



**INSTITUTO  
FEDERAL**

Alagoas

**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**

**CAMPUS MACEIÓ**

**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**DEBORA QUEZIA MELQUÍADES PEREIRA**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO POÇO QUE ABASTECE O  
RESIDENCIAL CASA FORTE NO BAIRRO DO ANTARES EM  
MACEIÓ – AL**

**MACEIÓ, AL**

**2023**

DEBORA QUEZIA MELQUÍADES PEREIRA

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO POÇO QUE ABASTECE O  
RESIDENCIAL CASA FORTE NO BAIRRO DO ANTARES EM  
MACEIÓ – AL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
no Instituto Federal de Alagoas - Maceió  
como requisito parcial para obtenção do grau  
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof. Me. Tainara Ramos da  
Rocha Lins de Brito Rodrigues

MACEIÓ, AL  
2023



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**Instituto Federal de Alagoas**  
*Campus Maceió*  
*Biblioteca Benevides Monte*

---

628.16  
P436a

Pereira, Debora Quezia Melquíades.

Análise da qualidade da água do poço que abastece o Residencial Casa Forte no bairro do Antares em Maceió – AL / Debora Quezia Melquíades Pereira. – Maceió, 2023.  
69 f. : il.

Orientação: Profa. Ma. Tainara Ramos da Rocha Lins de Brito Rodrigues.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Alagoas, Campus Maceió. Maceió, 2023.

Arquivo no formato digital em PDF.

1. Índice de Qualidade da Água. 2. Água subterrânea. 3. Potabilidade da água.  
I. Título.

---

Franciane Monick Gomes de França  
Bibliotecária CRB-4/1831

DEBORA QUEZIA MELQUÍADES PEREIRA

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO POÇO QUE  
ABASTECE O RESIDENCIAL CASA FORTE NO BAIRRO DO  
ANTARES EM MACEIÓ – AL**

Trabalho de conclusão de curso  
(TCC) apresentado à Banca do curso  
de bacharelado em Engenharia Civil  
do Instituto Federal de Alagoas  
Campus /Maceió-IFAL

Maceió/Alagoas, 01 de novembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente  
 TAINARA RAMOS DA ROCHA LINS DE BRITO ROU  
Data: 27/11/2023 10:57:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup> Me. Tainara Ramos da Rocha Lins de Brito Rodrigues  
(Orientadora-IFAL)

Documento assinado digitalmente  
 ESDRAS JONATHAN HONORATO COSTA  
Data: 27/11/2023 10:30:27-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Me. Esdras Jonathan Honorato Costa

(IFAL)  
Documento assinado digitalmente  
 MAJORES DE OMENA TENÓRIO  
Data: 27/11/2023 00:48:54-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup> Me. Májores de Omena Tenório  
(IFAL)

## **AGRADECIMENTOS**

A conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso marca o término de uma jornada significativa e enriquecedora.

Primeiramente, gostaria de expressar a minha profunda gratidão a Deus, que tem sido a principal fonte de força, sabedoria e orientação ao longo de toda a minha vida.

À Instituição Federal de Alagoas (IFAL), e a minha professora Tainara Ramos, que em meio a tantas outras orientações, aceitou me instruir com muita paciência e dedicação. Sua orientação foi fundamental para o sucesso deste projeto.

Ao presidente da Associação do Residencial Casa Forte, Sr. Alexandre Nobre, por ter autorizado o acesso ao sistema de água do mesmo para a coleta das amostras e por toda a colaboração e informações fornecidas.

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e à professora Nélia Callado que disponibilizou acesso ao Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) para as análises necessárias desse projeto. Agradeço também à Nadjane Telles, laboratorista, por direcionar todos os ensaios e à estagiária Quitéria Lira cujos ensinamentos e apoios foram essenciais nas realizações.

À minha amada família, especialmente ao meu esposo Wylderley de Freitas, aos meus pais Elivaldo Pereira e Elenilda Melquíades, e aos meus irmãos Davi Eduardo, Jônatas Eduardo e Jully Quézia, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio incondicional e me incentivando a nunca desistir. Com destaque para o meu filho, Miguel Eduardo, minha maior fonte de inspiração e força em cada conquista.

Por fim, aos meus amigos, que compartilharam cada desafio e vitória ao longo desta jornada acadêmica, quero expressar minha sincera gratidão pela amizade, apoio e momentos compartilhados. Vocês tornaram essa jornada mais significativa e memorável. São verdadeiramente especiais e essenciais para mim.

Este trabalho é dedicado a todos vocês, com gratidão e amor.

## RESUMO

É conhecido que as águas superficiais disponíveis para abastecimento humano se encontram cada vez mais poluídas, de modo a tornar as águas subterrâneas importantes fontes de captação de água para o abastecimento hídrico de cidades. Assim, a avaliação da potabilidade da água proveniente de poços tubulares é de suma importância para garantir a segurança de seus consumidores, uma vez que esse processo inclui a análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos com o objetivo de identificar substâncias prejudiciais e microrganismos patogênicos. Dessa forma, o principal objetivo deste trabalho consistiu em realizar um estudo sobre a qualidade da água que abastece um residencial localizado no município de Maceió, Alagoas, onde amostras foram coletadas e submetidas a análises laboratoriais durante os meses de agosto e setembro de 2023, avaliando individualmente os parâmetros que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA) e, posteriormente, comparando os resultados com os valores-limite da Resolução CONAMA nº 357/2005. Ao longo do trabalho, observou-se que o IQA não apenas serve como uma ferramenta eficaz de comunicação com a sociedade, fornecendo informações sobre as condições de qualidade dos corpos hídricos, mas também é o principal indicador qualitativo empregado no Brasil para a avaliação da qualidade da água. Essa abordagem sistemática permite não apenas uma avaliação abrangente, mas também facilita a compreensão pública das condições gerais da qualidade da água na região. Assim, ressalta-se a importância da análise da qualidade da água para o abastecimento humano, destacando sua relevância na garantia da saúde pública.

**Palavras-chave:** Potabilidade; Água Subterrânea; Índice de Qualidade da Água.

## **ABSTRACT**

It is known that surface waters available for human consumption are increasingly polluted, making groundwater important sources for water supply in cities. Therefore, evaluating the potability of water from boreholes is of paramount importance to ensure the safety of its consumers, as this process includes the analysis of physical-chemical and microbiological parameters to identify harmful substances and pathogenic microorganisms. Thus, the main objective of this study was to conduct a research on the water quality supplying a residential area located in the municipality of Maceió, Alagoas. Samples were collected and subjected to laboratory analysis during the months of August and September 2023, individually evaluating the parameters that make up the Water Quality Index (WQI), and subsequently comparing the results with the limits set by CONAMA Resolution N° 357/2005. Throughout the study, it was observed that the WQI not only serves as an effective tool for communication with society, providing information about the quality conditions of water bodies, but is also the main qualitative indicator used in Brazil for water quality assessment. This systematic approach allows not only a comprehensive evaluation but also facilitates public understanding of the overall water quality conditions in the region. Thus, the importance of water quality analysis for human consumption is emphasized, highlighting its relevance in ensuring public health.

**Keywords:** Potability; Groundwater; Water Quality Index.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Poço convencional, poço semi-artesiano e poço artesiano.....	15
Figura 2: Localização do Residencial Casa Forte. ....	20
Figura 3: Sistema de água do Residencial Casa Forte. ....	21
Figura 4: Mapa geológico da área em estudo. ....	22
Figura 5: Mapa geomorfológico da área em estudo. ....	23
Figura 6: Mapa dos solos da área em estudo. ....	24
Figura 7: Perfil tipo de poço tubular com 80 m de profundidade captando o Aquífero Barreiras.....	25
Figura 8: Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA. ....	27
Figura 9: Autoclave a 120°C para esterilização do material. ....	29
Figura 10: Local de manuseio para ensaio de coliformes. ....	30
Figura 11: Placa de Petri. ....	30
Figura 12: Incubadora bacteriológica. ....	31
Figura 13: Medidor de pH.....	32
Figura 14: Frascos com os oxímetros já calibrados. ....	34
Figura 15: Frascos na bandeja de agitação. ....	34
Figura 16: Incubadora DBO a 20°C.....	35
Figura 17: Bloco digestor em uma capela para exaustão de gases. ....	36
Figura 18: Destilador de nitrogênio com tubo já adicionado o hidróxido de sódio e no erlenmeyer ácido bórico com indicador misto. ....	37
Figura 19: Destilador de nitrogênio após destilação.....	38
Figura 20: Bureta digital na etapa de titulação. ....	38
Figura 21: Frascos de erlenmeyer contendo testes e branco. ....	40
Figura 22: Testes e branco na autoclave a 120°C. ....	40
Figura 23: Espectrofotômetro. ....	41
Figura 24: Curva para cálculo do fósforo total.....	42
Figura 25: Display do pHmetro.....	43
Figura 26: Turbidímetro e cubeta. ....	44
Figura 27: Analisador multiparâmetro da marca Horiba. ....	46
Figura 28: Gráfico do potencial hidrogeniônico (pH). ....	49
Figura 29: Gráfico da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). ....	51

Figura 30: Gráfico do Nitrogênio Total. ....	52
Figura 31: Gráfico da Temperatura da água (°C).....	54
Figura 32: Gráfico da Turbidez (NTU). ....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos corpos de água em classes. ....	18
Tabela 2: Avaliação da qualidade da água no estado de Alagoas .....	28
Tabela 3: Valores limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces, Classe 1. ....	47
Tabela 4: Leitura da DBO durante 5 dias nos meses de agosto e setembro. ....	50
Tabela 5: Resultado da análise de nitrogênio total.....	52
Tabela 6: Resultado da análise de fósforo total. ....	53
Tabela 7: Resultados dos parâmetros utilizados para o cálculo do IQA. ....	57
Tabela 8: Valores de qualidade admitidos para os parâmetros do IQA conforme curvas médias de variação. ....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DOEAL	Diário Oficial do Estado de Alagoas
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA	Índice de Qualidade da Água
LSA	Laboratório de Saneamento Ambiental
NBR	Norma Brasileira
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RMM	Região Metropolitana de Maceió
SEMARH	Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
UFAL	Universidade Federal de Alagoas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	13
2.1	GERAL .....	13
2.2	ESPECÍFICOS .....	13
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
3.1	O USO DA ÁGUA DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS.....	14
3.2	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) .....	16
3.3	LEIS E RESOLUÇÕES QUE REGEM O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	16
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	20
4.1	ÁREA DE ESTUDO .....	20
4.2	COLETA DE AMOSTRAS .....	26
4.3	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) .....	26
4.4	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	28
4.5	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA.....	32
4.5.1	<b>Potencial hidrogeniônico (pH)</b> .....	32
4.5.2	<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</b> .....	33
4.5.3	<b>Nitrogênio total</b> .....	35
4.5.4	<b>Fósforo total</b> .....	39
4.5.5	<b>Temperatura</b> .....	42
4.5.6	<b>Turbidez</b> .....	43
4.5.7	<b>Resíduo total</b> .....	44
4.5.8	<b>Oxigênio dissolvido</b> .....	46
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	47
5.1	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	48
5.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA.....	49
5.2.1	<b>Potencial Hidrogeniônico (pH)</b> .....	49
5.2.2	<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</b> .....	50
5.2.3	<b>Nitrogênio Total</b> .....	51
5.2.4	<b>Fósforo Total</b> .....	53
5.2.5	<b>Temperatura</b> .....	54

<b>5.2.6</b>	<b>Turbidez.....</b>	<b>55</b>
<b>5.2.7</b>	<b>Resíduo Total.....</b>	<b>56</b>
<b>5.2.8</b>	<b>Oxigênio Dissolvido.....</b>	<b>56</b>
<b>5.3</b>	<b>ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA (IQA).....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida e desempenha um papel crucial em processos naturais e atividades humanas. Portanto, é fundamental compreender que este recurso demanda atenção para garantir adequação e segurança, pois a qualidade é um fator determinante para seu uso.

Outrossim, a utilização sustentável dos recursos hídricos subterrâneos é essencial para evitar a exploração excessiva dos aquíferos, pois há comprometimentos qualitativos decorrentes da exploração desordenada dessas águas decorrente da perfuração não controlada de poços, com isso, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelecida pela Lei Federal nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997) envolveu a necessidade de regulamentação através da obtenção de licenças e autorizações conhecidas como “outorga”, para a perfuração e o uso de poços tubulares, sendo está uma medida regulatória importante que visa controlar o bombeamento de água, evitando a sobre-exploração dos aquíferos e garantindo a disponibilidade de água a longo prazo.

Neste cenário, a qualidade da água é um indicador crucial de sua potabilidade e usabilidade em diversas atividades humanas. Esta qualidade se refere às características físicas, químicas e microbiológicas que determinam sua pureza e adequação para os diferentes usos, onde parâmetros como pH, turbidez, presença de contaminantes químicos, bactérias, vírus e outros microrganismos são avaliados para garantir que a água atenda aos padrões de qualidade estabelecidos pelas autoridades competentes.

A água utilizada para abastecimento pode ser captada através de diversos meios, como rios, lagos, represas, nascentes e também por meio de poços, sejam eles simples ou tubulares.

Os poços simples, também conhecidos como poços rasos ou convencionais, são estruturas de captação de água subterrânea construídas a profundidades relativamente rasas, onde são utilizados para diversas finalidades, incluindo abastecimento de água doméstica. No entanto, apresentam limitações em termos de vazão e qualidade da água e sua sustentabilidade requer monitoramento constante e práticas adequadas de manutenção e gestão para evitar a degradação do lençol freático e a contaminação da água.

Já os poços tubulares são estruturas de captação de água subterrânea

projetadas para perfurar profundamente o solo e as camadas rochosas em busca de água. A construção de poços tubulares permite acessar aquíferos mais profundos, onde a água é geralmente de alta qualidade e menos suscetível a contaminação superficial, sendo caracterizados por sua profundidade e pela instalação de revestimentos, filtros e bombas para a extração eficiente da água.

Quanto à qualidade da água coletada de poços tubulares, esta é frequentemente de alto padrão, tornando-os uma fonte confiável de abastecimento de água em muitas regiões do mundo. Ademais, por serem extraídas de aquíferos subterrâneos, que são reservatórios naturais de água, a disponibilidade tende a ser mais constante e menos afetada pelas variações climáticas sazonais.

Outro benefício significativo está na redução dos custos ligados à aquisição e tratamento da água. Ao utilizar água de poços, as despesas com a obtenção de água tratada de sistemas de abastecimento público ou privado podem ser minimizadas. Além disso, a necessidade de tratamentos complexos pode ser reduzida, pois a água subterrânea geralmente possui qualidade naturalmente superior à água superficial.

No entanto, é fundamental garantir a qualidade da água dos poços através de análises regulares, através do monitoramento da potabilidade da água, por meio de verificações dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para garantir a segurança do seu consumo, uma vez que, essas análises permitem identificar possíveis contaminações e adotar medidas corretivas adequadas.

Sabe-se ainda que o uso responsável e cuidadoso dos mananciais subterrâneos é fundamental para aproveitar os benefícios que eles oferecem, ao mesmo tempo em que se preserva a disponibilidade e a qualidade da água para as gerações futuras, principalmente pelo fato de esta ser uma das principais fontes de abastecimento humano utilizada na cidade de Maceió (OLIVEIRA; CARDOSO, 2011), uma vez que, esta região possui características hidrogeológicas compatíveis, com a presença de aquíferos que armazenam grandes volumes de água subterrânea.

Desta forma, o presente trabalho tem como meta analisar se a água utilizada no Residencial Casa Forte está em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução nº 357/2005 (BRASIL, 2005), visando garantir a segurança e o bem-estar das pessoas. Logo, assume uma relevância significativa ao contribuir para a proteção da saúde da população, fornecendo informações essenciais sobre a qualidade da água utilizada.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Analisar a qualidade da água do poço que abastece o Residencial Casa Forte no bairro do Antares na cidade de Maceió, estado de Alagoas, a partir das amostras coletadas nos meses de agosto e setembro de 2023.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Coletar amostras da água do poço que abastece o Residencial Casa Forte nos meses de agosto e setembro;
- Realizar análises laboratoriais das amostras coletadas;
- Analisar qualitativamente a água coletada no poço.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

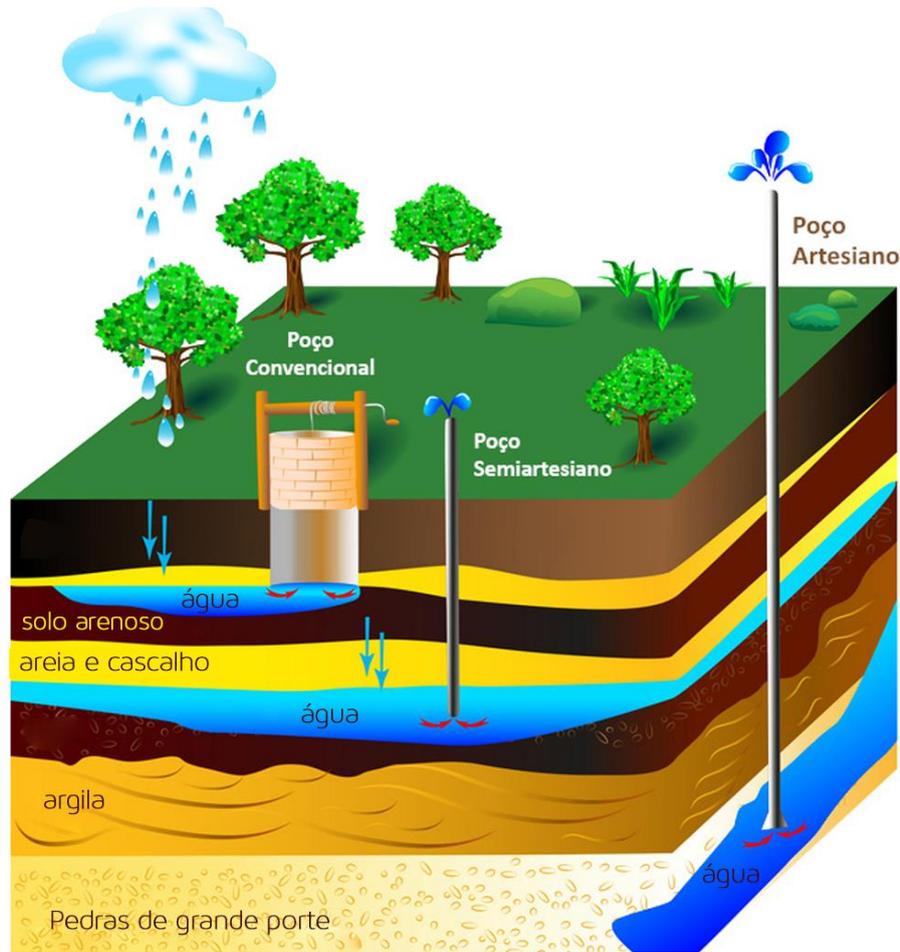
#### 3.1 O USO DA ÁGUA DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

A água é um recurso vital para a sobrevivência e bem-estar humano, sendo essencial para uma ampla gama de atividades. Para a Organização Mundial da Saúde (LEITE; BORGES; LEITE, 2018), “todas as pessoas em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e segura”. No entanto, nem sempre as fontes tradicionais de água, como rios, lagos e reservatórios, são capazes de suprir a demanda crescente por água limpa e potável. Nesse contexto, os poços surgem como uma alternativa viável para o abastecimento de água.

Existem duas categorias principais de poços: o poço simples (convencional) e o poço tubular profundo (PERFURARTE, 2020). O poço simples é perfurado manualmente até o início do lençol freático, já o poço tubular tem sua perfuração na rocha sedimentar ou cristalina, a partir de equipamento motorizado ou manual, revestido com tubos de metal ou PVC, destinado a captar água subterrânea (COSTA *et al.*, 2011).

Quanto aos poços tubulares profundos, existem dois tipos: semi-artesiano e artesiano. Um poço semi-artesiano, denominação esta popular dada, são poços tubulares que não são jorrantes ou não artesianos (SÃO PAULO, 1996), em que a extração de água é realizada em aquíferos livres, também conhecidos como aquíferos freáticos. Já o poço artesiano, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é caracterizado pela pressão positiva do aquífero, ou seja, quando as águas fluem naturalmente do solo em um aquífero confinado (FAGUNDES; ANDRADE, 2015), tornando-o jorrante, estas diferenças podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1: Poço convencional, poço semi-artesiano e poço artesiano.



Fonte: MARPEN (2023).

Ademais, poços tubulares profundos são menos suscetíveis à contaminação superficial, uma vez que, a água desses poços geralmente é proveniente de aquíferos mais profundos, podendo ser categorizados como aquíferos livres, nos quais a água da precipitação atravessa a zona não saturada para recarregar o aquífero e, como aquíferos confinados, que se encontram isolados por camadas confinantes tanto acima quanto abaixo, estando sujeitos a pressões superiores à atmosférica (KARMANN, 2000).

Além da vantagem da captação de água de qualidade, os poços tubulares também podem trazer benefícios econômicos, especialmente em áreas onde o abastecimento público de água é limitado ou oneroso. Ao utilizar um poço tubular, é possível reduzir os custos de aquisição e tratamento da água fornecida pelas concessionárias, resultando em economias a longo prazo.

É importante ressaltar que a construção e utilização de poços tubulares precisa

obedecer à Lei Federal nº 9.433/1997, bem como seguir duas normas técnicas da ABNT, a NBR 12212 e a NBR 12244 (PERFURARTE, 2021), para garantir a qualidade e a segurança da captação de água subterrânea.

### 3.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

O Índice de Qualidade da Água (IQA), foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*, sendo uma ferramenta frequentemente utilizada para avaliar a qualidade geral da água com base em diferentes parâmetros físicos, químicos e biológicos (ECOLTEC, 2022).

O IQA é uma forma de resumir várias características da água em um único número, que pode ser facilmente interpretado para avaliar sua adequação para diferentes usos, como consumo humano, atividades industriais, recreação e preservação do ecossistema aquático. O processo de obtenção dos parâmetros que compõem este índice pode ser melhor visualizado na metodologia deste trabalho.

### 3.3 LEIS E RESOLUÇÕES QUE REGEM O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

O gerenciamento de recursos hídricos no Brasil é pautado na Lei Federal nº 9.433/1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), sendo esta conhecida como Lei das Águas. Esta lei é baseada em três pilares fundamentais: a consagração da água como um bem de domínio público, a regulamentação de sua função social e ambiental e a promoção da gestão dos recursos hídricos de forma racional e integrada.

A citada lei foi promulgada com o objetivo de promover a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos no país, visando garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os usos múltiplos e para as atuais e futuras gerações, estabelecendo princípios, diretrizes e instrumentos para o planejamento, a gestão, a utilização e a proteção dos recursos hídricos.

A fim de alcançar os seus objetivos, a referida lei traz como um de seus principais instrumentos a necessidade de obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos, sendo este um mecanismo utilizado pelo Poder Público para assegurar que as prioridades de uso, estabelecidas no Plano Diretor da Bacia Hidrográfica, sejam devidamente respeitadas pelos usuários (SEMARH, 2023). Sabe-se ainda que a outorga de recursos hídricos tem como objetivo regular e controlar o

acesso aos recursos hídricos, considerando a disponibilidade e a demanda existente na região, promovendo uma gestão sustentável e equilibrada dos recursos hídricos.

Através do processo de solicitação/emissão de outorga são estabelecidas condições, restrições e prazos para a utilização dos recursos hídricos, buscando-se garantir o uso adequado e a preservação dos mananciais, bem como a proteção dos ecossistemas aquáticos e o atendimento das necessidades das diversas atividades econômicas e sociais.

Como complemento à Lei Federal nº 9.433/1997, a Lei Estadual nº 5.965/1997 (ALAGOAS, 1997) representa uma legislação específica do estado de Alagoas, estabelecendo normas e diretrizes para a gestão dos recursos hídricos dentro do estado de Alagoas, cujo objetivo é adequar as disposições da legislação federal à realidade e às necessidades específicas do estado, considerando as particularidades regionais relacionadas aos recursos hídricos.

Dessa forma, a Lei Estadual nº 5.965/1997 desempenha um papel importante na gestão dos recursos hídricos em Alagoas, promovendo a sua utilização sustentável, a proteção dos mananciais e a garantia do acesso à água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela legislação federal.

Anterior à criação das leis que regem os recursos hídricos em âmbito nacional e estadual, em 1981 a Lei Federal nº 6.938/1981 (BRASIL, 1981), que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, criou o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), órgão colegiado vinculado ao Ministério do Meio Ambiente do Brasil responsável por estabelecer normas, diretrizes e critérios relacionados à proteção, conservação e preservação do meio ambiente no país, sendo estes instrumentos importantes para a gestão e proteção dos recursos hídricos.

A principal função do CONAMA consiste em deliberar sobre questões ambientais de âmbito nacional, além de formular políticas e diretrizes para a promoção da sustentabilidade ambiental em diversas áreas, como recursos hídricos, onde suas decisões e resoluções têm impacto direto na regulação e no equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental.

Uma das mais importantes normas determinadas pelo CONAMA no Brasil é a Resolução CONAMA nº 357/2005, norma esta responsável por definir os padrões de qualidade da água e estabelecer diretrizes para o enquadramento dos corpos d'água em classes, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos corpos de água em classes.

<b>TIPOS</b>	<b>CLASSES</b>	<b>DESTINAÇÃO</b>
Águas doces	Classe especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
	Classe 1	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
	Classe 2	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.
	Classe 3	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
	Classe 4	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.
Águas salinas	Classe especial	a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
	Classe 1	a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; e c) à aquicultura e à atividade de pesca.
	Classe 2	a) à pesca amadora; e b) à recreação de contato secundário.
	Classe 3	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.
Águas salobras	Classe especial	a) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e, b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

<b>TIPOS</b>	<b>CLASSES</b>	<b>DESTINAÇÃO</b>
	Classe 1	a) à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à aquicultura e à atividade de pesca; d) ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e e) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
	Classe 2	a) à pesca amadora; e b) à recreação de contato secundário.
	Classe 3	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA n° 357/2005.

Esta Resolução define para fins de classificação que águas doces, possuem salinidade de até 0,5‰, águas salobras, a salinidade varia de mais de 0,5‰ até 30‰ e águas salinas, caracterizadas por uma salinidade igual ou superior a 30‰, ambas são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade (Tabela 1).

A citada resolução tem como principal objetivo proteger a qualidade da água e os recursos hídricos do país enquadrando as águas em classes, de modo a promover um uso sustentável e equilibrado dos corpos d'água, além de estabelecer critérios e limites máximos permitidos para diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos presentes na água, conforme pode ser verificado na Resolução CONAMA n° 357/2005 de acordo com a Classe em que se enquadram.

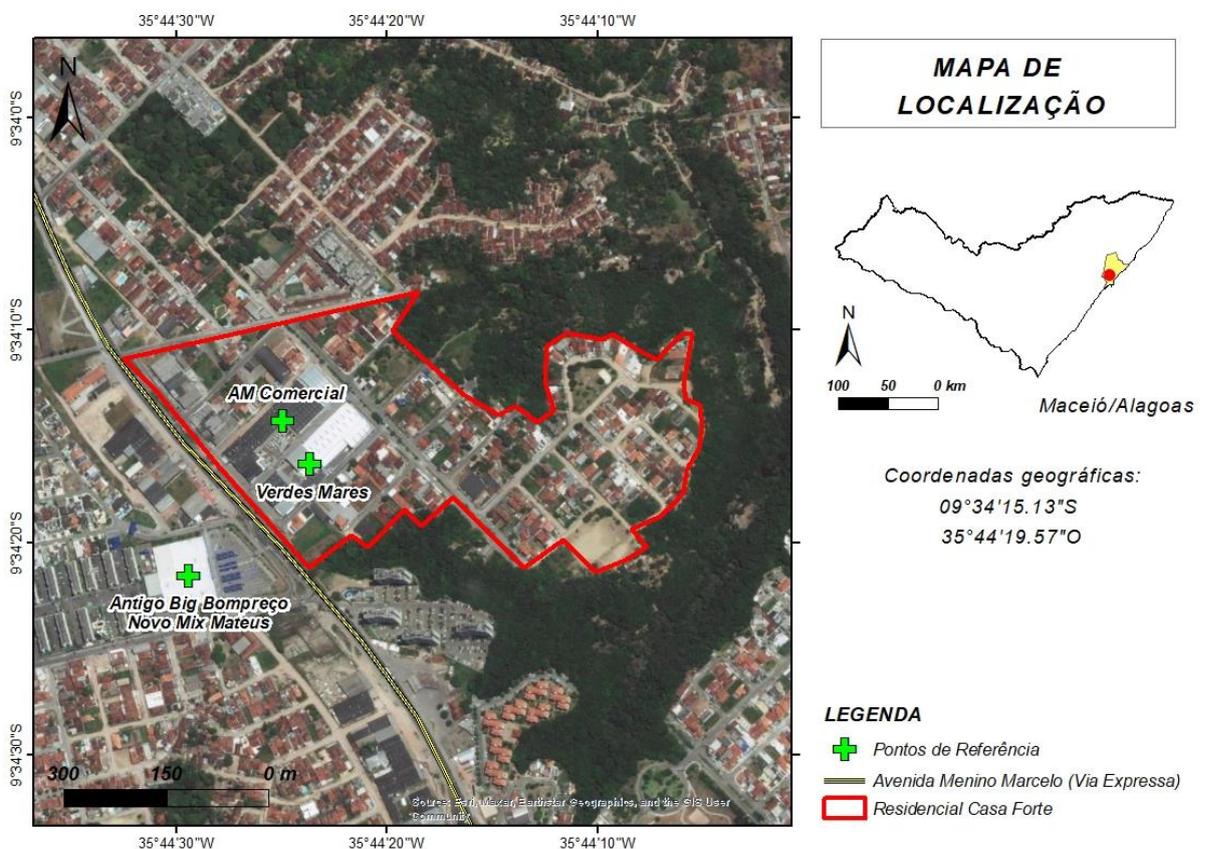
## 4 METODOLOGIA

No presente trabalho, foi adotada uma metodologia específica para a análise da qualidade da água proveniente do poço que abastece o Residencial Casa Forte, localizado em Maceió. Essa metodologia inclui a coleta de amostras representativas da água nos meses de agosto e setembro de 2023, que foram submetidas a análises laboratoriais para avaliação individual dos parâmetros que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA) para, posteriormente, serem comparados aos valores limites preconizados na Resolução CONAMA nº 357/2005.

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (Figura 2) engloba as propriedades que recebem fornecimento de água do poço, aproximadamente 238 imóveis localizados no Residencial Casa Forte, situado no bairro do Antares, na cidade de Maceió, estado de Alagoas.

Figura 2: Localização do Residencial Casa Forte.



Fonte: Autor (2023).

A área em questão é uma região residencial que depende de um poço tubular profundo para o abastecimento de água potável. Portanto, é de extrema importância compreender a qualidade da água proveniente deste, a fim de garantir a segurança e a potabilidade desse recurso essencial para aproximadamente 238 imóveis do Residencial Casa Forte.

O mesmo, teve autorização de uso concedida em 2018 pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH) para obra hídrica, , assim como, autorização de uso para captação de água, denominado poço RCF-01, com captação no Sistema Aquífero Barreiras, localizado no Residencial Casa Forte, Avenida Menino Marcelo, nº 100, Serraria (Figura 3), com profundidade de 80 metros e vazão de 13,5 m<sup>3</sup>/horas, em regime de bombeamento de 16h/dia, totalizando um volume de 216m<sup>3</sup>/dia, com a finalidade de abastecimento humano e prazo de validade de 08 anos, podendo ser suspensa parcialmente ou totalmente, caso sejam descumpridas os parâmetros e condições estabelecidas pela SEMARH (ALAGOAS, 2018).

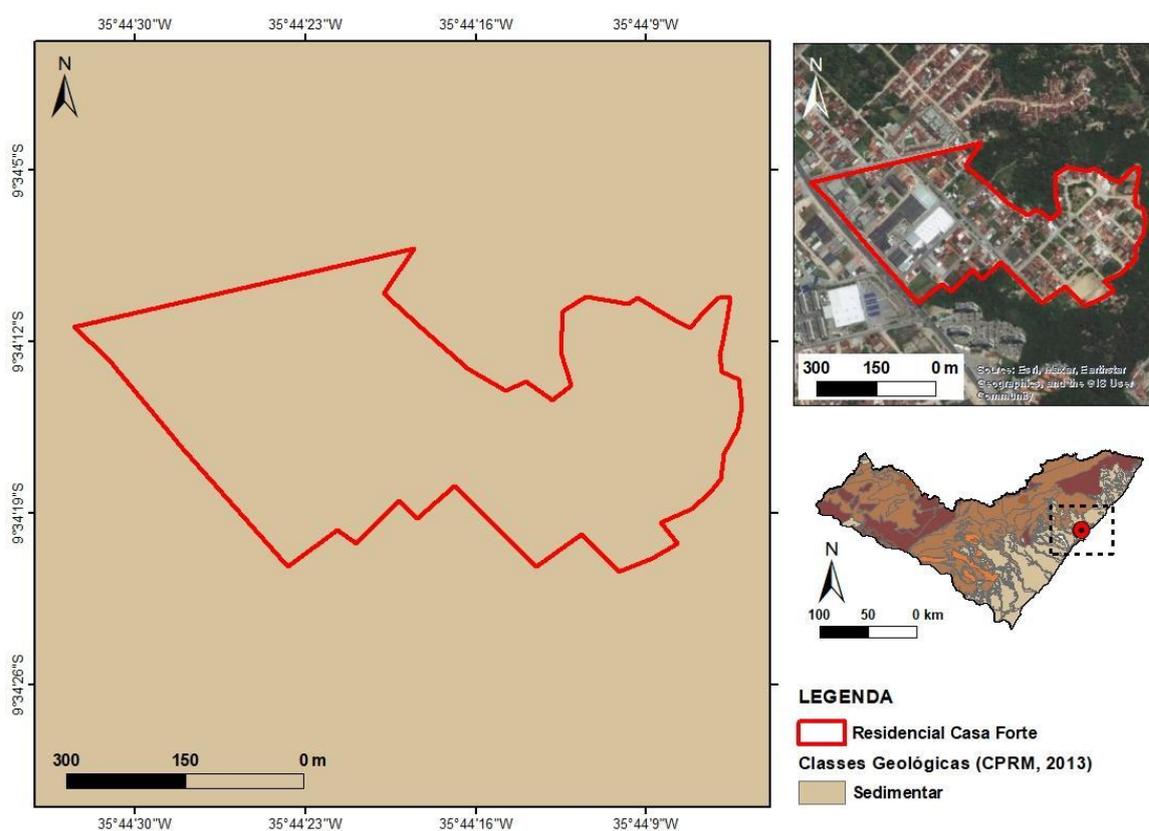
Figura 3: Sistema de água do Residencial Casa Forte.



Fonte: Autor (2023).

O Sistema Aquífero Barreiras, aquífero de onde a água que abastece o residencial é bombeada, apresenta as características de ser poroso, livre e em determinados locais pode ser semiconfinado (GONÇALVES; VIEIRA, 2021), além de representar uma importante formação geológica de rochas sedimentares que ocorre em diversas regiões do Brasil. Essa caracterização geológica está em conformidade com os dados fornecidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) em 2013, onde revela a predominância de rochas sedimentares no local de instalação do poço em questão, como indicado na Figura 4. Estas rochas se formam na superfície da crosta terrestre sob condições de temperatura e pressão relativamente baixas, geralmente possuem porosidade e permeabilidade, o que facilita o acúmulo de água em seu interior, constituindo aquíferos (BRANCO, 2015), desempenhando assim um papel fundamental como fontes de água subterrâneas.

Figura 4: Mapa geológico da área em estudo.

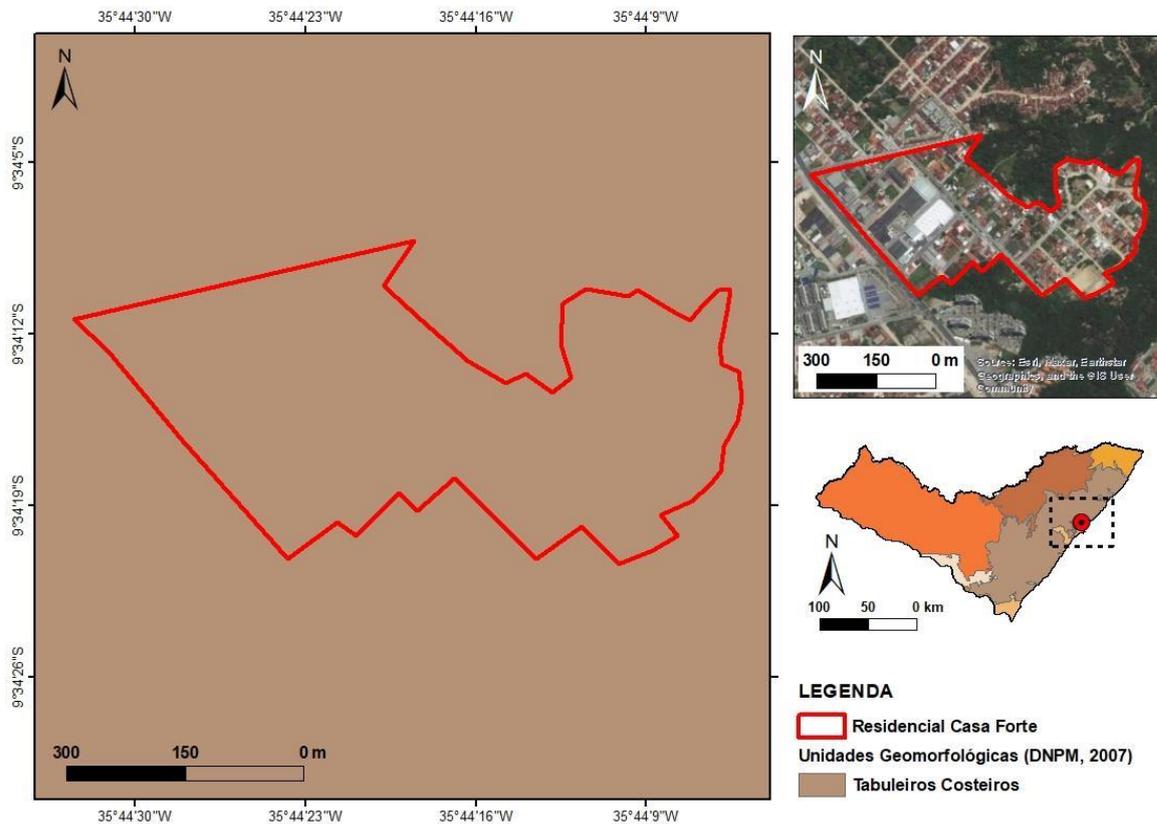


Fonte: Autor (2023).

No que diz respeito à geomorfologia, o poço está situado na região dos Tabuleiros Costeiros (Figura 5), que faz parte da Bacia Sedimentar de Alagoas. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (SILVA *et al.*, 2014), os

solos nesta região são caracterizados por sua profundidade significativa e baixa fertilidade, podendo ser identificados a presença de Latossolos, Podzólicos e Areias Quartzosas como os mais proeminentes.

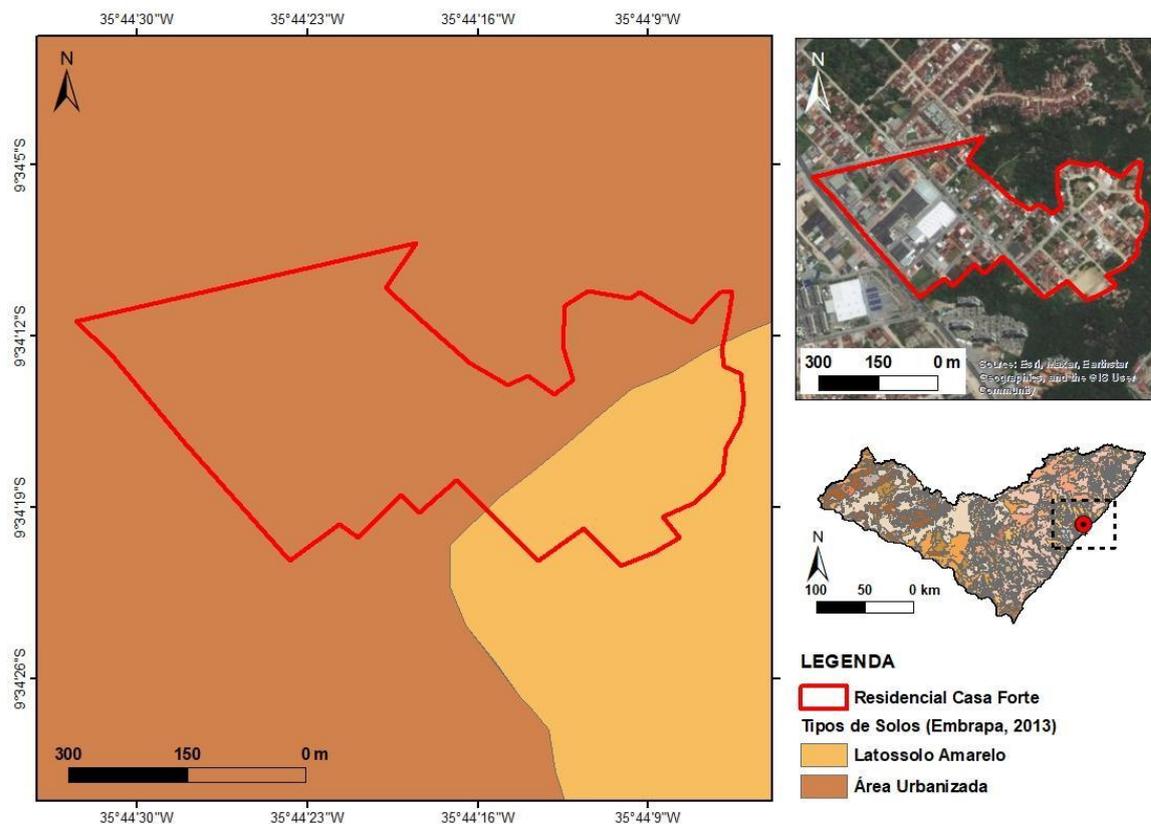
Figura 5: Mapa geomorfológico da área em estudo.



Fonte: Autor (2023).

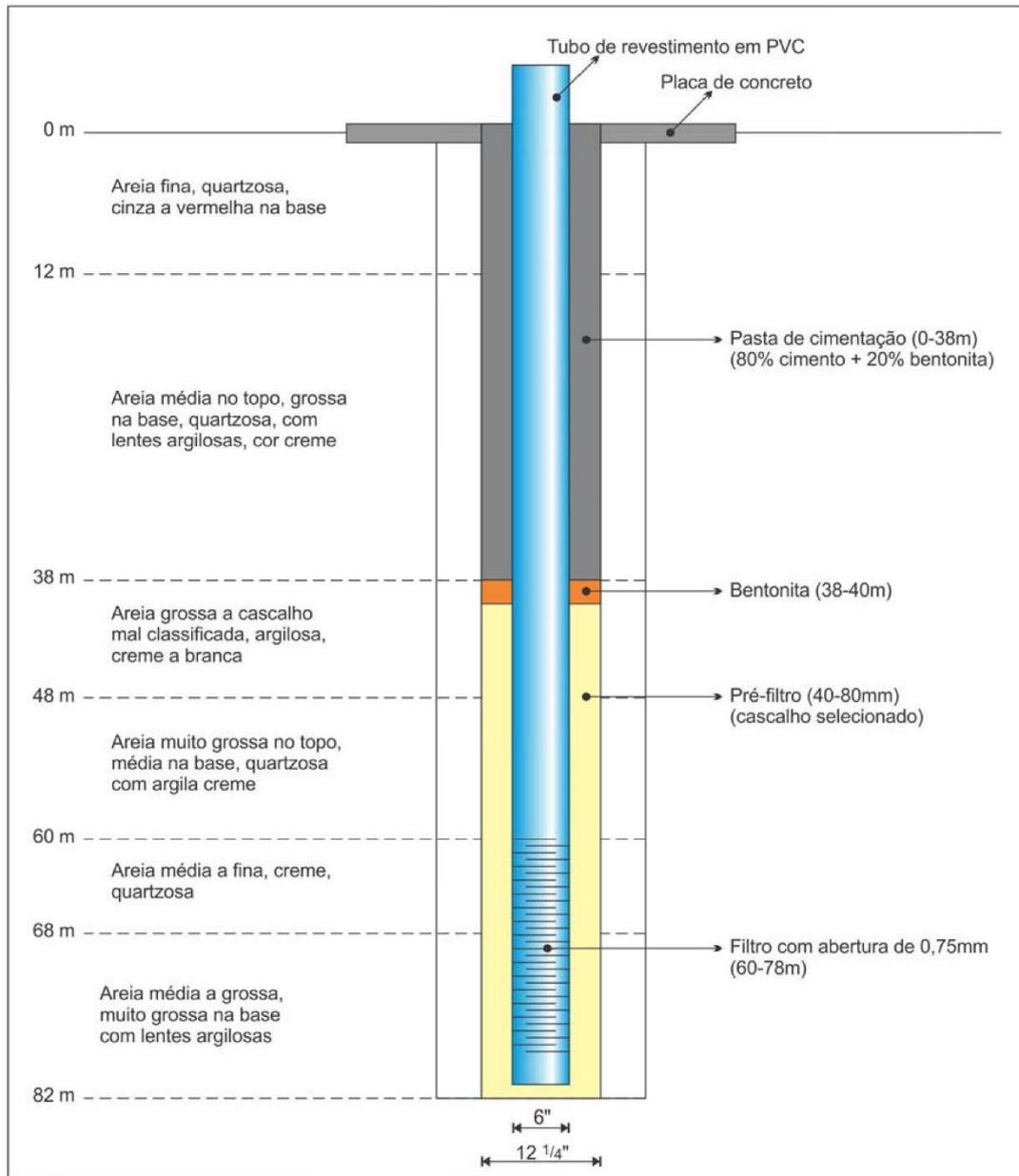
Quanto ao tipo de solo, é caracterizado como sendo de Latossolo Amarelo (Figura 6), mas a intensa urbanização da área impermeabiliza o solo, de modo a diminuir a recarga direta do aquífero nesta região. Os Latossolos Amarelo são solos desenvolvidos de materiais argilosos ou areno-argilosos sedimentares da formação Barreiras (SANTOS; ZARONI; ALMEIDA, 2021), conhecidos por sua cor amarela, que é resultado da presença de óxidos de ferro e alumínio em seus horizontes, sendo ainda conhecido como um solo frequentemente ácido e pobre em nutrientes.

Figura 6: Mapa dos solos da área em estudo.



Quanto às características do poço, de acordo com informações constantes na sua Outorga, o poço RCF-01 faz captação no Sistema Aquífero Barreiras e tem profundidade de 80 m. Logo, de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o perfil deste poço deve obedecer às características indicadas na Figura 7, onde o mesmo teria profundidade de 80m, com diâmetro de perfuração de 12 ¼”, com revestimento e filtro de PVC e pré filtro tipo cascalho. Ademais, ressalta-se a importância de o projeto e a construção do poço estarem de acordo com as normas técnicas NBR 12212/2017 e 12.244/2006 da ABNT (COSTA *et al.*, 2011).

Figura 7: Perfil tipo de poço tubular com 80 m de profundidade captando o Aquífero Barreiras.



Fonte: ANA (2011).

Por fim, considerando os dados mencionados, constata-se que a pesquisa foi conduzida em um poço cuja água é oriunda de um aquífero livre e categorizado como semi-artesiano, pois a captação demanda o emprego de bombas para elevar a água à superfície. Essa classificação é fundamentada no sistema de captação local Aquífero Barreiras e está em conformidade com as características geológicas, geomorfológicas e de solo encontradas para a região.

## 4.2 COLETA DE AMOSTRAS

O presente estudo foi realizado durante os meses de agosto e setembro, nos dias 03 e 28, respectivamente, onde foram realizadas as coletas de amostras de água, as quais posteriormente foram submetidas a análises laboratoriais.

A coleta das amostras foi realizada de forma adequada, seguindo os procedimentos recomendados no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (BRANDÃO *et al.*, 2011), a fim de garantir a representatividade dos resultados. Essas amostras foram submetidas a testes e análises que abrangem diversos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos relevantes para a avaliação da qualidade da água.

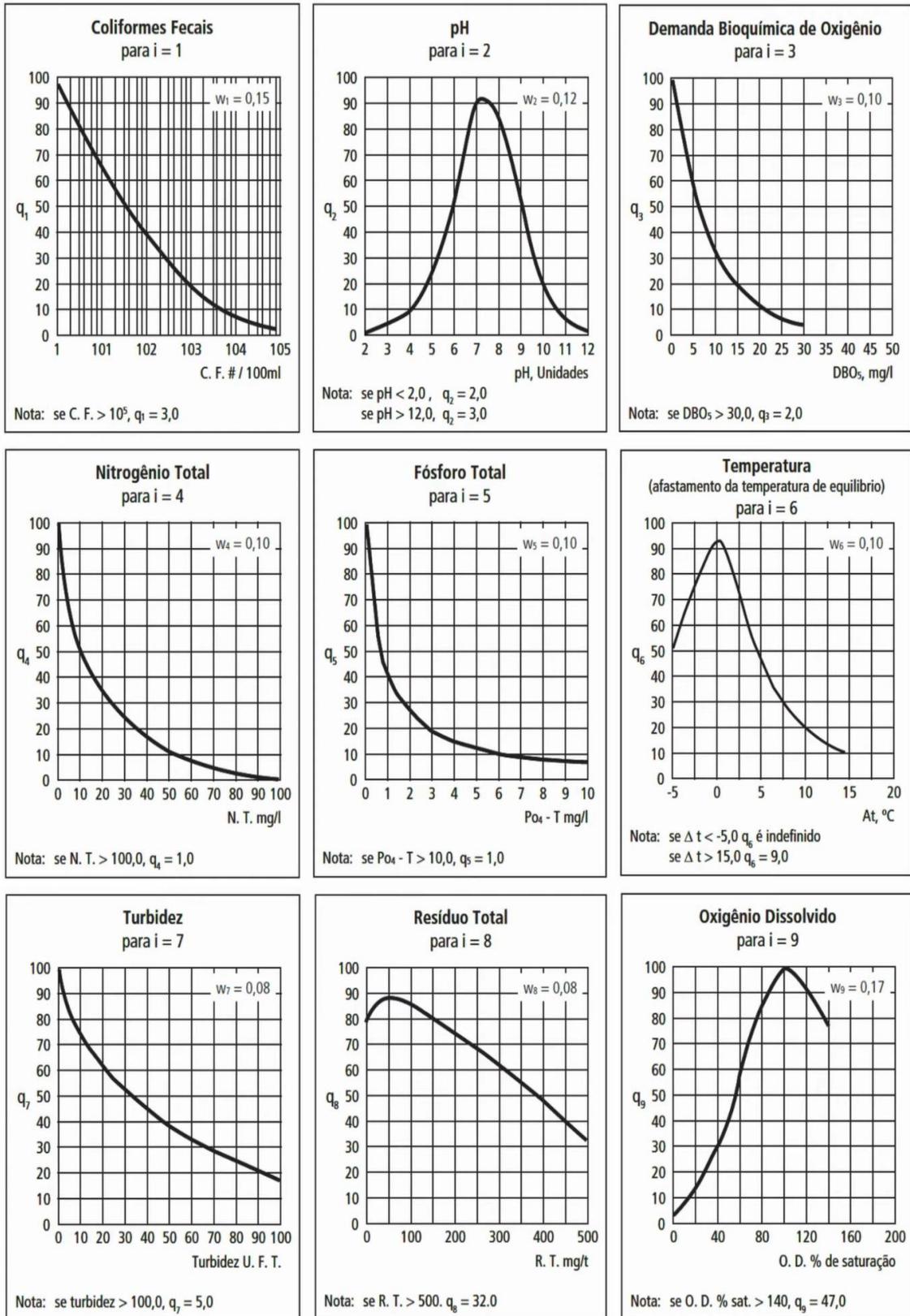
O ponto de coleta das amostras de água foi estabelecido no sistema de água do residencial, na torneira em que a água já passou por processo de tratamento simplificado, ou seja, clarificação por meio de filtração e desinfecção. Esse ponto de coleta foi escolhido para avaliar a qualidade da água após o tratamento realizado, refletindo as condições de água potável disponibilizada para as residências.

As amostras coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) para a realização das análises necessárias, esse laboratório possui infraestrutura e expertise adequadas para avaliar diversos parâmetros relacionados à qualidade da água, utilizando métodos padronizados e reconhecidos. As amostras foram submetidas a testes e análises que forneceram informações valiosas sobre a qualidade da água, viabilizando uma avaliação da sua potabilidade e segurança, permitindo a análise individual dos parâmetros que compõem o IQA.

## 4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Sabe-se que o IQA é calculado por meio do produtório ponderado com base em uma série de parâmetros obtidos por meio dos ensaios laboratoriais medidos, tais como: Coliformes fecais, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio total, Fósforo total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total e Oxigênio Dissolvido (OD). Neste método, faz-se necessário considerar os seus pesos ( $w$ ) e o valor de qualidade ( $q$ ) de cada parâmetro, conforme indicados pelos gráficos da Figura 8.

Figura 8: Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.



Fonte: CETESB (2013).

Ademais, o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) pode ser realizado utilizando a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (Eq. 1)$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

$q_i$ : qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida;

$w_i$ : peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, entre 0 e 1.

Logo, tem-se que,

$$IQA = q_1^{w_1} * q_2^{w_2} * q_3^{w_3} * q_4^{w_4} * q_5^{w_5} * q_6^{w_6} * q_7^{w_7} * q_8^{w_8} * q_9^{w_9} \quad (Eq. 2)$$

Com base no valor do IQA obtido, é possível fazer uma avaliação qualitativa da água, classificando-a em categorias como ótima, boa, razoável, ruim ou péssima (Tabela 2). Essas classificações fornecem uma visão geral da qualidade da água e podem ser úteis para orientar medidas de gestão, monitoramento e tomada de decisões relacionadas ao uso e conservação dos recursos hídricos.

Tabela 2: Avaliação da qualidade da água no estado de Alagoas

<b>FAIXAS DE IQA UTILIZADAS NO ESTADO DE ALAGOAS</b>	<b>AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA</b>
91-100	Ótima
71-90	Boa
51-70	Razoável
26-50	Ruim
0-25	Péssima

Fonte: VIANA *et al.* (2013).

#### 4.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas foram baseadas na ISO 9308-1:2014, norma internacional que estabelece diretrizes rigorosas para a detecção e quantificação de bactérias coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água. Ao fornecer métodos padronizados para o cultivo, teste e interpretação dos resultados, a norma

visa garantir a avaliação precisa da qualidade da água para consumo humano e outros fins, abrangendo aspectos fundamentais como a preparação de amostras, composição de meios de cultura, técnicas de incubação e critérios de avaliação, sendo uma ferramenta essencial para garantir a segurança da água e proteger a saúde pública por meio da identificação de contaminação fecal. O meio de cultura cromogênico *Chromocult Coliform Agar* é o meio exclusivo validado para a preparação da ISO 9308-1 de 2014.

Seguindo a metodologia preconizada na norma já citada anteriormente, o procedimento adotado para análise das amostras consistiu nos seguintes passos:

- I. Passo 1: início da análise com a esterilização do material e da água de diluição (destilada), esta foi feita utilizando uma autoclave a 120°C (Figura 9) por um período de 15 minutos;

Figura 9: Autoclave a 120°C para esterilização do material.



Fonte: Autor (2023).

- II. Passo 2: em seguida, após higienização do local de manuseio, como mostra a Figura 10, foi colocada a membrana filtrante no porta-filtro com a pinça previamente flambada e fria, adicionados 100mL de amostra no porta-filtro, não havendo a necessidade de fazer diluições, pois é esperado baixa contagem de microrganismos e ligada a bomba de vácuo para filtração;

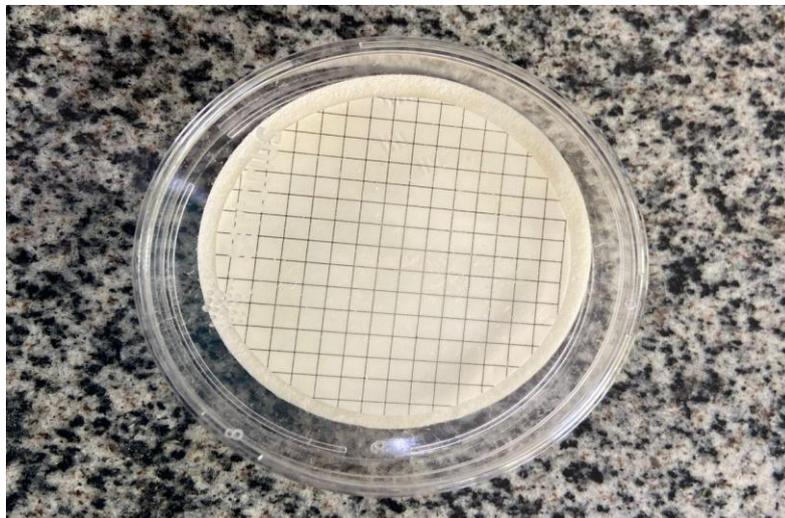
Figura 10: Local de manuseio para ensaio de coliformes.



Fonte: Autor (2023).

- III. Passo 3: após o passo II, com a pinça flambada e fria, foi removida a membrana do suporte e colocada na placa de Petri (Figura 11), já preparada, em que foi tampada e incubada a 36°C durante 24 horas (Figura 12);

Figura 11: Placa de Petri.



Fonte: Autor (2023).

Figura 12: Incubadora bacteriológica.



Fonte: Autor (2023).

- IV. Passo 4: por fim, após o período de incubação, examinou-se a membrana fazendo a contagem das colônias, na qual, quando identificada a coloração salmão ou vermelho, equivale aos coliformes totais e violeta ou azul a *Escherichia coli*, estes resultados são expressos em UFC/100mL.

Salienta-se que é possível utilizar a mesma curva de qualidade criada para a análise de coliformes termotolerantes (fecais) em testes relacionados à *Escherichia coli*. Estudos confirmam que, a cada 100 coliformes termotolerantes detectados, aproximadamente 80 são, na verdade, representantes de *Escherichia coli* (SATO *et al.*, 2008). Portanto, é aplicado um fator de correção de 1,25 ao resultado obtido para *E. coli*, permitindo assim a utilização do valor equivalente à curva de coliformes termotolerantes (Figura 8).

## 4.5 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA

### 4.5.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

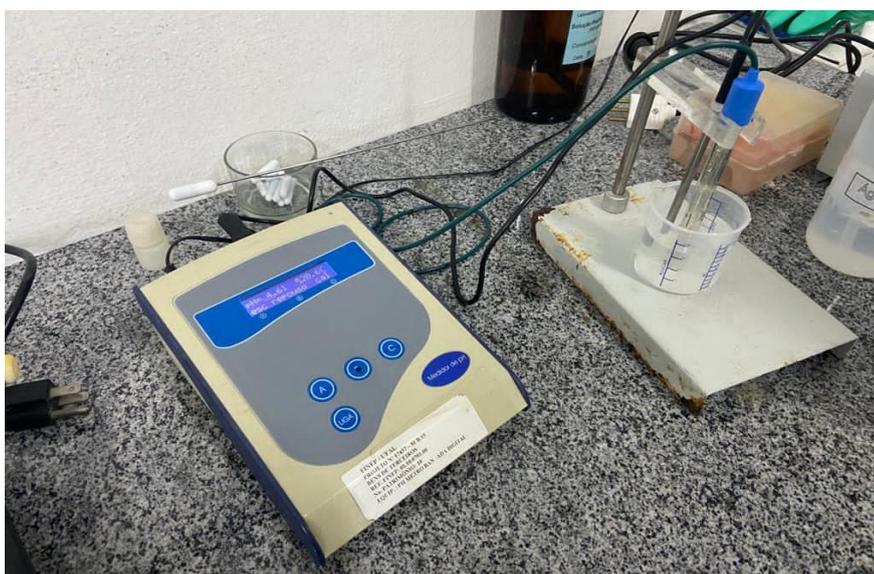
O Potencial Hidrogeniônico (pH) é uma medida da acidez ou alcalinidade da água, determinada pela concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) presentes na solução, classificam-se em soluções ácidas, com pH entre 0 e 7, soluções neutras, pH igual a 7 e soluções básicas ou alcalinas, pH acima de 7.

Tal parâmetro desempenha um papel crucial na avaliação da qualidade da água, visto que impacta diretamente os procedimentos de tratamento, a adequação dos valores de pH é indispensável para garantir a eficácia desses processos e o fornecimento de água segura.

Esta medida é verificada através de um dispositivo eletrônico conhecido como pHmetro, sendo este uma ferramenta fundamental em muitos campos, incluindo química, biologia, medicina, agricultura, controle de qualidade industrial, monitoramento ambiental e análise de água.

Nesta pesquisa, após verificação da calibração conforme a Norma ISO 9001:2015, do equipamento já citado, como mostra a Figura 13, foi inserido o eletrodo na amostra a ser medida, logo após foram feitos movimentos circulares e marcado alguns segundos até a leitura do display estabilizar. O resultado a ser exibido no display representa o valor de pH da amostra.

Figura 13: Medidor de pH.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.5.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) representa um parâmetro importante na avaliação da qualidade da água destinada ao consumo humano, sendo esta uma medida que indica a quantidade de oxigênio necessária para que os microrganismos decomponham a matéria orgânica presente na água, sendo frequentemente utilizada como um indicador de contaminação orgânica da água.

É definida como a quantidade de oxigênio consumida ao longo de um intervalo específico, durante um período de tempo definido a uma temperatura determinada para incubação, onde o período de 5 dias a uma temperatura de 20°C é frequentemente adotado como referência, sendo conhecido como DBO<sub>5,20</sub>, e seu valor é expresso em mg/L.

Para as análises deste trabalho, utilizando o método por incubação baseado na NBR 12614 de 1992, foram necessários os seguintes materiais: frascos, barras magnéticas, oxímetros, estufa incubadora, vidrarias (provetas, balões volumétricos e béquer), hidróxido de sódio (NaOH) e as próprias amostras.

O procedimento adotado para análise das amostras consistiu nos seguintes passos:

- I. Passo 1: início da análise com determinação dos volumes de 400 mL e 250 mL, correspondendo às faixas de medição de 0-90mg/L e 0-250mg/L, respectivamente;
- II. Passo 2: em seguida, foi adicionado nos frascos de DBO os volumes determinados juntamente com uma barra magnética conhecida como “peixinho” e adaptado em cada um o recipiente de borracha;
- III. Passo 3: após o passo II, foi adicionado três pastilhas de hidróxido de sódio (NaOH) no recipiente de borracha e logo em seguida foram fechados os frascos com os oxímetros em que foram calibrados com seus respectivos fatores de medição (Figura 14);

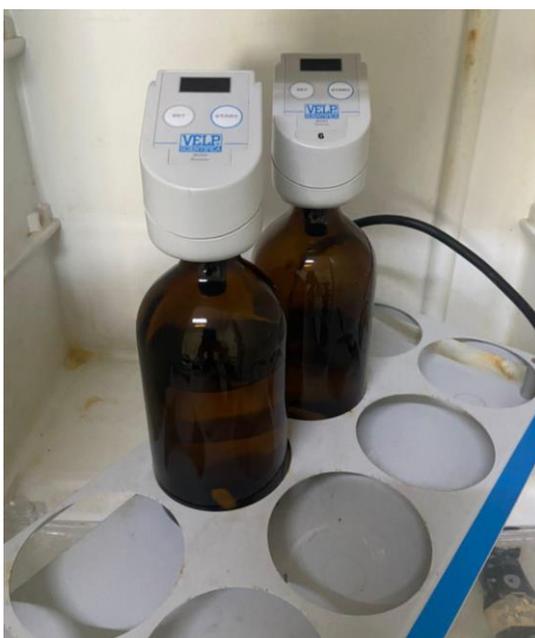
Figura 14: Frascos com os oxímetros já calibrados.



Fonte: Autor (2023).

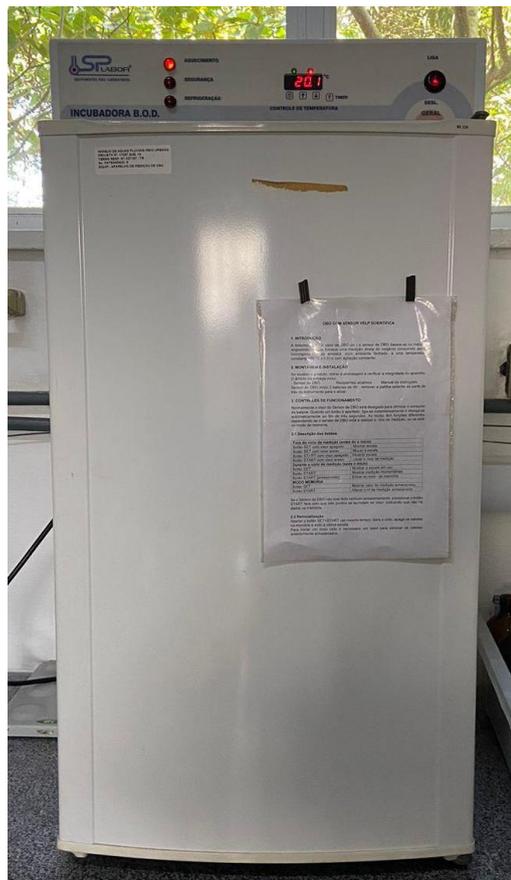
- IV. Passo 4: por fim, os frascos foram colocados sobre a bandeja de agitação (Figura 15) dentro da incubadora já na temperatura de 20°C (Figura 16) e deixado durante 5 dias. Depois dos cinco dias incubados é realizada a leitura dos aparelhos.

Figura 15: Frascos na bandeja de agitação.



Fonte: Autora (2023).

Figura 16: Incubadora DBO a 20°C.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.5.3 Nitrogênio total

A determinação do nitrogênio total é uma análise importante no controle da qualidade da água, especialmente em ambientes aquáticos como rios, lagos, aquíferos e águas subterrâneas, uma vez que este é um nutriente essencial para o crescimento de organismos aquáticos, mas em excesso, pode levar a problemas ambientais sérios, como a eutrofização, processo em que corpos d'água acumulam excesso de nutrientes estimulando um crescimento descontrolado de algas e plantas aquáticas. Esse crescimento excessivo de algas pode dar origem a "blooms" ou proliferações de algas tóxicas, produzindo proteínas que contaminam a água, prejudicando a qualidade da água potável e a segurança dos recursos hídricos.

A análise do nitrogênio total na água pode ser realizada através de métodos químicos, cujo procedimento foi baseado no Método de Kjeldahl – NTK e acontece em três etapas: digestão, destilação e titulação. Nesta última etapa, a quantidade de ácido usado é diretamente proporcional à quantidade de nitrogênio presente na amostra, permitindo a quantificação do nitrogênio total.

Para determinação do Nitrogênio total, é necessário seguir alguns passos conforme descrição a seguir:

- I. Passo 1: início da análise inserindo três pérolas de vidro, já secas em estufa, em 3 tubos de borossilicato, que são vidros resistentes ao calor e aos elementos químicos, desses, dois foram para teste e um para “branco”;
- II. Passo 2: em seguida, foram adicionados 25 mL de amostra em cada tubo teste e 25 mL da água destilada no tubo denominado “branco”;
- III. Passo 3: após o passo II, foram adicionados 15mL de ácido sulfúrico concentrado, 3g de sulgato de potássio e 1g de sulfato de cobre. Logo após, foram colocados no bloco digestor (Figura 17), devidamente tampados, durante 2 horas a 400°C. Após esta etapa a amostra fica com uma cor verde esmeralda;

Figura 17: Bloco digestor em uma capela para exaustão de gases.



Fonte: Autor (2023).

- IV. Passo 4: depois de esfriar, foram adicionados aos tubos 50 mL de água destilada;
- V. Passo 5: foi adicionado em um frasco de erlenmeyer 100 mL de ácido bórico 2% e 4 gotas de indicador misto para etapa da destilação;

- VI. Passo 6: no destilador, após aquecido, foram colocados os tubos no local identificado na Figura 18 e adicionado com cuidado 50 mL de hidróxido de sódio (NaOH 50%);

Figura 18: Destilador de nitrogênio com tubo já adicionado o hidróxido de sódio e no *erlenmeyer* ácido bórico com indicador misto.



Fonte: Autor (2023).

- VII. Passo 7: após recolhido 100 mL de destilado (Figura 19), ou seja, totalizando seu volume a 200 mL, foi feita a etapa da titulação com ácido sulfúrico  $H_2SO_4$ , com normalidade conhecida de 0,9787 N, com auxílio de uma bureta digital (Figura 20) até a reação atingir a neutralização e obter a coloração amarela. Foi anotado o volume de ácido sulfúrico gasto nesta etapa.

Figura 19: Destilador de nitrogênio após destilação.



Fonte: Autor (2023).

Figura 20: Bureta digital na etapa de titulação.



Fonte: Autor (2023).

Finalizada estes passos, as informações obtidas devem ser colocadas na Eq. 3 abaixo para conversão do nitrogênio orgânico contido na amostra em nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), essa conversão é necessária para facilitar a quantificação do nitrogênio total, uma vez que o nitrogênio na forma amoniacal é mais facilmente detectado e medido.

$$N - NKT \text{ (mgN - NH}_4^+ \text{ / L)} = \frac{(V1 - V \text{ ácido branco}) * N1 * 14007}{V \text{ amostra}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

N-NKT (mgN-  $\text{NH}_4^+$  / L): concentração de nitrogênio na forma de íons amônio;

V1: Volume da solução de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) usada na titulação da amostra em mililitros (mL);

V ácido branco: Volume da solução de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) usada na titulação do “branco” em mililitros (mL);

N1: normalidade da solução de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). O valor é 0,9787 N para o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;

“14007”: massa do nitrogênio (mg/mol);

V amostra: Volume da amostra de água utilizada na análise (mL).

#### 4.5.4 Fósforo total

Assim como o nitrogênio, o fósforo é um nutriente crucial para os processos biológicos, mas seu excesso pode resultar na eutrofização das águas. Nesta análise, foram seguidos os passos abaixo baseados no Método de Espectrofotometria:

- I. Passo 1: início da análise com o preparo de dois testes, sendo transferido 50 mL de amostra para erlenmeyer de 125 mL e um teste em branco com 50 mL de água destilada, ambos identificados (Figura 21);

Figura 21: Frascos de erlenmeyer contendo testes e branco.



Fonte: Autor (2023).

- II. Passo 2: em seguida, foi adicionada uma gota do indicador fenolftaleína, caso houvesse mudança de cor, seria adicionado algumas gotas da solução de ácido sulfúrico 30% até o desaparecimento;
- III. Passo 3: após o passo 2, foi acrescentado 1 mL da solução de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  30%) e 0,40g de persulfato de amônio  $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8]$  e devidamente tapados com papel alumínio, foram levadas para a autoclave a  $120^\circ\text{C}$  durante 30 minutos (Figura 22);

Figura 22: Testes e branco na autoclave a  $120^\circ\text{C}$ .



Fonte: Autor (2023).

- IV. Passo 4: depois da amostra digerida esfriar, foi feita a homogeneização e transferência para um balão volumétrico de 100 mL, após esse processo foi adicionada água destilada até atingir cerca de metade do volume do balão;
- V. Passo 5: em seguida, foi adicionada uma gota de fenolftaleína e neutralizada levemente com NaOH 1M até obtenção de uma coloração rosa persistente; a amostra foi homogeneizada e seu volume completado com água deionizada;
- VI. Passo 6: após o passo 5, foram adicionadas algumas gotas da solução de ácido sulfúrico 5N até o desaparecimento da coloração rosa;
- VII. Passo 7: foi transferido 50 mL da amostra de volta para o erlenmeyer de 125 mL e adicionado 8 mL de uma solução digestora composta por 25mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5N, 2,5mL de Tartarato, 7,5mL de Malibdato e 15mL de ácido ascórbico;
- VIII. Passo 8: por fim, após transcorridos 10 minutos para o desenvolvimento da coloração azul (nunca esperar mais de 30 minutos), foi transferido uma alíquota da amostra para o tubo de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e feita a leitura em espectrofotômetro (Figura 23), no comprimento de onda de 882nm, zerando o equipamento com o branco de menor absorvância. Este é calibrado de acordo com a ISO 17025:2017.

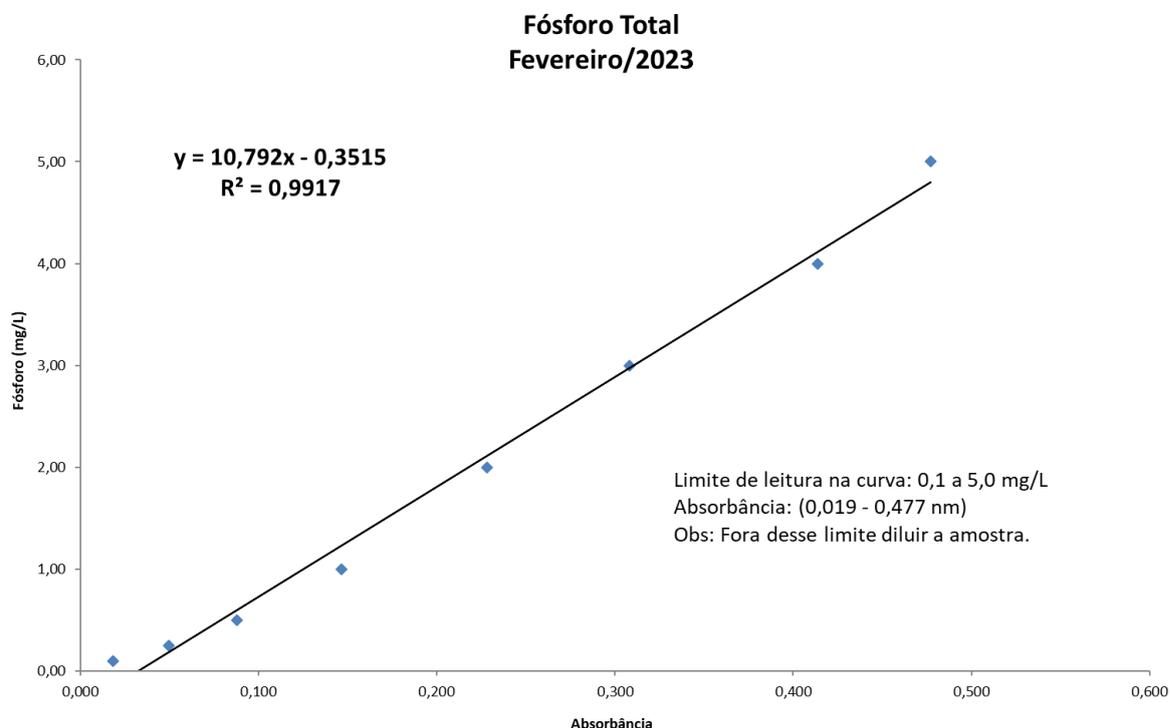
Figura 23: Espectrofotômetro.



Fonte: pH Científica Revenda (2018).

Para determinar a concentração de fósforo total é necessário consultar a equação da reta obtida a partir dos padrões pré-estabelecidos.

Figura 24: Curva para cálculo do fósforo total.



Fonte: LSA (2023).

Observa-se na Figura 24 que o limite de leitura na curva é de 0,10 a 5,00 mg/L em relação a concentração de fósforo total, o qual depende diretamente da absorbância que pode ser compreendida entre 0,019 e 0,477 nm. Pontua-se que, se os valores de absorbância excederem esse limite, é necessária a diluição da amostra. Do contrário, valores inferiores, considera-se a concentração de fósforo como “não detectada”.

$$y = 10,792x - 0,3515 \quad (Eq. 4)$$

Onde:

x: Absorbância (nm);

y: Concentração de Fósforo total (mg/L).

#### 4.5.5 Temperatura

A temperatura desempenha um papel fundamental na avaliação da qualidade da água, influenciando de maneira significativa os processos físicos, químicos e biológicos nos ecossistemas aquáticos. Além disso, esta pode impactar a estabilidade de substâncias químicas na água, algumas das quais têm implicações específicas para a saúde humana e variações extremas podem ainda comprometer a eficácia dos

processos de tratamento de água. Ademais, a variação de temperatura exerce um impacto direto em parâmetros importantes, como potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), viscosidade e densidade.

Desta forma, o monitoramento da temperatura da água é um componente essencial na avaliação da qualidade da água, pois suas flutuações ao longo do tempo e em diferentes áreas oferecem insights importantes sobre a vitalidade da biodiversidade e a detecção de potenciais problemas de poluição ou perturbações, pode ser verificada através do pHmetro (Figura 25), equipamento já citado anteriormente. O resultado exibido é o valor da temperatura em graus Celsius (°C).

Figura 25: Display do pHmetro.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.5.6 Turbidez

A medição da turbidez também é um parâmetro importante para avaliar a qualidade da água, uma vez que altos níveis de turbidez podem indicar a presença de poluentes, sedimentos em excesso ou outros materiais em suspensão podendo afetar a potabilidade da água e ter implicações para o ecossistema aquático. Essas partículas podem interferir na passagem da luz através da água, causando dispersão da luz e reduzindo a sua transparência.

Para medir a turbidez de uma amostra de água é utilizado um instrumento conhecido como turbidímetro, este desempenha um papel crucial no monitoramento e no controle da qualidade da água. O turbidímetro funciona emitindo uma fonte de luz através da amostra de água e medindo a quantidade de luz dispersada pelas partículas presentes, quanto maior a quantidade de partículas em suspensão na água, maior será a dispersão da luz, o que resultará em um valor mais alto de turbidez.

Neste procedimento, foi adotado o método nefelométrico de acordo com a

norma ISO 7027-1:2016, através do Turbidímetro AP 2000 da Policontrol (Figura 26), onde primeiramente, foi efetuado a verificação da calibração do dispositivo. Subsequentemente, uma porção representativa da amostra foi coletada por meio de um béquer e então transferida para a cubeta até atingir o nível indicado. Posteriormente, a mesma foi inserida no aparelho supramencionado, a tecla de liga/leitura foi acionada e se aguardou pela estabilização da leitura. Nesse momento, o valor foi registrado.

A unidade de medida comum para a turbidez é Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), que quantifica a capacidade da água de dispersar a luz em relação a um padrão de referência.

Figura 26: Turbidímetro e cubeta.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.5.7 Resíduo total

Resíduos totais ou sólidos totais referem-se à concentração de sólidos suspensos em uma amostra de água. Estes sólidos podem ser partículas orgânicas e inorgânicas que estão suspensas na água, podendo incluir areia, argila, matéria orgânica em suspensão, microrganismos e outros materiais que não estão dissolvidos na água, mas estão presentes na forma de partículas sólidas.

O método empregado para a determinação de sólidos totais está previsto na NBR 10664 de 1989, é baseado em gravimetria e compreende a remoção de todas as partículas sólidas presentes na amostra de água, seguida da pesagem dessas partículas após o processo de secagem. O procedimento é executado de acordo com as seguintes etapas:

- I. Passo 1: início da análise com a calcinação da cápsula de porcelana (130 mL), na mufla a  $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 1 hora;

- II. Passo 2: deixar esfriar em dessecador, levar a balança de precisão, tarar e anotar o peso P0 (massa da cápsula);
- III. Passo 3: após o passo 2, retirar uma alíquota de amostra e passar para um becker de 600mL e manter a amostra sob agitação (homogeneizar);
- IV. Passo 4: depois, com uma proveta medir um volume de 100 mL de amostra e transferir para a cápsula e manuseando-a com luvas, levá-la até a estufa ligada à 102 °C durante 24 horas;
- V. Passo 5: em seguida, retirar a cápsula da estufa, com auxílio de uma pinça de Mohr, e deixar esfriar em dessecador;
- VI. Passo 6: por fim, levar a balança de precisão, tarar e anotar o peso P1 (massa da cápsula + massa resíduo total).

Após os passos acima serem realizados, aplicar na equação abaixo para obtenção dos sólidos totais em mg/L.

$$ST (mg/L) = \frac{P1 - P0}{V_{amostra} (L)} * 1000 \quad (Eq. 5)$$

Onde:

ST: sólidos totais (mg/L);

P1: massa da cápsula (g);

P0: massa da cápsula + massa resíduo total (g);

V amostra: volume da amostra (L).

Os sólidos totais em uma amostra de água representam a soma de duas categorias principais de material sólido presente na água: sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão. Os sólidos dissolvidos são partículas sólidas que estão molecularmente dispersas na água, tornando-se invisíveis a olho nu, são geralmente compostos de íons e moléculas distribuídas, como sais minerais (por exemplo, cálcio, magnésio, sulfatos) e compostos orgânicos. Os sólidos em suspensão são partículas sólidas que ficam suspensas na água e são visíveis a olho nu, podem incluir sedimentos, partículas orgânicas, microrganismos e outros materiais que não se dissolvem na água e permanecem em suspensão.

Destaca-se que a presença de um alto nível de resíduo total na água pode indicar problemas de qualidade, pois pode afetar a transparência da água, a disponibilidade de luz para organismos aquáticos e, em última instância, a saúde dos ecossistemas aquáticos.

#### 4.5.8 Oxigênio dissolvido

Oxigênio dissolvido (OD) refere-se à quantidade de oxigênio molecular ( $O_2$ ) presente na água ou em outro líquido, sendo uma medida importante em diversas áreas, incluindo ecologia aquática, tratamento de água, aquicultura e monitoramento da qualidade da água em geral.

A concentração de oxigênio na água pode variar de acordo com diversos fatores, incluindo temperatura, pressão atmosférica, atividade biológica e quantidade de substâncias poluentes na água, sendo níveis muito baixos de OD um sinal de poluição ou degradação da água.

Além destes já citados, o uso da bomba para sucção da água do poço, também pode interferir nos valores de oxigênio dissolvido em amostras de água, isso ocorre porque a agitação gerada pela bomba durante a coleta pode introduzir ar na água, o que aumenta temporariamente os níveis de oxigênio dissolvido, podendo levar a leituras mais elevadas do que as reais no momento da coleta.

Este parâmetro pode ser identificado através de um analisador multiparâmetro da qualidade da água, como mostra a Figura 27, que permite medir e indicar o resultado do monitoramento simultaneamente de até 11 parâmetros, incluindo Oxigênio Dissolvido (OD), sendo expresso em mg/L. O sensor de turbidez deste equipamento está em conformidade com a norma ISO 7027-1:2016.

Figura 27: Analisador multiparâmetro da marca Horiba.



Fonte: CMS (2020).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, a água proveniente do poço que abastece o Residencial Casa Forte é categorizada como água doce Classe 1 (Tabela 1). De acordo com os critérios propostos na própria resolução, essa classificação abrange águas designada ao abastecimento para consumo humano, após um tratamento simplificado, bem como à proteção das comunidades aquáticas, à realização de atividades de contato primária, como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que crescem próximas ao solo e são ingeridas cruas, e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Os parâmetros do IQA que foram submetidos à análises laboratoriais e avaliados individualmente com os valores limites preconizados na resolução CONAMA N° 357/2005 (Tabela 3) foram: Coliformes fecais (UFC/mL), pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L), Nitrogênio Total (mg/L), Fósforo Total (mg/L), Temperatura (°C), Turbidez (NTU), Resíduo Total (mg/L) e Oxigênio Dissolvido (mg/L).

Tabela 3: Valores limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces, Classe 1.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALORES LIMITES</b>
Coliformes fecais	Máximo de 1000 UFC/100mL.
pH	Entre 6,0 a 9,0.
Demanda Bioquímica de Oxigênio	Máximo de 3 mg/L.
Nitrogênio Total	Para águas com: <ul style="list-style-type: none"> <li>● pH de 7,5, o limite é de 3,7 mg/L;</li> <li>● pH maior que 7,5 e igual a 8,0, o limite é reduzido para 2,0 mg/L;</li> <li>● pH maior que 8,0 e igual a 8,5, o valor máximo permitido é de 1,0 mg/L.</li> </ul>
Fósforo Total	Não estabelece limites para este parâmetro em relação a águas subterrâneas.
Temperatura	Não estabelece limites para este parâmetro.
Turbidez	Máximo de 40 unidades nefelométricas de turbidez

<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALORES LIMITES</b>
	(NTU).
Resíduo Total	Máximo de 500 mg/L (Sólidos dissolvidos).
Oxigênio Dissolvido	Mínimo de 6 mg/L.

Fonte: Resolução CONAMA nº 357/2005.

Os resultados da determinação dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos descritos anteriormente, são apresentados nos gráficos abaixo e discutidos individualmente tópico a tópico.

### 5.1 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Em termos regulatórios, a Resolução nº 357/2005 do CONAMA traz a necessidade de análises microbiológicas a fim de verificar a presença ou não de coliformes termotolerantes (fecais), onde para águas doces Classe 1, seu limite é de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros, como mostra a Tabela 3.

Além do preconizado em norma, pesquisadores defendem que a água deve ser isenta de coliformes totais e, em particular, da espécie *Escherichia coli*, pois são indicativos de contaminação por fezes humanas ou animais na água, tornando-a inadequada para o consumo humano (CARVALHO *et al.*, 2009), representando assim um risco significativo para a saúde pública e para o meio ambiente.

Ademais, as análises microbiológicas realizadas confirmaram que não foram encontradas *Escherichia coli*, assim como coliformes fecais nas amostras de água em questão, sendo considerados "ausentes" dentro dos padrões estabelecidos. Este resultado atesta a qualidade da água e sua adequação para o consumo humano, conforme as diretrizes regulatórias e recomendações técnicas.

Entretanto, é necessário que haja periodicamente a verificação dos sistemas de tratamento, investigação de possíveis fontes de contaminação e inspeção da infraestrutura do poço para garantir a qualidade e segurança do abastecimento, pois, águas subterrâneas que abastecem poços se deslocam por um longo caminho através de rochas e solos, podendo sofrer contaminação fecal durante seu percurso (MICROAMBIENTAL, 2021). Este fato é especialmente relevante quando o local onde o poço está situado é caracterizado por rochas sedimentares de alta porosidade, já que tais condições geológicas podem aumentar a suscetibilidade à contaminação.

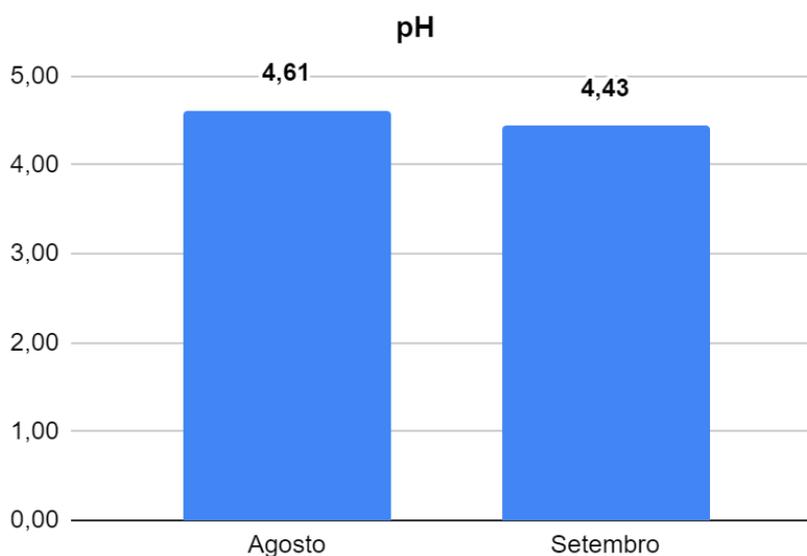
Portanto, a vigilância e a manutenção adequadas desses recursos hídricos subterrâneos são vitais para a preservação da qualidade da água e a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

## 5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA

### 5.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Neste estudo, os resultados da análise de pH das amostras revelaram valores de 4,61 e 4,43 para os meses de agosto e setembro, respectivamente, conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 28: Gráfico do potencial hidrogeniônico (pH).



Fonte: Autor (2023).

Com base na Resolução CONAMA nº 357/2005, sabe-se que o estabelecido para o pH de águas doce Classe I deve estar entre 6,0 a 9,0 (Tabela 3), o que indica que as amostras analisadas estão significativamente abaixo do limite mínimo recomendado para águas de alta qualidade sendo consideradas como ácidas.

A acidez da água subterrânea em uma determinada região está intrinsecamente ligada a uma variedade de fatores, incluindo características geológicas e o tipo de solo predominante, cujas características da região analisada estão demonstradas na Figura 4 e Figura 6. As características geológicas desempenham um papel crucial nesse cenário, uma vez que a presença de rochas sedimentares contendo minerais ácidos, como xisto, folhelho ou certos tipos de

arenito, podem desencadear a liberação de ácidos durante as interações químicas com a água subterrânea. Isto, por sua vez, pode impactar negativamente a qualidade da água, tornando-a ácida e comprometendo usos como abastecimento de água potável.

Ademais, o tipo de solo predominante na região também pode ser um fator influente, pois é conhecido que mais de 95% dos Latossolos possuem um pH entre 4,0 e 5,5 (SOUSA; LOBATO, 2021) devido, principalmente, à rápida percolação da água e à presença de acidez natural, resultado da lixiviação de nutrientes básicos. Esses solos desempenham um papel significativo na acidez da água subterrânea, uma vez que a água da chuva ou da irrigação que atravessa esses solos pode adquirir a acidez do solo, influenciando diretamente a qualidade da água subterrânea na região.

### 5.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

De acordo com Dias (2023), águas limpas geralmente possuem elevada concentração de oxigênio dissolvido e baixa DBO e águas poluídas têm baixa concentração de oxigênio dissolvido devido à alta DBO.

As leituras de DBO a 5 dias a 20°C nas análises nos meses de agosto e setembro foram registradas de acordo com a Tabela 4.

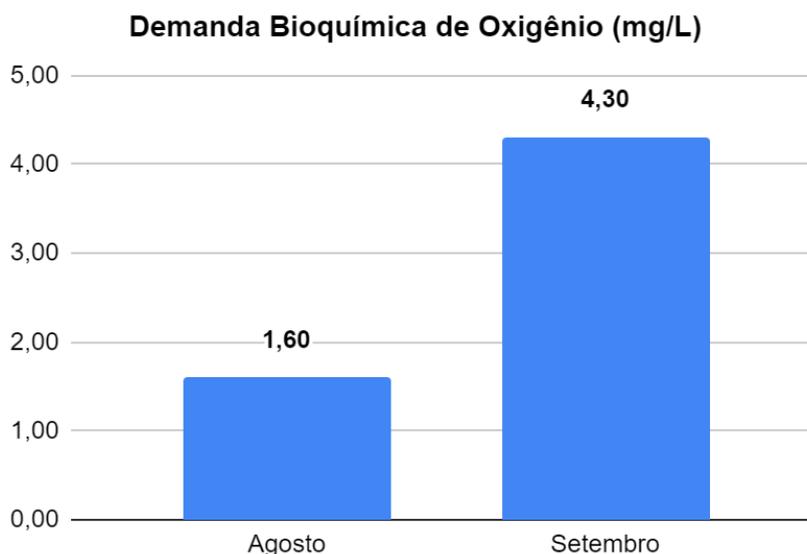
Tabela 4: Leitura da DBO durante 5 dias nos meses de agosto e setembro.

<b>LEITURA</b>	<b>AMOSTRA AGOSTO</b>		<b>AMOSTRA SETEMBRO</b>	
	<b>250 ML</b>	<b>400 ML</b>	<b>250 ML</b>	<b>400 ML</b>
DIA 1	3 mg/L	0,5 mg/L	0 mg/L	2,7 mg/L
DIA 2	0 mg/L	0,5 mg/L	0 mg/L	2,1 mg/L
DIA 3	0 mg/L	0,5 mg/L	0 mg/L	3,2 mg/L
DIA 4	0 mg/L	1,0 mg/L	0 mg/L	3,8 mg/L
DIA 5	0 mg/L	1,6 mg/L	0 mg/L	4,3 mg/L

Fonte: Autor (2023).

Com base nas análises de DBO para as amostras, observa-se que a concentração de DBO em agosto foi de 1,60 mg/L, enquanto em setembro atingiu 4,30 mg/L, como mostra a Figura 29.

Figura 29: Gráfico da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).



Fonte: Autor (2023).

Como resultado, constata-se que em setembro a DBO ultrapassou o limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de Classe I, a qual estabelece um valor máximo de 3 mg/L (Tabela 3), enquanto isso o resultado obtido para a amostra de agosto estava dentro dos padrões estabelecidos.

Estes resultados podem ser influenciados por uma variedade de elementos, incluindo o nível de oxigênio dissolvido, a presença de microrganismos, a quantidade de nutrientes, juntamente com os valores de pH e temperatura (SUPERBAC, 2022).

Além disso, em pesquisas conduzidas pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), foi observado que o aumento da DBO pode estar relacionado à ocorrência de chuva na região e, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Maceió registrou no mês de setembro em 2023 chuvas acima da média (INMET, 2023).

Assim, observa-se que o aumento na DBO em setembro indica uma redução na quantidade de oxigênio dissolvido, revelando uma elevada presença de matéria orgânica (ROSO; OLIVEIRA; PANNEBECKER, 2020), podendo ser considerado como um risco potencial de poluição ou interferências na qualidade da água.

### 5.2.3 Nitrogênio Total

Na Tabela 5 a seguir estão registrados os valores da análise de nitrogênio total, sendo “V1” o valor do ácido na amostra, “V ácido branco” o valor do ácido no branco, “N1” a normalidade do ácido e “V amostra” o volume da amostra.

Tabela 5: Resultado da análise de nitrogênio total.

	V1 (mL)	V ÁCIDO BRANCO (mL)	N1 (N)	V AMOSTRA (mL)
AGOSTO	0,0700	0,0500	0,9787	25,0000
SETEMBRO	0,0700	0,0700	0,9787	25,0000

Fonte: Autor (2023).

Após aplicação da Equação 3 para cálculo do nitrogênio total, observa-se a seguir os resultados obtidos para os dois meses analisados:

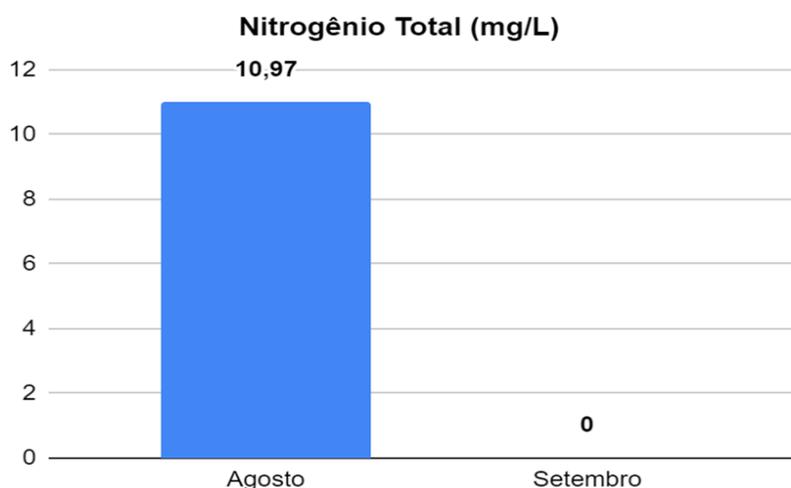
Agosto:

$$N - NKT (mgN - NH_4 + / L) = \frac{(0,0700 - 0,0500) * 0,9787 * 14007}{25} = 10,97 \text{ mg/L} \quad (Eq. 6)$$

Setembro:

$$N - NKT (mgN - NH_4 + / L) = \frac{(0,0700 - 0,0700) * 0,9787 * 14007}{25} = 0 \text{ mg/L} \quad (Eq. 7)$$

Figura 30: Gráfico do Nitrogênio Total.



Fonte: Autor (2023).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, os valores máximos permitidos para o nitrogênio amoniacal total ( $NH_4^+$ ) em águas doces Classe 1, varia de acordo com o pH da água. Esses limites são estabelecidos para garantir a qualidade e preservação das águas, pois, a proporção da amônia ( $NH_3$ ) e íon amônio ( $NH_4^+$ ) é influenciada pelo pH.

Para águas com pH de 7,5, o limite é de 3,7 mg/L de nitrogênio, já para águas com pH maior que 7,5 e igual a 8,0, o limite é reduzido para 2,0 mg/L de nitrogênio; nos casos em que o pH seja maior que 8,0 e igual a 8,5, o valor máximo permitido é de 1,0 mg/L de nitrogênio (BRASIL, 2005).

Vale destacar que, nos meses de agosto e setembro, as amostras comprovam valores de pH abaixo de 7,5, o que torna inaplicáveis os limites máximos preconizados pela Resolução CONAMA n° 357/2005.

Entretanto, a detecção de  $\text{NH}_4^+$  no mês de agosto sugere uma possível contaminação recente, indicando que não passou tempo suficiente para ocorrer a oxidação, podendo estar relacionada com construções precárias do poço e a falta de proteção do aquífero (BIGUELINI; GUMY, 2012).

Ademais, com o aumento das chuvas registradas pelo INMET em setembro (2023), pode-se considerar que houve uma maior recarga de água, resultando em uma maior diluição da amônia na água, apresentando assim concentrações menores (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2022).

#### 5.2.4 Fósforo Total

Na Tabela 6 a seguir, apresentam-se os resultados da análise de fósforo total e da absorbância correspondente.

Tabela 6: Resultado da análise de fósforo total.

<i>MESES</i>	<i>ABSORBÂNCIA</i>	<i>RESULTADO</i>
AGOSTO	0,000	N.D.
SETEMBRO	0,002	N.D.

Fonte: Autor (2023).

Onde:

N.D.: não detectado.

Observa-se que, de acordo com os dados apresentados na Tabela 6 e na sua comparação com a Figura 24, os valores encontrados para a absorbância, em ambos os meses, ficaram abaixo dos limites estabelecidos (0,019 a 0,477 nm). Portanto, observa-se que não há presença de fósforo nas amostras coletadas, ou seja, o valor foi "não detectado" (N.D.). Por outro lado, esse resultado era esperado, já que a quantidade de fósforo total presente em águas subterrâneas costuma ser reduzida,

conforme indicado no estudo de Gomes (2013), onde das 46 amostras analisadas, apenas duas delas excederam os limites estabelecidos pela regulamentação.

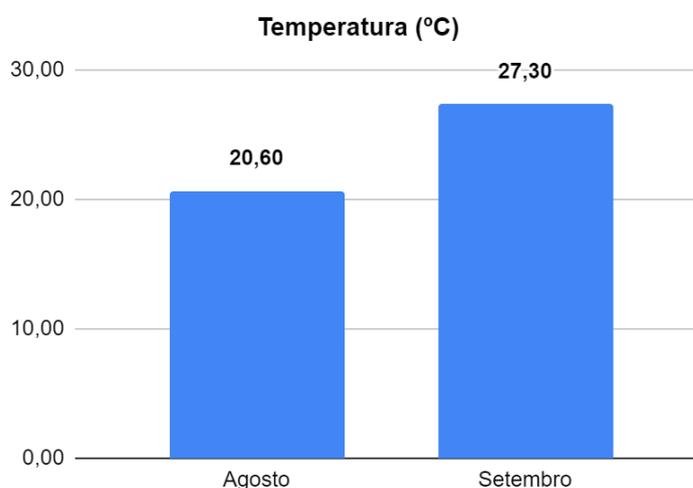
Entretanto, vale ressaltar que não foram encontradas regulamentações que estabeleçam um valor de fósforo na água subterrânea, uma vez que a Resolução CONAMA nº 357/2005 especifica categorias exclusivamente para corpos de água superficiais.

Ademais, é importante destacar que, embora a concentração de fósforo total em águas subterrâneas seja geralmente baixa, a sua presença adquire importância ambiental quando essas águas deságuam em corpos de água superficiais (FERNANDES, 2022). Nesses casos, o fósforo pode contribuir para o crescimento excessivo de algas e a eutrofização do ecossistema aquático, tornando a análise da água e o monitoramento contínuo essenciais para avaliar e proteger a qualidade dos recursos hídricos.

### 5.2.5 Temperatura

As temperaturas das amostras registradas foram, respectivamente, 20,60°C e 27,30°C nos meses de agosto e setembro (Figura 31). É importante destacar que devido à falta de material adequado não foi possível medir a temperatura da água no local e, adicionalmente, as mesmas não puderam ser acondicionadas em caixas de isopor com gelo para mantê-las a uma temperatura em torno de 4°C. Como resultado, é possível que tenha ocorrido variações significativas na temperatura das amostras durante o transporte e armazenamento.

Figura 31: Gráfico da Temperatura da água.



Fonte: Autor (2023).

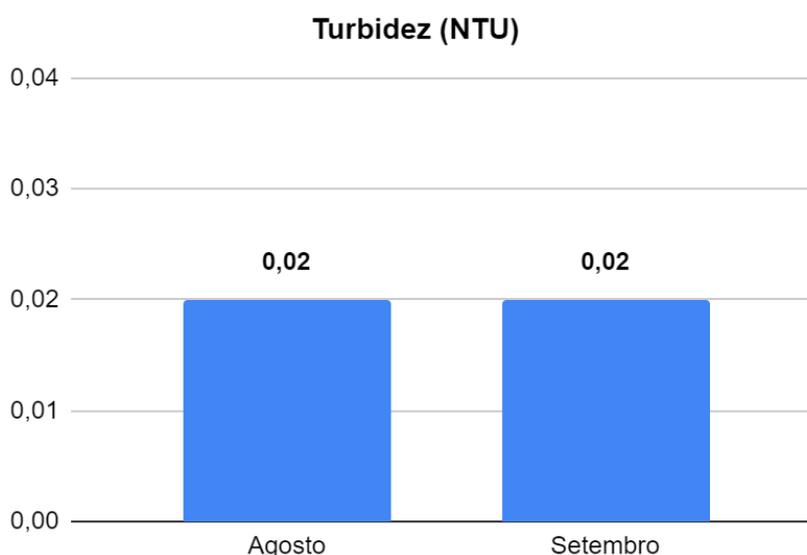
No entanto, vale mencionar que não foram encontradas regulamentações que estabeleçam um valor máximo permitido para este parâmetro de temperatura, devido aos efeitos pouco significativos na saúde e à extrema dificuldade em alterar a temperatura da água para abastecimento (LIBÂNIO, 2010). Porém, este parâmetro influencia diretamente em algumas propriedades da água, como pH, oxigênio dissolvido, viscosidade e densidade.

Ademais, comparando os resultados do presente estudo com os resultados de Moreira (2005), verificou-se que a temperatura da água exibiu uma variação de 20,60 °C a 27,30 °C, ao passo que no estudo anterior, a temperatura variou de 22,00 °C a 22,80 °C. Essa discrepância provavelmente decorre das diferentes condições climáticas nos locais onde as pesquisas foram conduzidas.

### 5.2.6 Turbidez

Nas análises das amostras coletadas nos meses de agosto e setembro, os valores de turbidez estão ilustrados na Figura 32.

Figura 32: Gráfico da Turbidez (NTU).



Fonte: Autor (2023).

Os valores obtidos ao longo das análises de turbidez nas duas amostras foram de 0,02 NTU, permanecendo dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 que traz um limite de até 40 unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

Tal resultado indica que a água analisada se encontra dentro dos padrões estabelecidos em termos de turbidez, o que é um indicativo positivo da qualidade da água em relação a esse parâmetro.

Ademais, de acordo com Sperling (1996), a presença de alta turbidez na água é um sinal de que ela contém uma grande quantidade de matéria orgânica e inorgânica em suspensão, podendo assim criar um ambiente propício para a proliferação de micro-organismos na água causando implicações na qualidade e no tratamento da mesma. Assim, o resultado obtido nas análises das amostras ressalta implicações positivas na qualidade da água.

### **5.2.7 Resíduo Total**

Durante o período deste trabalho, foi enfrentado a impossibilidade de realizar a análise de sólidos totais devido ao estado danificado da mufla no Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL. Este equipamento desempenha um papel essencial no processo, pois é necessária para a preparação da cápsula de porcelana no início da análise, tornando-se um equipamento crítico nesse contexto.

Observa-se que, apesar da Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelecer critérios rigorosos para diversos parâmetros relacionados à qualidade da água, ela não especifica limites diretos para os sólidos totais. No entanto, a resolução menciona limites para os sólidos dissolvidos, estes que fazem parte dos sólidos totais, em águas doces de classe 1, estabelecendo um valor máximo de 500 mg/L.

Entretanto, é possível identificar a presença de sólidos totais na água através da quantificação de luz refletida pelas partículas suspensas (TOMAZONI *et al.*, 2005), isso se deve ao fato de que o nível de turbidez da água tende a se elevar à medida que a concentração de sólidos suspensos aumenta, como explicado por Chagas em 2015.

Portanto, considerando que as amostras apresentaram baixa turbidez, pode-se inferir que a presença de sólidos totais na água é reduzida ou até mesmo ausente.

### **5.2.8 Oxigênio Dissolvido (OD)**

Devido a problemas técnicos identificados no equipamento multiparâmetro da marca Horiba disponível em laboratório, não foi possível realizar a análise de oxigênio dissolvido (OD) nas amostras submetidas para avaliação. Além disso, ressalta-se a potencial influência da utilização de bombas em poços sobre a exatidão dos resultados

das análises.

Apesar dos desafios técnicos mencionados anteriormente, é fundamental destacar que a Resolução CONAMA nº 357/2005, a qual estabelece os critérios de qualidade da água no contexto brasileiro, desempenhando um papel central nessa questão, estabelece um limite mínimo para uma concentração de OD de 6 mg/L para corpos d'água classificados na Classe I. Ademais, Feitosa *et al.* (2008) diz que o OD apresenta pequenas concentrações na água subterrânea, sendo em torno de 5 mg/L.

Reforça-se também que águas aparentemente limpas geralmente possuem elevada concentração de oxigênio dissolvido e baixa DBO e águas poluídas têm baixa concentração de oxigênio dissolvido devido à alta DBO (DIAS, 2023). Portanto, pode-se inferir com base nas análises de DBO que no mês de agosto a concentração de OD é mais elevada do que no mês de setembro, embora não tenha sido possível quantificar.

### 5.3 ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Sabe-se que o IQA é calculado através do produto ponderado dos parâmetros já analisados. Esses parâmetros incluem coliformes fecais, pH, DBO, Nitrogênio total, Fósforo total, Temperatura, Turbidez, Resíduo Total e OD, sendo essencial considerar os pesos ( $w$ ) e os valores de qualidade ( $q$ ) atribuídos a cada um desses parâmetros, conforme ilustrado na Figura 8.

Na Tabela 7, observa-se um resumo dos parâmetros analisados, seus respectivos pesos e os resultados das análises obtidos nos meses de agosto e setembro:

Tabela 7: Resultados dos parâmetros utilizados para o cálculo do IQA.

PARÂMETROS	PESOS ( $w$ )	RESULTADOS	
		AGOSTO	SETEMBRO
Coliformes fecais (UFC/100mL)	0,150	0,00	0,00
pH	0,120	4,61	4,43
DBO (mg/L)	0,100	1,60	4,30
Nitrogênio total (mg/L)	0,100	10,97	0,00
Fósforo total (mg/L)	0,100	N.D.	N.D.
Temperatura (°C)	0,100	20,60	27,30
Turbidez (NTU)	0,080	0,02	0,02
Resíduo total (mg/L)	0,080	Não realizado	Não realizado

PARÂMETROS	PESOS (w)	RESULTADOS	
		AGOSTO	SETEMBRO
OD (mg/L)	0,170	Não realizado	Não realizado

Fonte: Autor (2023).

No entanto, a ausência de Coliformes Fecais torna o cálculo deste índice inviável, uma vez que não é possível estabelecer seu valor de qualidade (q). Além disso, devido à impossibilidade de realizar análises de Resíduo Total e Oxigênio Dissolvido, os valores de "q" também não puderam ser determinados.

Por esse motivo, ao calcular o IQA, foram considerados os valores de qualidade (q) máximos para os parâmetros Coliformes Fecais, pela ausência dos mesmos, Resíduo Total, pela comparação com a baixa turbidez e Oxigênio Dissolvido, por pesquisadores afirmarem que há baixas concentrações em águas subterrâneas (FEITOSA *et al.*, 2008), conforme a Figura 8, que são aproximadamente 98, 89 e 100, respectivamente. É importante destacar que todos os valores dos parâmetros mencionados, mesmo em seus valores de qualidade máxima, permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces Classe 1.

Na Tabela 8 é possível observar os valores aproximados de "q" obtidos com base nos parâmetros analisados e nas estimativas dos parâmetros que não puderam ser medidos.

Tabela 8: Valores de qualidade admitidos para os parâmetros do IQA conforme curvas médias de variação.

PARÂMETROS	PESOS (w)	VALOR DE QUALIDADE (q)	
		q AGOSTO	q SETEMBRO
Coliformes fecais (UFC/100mL)	0,150	98,00	98,00
pH	0,120	16,00	14,00
DBO (mg/L)	0,100	99,00	68,00
Nitrogênio total (mg/L)	0,100	49,00	100,00
Fósforo total (mg/L)	0,100	100,00	100,00
Temperatura (°C)	0,100	9,00	9,00
Turbidez (NTU)	0,080	99,00	99,00
Resíduo total (mg/L)	0,080	89,00	89,00
OD (mg/L)	0,170	100,00	100,00

Fonte: Autor (2023).

Com isso, tem-se a seguir os valores obtidos para o IQA nos meses de agosto e setembro:

Agosto:

$$IQA = 98^{0,150} * 16^{0,120} * 99^{0,100} * 49^{0,100} * 100^{0,100} * 9^{0,100} * 99^{0,080} * 89^{0,080} * 100^{0,170}$$

$$IQA = 57,91$$

Setembro:

$$IQA = 98^{0,150} * 14^{0,120} * 68^{0,100} * 100^{0,100} * 100^{0,100} * 9^{0,100} * 99^{0,080} * 89^{0,080} * 100^{0,170}$$

$$IQA = 58,95$$

Com base nos dados apresentados na Tabela 2, é possível observar que o Índice de Qualidade da Água (IQA), situado na faixa de 51 a 70, caracteriza a qualidade da água como "Razoável". Esta classificação indica que a água se encontra em um estado intermediário, não sendo excepcionalmente boa nem ruim. Tal avaliação sugere que a água pode ser adequada para alguns usos, embora possa beneficiar-se de melhorias ou de um monitoramento contínuo para assegurar a conformidade com padrões específicos de qualidade. Portanto, é essencial investigar e aprimorar os fatores que contribuem para a elevação da qualidade da água destinada aos residentes do Residencial Casa Forte.

## 6 CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi pautado na análise da qualidade da água utilizada para abastecimento hídrico do Residencial Casa Forte localizado em Maceió, Alagoas. A análise se deu através do cálculo do IQA sendo possível observar que, em geral, a água do poço que abastece o Residencial apresenta um índice razoável para a qualidade da água, enfatizando-se a necessidade de investigar e aprimorar os fatores que influenciam a mesma.

A realização de análises laboratoriais da água permitiu a quantificação dos parâmetros essenciais para os cálculos do Índice de Qualidade da Água (IQA), possibilitando a observação da condição de cada parâmetro de forma individualizada.

Após a análise dos resultados, constatou-se que tanto o pH quanto a temperatura, em ambos os meses de coleta, exibiram os menores valores de qualidade "q", conforme evidenciado na Tabela 8. Em termos de relevância (Tabela 8), destaca-se que o pH é o segundo parâmetro mais crucial para a determinação do Índice de Qualidade da Água, com um peso significativo de 0,12, posicionando-se apenas atrás do Oxigênio Dissolvido (OD) com um peso de 0,17.

Essa constatação sublinha a importância do pH na avaliação global da qualidade da água, principalmente pela identificação da acidez predominante nas amostras coletadas, haja vista que pode ser atribuída às características geológicas e ao solo específico da região, sendo crucial implementar medidas corretivas para restabelecer o pH aos limites estabelecidos, visando preservar o ambiente aquático e atender aos padrões regulatórios. Além disso, é crucial reconhecer que a elevada temperatura observada nos meses de agosto e setembro exerce uma influência direta sobre esses valores de pH, acentuando a complexidade das interações ambientais que demandam atenção na avaliação da qualidade da água.

Portanto, salienta-se que a análise da água e o monitoramento contínuo são essenciais para avaliar e preservar a qualidade dos recursos hídricos. Destaca-se ainda que, é necessária uma análise mais completa e precisa da qualidade da água proveniente do poço que abastece o Residencial Casa Forte, onde todos os parâmetros possam ser obtidos a fim de analisar a sua real condição de qualidade a partir do cálculo de um fidedigno IQA para a região.

Tal avaliação sugere que a água pode ser adequada para alguns usos, embora possa se beneficiar de melhorias ou de um monitoramento contínuo para assegurar a

conformidade com padrões específicos de qualidade.

A respeito do IQA, observa-se que este não apenas serve como uma ferramenta eficaz de comunicação com a sociedade, fornecendo informações sobre as condições de qualidade dos corpos hídricos, mas também é o principal indicador qualitativo empregado no Brasil para a avaliação da qualidade da água (PEREIRA, 2014). Essa abordagem sistemática permite não apenas uma avaliação abrangente, mas também facilita a compreensão pública das condições gerais da qualidade da água na região.

Em suma, para futuros trabalhos que abordem esta temática, sugere-se a garantia de disponibilidade de orçamento e equipamentos necessários para aquisição de todos os parâmetros necessários para conduzir a uma perfeita análise do IQA das amostras coletadas, além de garantir que todos os cuidados com a coleta e transporte das amostras sejam assegurados.

## REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Lei Nº 5.965, de 10 de novembro de 1997. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos. Institui o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**. 1997.

ALAGOAS. Portaria Nº 369/2018 - SRH/SEMARH. A SEMARH resolve conceder a Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos (Autorização de Uso) para captar água em um poço tubular profundo, denominado poço RCF - 01. **Diário Oficial do Estado**. 2018.

BIGUELINI, C. P.; GUMY, M. P. Saúde ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná. **Faz Ciências Unioeste**, v. 14, n. 20, p. 153–175, 2012.

BRANCO, P. DE M. **Rochas**. Minas Gerais: SBG, 2015. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Rochas-1107.html>. Acesso em: 17 dez. 2023.

BRANDÃO, C. J. *et al.* **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília: ANA, CESTEB, 2011. v. 2

BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Seção 1, p. 16509. 1981.

BRASIL. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e outros. **Diário Oficial da União**, Seção 1, p. 470. 1997.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento,

bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, nº 053, p. 58-63. 2005.

CARVALHO, D. R. *et al.* Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água de um campus universitário de Ipatinga - MG. **Nutrir Gerais**, v. 3, n. 5, p. 417–427, 2009.

CETESB. **IQA - Índice de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2013.

Disponível em: chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/02.pdf. Acesso em: 31 maio. 2023.

CMS. **Analisador Multiparâmetro Horiba**. São Paulo: CMS Científica, 2020.

Disponível em: <https://cmscientifica.com.br/produto/analizador-multiparametro-serie-u50-horiba/>. Acesso em: 31 maio. 2023.

COSTA, W. D. *et al.* **Estudos hidrogeológicos para subsidiar a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos na região metropolitana de Maceió**: volume IV. Brasília: ANA - SIP, 2011.

DIAS, D. L. **Demanda Bioquímica de Oxigênio**. [S. l.]: Brasil Escola, 2023.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/demanda-bioquimica-oxigenio.htm>. Acesso em: 31 maio. 2023.

ECOLTEC. **Sobre o IQA, Índice de Qualidade das Águas**. [S. l.]: Ecoltec, 2022.

Disponível em: <https://ecoltec.com.br/2022/09/12/sobre-o-iqa-indice-de-qualidade-das-aguas/#:~:text=A>. Acesso em: 17 dez. 2023.

FAGUNDES, J. P. R.; ANDRADE, A. L. DE A. Poços artesianos: uma reflexão na perspectiva da sustentabilidade. **Revista Multidisciplinar do Nordeste**, v. 1, p. 1–7, 2015.

FEITOSA, F. A. C. *et al.* **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM - LABHID, 2008.

FERNANDES, L. V. O. **Análise de águas subterrâneas de município do estado do Ceará**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)—Ceará: Universidade Federal do Ceará, 2022.

GOMES, M. DA C. R. **Análise situacional qualitativa sobre as águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará - Brasil como subsídio à gestão dos recursos hídricos**. Tese—Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2013.

GONÇALVES, J. A. C.; VIEIRA, E. M. Aquífero Barreira: alto potencial hídrico subterrâneo na porção do Baixo Rio Doce no estado Espírito Santo. *In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, p. 1–4, 2021.

INMET. **Balanço aponta que Maceió (AL) teve chuva acima da média em setembro/2023**. Alagoas: INMET, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/balan%C3%A7o-macei%C3%B3-al-teve-chuva-acima-da-m%C3%A9dia-em-setembro-2023#:~:text=Em%20setembro%2C%20o%20total%20de,acima%20de%201%2C0%20mm..> Acesso em: 9 out. 2023.

KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. Em: **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de textos, 2000. p. 113–138.

LEITE, G. T. W.; BORGES, F. F.; LEITE, F. G. DA C. Análise da eficiência do balde de biofiltro. **Anais III CONAPESC**, Realize Editora, p. 10, 2018.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas, São Paulo: Átomo, 2010.

MARPEN. **Poços Artesianos**. São Paulo: MARPEN, 2023. Disponível em: <https://marpen-pocos-artesianos.negocio.site/>. Acesso em: 31 maio. 2023.

MICROAMBIENTAL. **Análise de bactérias coliformes na água: por que fazer?**. São Paulo: Microambiental, 2021. Disponível em: <https://microambiental.com.br/analises-de-agua/analise-de-bacterias-coliformes-na->

agua-por-que-fazer/. Acesso em: 31 maio. 2023.

MOREIRA, C. M. D. **Aspectos qualitativos da água subterrânea no campus da UFSM, Santa Maria - RS**. Dissertação—Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2005.

OLIVEIRA, F.; CARDOSO, F. B. DA F. **Projetos Aquíferos da Região Metropolitana de Maceió**. Alagoas: ANA, 2011. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d446ae03-2998-483b-9e48-77f7713b7b84>. Acesso em: 31 maio. 2023.

OLIVEIRA, F. DA S.; OLIVEIRA, G. S. **Avaliação da remoção de nitrogênio amoniacal de águas destinadas ao consumo humano com o uso de vermiculita quimicamente ativada**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)—Espírito Santo: Instituto Federal do Espírito Santo, 2022.

PEREIRA, I. DA S. **Índices de qualidade da água para consumo humano: modelagem e influência do uso e ocupação do solo**. Tese—Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2014.

PERFURARTE. **Bomba para poço artesiano**: tipos e problemas mais comuns. Minas Gerais: Perfurarte, 2020. Disponível em: <https://www.perfurarte.com.br/post/bomba-poco-artesiano>. Acesso em: 31 maio. 2023.

PERFURARTE. **Conheça as normas técnicas obrigatórias para a construção de poços artesanais**. Minas Gerais: Perfurarte, 2021. Disponível em: <https://www.perfurarte.com.br/post/lei-federal-poco-artesiano-normas-tecnicas>. Acesso em: 31 maio. 2023.

ROSO, M.; OLIVEIRA, J. V. DE; PANNEBECKER, G. R. Demanda Bioquímica de Oxigênio como um parâmetro da poluição do Lago da Pedreira em Ijuí/RS. **Salão do Conhecimento**, v. 6, n. 6, p. 1–11, 2020.

SANTOS, H. G. DOS; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. DE P. C. **Solos tropicais: latossolos amarelos**. Brasília: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-amarelos>. Acesso em: 31 maio. 2023.

SÃO PAULO. Portaria DAEE Nº 717, de 12 de dezembro de 1996. Aprova a Norma e os Anexos de I a XVIII que disciplinam o uso dos recursos hídricos. **Diário Oficial do Estado**. 1996.

SATO, M. I. Z. *et al.* **Monitoramento de Escherichia coli e coliformes termotolerantes em pontos da rede de avaliação da qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2008.

SEMARH. **Outorga**. Alagoas: SEMARH, 2023. Disponível em: <http://www.semarh.al.gov.br/recursos-hidricos/outorga>. Acesso em: 31 maio. 2023.

SILVA, A. A. G. DA *et al.* **OS Nº 09/2014 - Delimitação da área de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros**. Sergipe: EMBRAPA, 2014.

SOUSA, D. M. G. DE; LOBATO, E. **Bioma Cerrado: Latossolos**. Brasília: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>. Acesso em: 31 maio. 2023.

SPERLING, M. VON. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 1996. v. 1

SUPERBAC. **DBO: o que é e qual sua importância para o tratamento de esgotos?**. [S. l.]: Superbac, 2022. Disponível em: <https://www.superbac.com.br/blog/dbo-o-que-e-e-qual-sua-importancia-para-o-tratamento-de-esgotos/>. Acesso em: 31 maio. 2023.

TOMAZONI, J. C. *et al.* Utilização de medidas de turbidez na quantificação da

movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau - sudoeste do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, UFPR, v. 57, p. 49–56, 2005.

VIANA, L. G. *et al.* Índice de Qualidade da Água (IQA) da Lagoa do Taí, São João da Barra, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, v. 7, n. 2, p. 199–2019, 2013.