise de acidez (mg/L).



Fonte: Autor, 2024.

**Figura 19.** Análise de alcalinidade (mg/L).



Fonte: Autor, 2024.

## 5.9 COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES TEMOTOLERANTES

As análises de coliformes termotolerantes apresentaram resultados ausentes para a presença do mesmo em todos os pontos, indicando conformidade com a legislação. Para o poço 04, é constatado a presença de coliformes totais em uma única amostragem, entretanto, isso não é um indicativo de contaminação fecal, uma vez que este grupo inclui diversos gêneros e espécies de bactérias de origem não entérica. A presença e a quantidade dos coliformes totais são indicativos da qualidade sanitária de uma amostra, desta forma, a detecção de coliformes termotolerantes em água subterrânea se relaciona à indicação de contaminação fecal humana, já para os coliformes totais, atuam como indicadores componentes desse sistema de detecção (SANTOS et al., 2020).

Para coliformes termotolerantes, dentre os ensaios realizados não foi encontrado a presença ao longo do monitoramento, preconizando a exigência da Portaria GM/MS Nº 888/2021.

## 6 CONCLUSÃO

As informações obtidas nesta pesquisa, averiguaram os parâmetros físico-químicos potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, cloro livre, condutividade elétrica, cor aparente, turbidez, cloreto, dureza total, acidez e alcalinidade, assim como os microbiológicos, coliformes totais e termotolerantes de acordo com a normas da Portaria nº GM/MS 888/2021. Ficou evidente a necessidade da implantação de programas de monitoramento ambiental, visto as variações dos resultados desses parâmetros em virtude das mudanças e demanda hídricas.

Os resultados obtidos durante os ensaios indicaram que as águas analisadas necessitam de diferentes tratamentos, inerentes a qualidade específica. O poço 02 atende todas as normas da Portaria nº GM/MS 888/2021, entretanto o mesmo operou por apenas 3 meses durante o ano. As amostras dos poços 01, 03 e 04 contemplam os diversos aspectos da portaria, necessitando apenas da tratabilidade com cloro para atender a todas as normativas da potabilidade. Para os poços não clorados, é recomendada a instalação de dosadores automáticos de cloro nas tubulações, garantindo a desinfecção adequada da água e a total adequação a portaria vigente.

O poço 05 não atende todas as normas da Portaria nº GM/MS 888/2021, demonstrando amostras que excederam o VMP para turbidez, cor, dureza total e cloretos. Desta forma o mesmo não está em condições para serem utilizadas para consumo humano, sem um prévio tratamento adequado.

Diante dessas informações, o monitoramento e a avaliação de poços tornam-se ferramentas importantes em contextos ambientais e de gestão de recursos hídricos. O desenvolvimento desta pesquisa gerou condições para a elaboração de um 'produto' de utilidade pública, sendo o relatório técnico sobre a qualidade das águas subterrâneas.

## 7 REFERÊNCIAS

ABDALLA, K.V. et al avaliação de dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário-Ma. **Revista águas subterrâneas**, V.24,n.1,p.3.2010.

AMARAL, Luiz Augusto do; NADER FILHO, Antonio; ROSSI JUNIOR, Oswaldo Durival; FERREIRA, Fernanda Lúcia Alves; BARROS, Ludmilla Santana Soares. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 510-514, ago. 2003.

ANDERSON et al. QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO SOB A ÓTICA DA ESCALA DE MONITORAMENTO. **Revista Arquivos Científicos (IMMES)**, v. 5, n. 1, p. 76–89, 2022.

ANVISA. Nota técnica 02/2017- posicionamento da ANVISA referente à recomendação 028/2016 aprovada em reunião plenária do conselho nacional de segurança alimentar e nutricional – consea. p. 1-6, jan. 2017.

AZEVEDO, Rainier Pedraça de. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. **Acta Amazonica**, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 313-320, 2006.

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.

BATISTA, Flávio Souza; CRUZ, Manoel Jerônimo Moreira; GONÇALVES, Manuel Vítor Portugal; RAMOS JUNIOR, Antônio Bomfim da Silva; SANTOS, Rodrigo Alves; ALENCAR, Cristina Maria Macêdo de; PORCIÔNULA, Débora Carol Luz da; ANDRADE, José Jackson de Souza; RODRIGUES, Ana Cláudia Lins. CONDIÇÕES SOCIAIS DE SAÚDE, SANEAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE MUNICÍPIOS DO OESTE DA BAHIA (BR). **Conhecimentos Pedagógicos e Conteúdos Disciplinares das Ciências Exatas e da Terra**, [S.L.], p. 92-110, 31 ago. 2021:

BOEING, F. SANEAMENTO AMBIENTAL E SAÚDE PÚBLICA: UMA INTERFACE PARA A QUALIDADE DE VIDA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 2, n. 1, p. 102–112, 1 jul. 2013.

BORTOLIN, T. A. **Padrões Hidroquímicos e Isotópicos do Sistema Aquífero Serra Geral, no Município de Carlos Barbosa, Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.**2014. 119p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2014.

BORTOLI, J.D. **Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do vale do taquari/rs.**2016. Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário do Vale do Taquaria, Rio Grande do Sul,

2016.

BRANCO, S. M. **Água: origem, uso e preservação**. 2. ed. ref. São Paulo: Moderna, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. 2006. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Águas subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília, MMA, 2007.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 2008.

BRASIL, **Ministério da Saúde**. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, 2011.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**.- 1.ed.- Brasília: FUNASA, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz para atuação em situações de surtos de doenças e agravos de veiculação hídrica [recurso eletrônico]** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador – Brasília: Ministério da Saúde, 2018.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. **Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano: módulo I: Marcos Conceituais, Institucionais e Legais**. Brasília: Ministério da Saúde, 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.

CARVALHO, J. *et al.* Hidrogeoquímica das águas subterrâneas dos domínios Santa Maria da Vitória/Cocos, (NE Bahia, Brasil). **Geochimica Brasiliensis**, v. 36, 19 mar. 2022.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. **Standard methods for**

**the examination of water and wastewater.** 20th. ed. Washington, DC: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 1998.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa hidrogeológico do Brasil: escala 1:5.000.000. Programa Geologia do Brasil.** Projeto Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo. Recife: CPRM, 2014.

CONEJO, João Gilberto Lotufo; MATOS, Bolivar Antunes (coord.). Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Colaboração de Fernando Arruda Damacena. Brasília: ANA, 2007.

CORREIA, Núbia Maria. **Comportamento dos herbicidas no ambiente.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2018.

COSTA, C. L. et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 33, n. 2, 19 mar. 2013.

DI BERNARDO, Luiz e DI BERNARDO, Angela e CENTURIONE FILHO, Paulo Luiz. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água.** . São Carlos: RiMa., 2002

ECKHARDT, Rafael; DIEDRICH, Viane; FERREIRA, Everaldo; STROHSCHOEN, Eduardo; DEMAMAN, Leticia. Mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 58-80, 30 abr. 2009.

FEITOSA, F., ALVALÁ, R., CUNHA, A. P., BRITO, S. S., SELUCHI, M. E., MARENGO, J. A., MORAES, O. L., & CARVALHO, M. A. 2008. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** Rio de Janeiro: CPRM/LABHID, 2008.

FERNANDES, N. M. L.; SARCINELLI, P. N. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição o processo de atualização da legislação brasileira. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 2009.

FIORUCCI, A.R. & BENEDETTI FILHO, E. A importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos. **Química Nova na Escola**, n. 22, 2005.

FORMAGGIA, D. M. E. **Uma breve história do Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo humano do Estado de São Paulo.** São Paulo: FalaSEVISA, 2007.

FREITAS, L.C.B. **Qualidade das águas subterrâneas – área do município de Caucaia, região metropolitana de Fortaleza – Ceará.** 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

FREITAS, Marcelo Bessa de; BRILHANTE, Ogenis Magno; ALMEIDA, Liz Maria de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e

alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 17, n. 3, p. 651-660, jun. 2001.

FORTES, Ana Carolina Chaves; BARROCAS, Paulo Rubens Guimarães; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde em Debate**, [S.L.], v. 43, n. 3, p. 20-34, dez. 2019.

Fundação Nacional de Saúde. **Vigilância ambiental em saúde**. Brasília: FUNASA, 2002.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**.- 1.ed.- Brasília: FUNASA, 2014.

GASSER, Rodolfo Santos; CRUZ, Manoel Jerônimo Moreira; GONÇALVES, Manuel Vítor Portugal. Avaliação da vulnerabilidade intrínseca a contaminação do aquífero cárstico Salitre no município de Cafarnaum, Bahia. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 70-78, 23 fev. 2018.

GESSI, M.T. As águas do planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, edição especial, 2001.

GOMES, R. et al. **Análise do potencial hidrogeniônico das águas subterrâneas do Instituto Federal Catarinense** – Campus Camboriú. In: *III MICTI - Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar*, Instituto Federal Catarinense, Santa Catarina: 2015

GOMES, M. A. et al. Avaliação Hidroquímica e de Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade das Águas Subterrâneas da Zona Urbana do Município de Sousa-PB. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 2, p. 162–172, 9 maio 2018.

HERPHS, L. S. et al. Análises físico-químicas e microbiológicas da água destinada ao consumo humano em instituições públicas de ensino da cidade de Porto Seguro-BA. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 19, n. 55, p. 329–344, 2023.

IBGE; **Esgotamento sanitário adequado: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão**, Brasília: IBGE, 2010.

IBGE; **Percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até 1/2 salário mínimo**, Brasília: IBGE: 2010.

IBGE; **Internações por diarreia: Ministério da Saúde, DATASUS**, Brasília: IBGE, 2016.

IBGE; **Área urbanizada: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente, Áreas Urbanizadas do Brasil**, Brasília: IBGE, 2019.

IBGE; **Censo Demográfico 2022 : população e domicílios : primeiros resultados / IBGE, Coordenação Técnica do Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 4ª ed. Campinas: Átomo, 2016.

MACÊDO, J. A. B.. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2 ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2003.

MAIA, J. M. M. et al. Perfil de intoxicação dos agricultores por agrotóxicos em Alagoas. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 486, 2 set. 2018.

MARENGO, J. A., MORAES, O. L., CARVALHO, M. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID, 2008.

MEDEIROS, W. M. V.; SILVA, C. E. DA; LINS, R. P. M. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 13, n. 2, p. 1, 16 abr. 2018.

MENEZES, J. M.; DA SILVA JR., G. C.; PRADO, R. B. Índice de Qualidade de Água (IQACCME) Aplicado à Avaliação de Aquíferos do Estado do Rio de Janeiro. **Águas Subterrâneas**, v. 27, n. 2, 9 ago. 2013.

NOGUEIRA, F.F; COSTA, I.A; PEREIRA, UENDEL, A.P. **Análise de parâmetros físicos químicos da água e do uso e ocupação do solo do córrego da água branca no município de Neópolis**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2015.

NOLASCO, G. M. et al. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 2, n. 2, p. 52–64, 12 dez. 2020.

PAIM, R. A. et al. Análise hidroquímica e da aplicação de diferentes métodos de avaliação da qualidade da água subterrânea em aquíferos costeiros em Osório – RS. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, p. 337–345, 14 out. 2018.

PARROM, L.M; MUNIZ, D.H.F; PEREIRA, C.M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico química de água**. Dados eletrônicos – Colombo: Embrapa, 2011.

PINHEIRO, J. V.; MIORANDO, P. S.; LIMA, T. F. Quality of water for human consumption in two public supply systems in the municipality of Oriximiná-PA, Brazil. **SciELO Preprints**, 2023.

PRUSS, A. *et al.* Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. **Environmental Health Perspectives**, 2002.

OLIVEIRA, A. J. DE et al. Coliformes Termotolerantes: bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano. **Atas de Saúde Ambiental - ASA (ISSN 2357-7614)**, v. 3, n. 2, p. 24–29, 2015..

OKOKPUJIE, I.P.; OKONKWO, U.C.; FAYOMI, O.s.I.; DIRISU, G.B.. Data on physicochemical properties of borehole water and surface water treated using reverse osmosis [RO] and ultra-violet [UV] radiation water treatment techniques. **Chemical Data Collections**, [S.L.], v. 20, p. 100207, abr. 2019

RIBEIRO, L.G.G; ROLIM, N.D. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce como direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 7-33, 2017.

RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C.; PEREIRA, S. Y.; MARCHI, M. R. R. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 688-694, jun. 2007.

REIS, F. A. S.; AMADO, F. D. R.; BENVENUTI, T. Qualidade da água de abastecimento e fatores de risco à saúde na comunidade de Maria Jape em Ilhéus, Bahia. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, 2022.

RODRIGUES, K. G.; SOUZA, K.; CAVALANTE, L. C.; QUEIROZ, M. Análise da qualidade da água do abastecimento público do município de São José dos Quatro Marcos - MT. **Cadernos UniFOA**, 2022.

SALLES, V.; Guia do Meio Ambiente - Litoral de Alagoas, 2ª ed., IMA: Maceió, 1995.

SANTOS, R. S. SAÚDE E QUALIDADE DA ÁGUA: ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUA SUBTERRÂNEAS. **Revista Contexto & Saúde**, v. 13, n. 24-25, p. 46–53, 2013.

SANTOS, S.M; PAIVA, A; L.R; SILVA, V.F. Qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido. **Rev. Bras. Agric. Irr.** v. 10, n. 3, p. 651 – 662, 2016.

SANTOS, C. E.; MEDEIROS, R. C.; MANCUSO, M. A. Água Subterrânea dos Poços da Área Rural de Frederico Westphalen-RS: Qualidade, Aspectos Ambientais e Conformidade Legal. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, 18 dez. 2020.

SILVA, Adonai Felipe Pereira de Lima; SOUZA, Jonas. Análise da qualidade da água nos aquíferos aluviais da bacia Riachado Tigre - PB: uma abordagem hidrológica em ambientes fluviais semiáridos no Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, [S.L.], n. 84, p. 323-336, 2023.

SOARES, Samara Silva; ARRUDA, Poliana Nascimento; LOBÓN, Germán Sanz; SCALIZE, Paulo Sergio. Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 119, 16 mar. 2016.

TURNER, R. Drinking water disinfection-a history and improved monitoring techniques. **Journal of the New England Water Works Association**, v. 132, n. 2, p. 83-89, 2018.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). **25 years of the safe drinking water act: history and trends**. Washington: EPA, 1999.

VEIGA, Marcelo Motta. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 145-152, mar. 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 4ª Ed, 2014.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The top 10 causes of death**. WHO, 2020.

## 8 ANEXO

**Tabela 3.** Análise de pH dos poços.

	16/09/23		14/10/23		24/11/23		18/12/23		25/01/24		26/02/24		25/03/24		25/04/24		27/05/24		24/06/24		25/07/24		22/08/24		V M P	
	Ca mp o	Labor atório	Ca mp o	Labor atório	Ca mp o	Labor atório	Ca mp o	Labor atório	Ca mp o	Labor atório	Ca mp o	Labor atório	Cam po	Labor atório	Cam po	Labor atório	Ca mp o	Labor atório	Ca mp o	Labor atório	Ca mp o	Labor atório	Ca mp o	Labor atório		
<b>P 1</b>	4,0 5	3,43	3,9 4	3,75	3,8 3	3,64	3,8 6	3,82	4,1 5	3,88	3,9 5	4,15	3,98	3,94	4,00	3,92	3,7 8	3,85	3,8 9	3,86	4,0 8	3,38	4,0 8	3,38	-	
<b>P 2</b>	-	-	5,7 7	5,87	5,6 0	5,49	5,5 9	5,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>P 3</b>	4,3 2	3,78	3,9 9	4,09	3,9 4	4,15	3,6 8	4,10	3,9 1	4,21	3,4 3	4,27	3,64	4,09	3,60	4,04	3,9 5	4,23	4,8 9	4,35	4,1 6	4,35	4,1 6	4,35	-	
<b>P 4</b>	5,1 7	4,62	4,0 7	4,06	3,6 3	4,24	4,2 9	4,8	4,2 4	4,14	4,2 7	4,33	4,36	4,06	4,41	3,96	4,0 1	4,39	4,3 9	4,37	4,3 5	3,55	3,3 2	3,55	-	
<b>P 5</b>	7,2 6	7,24	6,9 4	7,12	7,0 2	7,21	7,1 2	6,77	7,2 6	7,08	6,8 4	6,96	6,87	7,15	7,03	7,10	7,2 0	7,42	7,1 3	7,42	6,2 2	6,75	6,5 5	6,75	-	

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 4.** Análise de condutividade (uS/m) dos poços.

	16/09/23		14/10/23		24/11/23		18/12/23		25/01/24		26/02/24		25/03/24		25/04/24		27/05/24		24/06/24		25/07/24		22/08/24		V		
	Ca	Labor	Ca	Labor	Ca	Labor	Cam	Labor	Ca	Labor	Ca	Labor	Ca	Labor	Ca	Labor	Ca	Labor	Ca	Labor	Ca	Labor	Ca	Labor	M	P	
	mp	atório	mp	atório	mp	atório	po	atório	mpo	atório	mpo	atório	mpo	atório	mpo	atório	mpo	atório	mpo	atório	mpo	atório	mpo	atório			
P 1	269	172,2	203	175,3	273	155,1	199	146,9	250,00	156,10	400	161,7	126,0	196,2	352	198,5	342	222,8	247	198,6	240	166,9	229	192,9	-	-	
P 2	-	-	130	158,4	212	169,2	214	164,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P 3	89	57,54	43	56,26	74	58,1	78	58,03	99,00	58,03	88	59,67	110	68,23	89	70,2	77	65,48	36,0	53,65	66	49,76	68	56,02	-	-	
P 4	10	38,67	16	39,49	55	41	57	40,52	58,00	39,90	54	41,60	57	42,91	59	55,5	52	46,22	54	40,87	56	37,56	50	38,88	-	-	
P 5	686	1317	1406	1329	1543	1125	1819,00	1340,00	1562,00	1205	1852	1538	2512	1738	1560	1351	1848	1531	1363	1477	1532	1271	1282	1150	-	-	

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 5.** Análise de cloro (mg/L) dos poços.

	16/09/23		14/10/23		24/11/23		18/12/23		25/01/24		26/02/24		25/03/24		25/04/24		27/05/24		24/06/24		25/07/24		22/08/24		V	
	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Cloro Total	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Clor o Total	Clor o Livre	Clor o Total	M	P
P 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,0
P 2	-	-	2,9	3,7	4,5	6	4,1	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0
P 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,0
P 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,0
P 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,0

Fonte: Autor, 2024

**Tabela 6.** Análise de temperatura (°C) em campo dos poços.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/24	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24	VMP
P1	25,89	26,02	27,81	26,46	27,90	28,51	27,23	27,24	25,92	25,71	24,33	26,40	-
P2	-	26,82	28,67	25,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	28,49	27,73	28,84	25,31	28,25	28,86	26,55	27,45	24,42	24,67	23,44	25,15	-
P4	27,75	27,76	31,08	30,36	32,28	32,47	33,85	33,15	30,88	29,31	27,90	27,21	-
P5	29,26	29,73	31,21	29,32	31,70	31,24	29,90	30,68	29,01	29,42	28,43	29,28	-

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 7.** Análise de turbidez (NTU) dos poços.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/24	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24	VMP
P1	0,09	0,08	0,12	0,1	0,07	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,04	0,09	5
P2	-	0,32	1,78	2,15	-	-	-	-	-	-	-	-	5
P3	0,09	0,08	0,12	0,1	0,07	0,07	0,07	0,09	0,07	0,08	0,06	0,07	5
P4	0,07	0,09	0,09	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,06	7,09	5
P5	4,27	3,29	1,39	5,01	4,99	5,75	2,07	2,31	4,38	1,41	4,86	6,36	5

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 8.** Análise de cor aparente dos poços.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/24	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24	VMP
--	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----

<b>P1</b>	2,5	2,5	2,5	2	1	4	3	2	5	21	5	2	15
<b>P2</b>	-	2,5	2,5	11	-	-	-	-	-	-	-	-	15
<b>P3</b>	0	2,5	2,5	2	2	2	1	1	4	6	7	2	15
<b>P4</b>	2,5	2,5	2,5	2	1	1	1	1	5	2	3	7	15
<b>P5</b>	2,5	5	2,5	17	12	23	7	11	9,8	6	15	13	15

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 9.** Análise de Magnésio (mg/L) dos poços.

	<b>16/09/23</b>	<b>14/10/23</b>	<b>24/11/23</b>	<b>18/12/23</b>	<b>25/01/24</b>	<b>26/02/24</b>	<b>25/03/24</b>	<b>25/04/24</b>	<b>27/05/24</b>	<b>24/06/24</b>	<b>25/07/24</b>	<b>22/08/24</b>	<b>VMP</b>
<b>P1</b>	22,668	22,48	16,8	8,12	13,92	12,76	27,26	18,48	32,33	61,33	61,34	45,44	-
<b>P2</b>	-	37,47	16,80	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>P3</b>	2,77	18,74	13,06	0	0,00	3,48	0,00	5,28	12,94	5,33	5,33	10,67	-
<b>P4</b>	9,10	18,74	0	0	5,80	9,98	9,15	6,6	16,82	2,66	0,00	5	-
<b>P5</b>	206,50	528,42	364	320,16	256,36	305,08	456,03	373,56	338,85	1197	646	776	-

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 10.** Análise de Cálcio (mg/L) dos poços.

	<b>16/09/23</b>	<b>14/10/23</b>	<b>24/11/23</b>	<b>18/12/23</b>	<b>25/01/24</b>	<b>26/02/24</b>	<b>25/03/24</b>	<b>25/04/24</b>	<b>27/05/24</b>	<b>24/06/24</b>	<b>25/07/24</b>	<b>22/08/24</b>	<b>VMP</b>
<b>P1</b>	9,369	13,12	25,2	16,24	8,12	9,28	11,76	18,48	11,64	21,33	18,66	10,66	-
<b>P2</b>	-	10,30	24,26	20,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<b>P3</b>	12,18	9,37	16,8	17,4	13,92	8,12	15,68	5,28	10,34	13,33	13,33	10,67	-
<b>P4</b>	6,56	10,30	14,93	16,24	11,6	3,48	9,14	6,6	10,34	16	32	8	-
<b>P5</b>	400,06	267,02	336	215,76	219,24	277,24	347,57	373,56	300,05	280	610	261,33	-

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 11.** Análise de dureza (mg/L de CaCO<sub>3</sub>) dos poços.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/24	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24	VMP
<b>P1</b>	32,037	35,60	42	24,36	22,04	22,04	39,02	36,96	43,97	82,66	80	56	300
<b>P2</b>	-	47,78	41,06	26,68	-	-	-	-	-	-	-	-	300
<b>P3</b>	14,95	28,107	29,86	17,4	13,92	11,6	14,37	13,2	23,28	18,66	18,66	29,33	300
<b>P4</b>	15,66	29,04	13,06	13,92	11,60	13,46	18,29	15,84	27,16	18,66	18,12	24	300
<b>P5</b>	606,57	795,43	700	535,92	219,24	582,32	803,6	900,24	638,9	1477,33	1256	1037,33	300

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 12.** Análise de cloretos (mg/L de CaCO<sub>3</sub>) dos poços.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/24	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24	VMP
<b>P1</b>	18,14	20,76	12,56	10,83	15,96	23,94	25,14	15,32	21,83	23,99	36,65	31,32	250
<b>P2</b>	-	33,16	25,56	25,12	-	-	-	-	-	-	-	-	250
<b>P3</b>	6,43	5,88	0,43	0,43	3,32	0,00	14,55	5,99	0,00	0,00	11,33	6,66	250
<b>P4</b>	1,46	3,71	0	0	3,99	12,63	6,61	0,00	1,32	0,00	15,32	11,99	250
<b>P5</b>	377,46	436,9	260,8	310,629	400,49	544,18	680,98	702,5	542,66	693,84	553,20	637,18	250

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 13.** Análise de Acidez (mg/L de CaCO<sub>3</sub>) dos poços.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/24	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24	VMP
P1	57,31	45,6	55,73	15,68	48,48	37,66	56,56	61,94	49,14	61,3	30,66	28	-
P2	-	10,13	26,60	7,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	52,10	19,00	40,53	18,29	67,33	40,68	40,4	37,7	36,21	80	21,33	20	-
P4	18,24	31,66	60,8	9,14	45,78	21,09	29,62	26,93	31,04	42,66	29,33	38,66	-
P5	26,05	11,40	20,26	7,84	32,32	13,56	21,54	21,54	25,86	32	14,66	12	-

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 14.** Análise de Alcalinidade (mg/L de CaCO<sub>3</sub>) dos poços.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/24	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24	VMP
P1	16,84	8,40	14,22	24,24	16,57	32,32	12,05	13,56	25,6	12,57	74,66	32	-
P2	-	16,16	7,11	43,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	21,96	7,76	8,40	26,93	18,08	35,01	7,53	10,54	25,6	10,13	18,66	21,33	-
P4	29,28	10,34	8,40	21,54	21,09	43,09	9,04	7,53	22,4	34,12	32	37,33	-
P5	198,38	165,54	173,00	355,2	221,48	374,37	171,76	156,9	361,6	267,86	320	416	-

Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 15.** Análise de coliformes totais.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/24	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24	VMP
P1	Ausentes	15	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausência em

NMP/100mL												100 mL	
P2	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausência em 100 mL
P3					Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausência em 100 mL
P4	93					Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausência em 100 mL
		Ausentes	NMP/100mL	Ausentes	Ausentes	Ausentes							
P5						Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausência em 100 mL
		Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes							


Fonte: Autor, 2024.

**Tabela 16.** Análise de coliformes termotolerantes.

	16/09/23	14/10/23	24/11/23	18/12/23	25/01/24	26/02/24	25/03/24	25/04/24	27/05/24	24/06/24	25/07/24	22/08/24	VMP
P1					Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausência em 100 mL
	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes									
P2	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausência em 100 mL
P3					Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausência em 100 mL
	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes									
P4					Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausência em 100 mL
	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes									

P5				Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausência em 100 mL
	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes																

Fonte: Autor, 2024.



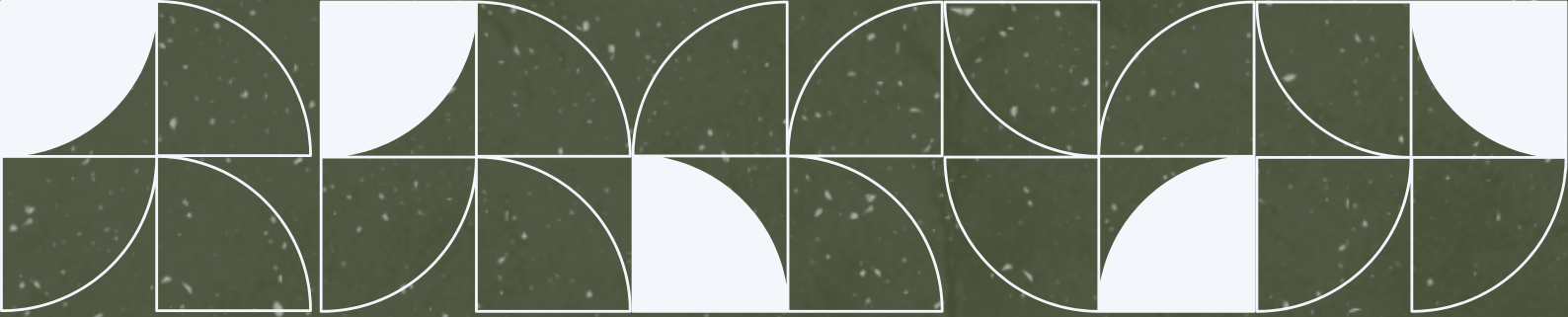
---

# Alternativas caseiras para melhoria da qualidade da água

Iago Gabriel França Brandão  
Johnnatan Duarte de Freitas  
Alan John Duarte de Freitas

---






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

# **Alternativas caseiras para melhoria da qualidade da água**

Iago Gabriel França Brandão  
Johnnatan Duarte de Freitas  
Alan John Duarte de Freitas

**Tipo de Produto Técnico ou Tecnológico**  
Manual

**Linha de Pesquisa**  
Manejo e Monitoramento Ambiental



---

**Ministério da Educação  
Instituto Federal de Alagoas**

**Reitor**

Carlos Guedes de Lacerda

**Pró-Reitora de Ensino**

Maria Cledilma Ferreira da Silva Costa

**Coordenadora do Mestrado em Tecnologias Ambientais**

Sheyla Karolina Justino Marques

**Autores:**

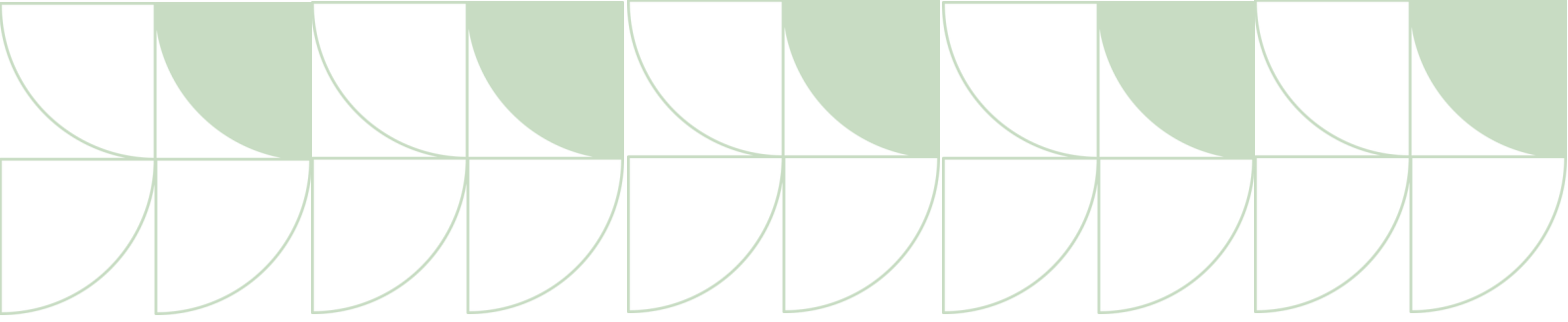
Iago Gabriel França Brandão  
Prof. Dr. Johnnathan Duarte de Freitas  
Prof. Dr. Alan John Duarte de Freitas

**Projeto Gráfico:**

Iago Gabriel França Brandão

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

---

Os métodos alternativos de tratamento de água têm grande relevância social, especialmente em contextos em que o acesso à água potável é limitado. Esses métodos oferecem soluções acessíveis para diversas comunidades, tanto em áreas urbanas quanto rurais, onde os sistemas convencionais de tratamento podem ser insuficientes. O uso de filtros de areia, fervura e desinfecção com água sanitária são opções viáveis para comunidades de baixa renda ou regiões com infraestrutura precária, ajudando a reduzir as desigualdades no acesso à água limpa e promovendo maior inclusão social.

Esses métodos, por serem de fácil operação e descentralizados, podem ser geridos localmente, promovendo a autossuficiência das comunidades. Tecnologias simples de purificação de água permitem que os próprios moradores realizem a manutenção, sem depender de sistemas centralizados de grande porte. Isso gera um impacto positivo na autonomia e na capacidade das pessoas em gerenciar seus próprios recursos hídricos. Além disso, a disseminação de métodos simples de tratamento destaca a importância da preservação das fontes de água e do uso racional dos recursos, ajudando as comunidades a melhorarem a qualidade da água que consomem.



# Índice

**01** Apresentação

**03** Descritivo do produto  
técnico e tecnológico

**04** Metodologia

**04** Elaboração

**07** Considerações Finais

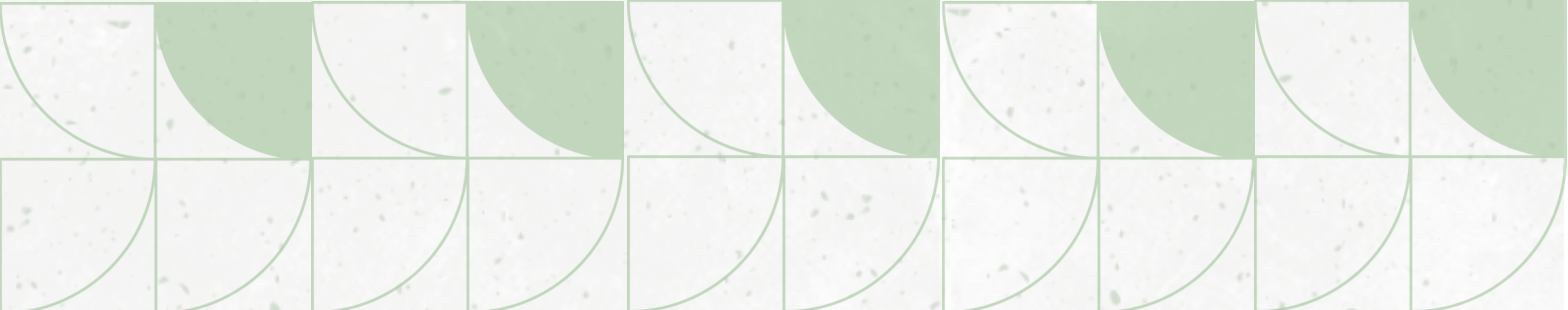
**08** Referências






## Descritivo do produto técnico e tecnológico

O presente manual tem como objetivo fornecer conhecimento a comunidades carentes que não têm acesso à água potável. Através de informações práticas e acessíveis, a cartilha busca conscientizar os moradores sobre a importância da água potável, promover técnicas de tratamento e uso sustentável da água.



**Métodos caseiros para melhorar a**  
**qualidade**  
**da água**



# Como Saber se a Água Precisa de Tratamento?



## 1. Cor



A água potável deve ser incolor. Se a água estiver amarelada, esverdeada ou marrom, isso pode indicar a presença de contaminantes como sedimentos, algas ou traços de metais pesados.

## 2. Odor



A água potável deve ser inodora. Cheiros de cloro, enxofre ou matéria orgânica podem indicar contaminação.

## 3. Sabor



A água potável deve ter um gosto neutro. Um sabor amargo, metálico ou químico pode ser sinal de contaminação.

# Alternativa caseiras para melhorar da qualidade da água



## 1. Fervura



Ferver a água é um método confiável para torná-la potável. Após atingir a ebulição por 5 minutos, desligue o fogo e deixe esfriar antes de beber.

## 2. Desinfecção com pastilhas



As pastilhas de desinfecção, como Clor-in ou Aquatabs, contêm dicloroisocianurato de sódio, que libera cloro ativo na água, tornando-a potável. São uma opção conveniente.

## 3. Filtros e purificadores de água



Os filtros de água são uma opção simples para água com sujeira, mas sem suspeita de contaminação por vírus ou bactérias. Eles funcionam com uma vela central que retém impurezas como terra e sedimentos.



## Alternativa caseiras para melhorar da qualidade da água

### 4. Desinfecção com Iodo



O iodo é uma solução prática e eficaz para desinfetar a água, sendo muito acessível. Para utilizá-lo, adicione 2 gotas por litro de água e aguarde 30 minutos para que o iodo faça efeito. Entretanto, o consumo de água desinfetada com iodo não é recomendado para mulheres grávidas, pessoas com problemas na tiróide, e pessoas alérgicas ao iodo.

### 5. Desinfecção com água sanitária



A desinfecção com água sanitária é outra forma bastante eficaz de tratar a água. Este produto é de fácil acesso e, para utilizá-lo, deve-se adicionar 4 gotas de hipoclorito de sódio a 1% para cada litro de água, aguardando 30 minutos para que a solução faça efeito. Esse método pode ser uma alternativa quando não é possível ferver a água. No entanto, é importante notar que ele pode não eliminar parasitas mais resistentes.

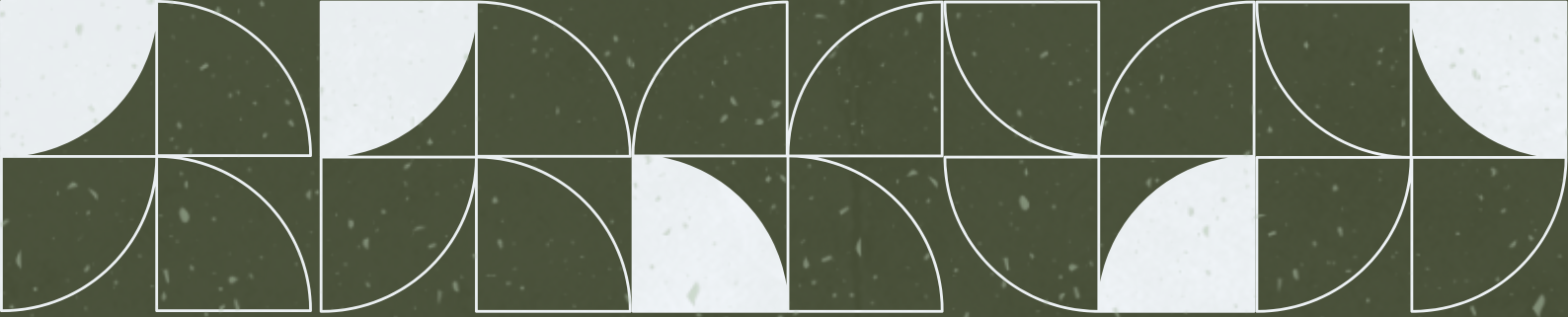


## Considerações finais

O uso adequado da água desempenha um papel fundamental na promoção da educação ambiental e da saúde pública. Ao divulgar informações de forma acessível e prática, contribui para que a sociedade compreenda a importância de garantir o acesso à água potável.

A distribuição de materiais educativos desperta a responsabilidade ambiental, estimula a proteção dos recursos hídricos e empodera comunidades a buscarem soluções sustentáveis.

O objetivo não é apenas ensinar, mas também mobilizar e engajar as pessoas em uma questão essencial para o presente e o futuro.



# Instituto Federal de Alagoas

## Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais


### Mestrado Profissional

#### REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Saúde. **Cuidados com água para consumo humano**. Brasília, Ministério da Saúde, 2011.

CDC - CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Household Water Treatment**. Washington: CDC, 2022.

WHO. **Household Water Treatment and Safe Storage Following Emergencies and Disasters**. Genebra: WHO, 2002.



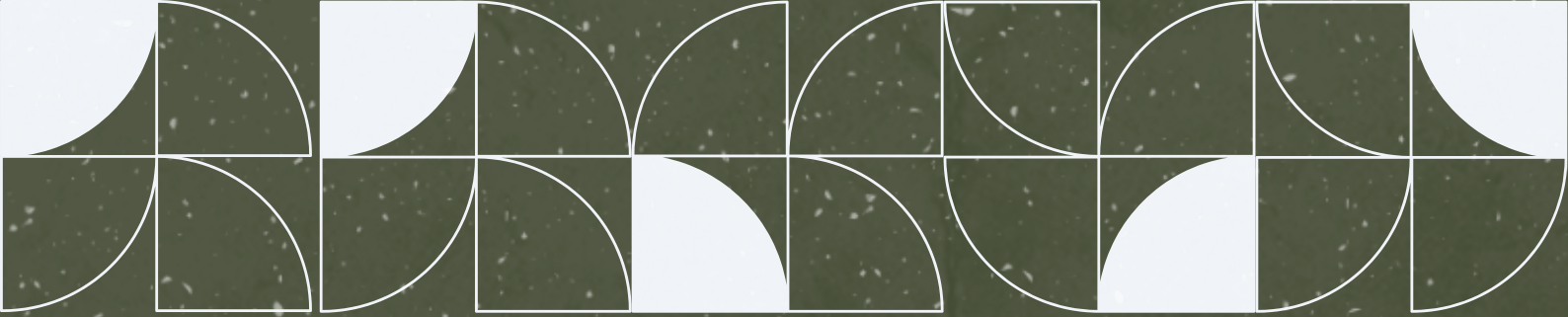
---

# Análise da qualidade de águas subterrâneas dos municípios de Maceió e Rio Largo - Al

Iago Gabriel França Brandão  
Johnnatan Duarte de Freitas  
Alan John Duarte de Freitas

---






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

# **ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS MUNICÍPIOS DE MACEIÓ E RIO LARGO - AL**

Iago Gabriel França Brandão  
Johnnatan Duarte de Freitas  
Alan John Duarte de Freitas

**Tipo de Produto Técnico ou Tecnológico**  
Manual

**Linha de Pesquisa**  
Manejo e Monitoramento Ambiental



---

**Ministério da Educação  
Instituto Federal de Alagoas**

**Reitor**

Carlos Guedes de Lacerda

**Pró-Reitora de Ensino**

Maria Cledilma Ferreira da Silva Costa

**Coordenadora do Mestrado em Tecnologias Ambientais**

Sheyla Karolina Justino Marques

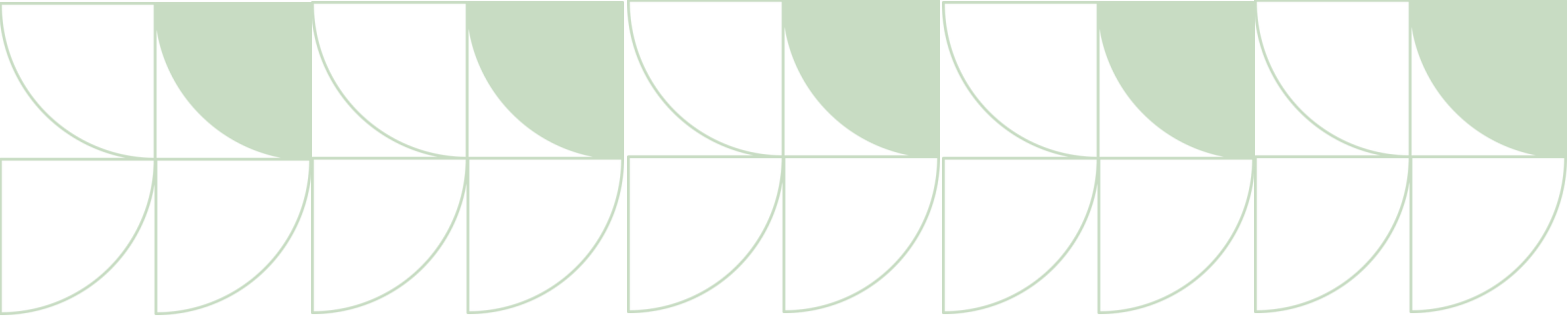
**Autores:**

Iago Gabriel França Brandão  
Prof. Dr. Johnnathan Duarte de Freitas  
Prof. Dr. Alan John Duarte de Freitas

**Projeto Gráfico:**

Iago Gabriel França Brandão

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

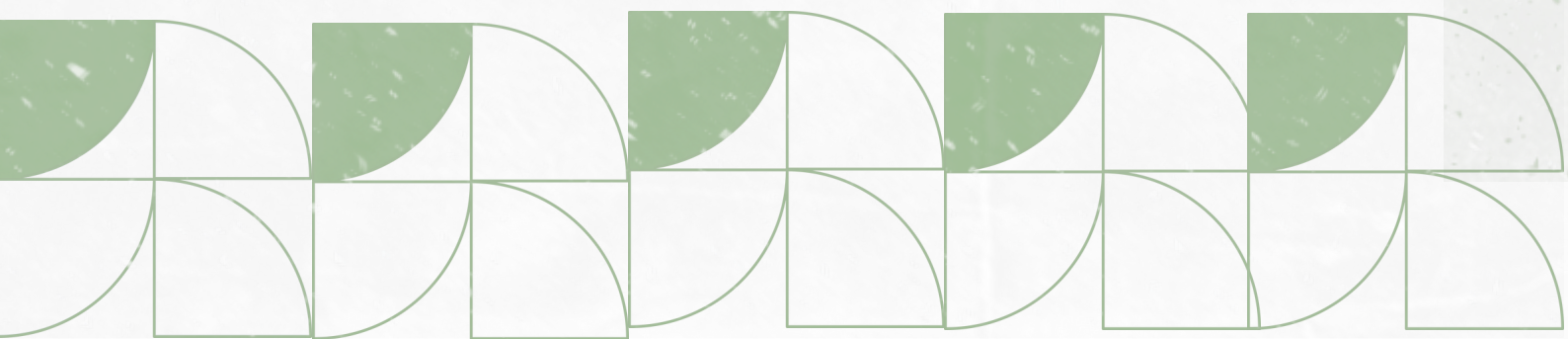


# Apresentação

---

O relatório técnico sobre a qualidade de águas subterrâneas tem grande relevância em contextos ambientais e de gestão de recursos hídricos, fornecendo uma base sólida para tomadas de decisão sobre o uso sustentável e a proteção desse recurso vital. Eles identificam possíveis fontes de contaminação e avaliam o impacto de atividades humanas, que podem comprometer a qualidade da água.

A divulgação desse relatório é um passo fundamental para garantir que as informações neles contidas sejam utilizadas de forma eficaz. O uso de canais de comunicação e a divulgação no próprio Instituto tendem a ser os melhores meios para compartilhar relatórios com a comunidade científica e acadêmica.



# Índice

**01** Apresentação

**03** Descritivo do produto  
técnico e tecnológico

**11** Metodologia

**12** Elaboração

**18** Considerações Finais

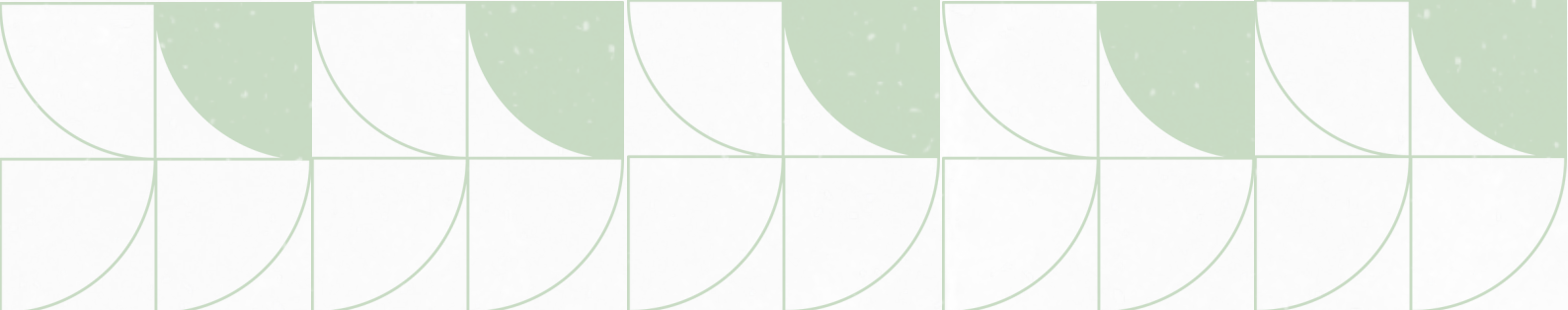
**20** Referências






## Descritivo do produto técnico e tecnológico

O presente relatório técnico tem como base de sua estrutura o trabalho de conclusão de curso intitulado “ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS MUNICÍPIOS DE MACEIÓ E RIO LARGO - AL” elaborada durante o Curso de Mestrado Profissional em Tecnologias Ambientais.



**Análise da qualidade de águas  
subterrâneas dos municípios de  
Maceió e Rio Largo  
(Alagoas)**



## Maceió e Rio Largo Alagoas



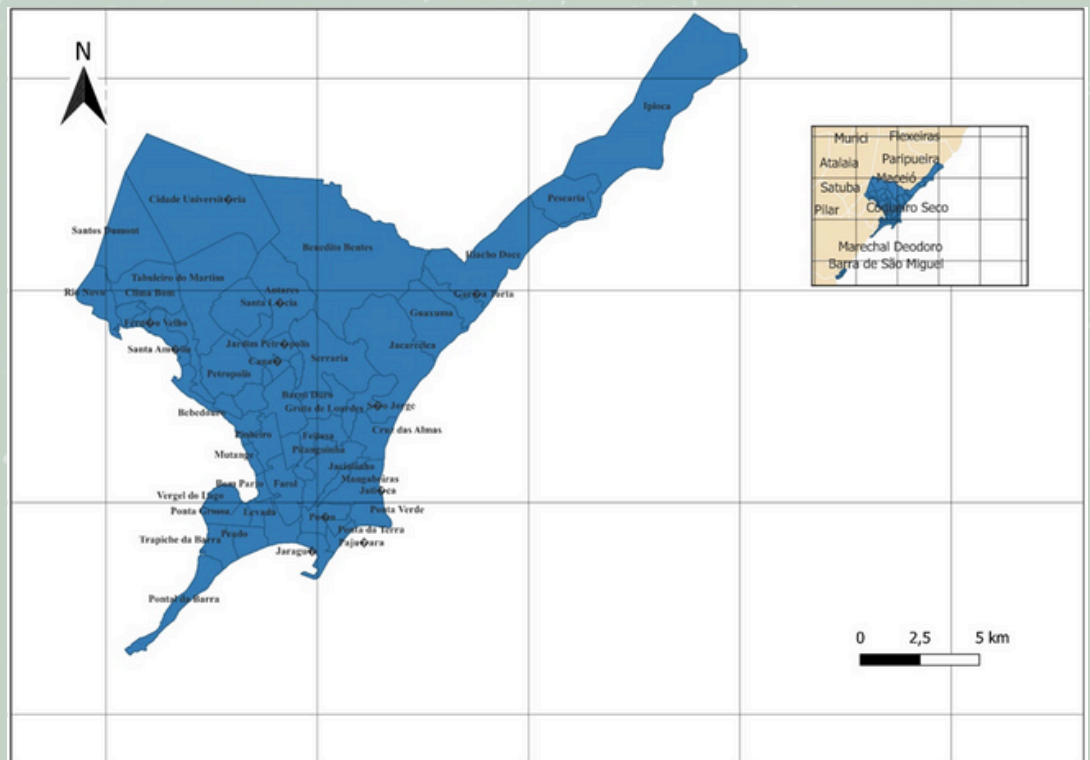
Os municípios de Maceió e Rio Largo possuem uma topografia plana, facilitando a captação de água subterrânea por meio de poços tubulares e apresentando solo com boas características para fundações. Dessa forma, houve uma grande expansão urbana com a implantação de conjuntos habitacionais, indústrias e outras atividades socioeconômicas, além da manutenção de atividades agrícolas, como a plantação de cana-de-açúcar. Entre as alternativas disponíveis para o abastecimento na região, a mais econômica e viável é a água subterrânea, devido ao baixo custo para encontrar o recurso.

Na conjuntura atual, cerca de 80% da água consumida na região metropolitana de Maceió (Maceió e Rio Largo) para diferentes usos é de origem subterrânea. A exploração dos recursos hídricos subterrâneos deve ser feita de forma racional e obedecer aos princípios da sustentabilidade ambiental, uma vez que a recarga das águas retiradas dos aquíferos nem sempre ocorre na mesma velocidade da extração, o que pode provocar superexploração ou exaustão. Nesse sentido, a exploração das águas subterrâneas exige um monitoramento constante dos volumes extraídos (ANA, 2007; CPRM, 2014).

# Município de Maceió



Maceió e seus respectivos bairros como pode ser visto no mapa, possuem a população estimada de 957.916 habitantes, ocupa uma área de 509,320 km<sup>2</sup> sendo destes 115,08 km<sup>2</sup> de área urbanizada e com uma temperatura média entre 25°C e 32°C. Nos últimos anos as internações devido a diarreias são de 0,7 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2023).

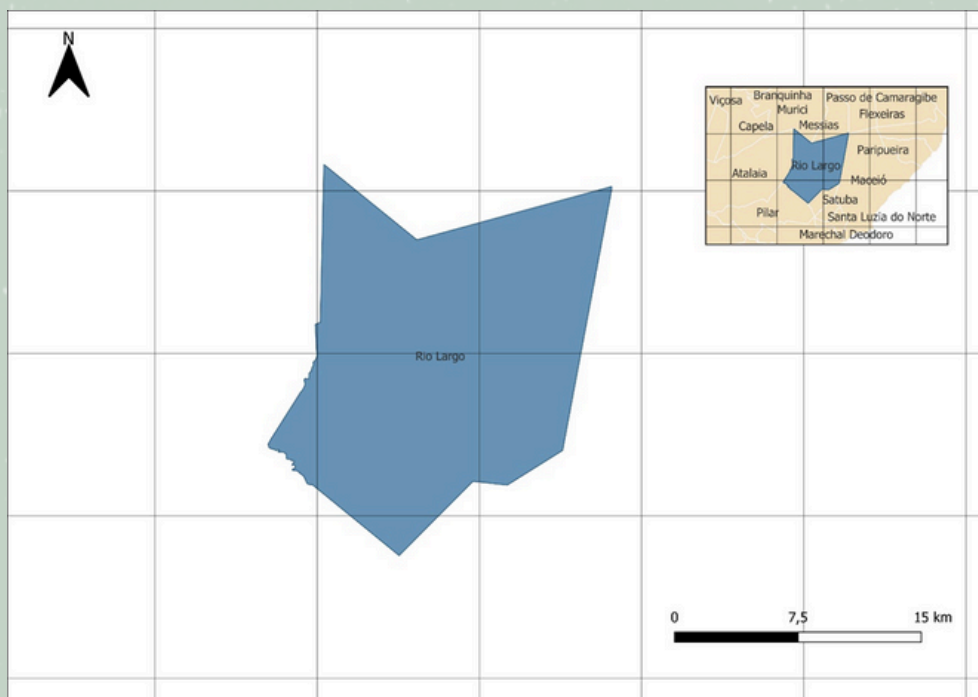


# Município de Rio Largo



Rio Largo como pode ser visto no mapa, está localizado no estado de Alagoas, situando-se a 27 quilômetros da capital, Maceió. É a segunda cidade mais populosa da Região Metropolitana de Maceió e a terceira maior do estado, com cerca de 93.927 habitantes, de acordo com o censo do IBGE de 2023. Rio Largo conta com uma área total de 293,82 km<sup>2</sup>, sendo 16,27 km<sup>2</sup> de área urbanizada.

A região é cercada por plantações. O clima de Rio Largo é tropical litorâneo úmido, com temperaturas variando entre 19 °C e 32 °C. Nos últimos anos, as internações devido a diarreias são de 1,8 para cada 1.000 habitantes (IBGE, 2023).



## Água subterrânea



A disponibilidade hídrica subterrânea, a qualidade e a produtividade de poços geralmente são fatores determinantes para a qualidade dos aquíferos, onde grande parte da reserva de água doce em nosso planeta não é encontrada em forma potável, desta forma as águas subterrâneas que em sua maioria são provenientes de poços, regularmente são menos contaminadas por fatores químicos e biológicos do que os mananciais superficiais. (ECKHARDT et al., 2008; FEITOSA et al., 2008).

Á água além de ter um papel biológico indispensável para a vida, da mesma forma é indispensável para a indústria e agricultura. Ainda que mais de 70% do planeta seja constituído de água, apenas cerca de 2,5% desta se encontra a disposição para o consumo humano, onde 30% correspondem a águas subterrâneas, e 11,6% dessa água disponível estão localizados no Brasil (Brasil, 2011).

# Legislação para água



A atual legislação brasileira de potabilidade de água, Portaria MS nº 888/2021, de 4 de maio de 2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, tendo como objetivo garantir que os procedimentos que certificam a qualidade da água sejam cumpridos dispendo sobre os procedimentos de controle, vigilância e padrão de potabilidade da água para consumo humano (BRASIL, 2021).

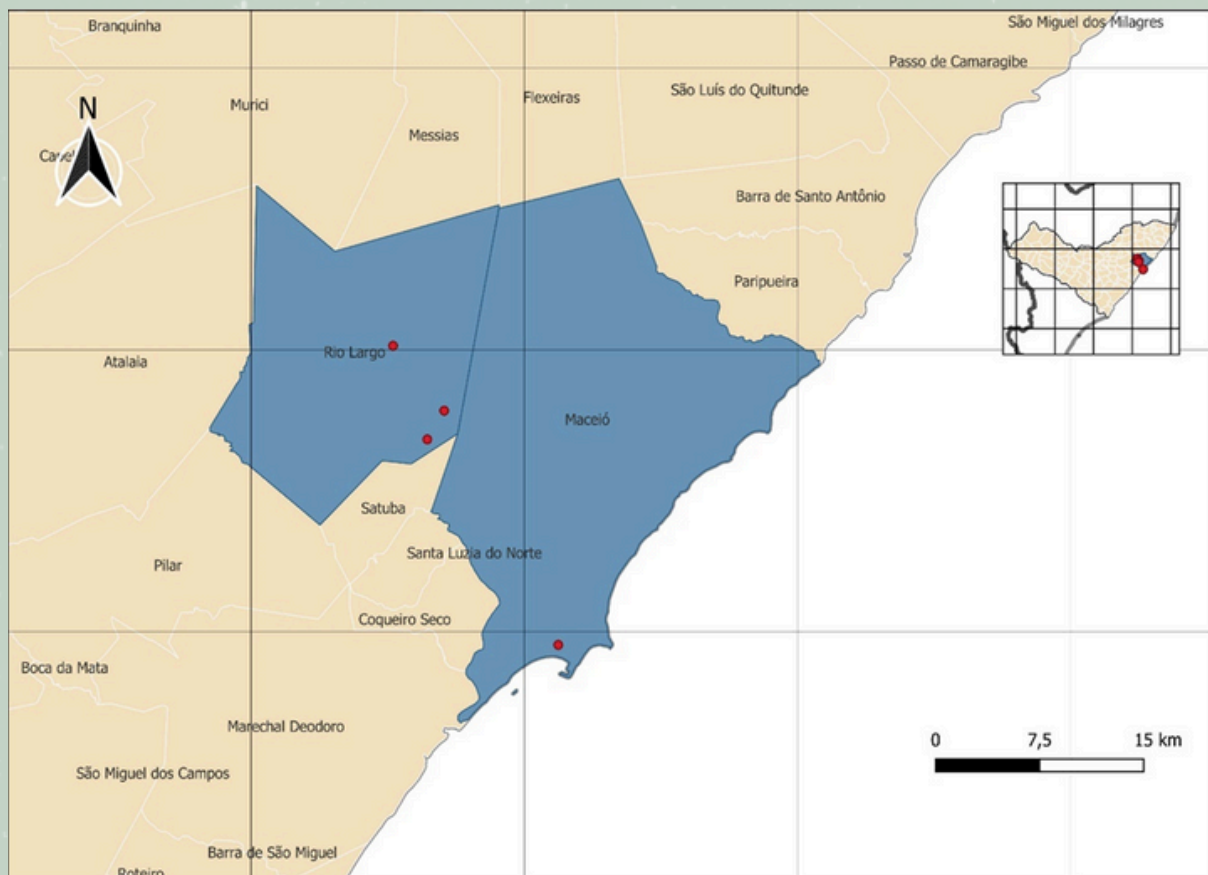
Parâmetros	Unidade de Medida	Valor Máximo Permitido (VMP)
Cor aparente	uH	15
Turbidez	NTU	5
Condutividade	µs/cm	-
Temperatura	°C	-
pH	-	-
Alcalinidade	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-
Acidez	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	300
Magnésio	mg/L Mg	-
Cloreto	mg/L Cl	250
Cálcio	mg/L	-
Cloro	mg/L	5,0
Cloraminas	mg/L	4,0
Coliformes totais	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL
Escherichia coli	NMP/100 mL	Ausência em 100 mL

## Pontos de amostragem



A pesquisa foi realizada na região de Maceió e Rio Largo como pode ser visto no mapa, selecionadas por utilizarem abastecimento alternativo de água para consumo humano. O período de coleta ocorreu entre setembro de 2023 e agosto de 2024, com coletas mensais em cada um dos pontos escolhidos.

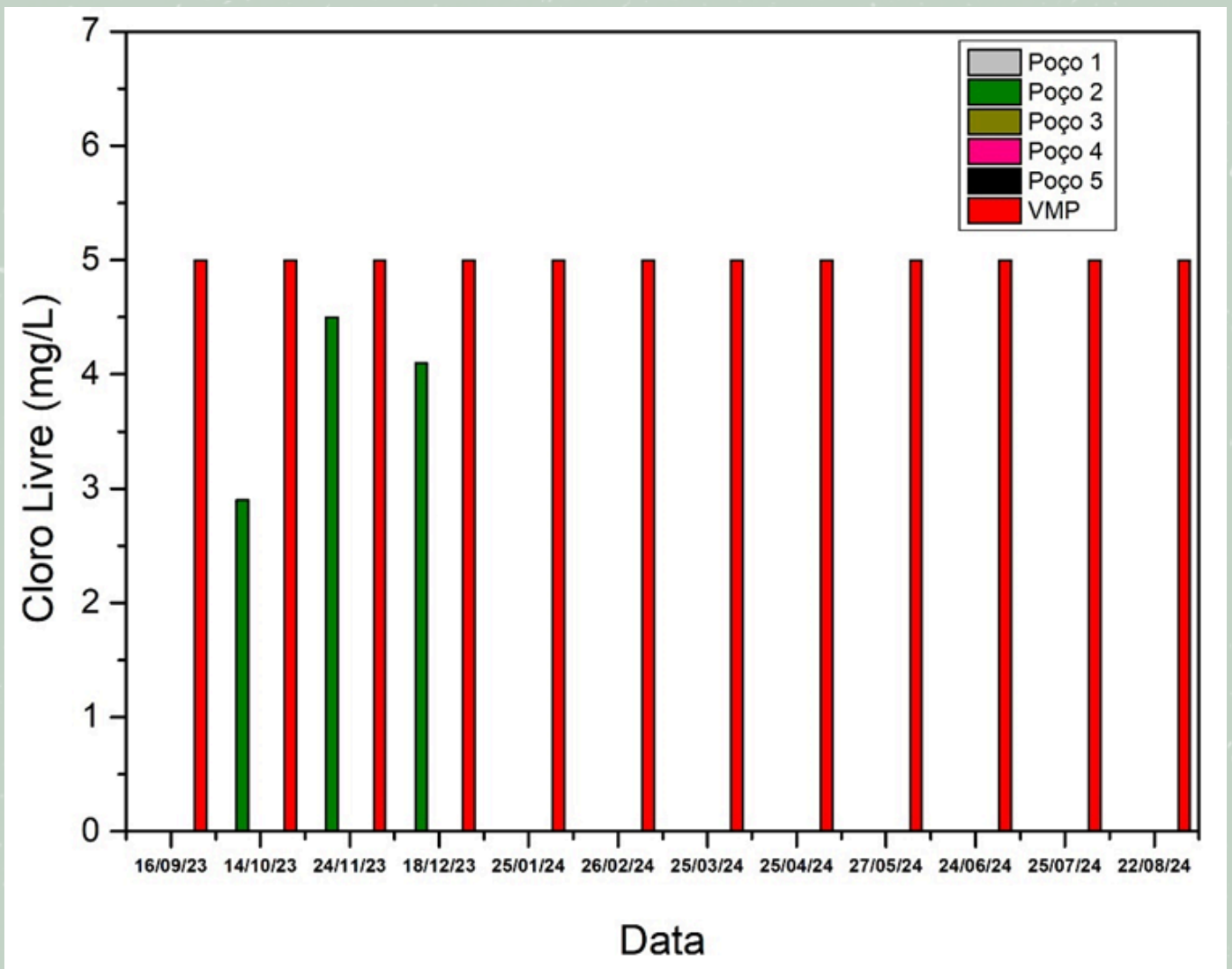
No total, foram coletados dados de cinco pontos, sendo quatro na cidade de Rio Largo e um em Maceió. Esses pontos foram mapeados utilizando um sistema de posicionamento global (GPS).





## Resultados

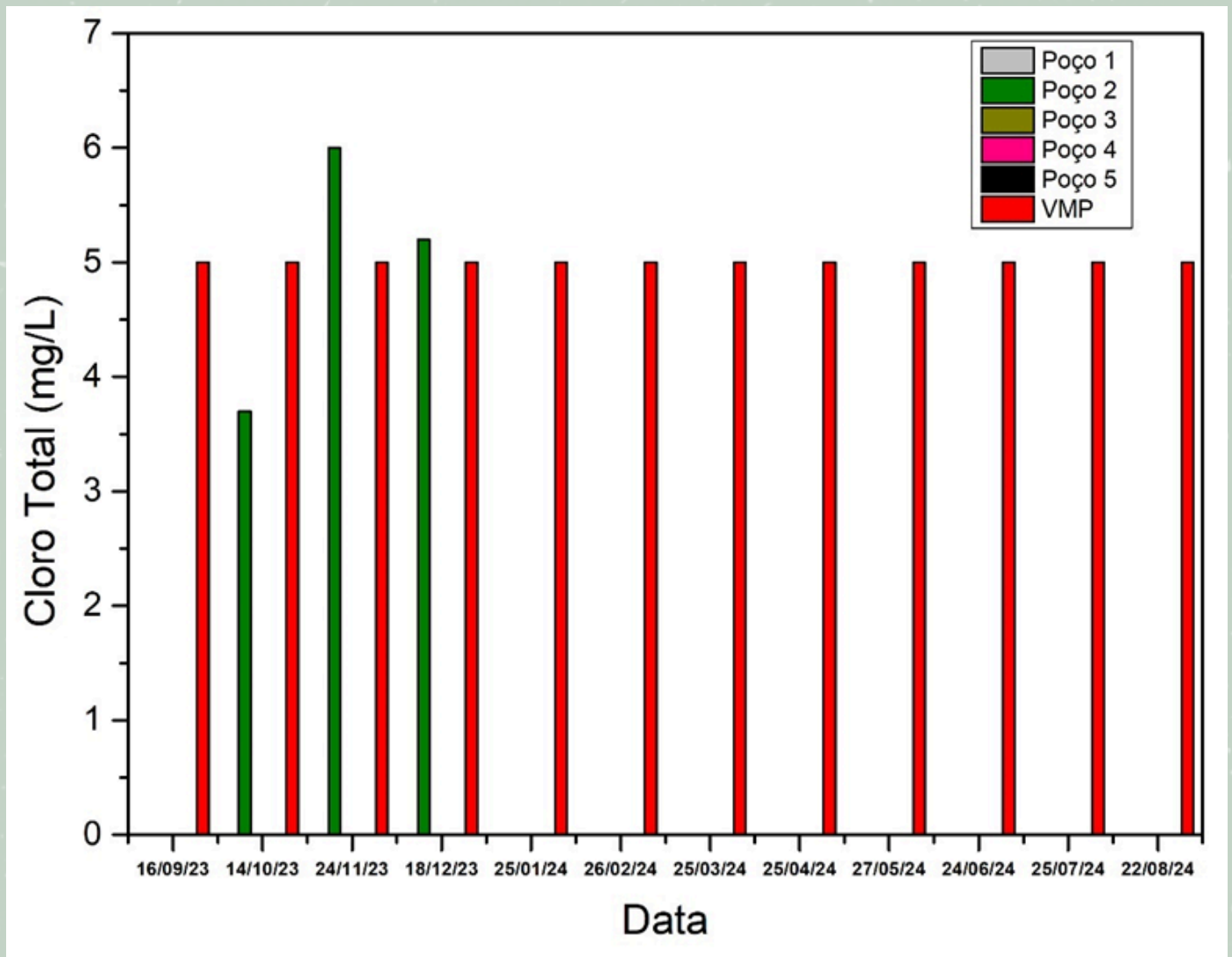
### 1. Análise de Cloro Livre (mg/L)





## Resultados

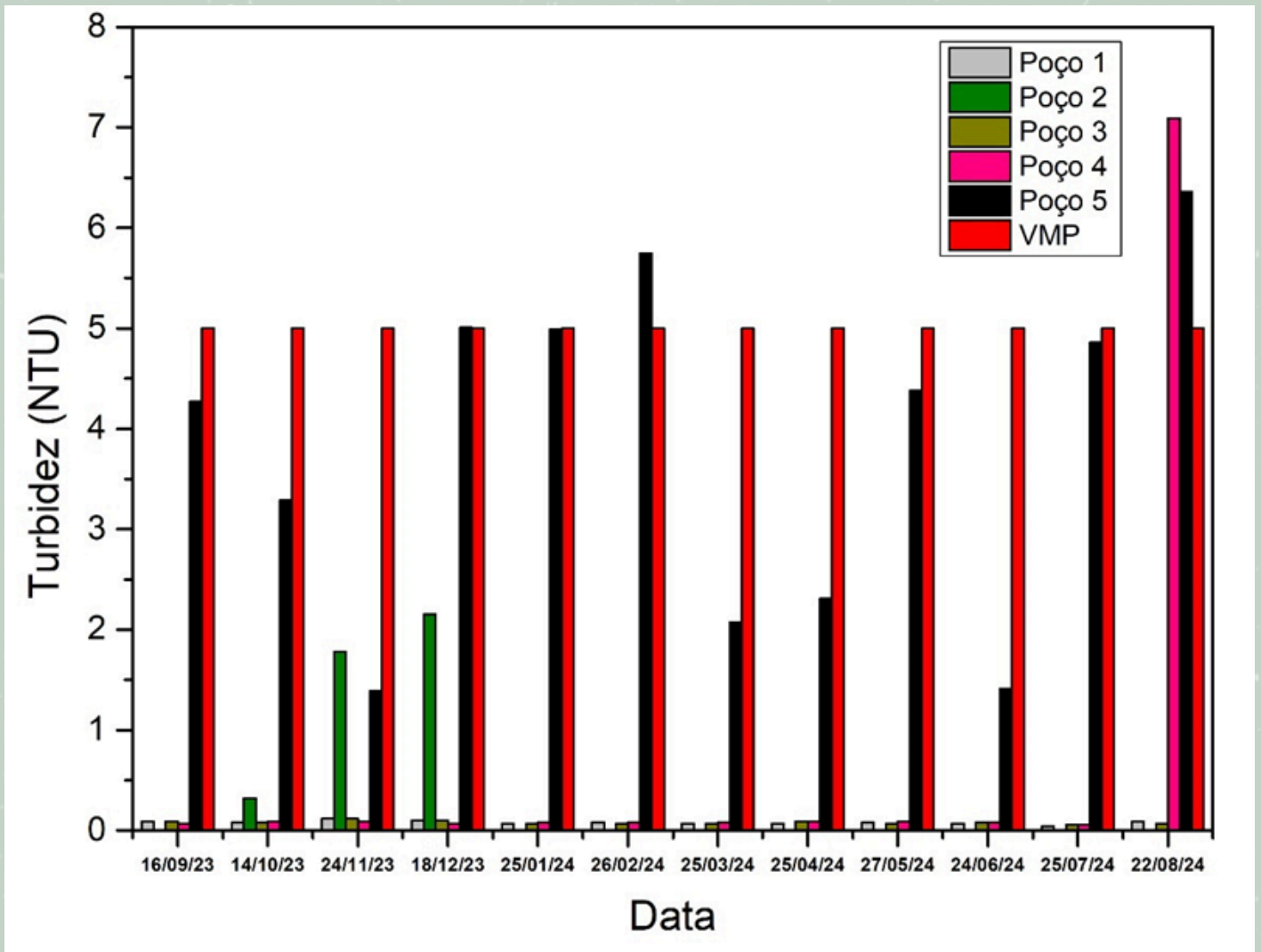
### 2. Análise de Cloro Total (mg/L).





## Resultados

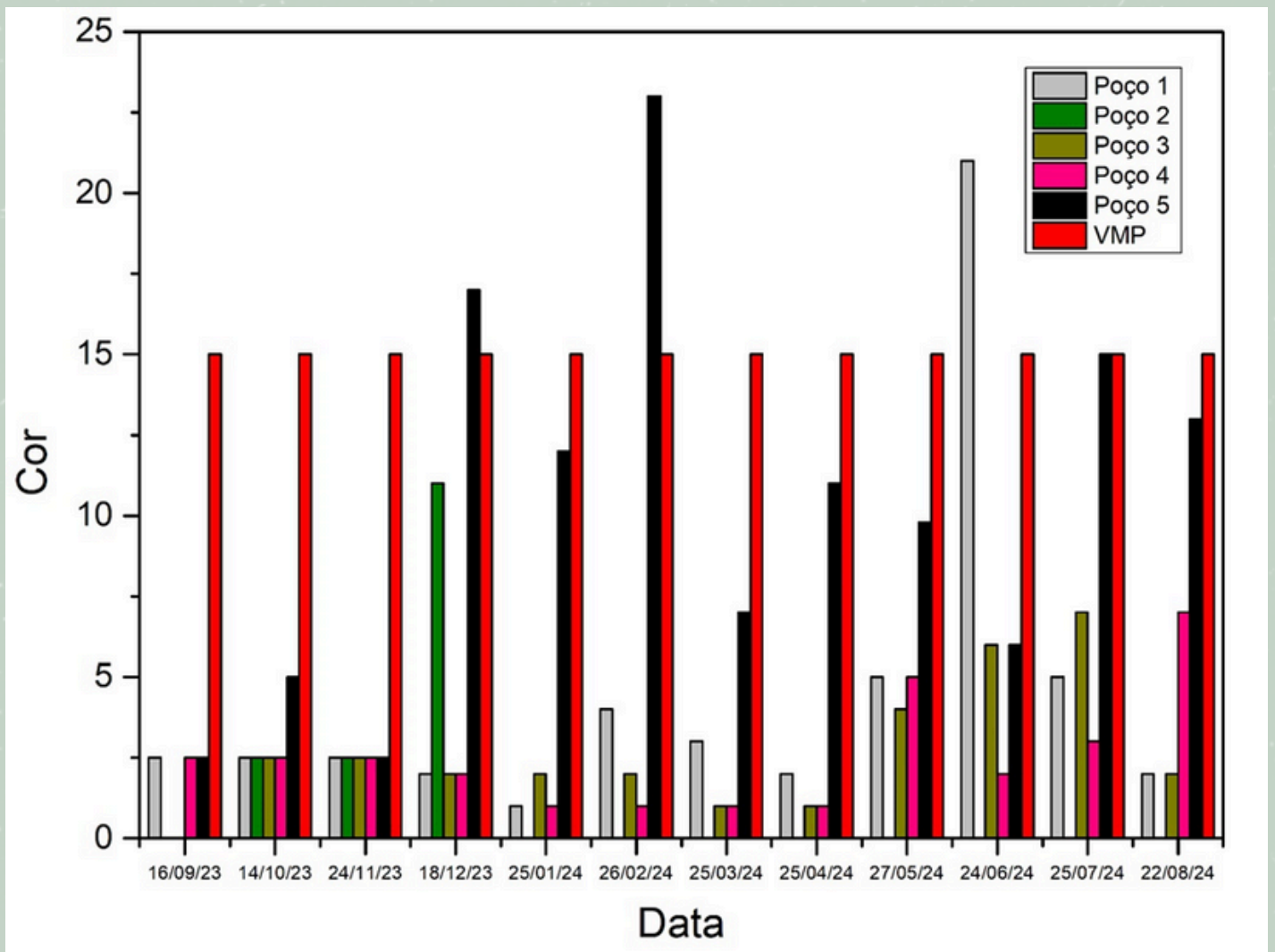
### 3. Análise de Turbidez (NTU).





## Resultados

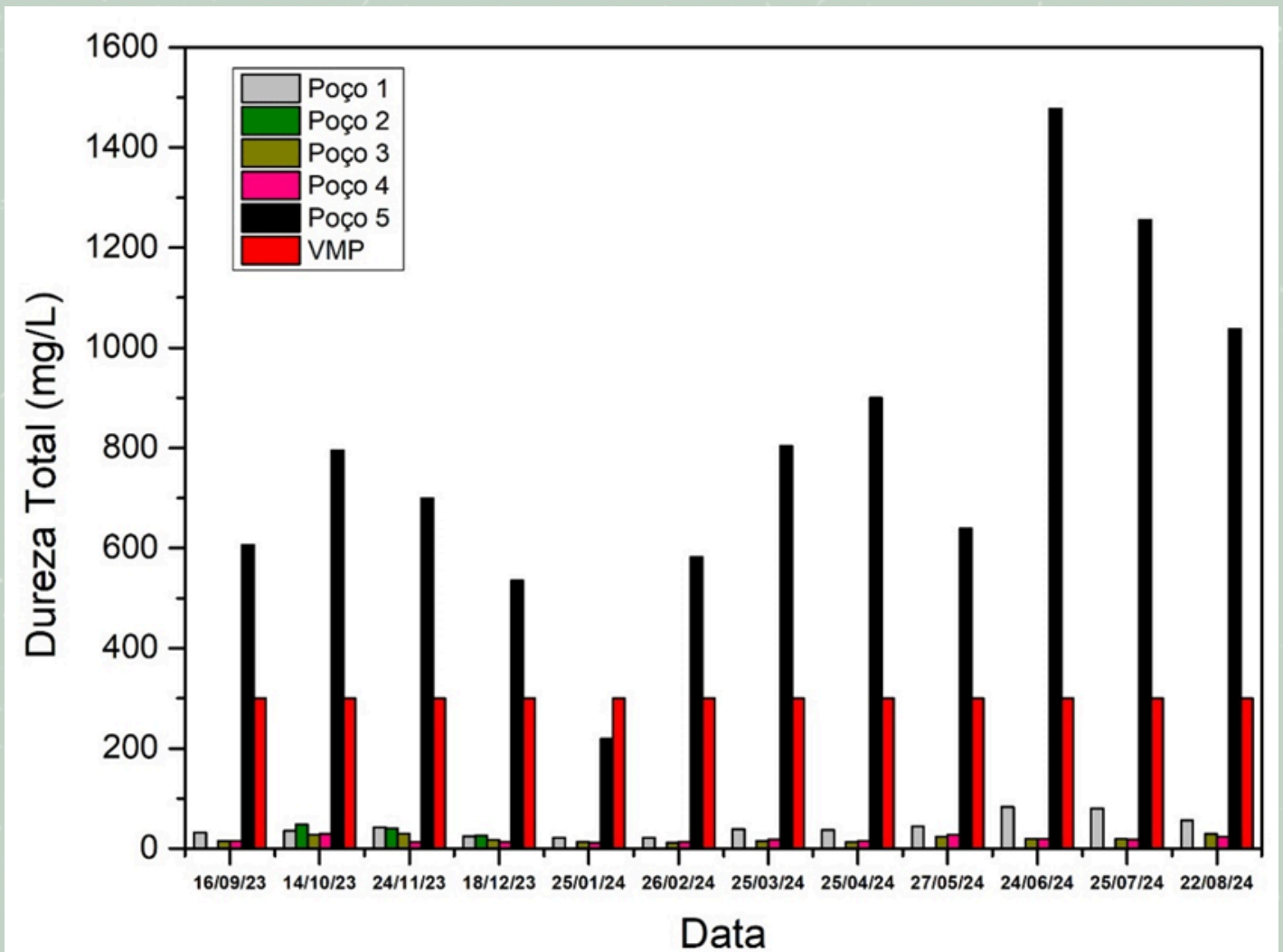
### 4. Análise de Cor.





## Resultados

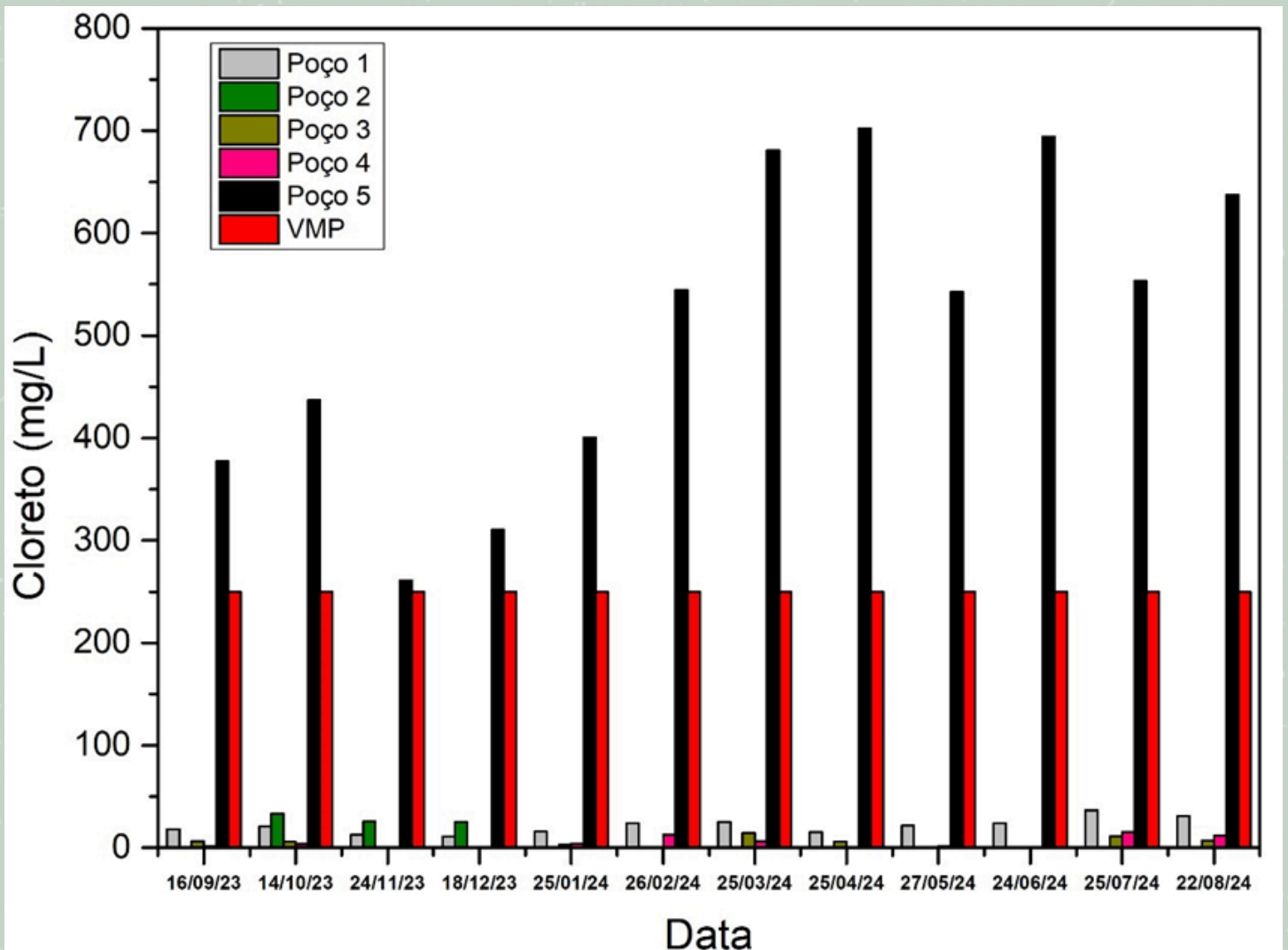
### 5. Análise de Dureza Total (mg/L).





## Resultados

### 6. Análise de Cloretos (mg/L).





## Considerações finais

As informações obtidas nesta pesquisa, averiguaram os parâmetros físico-químicos cloro livre, cor aparente, turbidez, cloreto e dureza total, assim como os microbiológicos, coliformes totais e termotolerantes de acordo com a normas da Portaria n° GM/MS 888/2021.

Ficando evidente a necessidade da implantação de programas de monitoramento ambiental, visto as variações dos resultados desses parâmetros em virtude das mudanças e demanda hídricas.

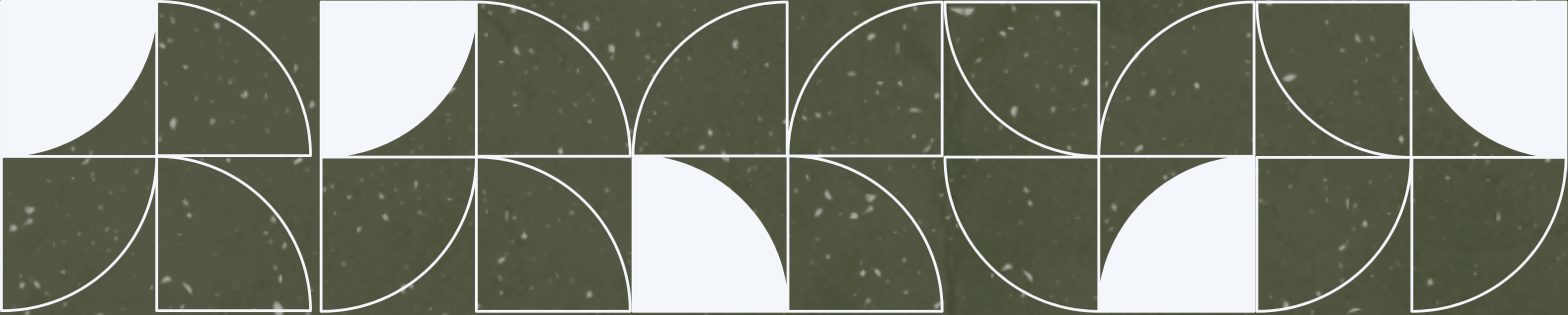


## Considerações finais

Os resultados obtidos durante os ensaios indicaram que as águas analisadas necessitam de diferentes tratamentos, inerentes à qualidade específica. O poço 02 atende todas as normas da Portaria nº GM/MS 888/2021, entretanto o mesmo operou por apenas 3 meses durante o ano.

As amostras dos poços 01, 03 e 04 contemplam os diversos aspectos da portaria, necessitando apenas da tratabilidade com cloro para atender a todas as normativas da potabilidade. Para os poços não clorados, é recomendada a instalação de dosadores automáticos de cloro nas tubulações, garantindo a desinfecção adequada da água.

O Poço 05 não atende a todas as normas da Portaria nº GM/MS 888/2021, apresentando amostras que excederam o VMP para turbidez, cor, dureza total e cloretos. Desta forma, não está em condições de ser utilizado para consumo humano sem um prévio tratamento adequado.



# Instituto Federal de Alagoas

## Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais

### Mestrado Profissional

#### REFERÊNCIAS

CONEJO, João Gilberto Lotufo; MATOS, Bolivar Antunes (coord.). Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Colaboração de Fernando Arruda Damacena. Brasília: ANA, 2007.

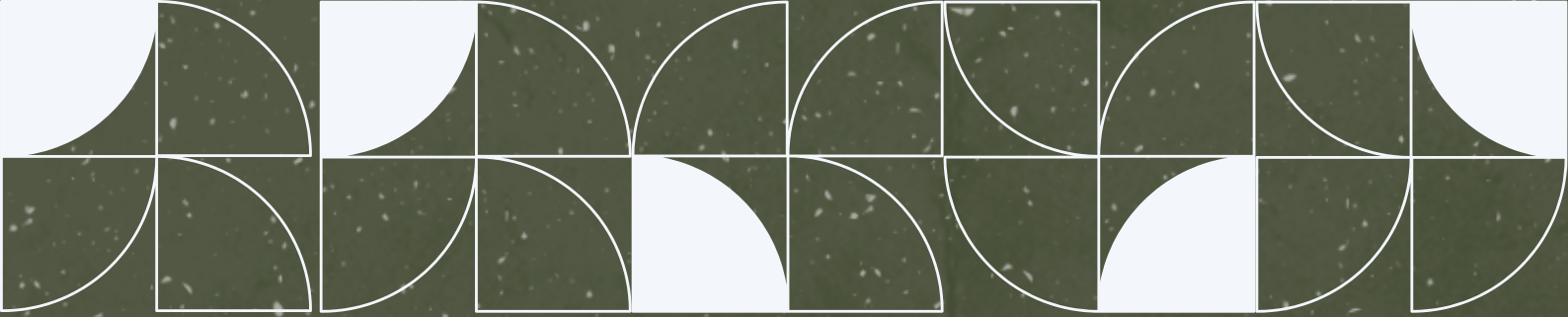
BOEING, F. SANEAMENTO AMBIENTAL E SAÚDE PÚBLICA: UMA INTERFACE PARA A QUALIDADE DE VIDA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde, v. 2, n. 1, p. 102–112, 1 jul. 2013.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria GM/MS N° 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.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa hidrogeológico do Brasil: escala 1:5.000.000. Programa Geologia do Brasil. Projeto Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo. Recife: CPRM, 2014.

FEITOSA, F., ALVALÁ, R., CUNHA, A. P., BRITO, S. S., SELUCHI, M. E., MARENGO, J. A., MORAES, O. L., & CARVALHO, M. A. 2008. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: CPRM/LABHID, 2008.



# Instituto Federal de Alagoas

## Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais

### Mestrado Profissional

#### REFERÊNCIAS


IBGE; Esgotamento sanitário adequado: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Brasília: IBGE, 2010.

IBGE; Percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até 1/2 salário mínimo, Brasília: IBGE: 2010.

IBGE; Internações por diarreia: Ministério da Saúde, DATASUS, Brasília: IBGE, 2016.

IBGE; Área urbanizada: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Meio Ambiente, Áreas Urbanizadas do Brasil, Brasília: IBGE, 2019.

PRÜSS, A. et al. Estimating the burden of disease from water, sanitation, and hygiene at a global level. Environmental Health Perspectives, 2002.



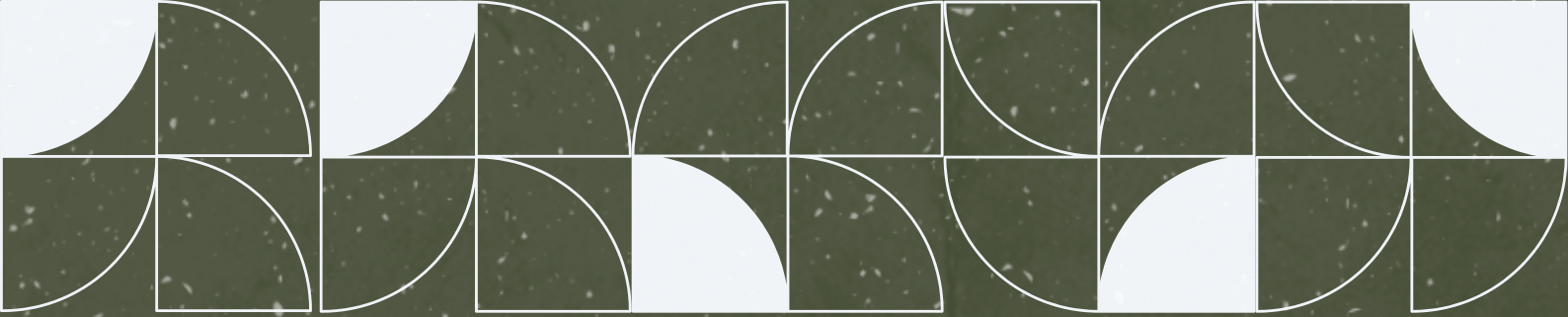
---

# Manual para amostragem e análise de água

Iago Gabriel França Brandão  
Johnnatan Duarte de Freitas  
Alan John Duarte de Freitas

---






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

# Manual para amostragem e análise de água

Iago Gabriel França Brandão  
Johnnatan Duarte de Freitas  
Alan John Duarte de Freitas

**Tipo de Produto Técnico ou Tecnológico**  
Manual

**Linha de Pesquisa**  
Manejo e Monitoramento Ambiental



---

**Ministério da Educação  
Instituto Federal de Alagoas**

**Reitor**

Carlos Guedes de Lacerda

**Pró-Reitora de Ensino**

Maria Cledilma Ferreira da Silva Costa

**Coordenadora do Mestrado em Tecnologias Ambientais**

Sheyla Karolina Justino Marques

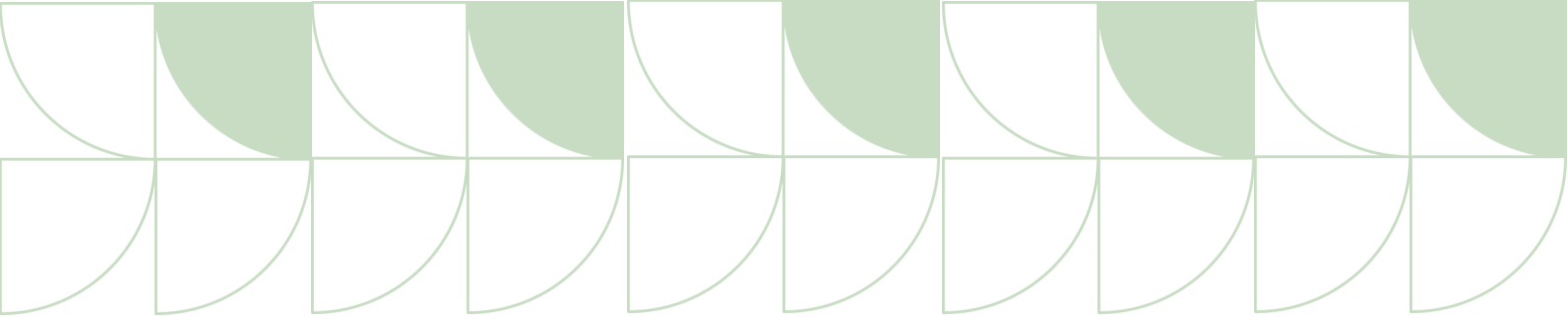
**Autores:**

Iago Gabriel França Brandão  
Prof. Dr. Johnnathan Duarte de Freitas  
Prof. Dr. Alan John Duarte de Freitas

**Projeto Gráfico:**

Iago Gabriel França Brandão

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

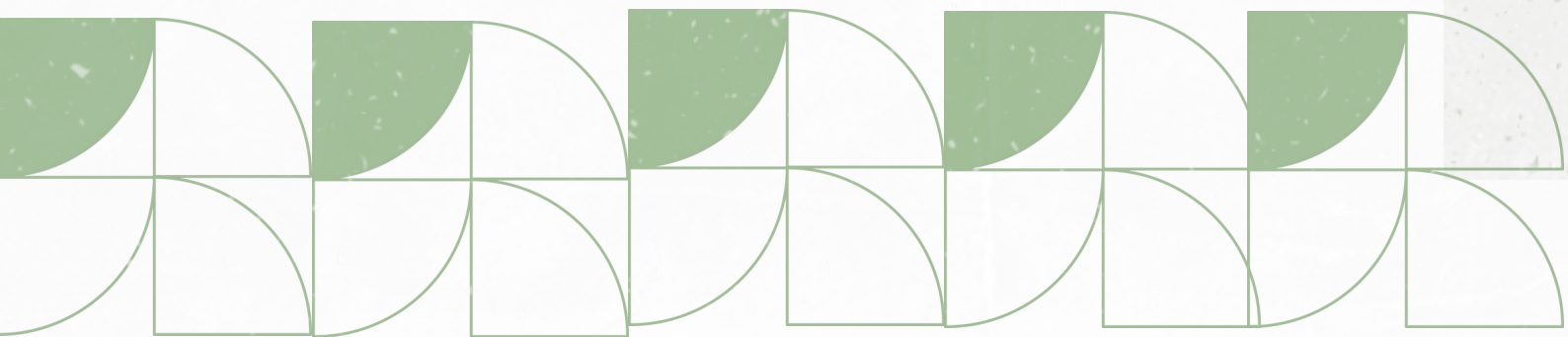


# Apresentação

---

O manual tem como objetivo estabelecer um padrão para o laboratório do IFAL, facilitando o entendimento por meio de ilustrações e fornecendo uma base sólida para a tomada de decisões sobre atividades práticas. Além de orientar a execução dos procedimentos, ele visa garantir a segurança e a qualidade das análises realizadas no laboratório, servindo como referência técnica para todos os usuários.

A divulgação desse manual é um passo essencial para assegurar que as informações nele contidas sejam aplicadas de forma eficaz. O uso de imagens torna o conteúdo mais acessível e compreensível, enquanto a ampla divulgação no próprio Instituto, tanto de forma física quanto digital, promove a adesão aos padrões estabelecidos, fortalecendo a padronização e a consistência dos processos laboratoriais.



# Índice

**01** Apresentação

**03** Descritivo do produto  
técnico e tecnológico

**05** Metodologia

**06** Elaboração

**13** Considerações Finais

**14** Referências





## Descritivo do produto técnico e tecnológico

**O manual ilustra o procedimento para a amostragem e análise de água destinada a consumo humano, garantindo que os resultados reflitam a qualidade da água no ponto de coleta. As análises incluirão parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.**



# **Manual para amostragem e análise de água**



# Amostragem



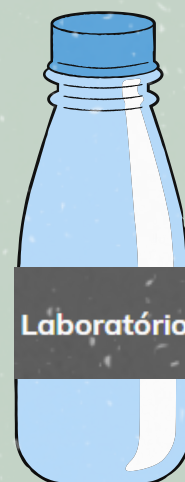
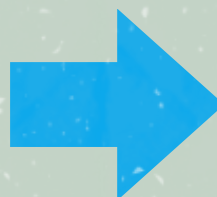
Purgar por  
2 min



Limpeza do  
ponto com  
álcool 70%



Análisar os  
parâmetros



Realizar  
a coleta



Armazenar entre  
0°C e 4°C.

## Laboratório - Limpeza das vidrarias

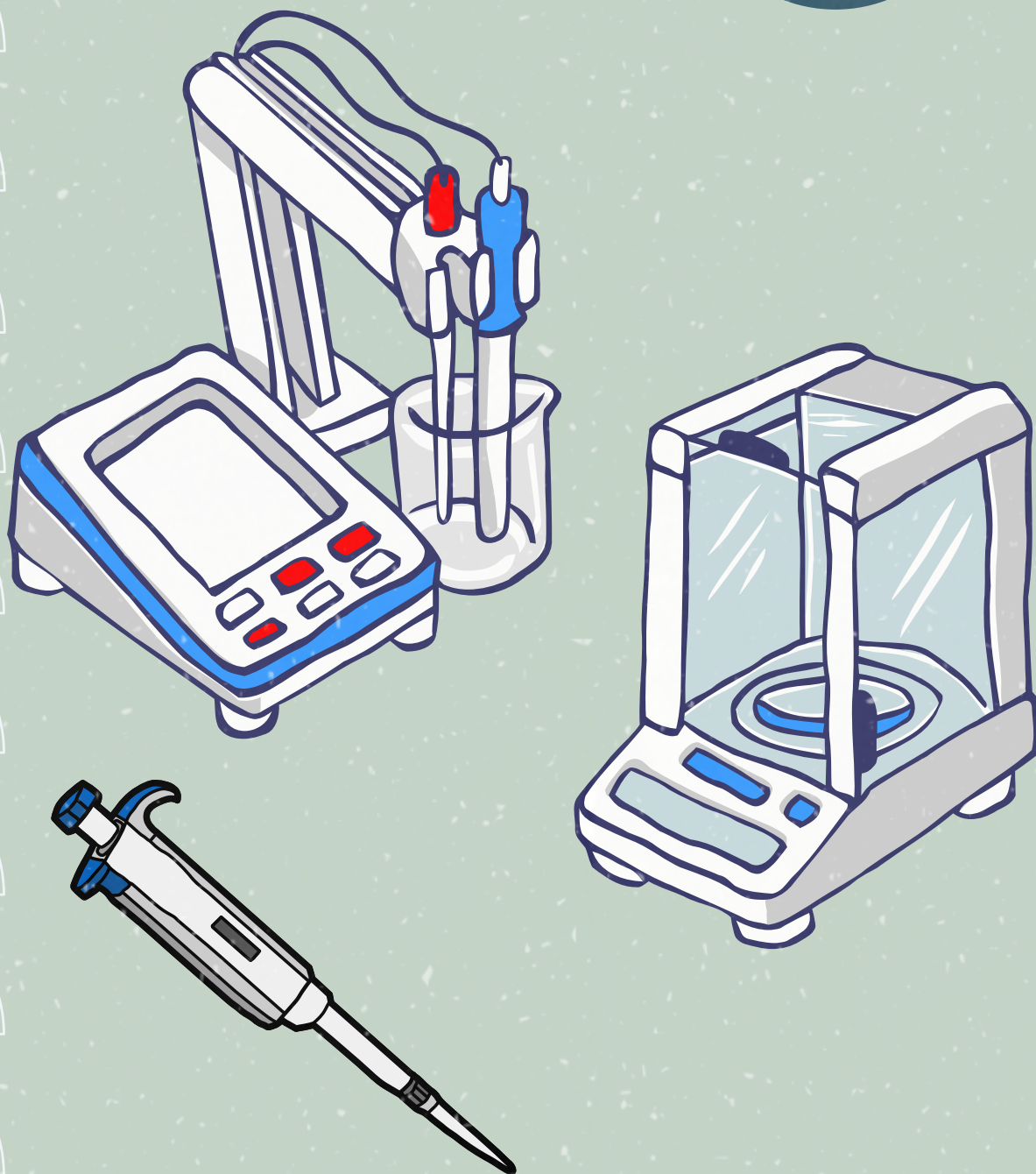


Limpar todas a vidrarias com detergente neutro



Faça um último enxágue com água destilada

# Laboratório - Calibração dos equipamentos



Calibra todos os equipamentos e registrar no livro de calibração

## Laboratório - pH



Para a análise de pH utiliza o aparelho pHmetro nova modelo NI-PHM, ao ligar o aparelho aguardou-se o tempo de estabilização do equipamento, em seguida o eletrodo foi lavado com água destilada e enxugado com papel toalha, após, colocar um volume suficiente da amostra em um béquer e mergulhar o eletrodo até a estabilização, em sequência foi anotado o valor.

## Laboratório - Turbidez e cor



Para a medição de cor, utilize o equipamento de laboratório Del Lab, modelo DLA-COR. A amostra deve ser colocada em uma cubeta de vidro, e em seguida inserida no colorímetro para realizar a medição. O aparelho comparará a cor da amostra com padrões de referência.

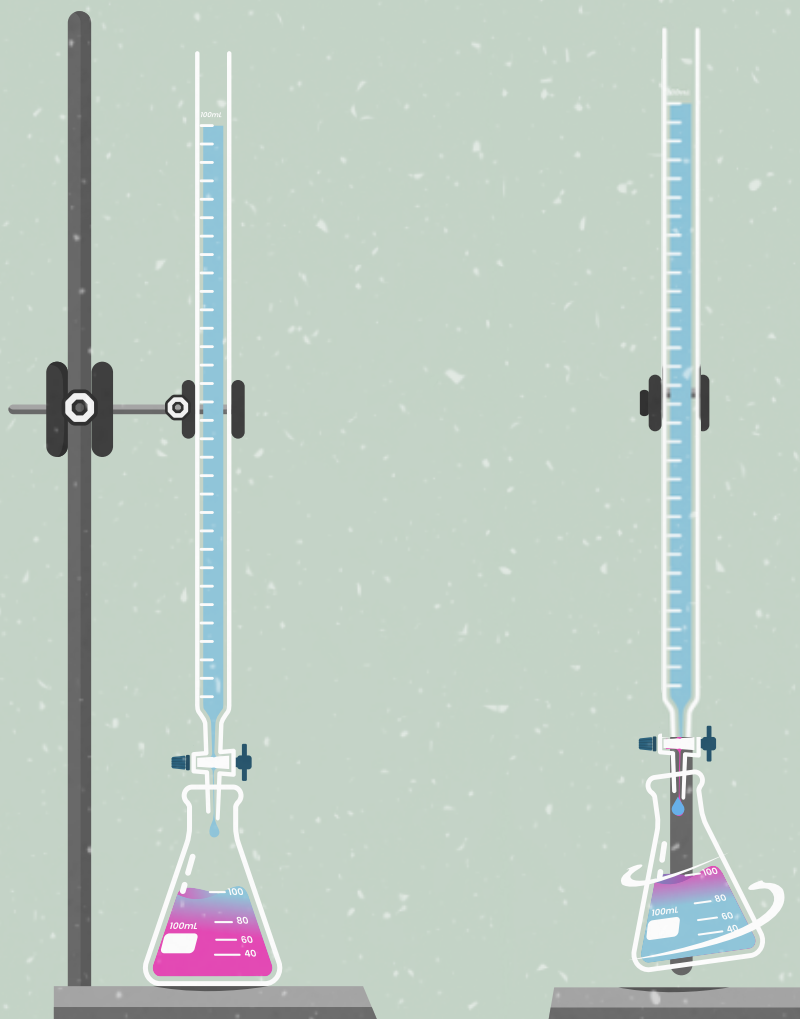
Para a medição de turbidez, utilize o turbidímetro Del Lab, modelo DLT-VW. Coloque a amostra em uma cubeta de vidro e inicie o processo. O turbidímetro emite um feixe de luz, cujo sensor capta a luz dispersa pelas partículas suspensas na água, convertendo essa informação em valores de turbidez exibidos na tela.

## Laboratório - Condutividade



Para análise de condutividade utilizar o aparelho condutivímetro intrutherm modelo CD-830. Colocar um volume suficiente da amostra em um béquer e mergulhar o eletrodo até a estabilização, em sequência foi anotado o valor.

## Laboratório - Análises químicas



Para as análises de alcalinidade, acidez, dureza total (cálcio e magnésio) e cloretos, verter a amostra em um erlenmeyer sob constante agitação. Em seguida, adicionar o indicador apropriado, iniciando-se a titulação até atingir o ponto de viragem.

## Laboratório - Análise microbiológica



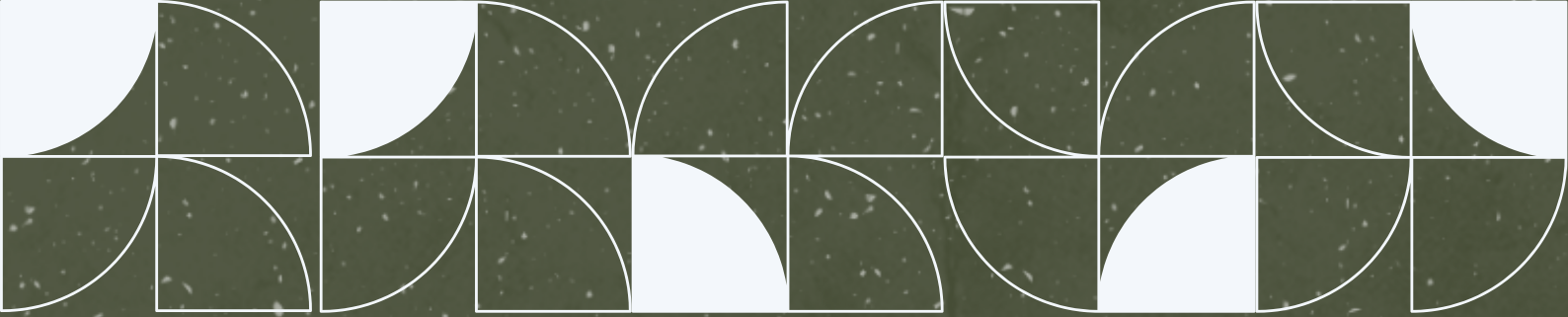
24 horas

Inocular as alíquotas da amostra de água em tubos contendo meio de cultura específico para coliformes totais e *Escherichia coli*. A solução deve ser incubada a 35°C em estufa por 24 horas.



## Considerações finais

**A amostragem e análise de água são processos indispensáveis para assegurar a qualidade dos recursos hídricos, a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável. Este manual aborda metodologias, técnicas e procedimentos para amostragem e análise de amostras de água.**



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

## **REFERÊNCIAS**

**LIPPS, W. C. BRAUN-HOWLAND, E. B. BAXTER, T. E. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th edition, ALPHA, 2023**

**CHRISTIAN, Gary D.; DASGUPTA, Purnendu K.; SCHUG, Kevin A. Analytical Chemistry. 7. ed. Hoboken: Wiley, 2014.**