



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

THALYSON ORIEL SOUSA DA FROTA

**INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE E DE AÇÕES ANTRÓPICAS NA QUALIDADE
DA ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO**

RUSSAS

2023

THALYSON ORIEL SOUSA DA FROTA

**INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE E DE AÇÕES ANTRÓPICAS NA QUALIDADE
DA ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia civil.

Orientadora: Prof^a. Dra. Daniela Lima Machado da Silva.

RUSSAS

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F961i Frota, Thalyson Oriel Sousa da.
Influência da sazonalidade e de ações antrópicas na qualidade da água : um estudo de caso / Thalyson Oriel Sousa da Frota. – 2023.
66 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia Civil, Russas, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Daniela Lima Machado da Silva..
1. Recursos Hídricos. 2. Parâmetros Físico-químicos. 3. Resolução CONAMA no357/2005. 4. Coliformes Totais. 5. E. Coli. I. Título.

CDD 620

THALYSON ORIEL SOUSA DA FROTA

**INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE E DE AÇÕES ANTRÓPICAS NA QUALIDADE
DA ÁGUA: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia civil.

Aprovada em 12/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Daniela Lima Machado da Silva (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Paulo Henrique Roberto Moura (Examinador Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Thiago de Sá Sena (Examinador Externo)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, por toda força que tem me concedido para encarar os desafios vividos ao longo da graduação, além de ter escolhido o melhor caminho para chegar até aqui, por ter colocado grandes amigos e professores em meu processo de formação.

Agradeço a minha mãe, Margarete, por todo seu amor incondicional que sempre me incentivou, trabalhou e lutou para me proporcionar todo o suporte no meu processo de graduação.

Ao meu pai, Oriano e familiares que foram minha fortaleza e fonte de sabedoria.

Ao meu avô, João Pinto pelo carinho e sempre mostrar forças para lutar pela vida.

Aos meus muitos amigos e colegas de turma, por ter vivenciado esse grande momento da minha vida. Muitos passaram por momentos difíceis comigo, foram noites mal dormidas de estudos, pelos dias de alegria, dias de luta e dias de glória, para aqueles tanto da UFERSA quanto da UFC. Vocês fizeram essa caminhada ser mais forte e honrosa.

À minha namorada, Amanda, por todo apoio, amor, carinho, incentivo e compreensão enquanto estive dedicando tempo aos estudos. Seu papel suavizou grandes momentos turbulentos durante a graduação.

Aos meus amigos de infância, Caio, Neto e Pedro pelo apoio.

À minha professora e amiga Prof.^a Dra. Guymann Clay da Silva, pelos ensinamentos, conversas, amizade e seu acolhimento.

À técnica do laboratório de Saneamento do campus Russas, Patrícia, por sua gentileza, auxílio e ensinamento durante as etapas dos ensaios.

À Prof. Dra. Daniela Lima Machado da Silva, pela oportunidade de conhecer sobre sua história, sua luta, pelos ensinamentos, pela sua amizade e por me orientar nessa última etapa de graduação.

Aos participantes da banca examinadora, Prof. Paulo Henrique Roberto Moura e Me. Thiago de Sá Sena, pelo tempo, pela devida colaboração e atenção ao meu trabalho.

Quero agradecer aos campus pelos quais vivenciei essa fase da minha vida, UFERSA-Caraúbas/RN e UFC - Russas, os quais tive a oportunidade de conhecer ótimas instalações e colaboradores que fizeram parte do meu bem-estar e aprendizado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação.

Meus sinceros agradecimentos!

“A água é a força motriz de toda a natureza”
Leonardo da Vinci

RESUMO

A água é um recurso vital para a existência e sustentação da vida no planeta. O consumo de água para os seres vivos se torna seguro quando inexitem substâncias que possam conferir alguma degradação ou poluição, de modo que seja garantida a sua potabilidade e sejam prevenidas as doenças transmitidas por veiculação hídrica. Uma água com qualidade tem influência direta na saúde pública e preservação dos ecossistemas, tendo em vista que a contaminação da água pode causar impactos devastadores, levando à perda de espécies, desequilíbrio ecológico e, ainda, impactar negativamente no desenvolvimento econômico. No semiárido brasileiro, existe um problema constante resultante da escassez hídrica, como no estado do Ceará, que ao longo da sua história passou por diversas estiagens severas. Ademais, nesse Estado, há uma elevada taxa de evaporação dos corpos hídricos, concomitante aos baixos índices pluviométricos, o que resulta em quadros frequentes de déficit hídrico. No entanto, por meio de iniciativas governamentais, tais como a construção de reservatórios de água e obras de regularização de vazões, tenta-se mitigar o problema. Dessa forma, essa pesquisa objetivou analisar a influência da sazonalidade e de ações antrópicas na qualidade da água de corpos hídricos como ferramenta de manutenção de saúde pública, através do monitoramento de parâmetros de qualidade da água de um corpo hídrico localizado na zona urbana do município de Russas – CE. A área de estudo dessa pesquisa foi um trecho do Riacho Araibu, sendo um ponto de água superficial e um ponto de água subterrânea. O estudo foi realizado no começo do ano de 2022 e coincidiu com a quadra chuvosa da região, as amostras foram coletadas de janeiro a maio, sendo cinco amostras para cada local. Em laboratório, os parâmetros físico-químicos estudados foram pH, condutividade elétrica, resíduo total, sólidos totais dissolvidos, turbidez, alcalinidade, cloretos e dureza total, também parâmetros microbiológicos de coliformes totais e *E. coli*. Ao final do monitoramento realizado, observou-se que o volume de precipitação apresentou uma elevação do volume d'água, causando uma diluição de sedimentos e da matéria orgânica o que, conseqüentemente, reduziu as concentrações dos poluentes nas amostras coletadas. O monitoramento apontou valores elevados diante dos padrões de qualidade estipulados pelas normas, como a Resolução CONAMA Nº 357/2005. Os indicadores microbiológicos coliformes totais e *E. Coli* estavam presentes ao longo de todo monitoramento, indicando contaminação fecal. Por fim, os consumidores das águas dos dois locais podem ser acometidos por doenças de veiculação hídrica. Nesse sentido, as águas do riacho estão impróprias para navegação, pesca, dessedentação animal e agricultura.

Palavras-chaves: recursos hídricos; parâmetros físico-químicos; resolução CONAMA nº357/2005; coliformes totais; *E. Coli*.

ABSTRACT

Water is a vital resource for the existence and sustenance of life on the planet. Consumption of water for living beings becomes safe when no substances can confer any degradation or pollution so that its potability is guaranteed and waterborne diseases are prevented. Water quality has a direct influence on public health and the preservation of ecosystems, since water contamination can cause devastating impacts, leading to the loss of species, ecological imbalance, and, furthermore, negatively impact economic development. In the Brazilian semi-arid region, there is a constant problem resulting from water scarcity, as in the State of Ceará, which throughout its history has experienced several severe droughts. Moreover, in this State there is a high evaporation rate of water bodies, concomitant to low rainfall rates, which results in frequent water deficit tables. However, through governmental initiatives, such as the construction of water reservoirs and flow regulation works, attempts are being made to mitigate the problem. Thus, this research aimed to carry out the classification of water bodies as a tool for public health maintenance, through the monitoring of water quality parameters of a body of water located in the urban area of the city of Russas - CE. The study area of this research was a stretch of the Stream Araibu, with a surface water point and a groundwater point. The study was carried out in the beginning of 2022, coinciding with the rainy season in the region; samples were collected from January to May, five samples for each spot. In the laboratory, the physicochemical parameters studied were pH, electrical conductivity, total residue, total dissolved solids, turbidity, alkalinity, chlorides and total hardness, as well as microbiological parameters of total coliforms and *E. coli*. During the monitoring carried out, it was observed that the volume of precipitation showed an increase, causing a dilution of sediments and organic matter, which consequently reduced the concentrations of pollutants in the samples collected. The monitoring showed high values compared to the quality standards stipulated by the regulation, such as CONAMA Resolution No. 357/2005. The microbiological indicators Total coliforms and *E. Coli* were present throughout the monitoring, indicating fecal contamination. Finally, consumers of water from both locations can be affected by waterborne diseases. In this sense, the waters of the stream are unsuitable for navigation, fishing, animal watering and agriculture.

Keywords: water resources; physicochemical parameters; resolution CONAMA n°. 357/2005; total coliforms; *E. Coli*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa municipal de Russas - CE.....	29
Figura 2 - Coordenadas do trecho analisado no Riacho Araibu.....	30
Figura 3 - Seção transversal do corpo hídrico do Riacho Araibu.....	31
Figura 4 - Seção transversal do corpo hídrico do Riacho Araibu.....	32
Figura 5 - Pontos de amostragem do riacho Araibu. A) Ponto inicial de coleta; B) Ponto secundário de coleta.....	32
Figura 6 - Ponto de amostragem da água subterrânea.....	33
Figura 7 - Água superficial do Riacho Araibu.....	34
Figura 8 - Fonte da água subterrânea do Riacho Araibu.....	34
Figura 9- Amostras coletadas.....	35
Figura 10 - Precipitação média mensal por município - 2022.....	35
Figura 11 - Substrato COLItest, LKP.....	36
Figura 12 - Teste para E.coli e faixa de tonalidade para presença de Coliformes.....	36
Figura 13 - Análise de coliformes totais. A) Amostras em estufa B) Amostras com coliformes totais.....	37
Figura 14 - Resultado da análise indicando positivo para E.coli.....	37
Figura 15 - Medidor de pH.....	38
Figura 16 - Condutivímetro de bancada: medidor de condutividade e STD.....	38
Figura 17 - Turbidímetro para medir para turbidez.....	39
Figura 18 - Ensaio de alcalinidade.....	39
Figura 19 - Ensaio de cloretos. A) Amostras antes da adição de nitrato de prata; B) Amostras após a adição de nitrato de prata.....	40
Figura 20 - Ensaio de dureza. A) Amostras após o indicador preto de eriocromo; B) Amostras após titulação.....	41
Figura 21 - Ensaio de Resíduos totais. A) Balança analítica; B) Estufa.....	41
Figura 22 - Resultados obtidos das análises de pH.....	42
Figura 23 - Resultados obtidos das análises de CE.....	44
Figura 24 - Resultados obtidos das análises de STD.....	46
Figura 25 - Resultados obtidos das análises de RT.....	47
Figura 26 - Resultados obtidos das análises de Turbidez.....	49
Figura 27 - Turbidez da água ao longo das coletas. A) Amostra superficial no começo das coletas; B) Amostra superficial no final das coletas; C) Amostras subterrâneas próximas de um condomínio.....	50

Figura 28 - Resultados obtidos das análises de Alcalinidade.....	51
Figura 29 - Resultados obtidos das análises de Cloretos.....	52
Figura 30 - Resultados obtidos nas análises de Dureza.....	54
Figura 31 - Aspecto do riacho no início das coletas.....	57

LISTA DE QUADRO

Quadro 1- Resultados obtidos nas análises microbiológicas.....	56
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação por classes das águas doces.....	20
Tabela 2 - Classificação do parâmetro de dureza.....	28
Tabela 3 - Horário das coletas.....	34
Tabela 4 - Resultados obtidos das águas superficiais nas análises de dureza.....	55
Tabela 5 - Resultados obtidos das águas subterrâneas nas análises de dureza.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CE - Condutividade elétrica

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CT - Coliformes totais

E. coli - *Escherichia coli*

IQA - Índice de Qualidade de Águamg/L: Miligrama por Litro

mL - mililitro

MS - Ministério da Saúde

pH - Potencial Hidrogeniônico

UNT (NTU) - Unidade Nefelométrica de Turbidez (*Nephelometric Turbidity Units*)

STD - Sólidos totais dissolvidos

NBR - Norma Brasileira Regulamentar

NMP - Número mais potável

Prourb - Projeto de Desenvolvimento Urbano e Recursos Hídricos

PPM - Partícula por milhão.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivo geral.....	17
1.2	Objetivos específicos.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	Qualidade das águas.....	18
2.2	Parâmetros de qualidade.....	21
2.2.1	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	22
2.2.2	<i>Parâmetros microbiológicos</i>	22
2.2.3	<i>Condutividade elétrica</i>	23
2.2.4	<i>Sólidos totais dissolvidos (STD)</i>	24
2.2.5	<i>Resíduo/Sólidos totais</i>	25
2.2.6	<i>Turbidez</i>	25
2.2.7	<i>Alcalinidade</i>	26
2.2.8	<i>Dureza</i>	27
2.2.9	<i>Cloretos</i>	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.1	Descrição da área de estudo.....	29
3.2	Metodologia de pesquisa.....	31
3.3	Procedimento de coleta e amostragem.....	33
3.4	Análises microbiológicas.....	35
3.5	Análises físico-químicas.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1	pH.....	42
4.2	Condutividade elétrica.....	44
4.3	Sólidos totais dissolvidos (STD).....	45

4.4	Resíduo total.....	47
4.5	Turbidez.....	48
4.6	Alcalinidade total.....	51
4.7	Cloretos (Cl ⁻).....	52
4.8	Dureza total.....	53
4.9	Parâmetros microbiológicos.....	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
5.1	Conclusão.....	58
5.2	Sugestão para trabalhos futuros.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso imprescindível para a existência da vida, seu papel é fundamental na manutenção dos ecossistemas, para a produção de alimentos, desenvolvimento de civilizações e bem-estar humano. Em termos quantitativos, o Brasil possui cerca de 6% da superficial e 12% do volume de água doce do planeta. Desde 1990, a superfície de água do Brasil reduziu 15%, conforme observado por mapeamento de satélites (MAPBIOMAS, 2021).

Além desse recurso ser escasso, a qualidade das águas pode estar sendo afetada por meio de diversas fontes de contaminação. Tendo em vista que o homem depende da água para sua sobrevivência e para o desenvolvimento econômico e social, é ele quem polui tanto as águas superficiais como as subterrâneas que, por consequência, poluem o meio à sua volta. Tudo isso somado às mudanças dos ciclos climáticos, que causam impacto nos recursos hídricos e usos múltiplos, como irrigação, navegação, geração de energia e recreação (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2020).

Em 1986, a Resolução CONAMA N° 01, definiu o impacto ambiental como, qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, as atividades sociais e a qualidade dos recursos ambientais.

Os corpos hídricos, por vezes, são alterados por conta do uso e ocupação do solo devido às atividades humanas, uma ação que causa degradação e prejuízos à biota, quando há lançamento de efluentes domésticos e industriais. Em regiões onde não se dispõe rede de esgoto sanitário, comumente a coleta se dá por fossas sépticas que, na falta de impermeabilização, podem infiltrar até atingir o lençol freático, poluindo a vida aquática e disseminando doenças.

Como parte do desenvolvimento da sociedade, os recursos hídricos padecem de mudanças naturais e produzidas pelo homem, porém, as mudanças são mais identificadas em zonas urbanas, onde os mananciais se encontram ameaçados, tendo em vista as ações antrópicas que afetam os ciclos hidrológicos. Em espaços agrícolas, as transformações dos ambientes ocasionam degradação do solo, sobretudo por interferência da compactação do solo, atenuação da atividade biológica e resultando na perda de nutrientes e matéria orgânica por erosão. Em regiões que carecem de abastecimento, as ações antrópicas afetam, sobretudo, corpos superficiais em razão do uso excessivo dos aquíferos (CALDAS *et al.*, 2021).

Em um país continental como o Brasil, o sistema de esgotamento sanitário acaba não

beneficiando toda a população. Isso pode ser visto no Ceará, pois a agência infranacional que atua no estado é a Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), e seu índice de cobertura corresponde a 45,30% em todo o estado. Diante disso, em quadras chuvosas, as águas pluviais podem se misturar com as águas residuais e ocasionar degradação da qualidade das águas superficiais por conta da alta concentração de poluentes minerais, orgânicos e microbiológicos que influenciam em riscos epidemiológicos (OLIVEIRA *et al.*, 2014; GPLAE, 2023).

Alguns trabalhos analisaram a influência da sazonalidade na qualidade de águas, tais como o de Urata *et al.* (2021), na bacia hidrográfica Ribeirão Cafezal. A pesquisa verifica as influências da precipitação, uso e ocupação do solo nos indicadores microbiológicos, devido ao escoamento superficial, tendo em vista que as maiores concentrações de indicadores se deram no período de maior precipitação. O mesmo pode ser verificado no trabalho de Silva *et al.* (2018), em Salinópolis - PA, que demonstrou que, em períodos de chuvas, a qualidade das águas superficiais degradou em virtude do escoamento de matéria orgânica, sedimentos, sais e microrganismos para os corpos hídricos.

O corpo d'água estudado está localizado no município de Russas - CE, especificamente um trecho do Riacho Araibu que compõe água superficial e água subterrânea. A região tem o clima semiárido típico do Nordeste, implicando em uma região de baixos índices pluviométricos com elevadas taxas de evaporação, o que pode ser um elemento determinante para a alteração da qualidade das águas durante o ano. O riacho está situado no centro da cidade de Russas e faz parte da bacia do Rio Jaguaribe. Sua extensão abrange comunidades e até municípios vizinhos, como Jaguaruana e Itaiçaba. Seu principal uso está relacionado a urbanização, devido sua extensão torna-se fundamental um estudo de caso da sua qualidade.

Vários trabalhos estudaram o impacto das ações antrópicas na região semiárida brasileira, tais como Gomes e Pereira (2017), na cidade de Sobral - CE, que desenvolveram um estudo sobre “Os efeitos da sazonalidade climática e da urbanização na qualidade das águas do Rio Acaraú em Sobral (CE)”. Segundo os autores, os índices de qualidade das águas do Rio Acaraú apresentam valores “ruins”, conforme a época de estiagem. A situação se agravava pelas cargas de efluentes domésticos sem tratamento lançados no canal principal do rio. Contudo, na quadra-chuvosa, ocorria a renovação das águas, a autodepuração e estratificação térmica da água, ocasionando melhora da qualidade.

No Piauí - PI, Costa *et al.* (2018) investigou a qualidade da água do Rio Guaribas - PI, e pôde concluir que as ações antrópicas com despejo de hospitais, esgotos domésticos e resíduos sólidos contribuíram acintosamente para a qualidade do manancial.

O referido corpo hídrico estudado projeta um atrativo urbanístico, ao longo de suas margens, observa-se o uso das águas desse manancial em diversos aspectos, tais como irrigação, dessentação de animais e abastecimento humano. Com isso, faz-se necessário o monitoramento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos para garantir a proteção da saúde humana, a conservação do ecossistema aquático e a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Nessa pesquisa, foram expostas as influências da sazonalidade juntamente com as ações antrópicas mediante os principais parâmetros de qualidade da água, conforme o planejamento da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Os parâmetros estabelecem padrões normatizados e limites para determinar a qualidade e o controle dos corpos hídricos. A regulamentação é fundamental para a proteção dos ecossistemas, da saúde pública e garantia da disponibilidade de água para as gerações futuras.

O objetivo fundamenta-se na análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em um trecho do Riacho Araibu, de modo a obter resultados que possam diagnosticar as implicações antrópicas e sazonais da região.

1.1 Objetivo geral

Analisar a influência da sazonalidade e ações antrópicas em parâmetros físico-químico e microbiológicos em um trecho do Riacho Araibu, localizado em uma região urbana da cidade de Russas – CE.

1.2 Objetivos específicos

- a. Analisar as variações dos parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Resíduo Totais (RT), Turbidez, Alcalinidade, Dureza e Cloretos) ao longo do tempo de monitoramento;
- b. Detectar possíveis fontes de poluição difusa por ações antrópicas;
- c. Monitorar a presença/ausência de Coliformes Totais (CT) e *E. Coli* para identificar possíveis fontes de contaminação bacteriológica e fecal;
- d. Avaliar a influência da sazonalidade por meio de um comparativo entre parâmetros físico-químicos e microbiológicos obtidos neste estudo com estudos semelhantes, que realizaram o monitoramento durante um período de estiagem;
- e. Investigar a potabilidade das águas do Riacho Araibu, relacionando os parâmetros

físico-químicos e microbiológicos monitorados com a Portaria GM/MS Nº 888/2021 do Ministério da Saúde;

- f. Sugerir possíveis usos para a água do corpo hídrico analisado, utilizando padrões ambientais preconizados nas Resoluções CONAMA Nº 327/2005 e CONAMA Nº 396/2008.

2 REFERENCIAL TEÓRICO.

2.1 Qualidade das águas.

No Brasil, a água é utilizada para diversos fins, principalmente para irrigação de lavouras, abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, agricultura, navegação, turismo, lazer, entre outros. Contudo, existem variáveis naturais que condicionam a qualidade, como o regime de chuvas das regiões, o escoamento superficial e o lançamento de efluentes. Tendo em vista a importância desse recurso hídrico, a Agência Nacional de Águas e Saneamento básico (ANA) faz o monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas com base nos dados obtidos dos órgãos estaduais gestores de recursos hídrico (ANA, 2021).

Devido a demanda crescente das atividades humanas nos últimos anos, a urbanização se torna um fator de interferência que gera impacto na qualidade da água e sua quantidade. Um dos fatores de risco para a saúde do homem são os recursos hídricos que estão contaminados por rejeitos, principalmente em locais inadequados de saneamento e suprimento de água, fato este que ocorre em muitas regiões do Brasil (FUNASA, 2014).

As reservas de água doce em nosso planeta são encontradas, em sua maior parte, em forma não potável, principalmente as superficiais, pois águas subterrâneas normalmente têm menos contaminação por fatores biológicos e químicos em relação aos mananciais superficiais, tendo em vista que não estão expostas aos diversos agentes poluentes. Ademais, ações antrópicas como esgotos domésticos e industriais, produtos químicos e fertilizantes agrícolas são capazes de comprometer a qualidade dessas águas, deixando-as impróprias para consumo (ECKHARDT *et al.*, 2008; SILVA; ARAÚJO, 2003).

A qualidade da água conceitua-se em relação à finalidade do uso, visto que, a água para navegação, geração de energia e indústria não tem os mesmos indicadores de qualidade da água para o abastecimento humano, recreação e piscicultura. Em função disso, é necessário o desenvolvimento das ações dos Serviços de Abastecimento de Água, a fim de garantir características adequadas pela legislação vigente (FUNASA. 2014).

No Brasil, a legislação vigente que dispõe sobre a potabilidade da água para consumo

humano é a Portaria GM/MS Nº 888/2021 do Ministério da Saúde. Seus critérios são fundamentais para estabelecer padrões que garantam a qualidade das águas. Um dos meios de maior contaminação são as águas subterrâneas, que sofrem com a poluição provenientes de ações antrópicas e a exploração intensiva ou descontrolada dos aquíferos. De acordo com Costa *et al.* (2012), corpos hídricos subterrâneos apresentam um potencial risco de transmissão de doenças causadas por microrganismos patogênicos originários de fezes de seres vivos ou por substâncias químicas em desfavor com os padrões estabelecidos em norma.

O Controle legal de interferência na qualidade ambiental da água fica a cargo do Ministério do Meio Ambiente, mediante o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Órgão este capaz de instituir resoluções para serem respeitadas em todo território nacional, garantindo a qualidade dos mananciais. Entretanto, a resolução carece de atenção, pois ao longo dos anos, pouco se avançou no enquadramento dos corpos aquáticos, tendo em vista as demandas populacionais e as poluições hídricas.

Para a qualidade da água dos corpos hídricos, têm-se os principais indicadores sob aspectos físicos, químicos e biológicos. Com isso, são definidas quantidades máximas de concentrações permitidas de determinadas substâncias, como as estabelecidas pela Resolução CONAMA Nº 357/05. Esta resolução traz classificações e diretrizes para enquadrar e assegurar a qualidade das águas superficiais, mantendo padrões de qualidade sem prejudicar a saúde dos usuários e nem causar desequilíbrio ecológico. A Figura 1, ilustra as classes da norma supracitada.

Tabela 1 - Classificação por classes das águas doces.

Águas doces (águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰)				
Classe	Destino	Valor máximo		
		Valor mínimo OD ^a (mg/L)	<i>E. coli</i> (NMP ^b /100mL)	Turbidez (UNT ^c)
Classe 1	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário; irrigação de hortaliças e frutas.	6,0	200	40
Classe 2	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário; Irrigação de hortaliças. Aquicultura e pesca.	5,0	1000	100
Classe 3	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário; Dessedentação de animais.	4,0	2500	100
Classe 4	Navegação e Harmonia paisagística.	2,0	-	-
Águas salinas (águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰)				
Classe 1	Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário; Aquicultura e pesca; Irrigação de hortaliças.	6,0	1000	-
Classe 2	Pesca amadora; Recreação de contato secundário.	5,0	2500	-
Classe 3	Navegação e Harmonia paisagística.	4,0	4000	-
Águas salobras (águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰)				
Classe 1	Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário; Aquicultura e pesca.	5,0	1000	-
Classe 2	Pesca amadora; Recreação de contato secundário.	4,0	2500	-
Classe 3	Navegação e Harmonia paisagística.	3,0	4000	-

^a Oxigênio Dissolvido;
^b Número Mais Provável;
^c Unidades Nefelométricas de Turbidez.

Fonte: Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Vale citar a Resolução CONAMA Nº 396/08, a qual dispõe a respeito das águas subterrâneas, de modo a estabelecer objetivos de qualidade da água (classes) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um aquífero, conjunto de aquíferos ou porção desses, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo.

O artigo 3º da Resolução citada, classifica as águas subterrâneas em:

- Classe Especial: destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os corpos de água superficial enquadrados como classe especial;
- Classe I: aquelas que não sofreram alteração de sua qualidade por atividade antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeológicas naturais;
- Classe II: aquelas que não sofreram alteração de sua qualidade natural, por

ação antrópica, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

- Classe III: aquelas que sofreram alteração de sua qualidade por atividade antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- Classe IV: aquelas com alteração de sua qualidade por atividade antrópicas, e que somente podem ser utilizadas, sem tratamento, para atividades que não têm requisitos de qualidade para uso;
- Classe V: aquelas que possam estar com alteração de sua qualidade por atividade antrópica, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso.

2.2 Parâmetros de qualidade.

Um dos recursos naturais mais ameaçados na Terra é a água, o que se pode constatar diante dos danos causados nos ecossistemas aquáticos, principalmente em áreas urbanas e devido à ação humana (MEDEIROS et al., 2011). Consoante a isto, os órgãos públicos estabelecem parâmetros físicos (temperatura, odor, turbidez, sólidos totais), químicos (pH, alcalinidade, nitrogênio, Demanda Química de Oxigênio – DQO, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, Oxigênio Dissolvido e fósforo) e biológicos (coliformes totais, termotolerantes, *E. Coli* e algas) para assegurar a qualidade e quantidade desse bem de consumo humano.

O monitoramento adequado da qualidade da água permite coletar informações cruciais para diagnosticar problemas e sua qualidade de uso. Através do monitoramento, pode-se descobrir como um corpo hídrico vai se comportar ao longo dos anos, quais impactos poderão ocasionar e até descobrir formas de tratamento. Os parâmetros são analisados conforme a Resoluções CONAMA N° 393/2007, N° 397/2008, N° 410/2009 e N° 430/2011, que “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”.

Também existem portarias como do Ministério da Saúde N° 518/2004 e Portaria GM/MS N° 888/2021, referindo-se ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e potabilidade.

2.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).

O pH é o parâmetro que consiste na concentração de íons hidrogênio H^+ (em escala anti-logarítmica) nos corpos hídricos e indica a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático. Seu valor está vinculado à dissociação da molécula de água, incorporando hidrogênio da dissociação de ácidos orgânicos naturais ou inorgânicos dos efluentes industriais. (LIBÂNIO, 2010)

Este fator tem importância, principalmente, nos processos de tratamento da água. Em estações de tratamento, é monitorado e ajustado por meio do potenciômetro, mais conhecido como peagâmetro, para que melhore o processo de coagulação e floculação da água e também o controle da desinfecção química.

Os níveis do pH variam entre 0 a 14, a FUNASA (2014) classifica-os:

- pH < 7, a água ácida;
- pH > 7, água alcalina;
- pH = 7, água neutra.

Segundo Von Sperling (1996), o pH tem a origem natural em dissoluções de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese; já pela origem antropogênica em despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica), despejos industriais (lavagem ácida de tanque). Seu controle nas etapas de tratamento da água são importantes, visto que, um pH baixo (< 6) causa corrosão e agreda as tubulações de águas de abastecimento, mas quando se tem um pH elevado (> 9), causa incrustações nas tubulações das águas de abastecimento, em contrapartida um pH afastado da neutralidade pode causar alteração no ecossistema aquático. Mais uma vez, a depender do uso, a Portaria GM/MS Nº 888/2021 sugere que o pH da água esteja na faixa de 6,0 a 9,5 no sistema de distribuição de consumo humano (Ministério da Saúde, 2011). Porém, para garantir a vida das comunidades aquáticas, as classes I, II, III e IV da Resolução CONAMA 357/05 recomendam que o pH esteja na faixa de 6,0 a 9,0.

2.2.2 Parâmetros microbiológicos.

No ecossistema aquático, cada ser vivo desempenha seu papel, assim não é diferente para os micro-organismos que desempenham funções biológicas e metabólicas, as quais modificam o caráter químico e ecológico do ambiente. Contudo, existem micro-organismos na água que são oriundos do lançamento de material fecal e esses patogênicos têm caráter

momentâneo (BRAGA *et al.*, 2009).

O exame microbiológico da água tem, como objetivo, fornecer respaldo quanto a sua potabilidade de uso, ou seja, garantir que não há micro-organismos na água que causem doenças como febre tifoide e paratifoide, disenteria bacilar e cólera, gastroenterites agudas e diarreias, comumente causado pela contaminação de fezes de animais de sangue quente e seres humanos, muitas vezes devido a falta de esgoto sanitário. Em água potável não se permite a presença de micro-organismos patogênicos, pois, assim como estes, outras bactérias também causam efeitos nocivos à saúde, alterando a qualidade da água (FUNASA, 2013).

Segundo o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - ANA (2021), coliformes termotolerantes correspondem ao grupo de bactérias encontradas no aparelho digestivo de animais de sangue quente, visto que a *E. coli* é a principal deste grupo, indicando, assim a contaminação da água por fezes. A CETESB (2018) afirma que o grupo anterior é diferenciado dos coliformes totais devido sua capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada, como 44,5°C. No monitoramento de coliformes em águas a concentração é medida pelo Número Mais Potável em cada 100 mL da amostra (NMP/100mL) (ANA, 2021).

A falta de qualidade da água para uma população acarreta prejuízos especialmente às crianças até seus 6 anos de vida, causando efeitos negativos à saúde, ao desenvolvimento emocional e cognitivo. Em 2019, o Instituto Trata Brasil registrou 113,8 mil casos de internação de crianças na região Nordeste.

Os mananciais poluídos são potenciais fontes de transmissão de doenças, causadas por patogênicos oriundos de fezes de seres vivos. Em razão disso, parâmetros microbiológicos são usados para averiguar a presença de poluição fecal. Vale destacar que o microrganismo indicador mais utilizado no mundo é a bactéria *Escherichia coli* (BRASIL, 2007; BARRELL *et al.*, 2002).

2.2.3 Condutividade elétrica.

De acordo com Libânio (2010), a condutividade elétrica (condutância específica) é a capacidade que a água natural tem de conduzir corrente elétrica por devida presença de substâncias dissolvidas que decompõem ânions e cátions, como íons de ferro, manganês e propriamente concentração iônica na água. A condutividade elétrica está vinculada ao teor de salinidade no meio aquático.

A medição da condutividade recomendada por Matthiensen *et al.* (2014) deve ser

realizada *in situ*, ou logo após a coleta da amostra, visto que a condutividade pode alterar em certas temperaturas.

Para representar a condutividade elétrica da água, comumente é expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microSiemens por centímetro) que está associado a resistência elétrica. Em corpos d'água com condutividade de $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ implica em elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais, para águas naturais o normal é inferior a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ (LIBÂNIO, 2010). À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados na água, também aumenta a condutividade e níveis acima de $100\mu\text{S}/\text{cm}$ apontam impactos no ambiente aquático (MATTHIENSEN et al., 2014).

Este parâmetro tem característica relevante para regiões com elevadas taxas de evaporação e baixo nível pluviométrico, até eventuais balanços negativos, como o caso da região Nordeste. Além de demonstrar ser um indicador de lançamento de efluentes, tendo em vista sua relação à concentrações de sólidos totais dissolvidos (LIBÂNIO, 2010).

Valores elevados de condutividade elétrica, estão associados à influência de fontes de efluentes, águas de drenagem de área urbana e escoamentos superficiais de áreas agrícolas. Esse parâmetro pode ser conceituado como

“ [...] uma variável física de grande significância, pois trata-se de uma medida simples e de baixo custo que pode ser utilizada para detectar prontamente alterações nos corpos hídricos causadas pela variação de temperatura, precipitação, descarga irregular e/ou indevida de contaminantes no corpo d'água.” Montovani (2021).

2.2.4 Sólidos totais dissolvidos (STD).

Segundo Matthiensen et al. (2014), sólidos totais dissolvidos em um corpo aquático são componentes de sais inorgânicos e materiais dissolvidos como a matéria orgânica. Em águas naturais, são componentes químicos como íons, cloreto de sódio, cálcio, magnésio e potássio, que estão dissolvidos e se relacionam com a condutividade da água. Para Tundisi (2008), os STD são todos os sais contidos na água, incluindo os compostos não iônicos e compostos orgânicos dissolvidos.

Os STD presentes na água alteram suas características organolépticas, logo, em altas concentrações, podem conter gosto amargo ou salino e são inaceitáveis para consumo humano. Conforme a Resolução CONAMA N° 357/2005, é considerado água doce quando a salinidade limita-se a 500 ppm (partícula por milhão).

Comumente, características de gosto e odor têm contribuição direta dos compostos

orgânicos e inorgânicos. Os mesmos são oriundos de decomposição de vegetais, descargas de efluentes, gerando eutrofização e surgimento de algas. Tais características podem afetar diretamente o uso da água, pois prejudicam a recreação, o lazer, o turismo e, quanto aos organismos vivos, gera um envenenamento dos mesmos (Santos, 2015).

São esperadas elevadas concentrações de sais em áreas áridas ou semiáridas, visto que as evaporações são maiores do que as precipitações (BRAGA, 2021).

2.2.5 Resíduo sólidos.

De suma importância para aferir as condições ambientes do corpo hídrico, estando relacionado aos danos causados na vida aquática por conta dos sólidos, danos como diminuição da incidência de luz, sedimentação no leito, causando destruição de organismos que geram alimentos, alterando na desova dos peixes e retenção de partículas que causem decomposição anaeróbica (ANA, 2013b).

2.2.6 Turbidez.

A turbidez da água é um parâmetro físico que corresponde a influência de substâncias em suspensão na amostra que interferem na sua estética. Outra definição é o quanto tem de interferência na passagem de luz através da água, para ocasionar uma aparência turva. Expressa-se, entre outras unidades, por Unidade de Turbidez Nefelométrica - NTU (*Nephelometric Turbidity Units*) (ANA, 2013b; SPERLING, 1996; ANA, 2020).

Um parâmetro de aparência estética de aceitação ou rejeição ao corpo hídrico, ela aponta o quanto um feixe de luz atenua ao atravessar a amostra de água coletada, isso se deve aos sólidos em suspensão (areia, argila, algas, detritos, silte, entre outros), matéria orgânica, inorgânica e algas presentes em cada amostra que absorve e espalha o feixe (Couto, 2004).

O parâmetro é analisado diante da presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas, areia, silte e argila, podendo conter detritos orgânicos como bactérias, microalgas e plâncton. Valores acima dos padrões de turbidez ocorrem por conta da erosão de margens de rios, que indicam redução da fotossíntese dos vegetais submersos e das algas, isto faz com que prejudique as comunidades biológicas aquáticas e a produtividade local (MATTHIENSEN; TSGA, 2014).

Tendo em vista a qualidade estética, a turbidez é um parâmetro para ser analisado quando o recurso hídrico é para abastecimento público. Em estações de tratamento, este parâmetro operacional visa o controle de processos, exemplo, coagulação, floculação,

sedimentação e filtração. Vale ressaltar, as águas sujeitas à desinfecção por cloro, devido a turbidez, estão susceptíveis a abrigar micro-organismos entre os sólidos que os protegem contrações desinfectantes (ANA, 2020).

Conforme a resolução CONAMA N° 357/2005, estes são os níveis de turbidez diante de suas classes de água doce:

- Classe I: até 40 unidades nefelométricas de turbidez (UNT ou NTU).
- Classe II: até 100 NTU;
- Classe III: até 100 NTU;
- Classe IV: não informado.

2.2.7 Alcalinidade

Em águas doces, a alcalinidade está voltada para a habilidade de neutralizar ácidos ou a habilidade de mitigar variações consideráveis de pH, com isto, é a capacidade de tamponamento da água (solução tampão). Os constituintes principais desse parâmetro são bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-) (SANTOS, 2015; VON SPERLING, 1996; ANA, 2014; FUNASA, 2014).

A alcalinidade nas águas naturais, representa a capacidade que a água tem de neutralizar ácidos (íons de H^+), mantendo o pH estável, mostrando a capacidade de tamponamento da água. Essa capacidade se deve a presença de bases fortes (hidróxidos), fracas (bicarbonatos) e sais de ácidos fracos (carbonatos) (Santos *et al.*, 2013).

Nos processos de tratamento de água precisa-se das medições de alcalinidade do corpo hídrico, visto isso, o teor de alcalinidade é importante para estabelecer a dosagem dos produtos químicos. Por exemplo, em águas superficiais para processo de tratamento, o normal é que a alcalinidade natural já esteja na concentração ideal para reagir com sulfato de alumínio (ANA, 2014).

A FUNASA (2014) divide a alcalinidade na água em 3 formas conforme o seu pH, sendo:

- $\text{pH} > 9,4$ (hidróxidos e carbonatos);
- $8,3 < \text{pH} < 9,4$ (carbonatos e bicarbonatos);
- $4,3 < \text{pH} < 8,3$ (apenas bicarbonatos).

Considerando a distribuição acima, a maioria dos ambientes aquáticos tem alcalinidade mediante a presença de bicarbonatos. Quando a alcalinidade apresenta medidas elevadas,

implica na decomposição de matéria orgânica e à alta taxa respiratória de micro-organismos, que em consequência tem-se liberação e dissolução do gás carbônico (CO_2). Comumente a faixa dealcalinidade das águas naturais é de 30 a 500 mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3) (FUNASA,2014).

Conforme Von Sperling (1996), a alcalinidade tem determinação importante, para o controle do tratamento de água relacionado a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações; tratamento de esgotos quando há redução do pH, afetando a depuração. Todavia, não apresenta comprovação sanitária de potabilidade, porém com concentrações acima do comum, resulta em água com gosto amargo.

2.2.8 Dureza

Dureza é um indicador que evidencia a quantidade de carbonatos, bicarbonatos e sulfatos de cloro contidos na água, assim diz Tundisi (2008). Para Libânio (2008), a dureza denota a concentração de cátions multivalentes em solução na água, especialmente de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}), e com menos quantidade alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}) e estrôncio (Sr^{+2}), os quais evidenciam-se pela resistência à saponificação (reação química de hidrólise de triglicerídeos ou hidrólise alcalina de um éster).

A dureza da água compreende a concentração de íons de cátions multivalentes em solução na água, como cálcio, magnésio, alumínio e ferro, expresso como carbonato de cálcio (CaCO_3) (Garcez, 2004).

A originalidade da dureza pode ser por fator natural, exemplo, na dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio ou pode ser por fator antropogênico, é o caso de despejo de efluentes industriais. Águas que apresentem este parâmetro acima do permitido, tem menor formação de espumas, resultando em um problema econômico pois gera maior consumo de sabões e xampus, e também causa incrustações em regiões de uso de água quente, por conta das precipitações dos cátions (FUNASA, 2014).

A interpretação dos resultados é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO_3). Von Sperling (1996) faz uso desse termo para tratamento e abastecimento público de água e classifica as águas quanto a dureza em:

- Dureza < 50 mg CaCO_3 /L: água mole;
- Dureza entre 50 e 150 mg CaCO_3 /L: dureza moderada;
- Dureza entre 150 e 300 mg CaCO_3 /L: água dura;
- Dureza > 300 mg CaCO_3 /L: água muito dura.

Há indícios que o consumo de águas duras colabora para uma menor incidência de doenças cardiovasculares. Entretanto, quando um recurso hídrico tem pouca dureza, resulta em uma biota sensível à substâncias tóxicas, visto que toxicidade e dureza são inversamente proporcionais (FUNASA, 2014).

Em 2021, a Portaria GM/MS Nº 888/2021, determinou que a dureza total tenha o limite no teor de 300 mg/L em termos de CaCO_3 , permitido para água potável.

De acordo com o Ministério da Saúde (2006), a classificação de dureza da água pode ser dividida em quatro: mole ou branda, moderada, dura e muito dura, conforme está mostrado na Tabela 1:

Tabela 2 - Classificação do parâmetro de dureza.

Classificação	Dureza (ppm ou mg/L de CaCO_3)
Mole ou branda	< 50
Dureza moderada	Entre 50 e 150
Dura	Entre 150 e 300
Muito dura	> 300

Fonte: Autor (2022).

2.2.9 Cloretos

Os cloretos (Cl^-) são oriundos das dissoluções de sais, como cloreto de sódio. Em águas naturais, independentemente das concentrações de cloreto, contém íons devido à dissolução de minerais, ações antropogênicas como lançamentos de esgotos domésticos ou industriais, e ainda da intrusão de água do mar (VON SPERLING, 1996; ANA, 2020; FUNASA, 2014).

Quando este parâmetro confere concentrações acima dos padrões, em águas de consumo humano, pode-se restringir o uso por constatar gosto salgado e até efeito laxativo, além de prejudicar no equilíbrio hidroeletrolítico dos organismos aquáticos (FUNASA, 2014; ANA, 2014).

Vale salientar, os animais e os humanos (6 gramas/pessoa/dia) possuem alto teor de cloretos em seus excrementos, principalmente a urina, tendo em vista que o cloreto de sódio é comum na dieta dos mesmos e passa inalterado pelo sistema digestório. Então, as concentrações anormais de cloreto nas estações de abastecimento de água, indicam um potencial risco de poluição (ANA, 2014).

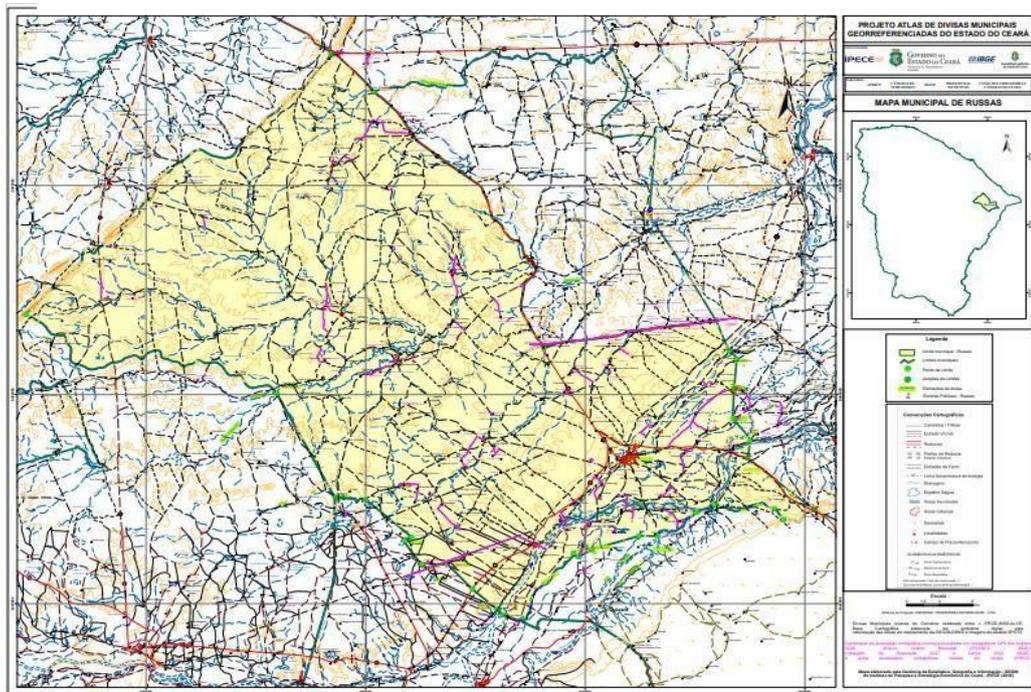
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo

Esta pesquisa teve como campo experimental um trecho da bacia do riacho Araibu, localizado no município de Russas-CE (Figura 1), o qual fica à 164 km da capital Fortaleza, na mesorregião do Vale do Jaguaribe e na microrregião do Baixo Jaguaribe. O município possui área territorial de 1.611,091 km² dividido entre seis distritos (Sede, Peixe, Flores, Bonhu, São João de Deus e Lagoa Grande), sua população estimada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2021 foi de 79.550 habitantes.

O clima da cidade é Tropical semiárido e, em geral, a temperatura varia de 22 °C a 36 °C (WEATHER SPARK, 2023), com chuvas entre os meses de janeiro a maio. No ano de 2021, foi marcado pela FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), um índice pluviométrico médio anual de 616 mm, sendo esperado 745,7 mm. Já no ano de 2022, foi marcado um índice pluviométrico de 936,3 mm, com o mesmo esperado do ano anterior.

Figura 1 - Mapa municipal de Russas - CE.



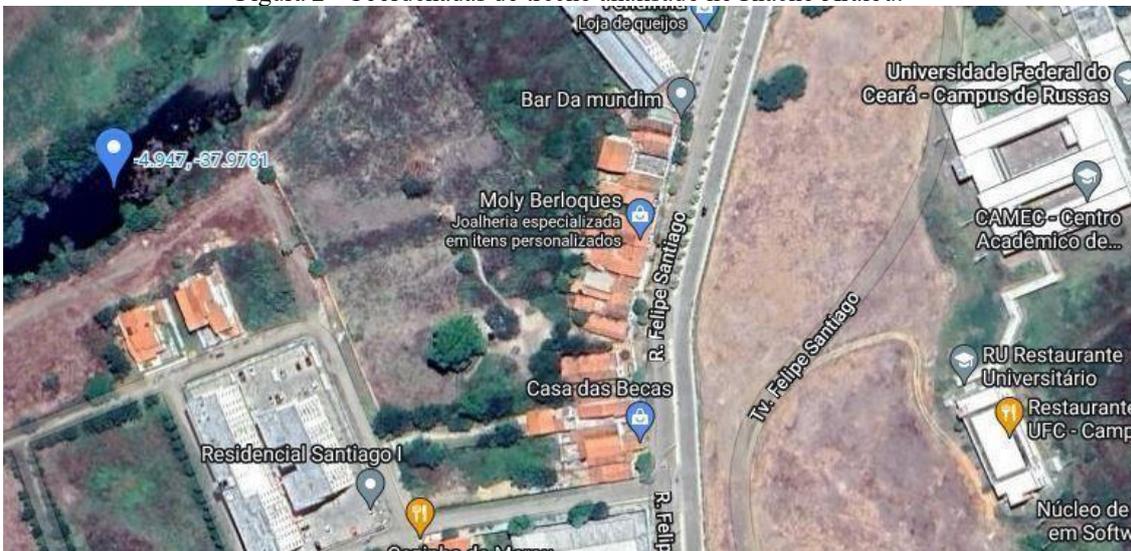
Fonte: IPECE; Projeto atlas de divisas municipais georreferenciadas do estado do Ceará.

O corpo hídrico analisado, consiste em uma obra de urbanização entregue no ano de 2003 ao município de Russas, conhecido como Riacho Araibu, custou cerca de R\$ 4,43 milhões

de reais com recursos do Governo do Estado, por meio do Projeto de Desenvolvimento Urbano e Recursos Hídricos (Prourb), com financiamento do Banco Internacional para Reconstrução e desenvolvimento (Bird).

O riacho Araibu é um afluente intermitente do Rio Jaguaribe, sua extensão corta o centro do município de Russas - CE, e é alimentado apenas em períodos de chuva, através do escoamento das águas pluviais. Após a quadra chuvosa, o mesmo sofre com elevadas taxas de evapotranspiração, refletindo na sua escassez de água ao longo do ano. As coordenadas dos pontos de coletas são 4°56'49.6" sul e 37°58'41.9" oeste, como ilustrado na Figura 2. Cabe ressaltar que ao longo de suas margens, há condomínios residenciais, residências, plantações, espaços de lazer e um polo universitário.

Figura 2 - Coordenadas do trecho analisado no Riacho Araibu.



Fonte: Adaptado de Google (2023).

De acordo com este cenário, logo após a entrega do projeto de urbanização do Riacho Araibu (2003), as autoridades planejaram sua perenização, na época com cerca de R\$ 1 milhão de reais, assim como o Plano Estratégico de Recursos Hídricos do Ceará (2018), e também os atuais representantes do poder legislativo do município. Estes últimos abriram a 4ª sessão ordinária da 2ª sessão legislativa da 35ª legislatura, conforme a indicação nº16/2022, para fazer pedido de um projeto de perenização ao atual prefeito do município, seguindo passos da secretaria da agricultura, do meio ambiente e da infraestrutura. Contudo, tal pedido tem impossibilidade de perenização, por conta da alimentação natural do Rio Banabuiú em sua foz, por elevação de barragem ou por bombeamento, visto que o Rio Banabuiú deixou de ser perenizado pelas águas do Açude Banabuiú ou mesmo do Castanhão, como era em um

passado recente.

Segundo Ellen Freitas (2012), jornalista da redação do jornal Diário do Nordeste, “O Riacho Araibu em Russas está poluído!”. Tendo em vista a poluição deixada pelo homem e a falta de zelo dos órgãos gestores com a limpeza, há trechos com água parada, lixos e forte odor, tais fatores que inviabilizam o turismo e a moradia em suas proximidades.

Vale destacar que essa água subterrânea já foram usadas como solução alternativa coletiva de abastecimento de água para todo município. Desse modo, o plano busca prosperar o município de Russas, assim como os municípios de Jaguaruana e Itaiçaba, oferecendo água para as populações e fomentando a economia local.

3.2 Metodologia de pesquisa

As coletas de amostras de água foram realizadas mensalmente em pontos próximos ao condomínio residencial Santiago I, sendo os pontos P1 e P2 conforme a Figura 5, e a água subterrânea no mesmo trecho do riacho, no ponto P3. O ponto inicial de coleta no riacho (P1) foi modificado (P2) conforme o acesso tornou-se restrito, devido ao forte inverno. Na última coleta a seção transversal do corpo hídrico chegou a ter cerca de 30 metros de comprimento, já na primeira coleta sua seção apresentava menos de 10 metros, tendo em vista que janeiro sucedeu um período de estiagem. As análises coletadas seguiram o seguinte fluxograma conforme a Figura 3.

Figura 3 - Seção transversal do corpo hídrico do Riacho Araibu.



Fonte: Adaptado de Google (2022).

Figura 4 – Procedimento dos ensaios realizados.



Fonte: Autor (2023).

Ao longo da pesquisa foram coletadas 5 pares de amostras *in loco*, cada par contém amostras do corpo hídrico superficial e do manancial subterrâneo, efetuadas entre janeiro e maio de 2022, período da quadra chuvosa, o qual superou positivamente as expectativas de precipitações da região.

Figura 5 - Pontos de amostragem do riacho Araibu. A) Ponto inicial de coleta; B) Ponto secundário de coleta.



Fonte: Adaptado de Google (2023).

A Figura 5, ilustra o primeiro ponto de coleta, o qual era possível descer no riacho localizado nas coordenadas: 4°56'50.1" Sul e 37°58'42.6" Oeste, pois ainda estava inundado.

O avançar da quadra chuvosa e aumento do aporte de água no corpo hídrico, impossibilitou o acesso ao primeiro ponto, e foi utilizado outro ponto para coleta, que apresentava as seguintes coordenadas: 4°56'48.5" Sul e 37°58'39.4" Oeste. Quanto ao ponto da água de abastecimento transcreveu na mesma localização, mais especificamente, a água subterrânea no trecho do riacho com coordenadas: 4°56'42.7" Sul e 37°58'38.2" Oeste, conforme a Figura 6. Todas as coletas foram em horários padronizados, entre 08:00 e 09:00 da manhã.

Figura 6 - Ponto de amostragem da água subterrânea.



Fonte: Adaptado de Google (2023).

3.3 Procedimento de coleta e amostragem

As coletas foram direcionadas pela NBR 9898 (ABNT, 1987), a qual informa as recomendações exigíveis para a coleta de amostras e de efluentes. Entre as recomendações têm-se o preenchimento de um formulário para registrar as amostras com código de identificação, ponto de amostragem e sua localização, procedência, data e hora e registro. Ainda recomenda o uso de frascos de plásticos polietileno devidamente higienizados e por segurança foi portado luvas cirúrgicas.

Tomadas as devidas precauções para o recolhimento das amostras, o procedimento foi feito à margem do riacho, com o preenchimento de um frasco plástico de 500 mL, a fim de analisar os parâmetros físico-químicos e um coletor universal de 100 mL a fim de analisar os parâmetros microbiológicos. É de destacar que as coletas foram feitas na margem para evitar que partículas sólidas influenciasse nas amostras. A Figura 7 ilustra a situação do riacho no primeiro mês de coleta e a Figura 8, o ponto de extração da fonte da água subterrânea do riacho.

Figura 7 - Água superficial do Riacho Araibu.



Fonte: Autor (2022).

Figura 8 - Fonte da água subterrânea do Riacho Araibu.



Fonte: Autor (2022).

Para garantir a padronização, buscou-se efetuar as coletas em horários próximos para evitar possíveis variações nos ensaios. Conforme os horários na Tabela 2 das respectivas coletas.

Tabela 3 - Horário das coletas.

Local	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	5ª Coleta
Superficial	17/01/2022 08:34	17/02/2022 08:16	22/03/2022 08:22	27/04/2022 08:18	31/05/2022 08:47
Subterrânea	17/01/2022 08:45	17/02/2022 08:30	22/03/2022 08:35	27/04/2022 08:27	31/05/2022 08:56

Fonte: Autor (2022).

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para a Universidade Federal do Ceará no Campus de Russas, Figura 9, para a realização dos procedimentos em duplicatas no Laboratório de Saneamento.

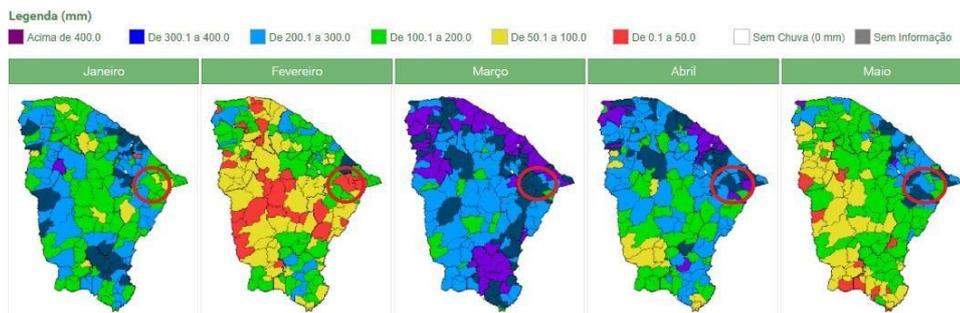
Figura 9 - Amostras coletadas.



Fonte: Autor (2022).

Em consequência das precipitações as amostras passaram por interferências de diluição, além de alterações biológicas devido a presença de vegetação e seres vivos (pequenos peixes). Na Figura 10 estão os registros de precipitações obtidos pelo monitoramento hidrológico da FUNCEME, a partir do qual se observam precipitações de até 400 mm ao mês.

Figura 10 - Precipitação média mensal por município - 2022.



Fonte: FUNCEME (2022).

3.4 Análises microbiológicas

Entre os indicadores analisados têm-se a análise microbiológica, que podem revelar a ocorrência de contaminação fecal da água por patógenos, que são seres contidos na flora intestinal de animais de sangue quente, inclusive de humanos. Para essas análises foram utilizados indicadores de coliformes termotolerantes, caracterizado pela a *Escherichia coli* e

Coliformes totais, visto que são mundialmente reconhecidos para aferir a qualidade microbiológica da água (FERNANDES, 2015).

Em laboratório foi empregado o teste de substrato cromogênico com o COLItest (Figura 11), que consiste em detecção simultânea dos patógenos já mencionados. Quando presentes há alteração da cor inicialmente púrpura para tons de amarelo (Figura 12) devido a fermentação da lactose, pH e concentração de bactérias do grupo coliformes. Técnica reconhecida no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, pelo ITAL do Estado de São Paulo.

Figura 11 - Substrato COLItest, LKP.



Fonte: Biomedh.

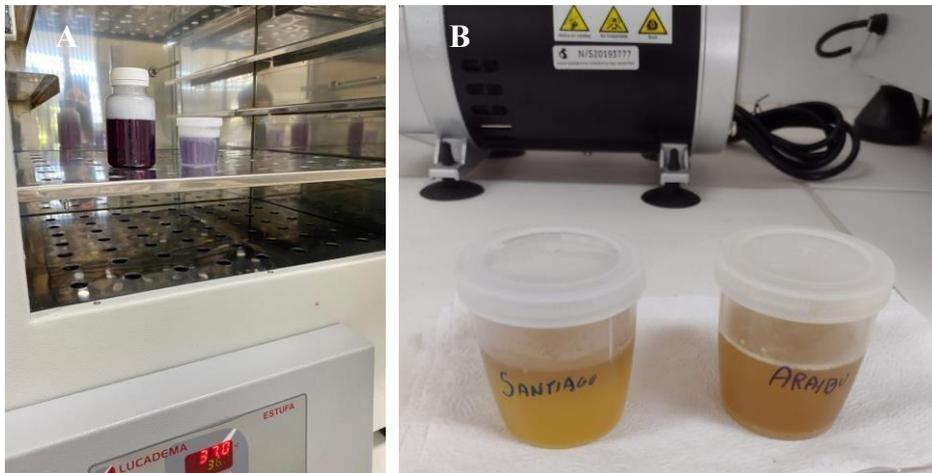
Figura 12 - Teste para *E.coli* e faixa de tonalidade para presença de Coliformes.



Fonte: LKP Diagnósticos.

A metodologia consiste em usar um sachê de COLItest, juntamente com 100mL de amostra, resultando em uma coloração púrpura, em seguida deve levá-la para estufa até 37°C, a qual irá simular um ambiente cuja temperatura assemelha-se do interior do corpo humano. Após 24 horas, se nota a alteração na coloração da amostra, em tons de amarelo, indicando a presença de Coliformes totais, como representado na Figura 13.

Figura 13 - Análise de coliformes totais. A) Amostras em estufa B) Amostras com coliformes totais.



Fonte: Autor (2022).

Prosseguindo, com cerca de 10mL da amostra com coliformes totais, utilizou-se para análise o teste de produção de indol que comprova a existência de *E.coli*, ou seja contaminação fecal. O procedimento técnico consiste em acrescentar sobre a superfície da cultura 2 a 3 gotas do reagente *kovacs* e aguardar até 2 minutos para reagir com o indol. Em seguida, como ilustrado na Figura 14, surge um anel de coloração rosa ou vermelha constatando resultado positivo para *E.coli*.

Figura 14 - Resultado da análise indicando positivo para *E.coli*.



Fonte: Autor (2022).

3.5 Análises físico-químicas

Com as amostras coletadas, replicadas, equipamentos devidamente calibrados e higienizados, executa-se os ensaios de pH, alcalinidade, condutividade, sólidos totais dissolvidos, cloretos, resíduo totais e turbidez.

Para a medição do pH, utilizou-se com o método de indicadores de eletrométrico, por ser considerado o mais preciso, tendo em vista que mostra a diferença de potencial entre a amostra e o eletrodo. Este método utiliza o equipamento conhecido como peagâmetro/pH de bancada, (Figura 15), modelo *mPA-210*. Feito sua calibragem com duas soluções: 1º tampão = pH 7,00 e 2º tampão = pH 4,00.

Figura 15 - Medidor de pH.



Fonte: Autor (2022).

Para a medição de sólidos totais dissolvidos (STD) e condutividade elétrica, se utilizou um condutivímetro de bancada, cujo modelo é o *mCA 100*. O equipamento fornece uma leitura dos STD ao relacionar a condutividade elétrica e os STD, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Condutivímetro de bancada: medidor de condutividade e STD.



Fonte: Autor (2022).

Para a turbidez, utilizou-se o método nefelométrico com o equipamento denominado turbidímetro de marca ASKO, cujo modelo é o TU430, (Figura 17). O ensaio iniciou-se após acalibragem do equipamento com 4 níveis de turbidez: 0, 20, 100 e 800 NTU (Unidade de Turbidez Nefelométrica), conforme recomenda o manual do aparelho com 20 mL da amostra em um frasco de vidro.

Figura 17 - Turbidímetro para medir para turbidez.



Fonte: Autor (2022).

O ensaio para alcalinidade total, foi realizado com um peagâmetro e um agitador magnético, conforme apresentado na Figura 18. A titulação ocorria com a adição de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,012 mol/L, até obter o pH com valor 4. Assim, a alcalinidade era calculada a partir do volume de ácido adicionado.

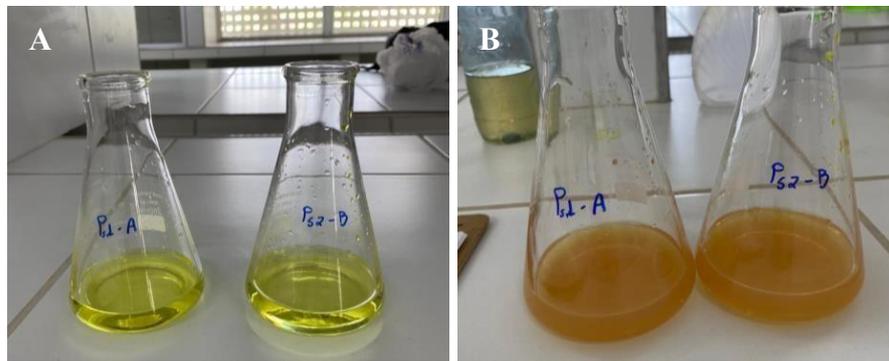
Figura 18 - Ensaio de alcalinidade.



Fonte: Autor (2022).

Para os ensaios de cloretos e dureza foram realizadas titulações em réplicas de amostra bruta e uma amostra em branco de água destilada. Em ambos ensaios se utilizou um fator de diluição (FD). No primeiro ensaio na amostra da água subterrânea, usou-se um $FD = 1:10$, implicando em 45 mL de água destilada e 5 mL da amostra, já para a água superficial usou-se $FD = 1:25$, implicando em 48 mL de água destilada e 2 mL de amostra, ainda foi adicionado um indicador de cromato de potássio 5% (K_2CrO_4) com 1 mL e foi feita a titulação com nitrato de prata 0,01N $AgNO_3$, transformando a cor amarelada em tons de marrom, assim foi anotado o volume titulado, conforme Figura 19.

Figura 19 - Ensaio de cloretos. A) Amostras antes da adição de nitrato de prata; B) Amostras após a adição de nitrato de prata.



Fonte: Autor (2022).

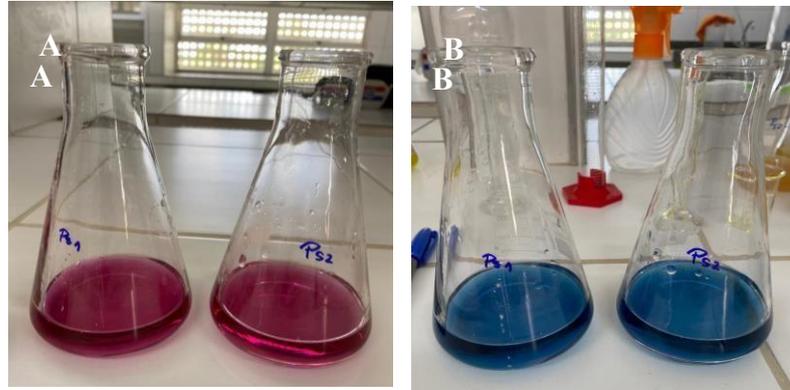
Quanto ao ensaio de dureza total, nas amostras da água subterrânea usou-se um $FD = 1:2$, implicando em 25 mL de amostra bruta e 25 mL de água destilada, já para água superficial usou-se $FD = 1:10$, implicando em 5 mL de amostra bruta e 45 mL de água destilada, ambas adicionadas com cerca de 3 mL de hidróxido de sódio (NaOH), e indicador preto de eriocromo, tornando-as com tons de rosa/lilás. Em seguida, foi feita a titulação com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) até obter uma coloração azulada e foi anotado o volume utilizado (Figura 20).

A turbidez é um parâmetro de aparência estética de aceitação ou rejeição ao corpo hídrico, ela aponta o quanto um feixe de luz atenua ao atravessar a amostra de água coletada, isso se deve aos sólidos em suspensão (areia, argila, algas, detritos, silte, entre outros), matéria orgânica, inorgânica e algas presentes em cada amostra que absorve e espalha o feixe (Couto, 2004).

A turbidez é um parâmetro de aparência estética de aceitação ou rejeição ao corpo hídrico, ela aponta o quanto um feixe de luz atenua ao atravessar a amostra de água coletada,

isso se deve aos sólidos em suspensão (areia, argila, algas, detritos, silte, entre outros), matéria orgânica, inorgânica e algas presentes em cada amostra que absorve e espalha o feixe (Couto, 2004).

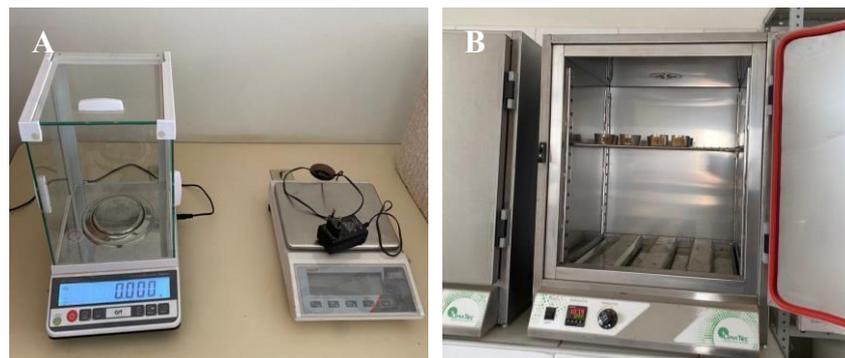
Figura 20 - Ensaio de dureza. A) Amostras após o indicador preto de eriocromo; B) Amostras após titulação.



Fonte: Autor (2022).

A determinação de resíduos totais, seguiu as recomendações estabelecidas pela NBR 10664 (ABNT, 1989), que dispõe sobre “material remanescente na cápsula após a evaporação parcial da amostra e posterior secagem em estufa à temperatura escolhida, até a massa constante”. Assim, utilizou-se 50 mL da amostra replicadas em uma cápsula, pesada antes e depois de ir para estufa à temperatura de 100°C durante 24 horas, no final têm-se o peso dos resíduos totais, conforme encontra-se ilustrado na Figura 21.

Figura 21 - Ensaio de Resíduos totais. A) Balança analítica; B) Estufa.



Fonte: Autor (2022).

Os sólidos totais têm suas frações definidas nos resíduos restantes após evaporação da amostra em banho-maria e posterior secagem a 103-105 °C na estufa até obter o peso final da amostra (Libânio, 2010). A Figura 22 representa a distribuição dos sólidos totais.

Figura 22 - Distribuição dos sólidos presentes nas águas naturais.



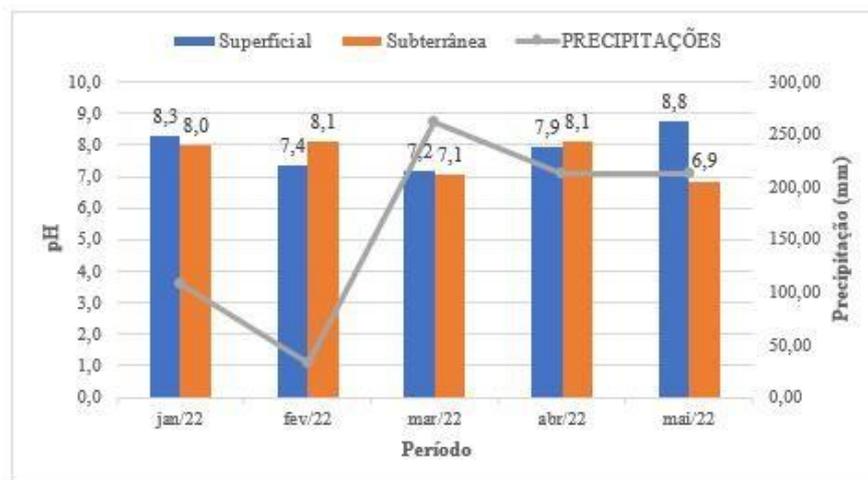
Fonte: Libânio (2008)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 pH

Os resultados de pH das amostras de água, bem como das precipitações ocorridas estão apresentados na Figura 22.

Figura 22 - Resultados obtidos das análises de pH.



Fonte: Autor (2022).

Ao longo das coletas, a precipitação mensal variou de 33 mm a 261,8 mm, valores obtidos para os meses de fevereiro a março, respectivamente. O pH da amostra de água superficial variou de 7,2 a 8,8. Já com relação ao ponto de água subterrânea, houve uma variação de 6,9 a 8,1.

O pH é capaz de controlar as reações químicas de poluentes, visto que para valores abaixo dos normatizados, há aceleração na decomposição de materiais potencialmente tóxicos, contudo para valores acima dos normatizados, acarretam em aumento na concentração de amônia, a qual é tóxica para os peixes (COLLISCHONN E DORNELLES, 2013).

As águas superficiais são propensas as precipitações que podem ser ácidas, pH entre 5e 6, desse modo, dilui os íons de hidroxilas (OH⁻) fazendo com que as águas subterrâneas

sejam mais ácidas em relação as superficiais. De acordo com ANA (2016), o pH das águas subterrâneas geralmente está entre 5,5 e 8,5. A Portaria GM/MS nº 888/2021, estabelece limites de qualidade da água para consumo humano entre 6,0 e 9,5.

Observando a figura supracitada, pode-se notar que onde teve diminuição do volume precipitado as águas subterrâneas obtiveram pH mais elevado em relação as águas superficiais, e também se nota que no mês de março foi o mais chuvoso (261,8 mm) obtendo valores próximos de pH das duas amostras. Entretanto, o mês de maio teve boa precipitação média com 212,9 mm, mas obteve o pH mais elevado com 8,8 para água superficial. Também é possível observar que o volume precipitado em abril e maio foram quase iguais, todavia o pH aumentou, desse modo essa alteração pode estar relacionada ao despejo de efluentes e a proliferação de algas.

A alteração desse parâmetro pode estar relacionada as concentrações de íons (H⁺) provindas da dissociação do ácido carbônico que interferem nos valores de pH. A origem deste ácido é proveniente de gás carbônico introduzido pelas chuvas, da matéria orgânica e do ar atmosférico (CALDAS *et al.*, 2021).

Ao comparar os valores obtidos com a Resolução CONAMA Nº 357/2005, nota-se que tais valores estão dentro dos padrões permitidos para as águas doces superficiais de classe 4 (destinadas à navegação e harmonia paisagística) com pH variando de 6,0 a 9,0. Os valores das águas subterrâneas, também estão em conformidade com as legislações vigentes.

Quando o pH apresenta resultado acima dos valores máximos permitidos, pode-se relacionar à proliferação das algas no meio que indicam eutrofização e, quando se tem resultados de pH afastados da neutralidade pode haver interferência na vida aquática (VON SPERLING, 1996).

Em um estudo realizado por Correia (2022), sobre a qualidade da água superficial em um trecho do Riacho Araibu, no período de estiagem (agosto a dezembro). Os resultados das amostras obtiveram valores superiores aos encontrados neste trabalho. O pH chegou a variar de 8,3 a 9,6. Valores como estes, podem estar relacionados a considerável quantidade de algas, resultando no processo de eutrofização, e corroborado por Von Sperling (1996).

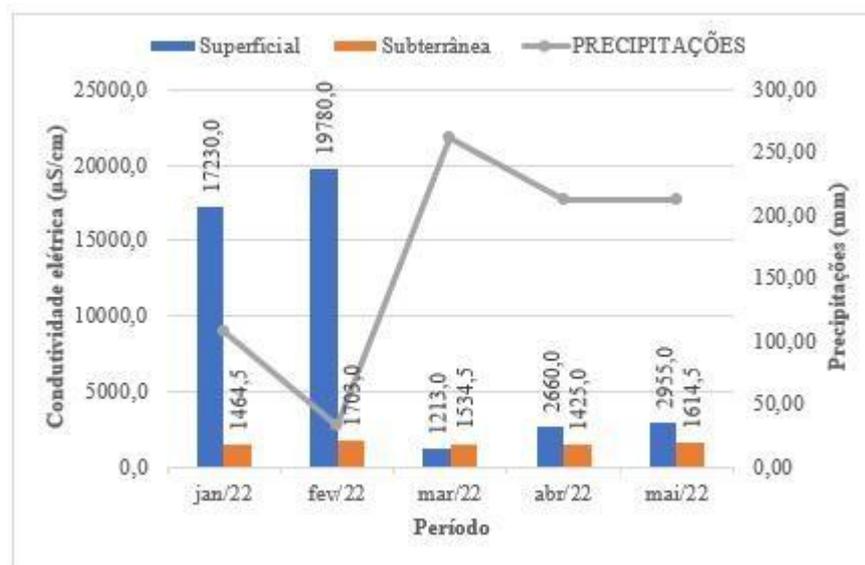
De acordo com Esteves (2011), em regiões com balanço hídrico negativo, ou seja, onde há mais evaporação do que precipitação, o pH tende a ser mais alto. Visto isso, a região estudada apresenta estas características. Logo, em períodos de estiagens, os resultados do pH demonstraram ser mais altos que os padrões, como pode ser visto no trabalho de Correia (2022), o qual finalizou suas coletas no mês de dezembro (2022), com pH de 9,5. Já com relação ao presente estudo, no início da quadra chuvosa (janeiro-2022), o mesmo corpo

hídrico, teve seu pH reduzido consideravelmente para 8,3, confirmando o fenômeno das chuvas ácidas, as quais podem ser originárias de fontes industriais, como o setor cerâmico da região.

4.2 Condutividade elétrica

Os resultados de condutividade elétrica das amostras de água, bem como das precipitações ocorridas estão apresentados na Figura 23.

Figura 23 - Resultados obtidos das análises de CE.



Fonte: Autor (2022).

Durante o tempo monitorado, as amostras das águas superficiais obtiveram variação de condutividade elétrica entre 1.213 e 19.780 $\mu\text{S}/\text{cm}$, estes enquadram-se respectivamente no mês de março com maiores precipitações (261,80 mm) e mês de fevereiro com menores precipitações (33mm). Quanto as amostras das águas subterrâneas, retrataram poucas variações, apresentando maior condutividade, 1.703 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no mesmo mês de menor precipitação e menor condutividade, 1.425 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no mês de abril com 212,10 mm de volume precipitado.

A baixa condutividade elétrica da água subterrânea pode ser um indicativo de que há poucos íons dissolvidos na água, fato que pode ser bom para a qualidade da água. Entretanto, a baixa condutividade elétrica também pode está relacionada a água subterrânea estar contaminada com poluentes que não são iônicos. É importante ressaltar que a condutividade elétrica não é uma medida direta da qualidade da água.

Esteves (2011), determina que a condutividade pode ser influenciada pelo volume de precipitações, ou seja, a sazonalidade está diretamente ligada à concentração. Desse modo, pode-se inferir que consideráveis volumes de precipitações podem reduzir a condutividade elétrica do manancial, devido o aumento da vazão ocorrendo a diluição dos sais, todavia em períodos de estiagem onde tem baixa vazão, é comum encontrar valores elevados de condutividade.

Os ambientes que apresentam valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, implicam em poluição do meio hídrico e ambientes que contenham até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ podem estar relacionados à poluição por esgotos domésticos ou industriais (VON SPERLING, 2007). De acordo com Esteves (2011) o lançamento de efluentes podem aumentar a condutividade elétrica mesmo que não haja interferência da sazonalidade.

Vale destacar que esse parâmetro não apresenta limites estabelecidos na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 e nº 430/2011, nem em legislações vigentes que controlam a qualidade da água de consumo humano e potabilidade, como a Portaria GM/MS nº 888/2021. Apesar de não existir padronização para essa variável, torna-se relevante o monitoramento, em razão de evidenciar degradação e poluição da qualidade das águas monitoradas.

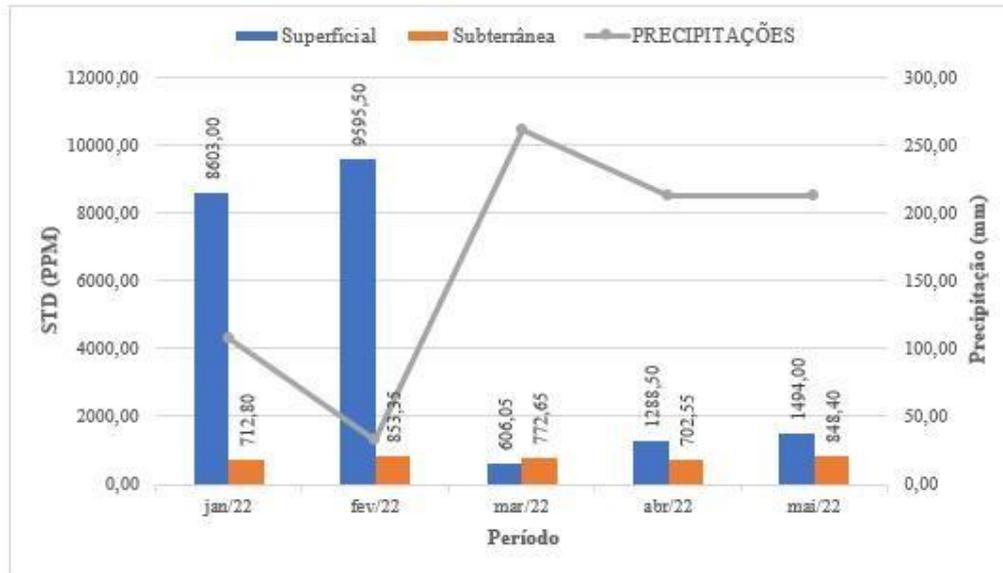
Comparando os valores obtidos, com a pesquisa realizada por Correia (2022), no mesmo trecho superficial. Ao longo do período de estiagem, os valores de condutividade elétrica aumentaram consideravelmente chegando a 17,7 mS/cm (ou 17.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Porém, o presente trabalho observou que os índices pluviométricos contribuíram positivamente com a redução deste parâmetro.

4.3 Sólidos totais dissolvidos (STD)

Os STD representam a quantidade de substâncias sólidas dissolvidas no manancial e embora não seja considerado um poluente primário, representa um indicador da qualidade da água (PEACOCK, 2017; HACH, 2023).

Os resultados dos sólidos totais dissolvidos das amostras de água, bem como das precipitações ocorridas estão apresentados na Figura 24.

Figura 24 - Resultados obtidos das análises de STD.



Fonte: Autor (2022).

No decorrer das análises de STD, houve maior variação nas amostras das águas superficiais variando de 606 ppm a 9.595,5 ppm, para os meses de março (261,80 mm) e fevereiro (33 mm), sendo o mês de maior e menor volume precipitado, respectivamente. Enquanto as águas subterrâneas tiveram pouca amplitude variando de 702,55 ppm a 853,35 ppm, para os meses de abril (212,10 mm) e fevereiro (33 mm), respectivamente.

Este indicador está diretamente ligado à condutividade elétrica, desse modo, existe uma maior transferência de cargas elétricas conforme os STD são lixiviados para o leito do riacho. Em períodos de pouca precipitação, os resultados das amostras geralmente são mais elevados (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2013).

A concentração de STD reduziu com maiores aportes no riacho, em razão do aumento do volume precipitado. Concentrações de condutividade elétrica, turbidez e STD, tendem a ser menores quando há consideráveis precipitações no corpo d'água, em virtude da diluição dos íons e dos sólidos presentes (MONTOVANI, 2021). Visto isso, os elevados volumes de águas pluviais começaram a diluir os sólidos das águas superficiais no mês de março.

Outros trabalhos também analisaram a relação das precipitações com os STD, como o de Piratoba *et al.* (2017), em Barcarena-PA, onde pode-se observar que o período menos chuvoso influenciou o teor de STD, resultando em valores mais elevado do que em períodos chuvosos. Através deste parâmetro é possível controlar a influência da poluição de corpos d'água por esgotos sanitários e efluentes industriais.

Diante da Resolução CONAMA nº 357/2005, para as classes I, II, III de água doce superficiais, os valores máximos permitidos são de 500 mg/L, contudo para a classe IV a

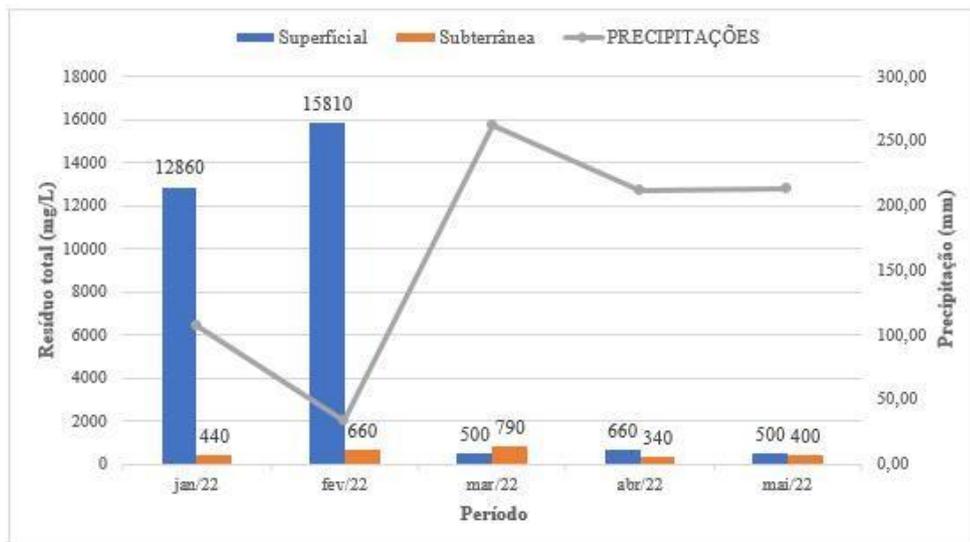
resolução não define limites. A Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, também define o teor máximo de STD permitido para consumo humano, de 500 mg/L. Desse modo, os valores se encontraram fora dos padrões normatizados. Para as águas subterrâneas, a Resolução CONAMA n° 396/2008 estabelece valores até 1.000 mg/L, logo, ao longo do monitoramento, estiveram dentro dos padrões de potabilidade.

As origens dos STD em corpos aquáticos podem ser naturais ou devido ações antrópicas, sendo este causado pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais (Almeida, 2013).

4.4 Resíduo total

Os resultados dos resíduos totais (RT) das amostras de água, bem como das precipitações ocorridas estão apresentados na Figura 25.

Figura 1 - Resultados obtidos das análises de RT.



Fonte: Autor (2022).

Ao longo das coletas, os valores obtidos das amostras de águas superficiais para resíduos totais, variaram de 500 a 15.810 mg/L para os meses de março (261,80 mm) e fevereiro (33mm), respectivamente. Já com relação ao ponto de água subterrânea, houve uma menor amplitude nos valores de resíduos totais, variando de 340 a 790 mg/L, para os meses de abril (212,10 mm) e maio (212,90 mm), respectivamente. Este parâmetro está diretamente relacionado a condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, também é possível notar que ambos os gráficos apresentaram comportamentos semelhantes

Ainda que distante do objeto de estudo, MEDEIROS *et al.* (2016), analisou na cidade de Portalegre – RN, coletas durante o períodos chuvosos. Os valores de RT foram inferiores ao realizados em períodos de estiagem. Logo, a alteração dos valores pode está relacionado ao impacto antrópico das atividades de despejo de efluentes, resíduos sólidos e carreamento de sólidos.

As normas reguladoras como a Resolução CONAMA nº 357/05 não estabelecem limites quantitativos para corpos superficiais de água doce da classe IV, a qual é destinada para paisagismo e navegação. Uma condição importante, é ausência de materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais. Entretanto, para as demais classes de água doce a norma define que resíduos sólidos objetáveis devem ser virtualmente ausentes. No tocante as águas subterrâneas, também não há enquadramento para este parâmetro.

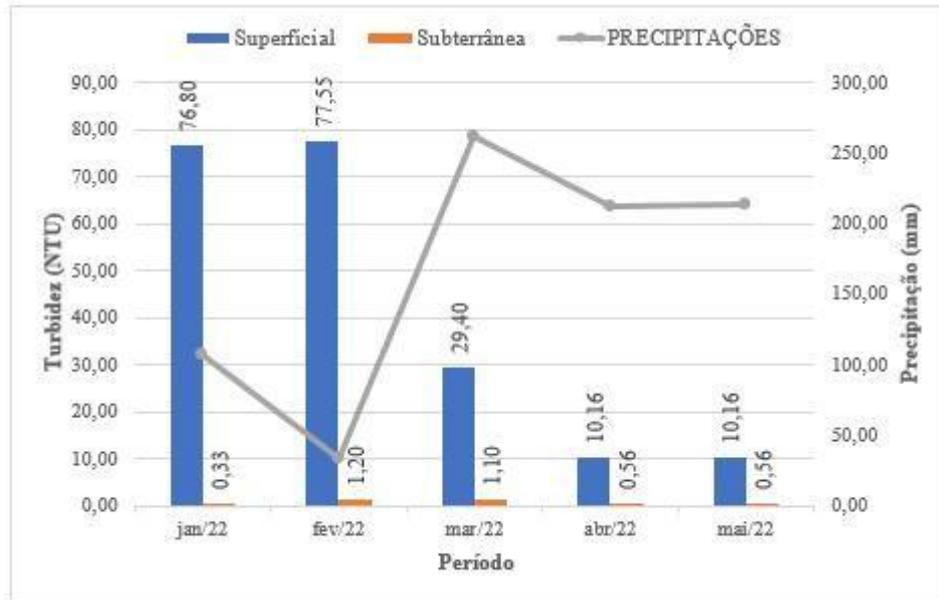
Os resíduos sólidos tem causado poluição dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos comprometendo o uso dos recursos hídricos e podendo causar problemas de saúde. Este parâmetro tem relação com a condutividade elétrica (CE), devido a soma dos teores dos minerais contidos na água. Dessa forma, os valores obtidos apresentaram comportamentos semelhantes aos de CE de Decker *et al.* (2018) e Silva, Casé e Lopes (2019).

Quando comparado os resultados obtidos, com a pesquisa realizada por Correia (2022), a medida que aumentava o período de estiagem os valores de resíduos totais também aumentavam significativamente. Então, o presente trabalho observou que os índices pluviométricos contribuíram com a redução deste parâmetro, devido o aumento de vazão e diluição dos resíduos no manancial superficial.

4.5 Turbidez

Os resultados de turbidez das amostras de água, bem como das precipitações ocorridas estão apresentados na Figura 26.

Figura 2 - Resultados obtidos das análises de Turbidez.



Fonte: Autor (2022).

Durante a campanha de coletas, as amostras de águas superficiais obtiveram maiores oscilações de turbidez, com valores de 10,16 a 77,55 NTU, para os meses de abril (212,10 mm) e fevereiro (33 mm), respectivamente. Já em relação as águas subterrâneas tiveram pouca amplitude variando de 0,33 a 1,20 NTU, para os meses de janeiro (107,50 mm) e fevereiro (33 mm), respectivamente. A turbidez reduziu conforme constantes aportes superficiais no riacho, devido o aumento do volume precipitado.

O fator principal que causa a turbidez é a erosão dos solos, principalmente em solos arenosos que são mais propensos, como é o caso do solo no trecho do Riacho Araibu (TERRA MAGNA, 2023).

Em períodos chuvosos, as águas pluviais carregam os materiais sólidos para o leito do riacho. Contudo, a vegetação que formou à margem do riacho diminuiu o fator erosão e por consequência o volume de água diluiu as partículas sólidas, conforme a Figura 27.

Figura 27 - Turbidez da água ao longo das coletas. A) Amostra superficial no começo das coletas; B) Amostra superficial no final das coletas; C) Amostras subterrâneas próximas de um condomínio.



Fonte: Autor (2022).

De acordo com a SABESP (2023) e a Portaria GM/MS nº 888/2021, o valor máximo permitido de turbidez na água distribuída é de 5,0 NTU, o que indica que os valores das águas subterrâneas estão dentro dos padrões para consumo humano. E segundo a CAR/BA (2019), o parâmetro de turbidez das águas naturais está contido na faixa de 3 a 500 UNT, desse modo o corpo do riacho esteve dentro da faixa padronizada.

Fazendo um comparativo com o trabalho de Correia (2022), o mesmo corpo d'água superficial apresentou valor máximos de 249,5 NTU no término da campanha de coletas (dezembro de 2022), ainda no período de estiagem. Já no período com chuvas, o presente trabalho obteve turbidez de 76,80 NTU, na primeira amostra, inferindo em uma interferência direta das águas pluviométricas.

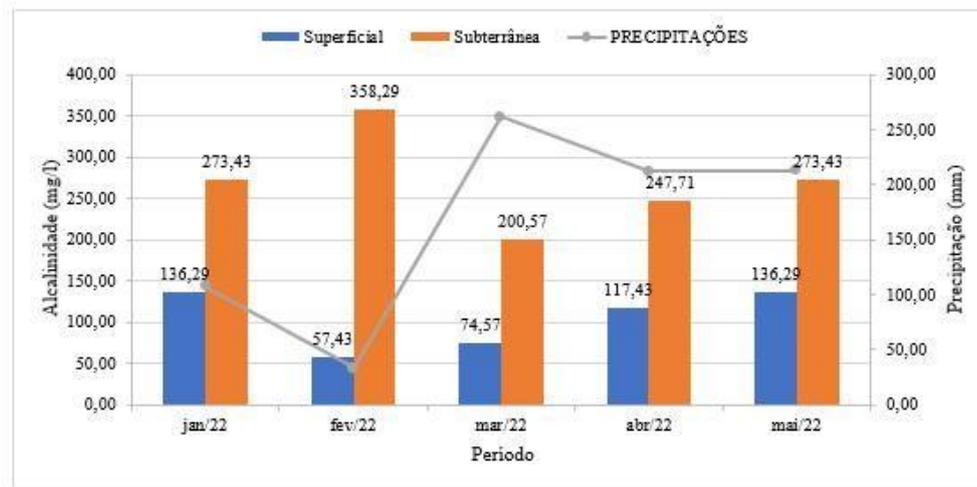
A turbidez tende a ser menor em períodos de elevadas precipitações, devido a diluição de partículas suspensas. Fontes antrópicas podem contribuir para elevar os níveis de turbidez, como o desmatamento das matas ciliares, despejo de esgotos não tratados, a presença de pastos, acesso de animais no espelho d'água, processo erosivo do solo e faixas de assoreamento (MONTOVANI, 2021; SILVA; CASÉ; LOPES, 2019).

Os valores elevados das águas superficiais, podem estar relacionados as atividades antrópicas, bem como o lançamento de esgotos e até efluentes industriais. Tendo em vista que pode gerar um impacto na fotossíntese do meio, na temperatura da água, nos organismos, nas atividades de recreação e navegação, além de custos onerosos para o devido tratamento da água com produtos químicos coagulantes (ANA, 2023).

4.6 Alcalinidade total

Os resultados de alcalinidade das amostras de água, bem como das precipitações ocorridas estão apresentados na Figura 28.

Figura 28 - Resultados obtidos das análises de Alcalinidade (mg de CaCO₃/L).



Fonte: Autor (2022).

Conforme observado na Figura 30, as amostras de águas superficiais variaram de 57,43 a 136,29 mg de CaCO₃/L para os meses de fevereiro (33 mm) e maio (212,90 mm), respectivos meses de menor e segundo maior volume precipitado. Com relação as águas subterrâneas o intervalo foi de 200,57 a 358,29 mg de CaCO₃/L, respectivos aos meses de março (261,80 mm) e fevereiro (33mm), resultando em oscilações maiores que as de águas superficiais. Por meio da análise dos dados, pode-se constatar que o volume precipitado variou e os elementos responsáveis pela alcalinidade tiveram pouca variação, o que pode ter relação com influências antrópicas, como a agricultura em torno do corpo hídrico.

A alcalinidade da água não é tida como um parâmetro para enquadramento das águas, mas sim um indicador indireto. A própria Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Resolução nº 396/08, não fazem menção aos padrões de potabilidade das águas superficiais e subterrâneas, respectivamente. Mas o Ministério da Saúde (2006) relata que a maioria das águas naturais apresenta valores na faixa de 30 a 500 mg/L de CaCO₃. Com isso, os corpos hídricos em estudo se encontram dentro dos padrões estabelecidos (BRASIL, 2006).

Segundo Libânio (2010), as águas naturais de origem superficial no Brasil apresentam valores de alcalinidades inferiores a 100 mg/L de CaCO₃. Quando se tem valores mais elevados, associa-se a processos de decomposição da matéria orgânica, à atividade respiratória de micro-organismos e ao lançamento de efluentes industriais.

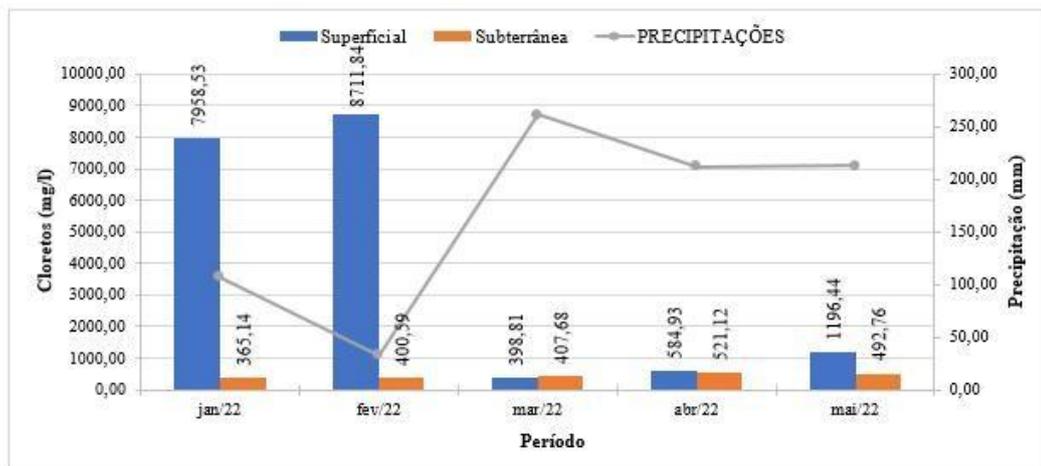
Colombo (2013) afirma, águas com alta alcalinidade são aquelas que apresentam valores maiores que 2000 mg de CaCO_3/L , Já as que apresentam baixa alcalinidade contém valores menores que 20 mg de CaCO_3/L . Desse modo, as águas em estudo não estão com alcalinidade alta.

Alguns trabalhos observaram o efeito da sazonalidade na alcalinidade, como o trabalho de Piratoba *et al.* (2017) em Barcarena - PA, o qual foi observado que a alcalinidade foi maior em períodos menos chuvosos. Assim como ocorreu na pesquisa de Correia (2022), na qual constatou alcalinidade de 434,4 mg/L de CaCO_3 , em meados de setembro, período de estiagem da mesma região do manancial superficial.

4.7 Cloretos (Cl^-)

Os resultados de cloretos das amostras de água, bem como das precipitações ocorridas estão apresentados na Figura 29.

Figura 29 - Resultados obtidos das análises de Cloretos (mg de Cl^-/L).



Fonte: Autor (2022).

Ao longo das coletas, os valores obtidos das amostras de águas superficiais para cloretos, variaram de 398,81 a 8.711 mg/L para os meses de março (33 mm) e fevereiro (261,80 mm), respectivamente. Já com relação ao ponto de água subterrânea, houve uma menor amplitude nos valores de cloretos, variando de 365,14 a 521,12 mg/L, para os meses de janeiro (107,50 mm) e abril (212,10 mm), respectivamente.

Os cloretos presentes nas águas superficiais correspondem aos mais comuns ânions, sua presença ocorre por exemplo, devido a dissolução de sais com íons de cloro (Cl^-) e devido ao despejo de efluentes com alta concentração de cloreto (Montovani, 2021). A

concentração deste parâmetro é um importante indicador para determinação da qualidade da água, visto que aponta possíveis poluições antrópicas (CRUZ, 2022).

Segundo o estudo de Correia (2021), o manancial do Riacho Araibu, no mês de dezembro (2022), obteve a concentração de cloreto mais alta entre as amostras coletadas, com 10.646,7 mg/ L. Porém, no mês seguinte (janeiro de 2023), já no início do período chuvoso, pode-se notar no presente trabalho, que as águas superficiais obtiveram redução das concentrações para 7.958,53 mg/L.

Conforme a Portaria nº 518-GM/2004 do Ministério da Saúde (MS), a Portaria GM/MS nº 888/2021, como na Resolução CONAMA nº 357/2005 e a nº 396/2008, o valor máximo permitido para consumo humano de cloretos é de 250 mg/L. Visto isso, os dados dispostos na Figura 31, estão acima dos padrões estabelecidos. Portanto, essa quantidade de cloretos é capazes de afetar a qualidade da água, além de proporcionar um sabor salgado e reações fisiológicas quando consumidas em grandes quantidades.

Vaitsman (2005) alerta que concentrações de cloretos superiores ao valor máximo permitido por norma, podem representar um indicador de poluição por excreção de humanos e também de animais de sangue quente, e o consumo de águas com elevadas concentrações de cloreto podem gerar um efeito laxativo tanto aos animais que consomem a água do riacho, como as pessoas que fazem algum uso.

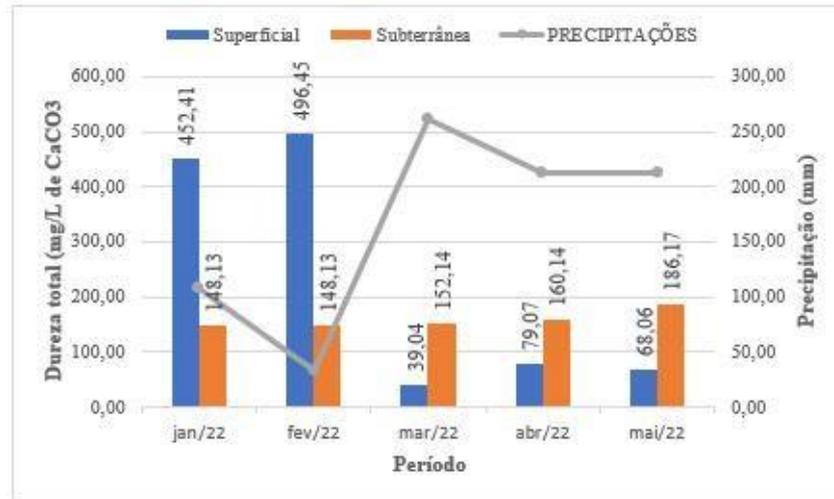
Lemos, Ferreira Neto e Dias (2010) realizaram um estudo similar na Lagoa do Apodi no Estado do Rio Grande do Norte, os mesmos notaram que os teores de cloretos apresentavam valores elevados no período de estiagem e isso ocorreu devido à elevada evaporação de água. Fator que pode ser visto com o resultado dos dois primeiros meses de coleta que sucederam a seca e logo após grandes volumes de águas pluviais, em que o teor de cloretos do manancial superficial caiu significativamente.

4.8 Dureza total

De acordo com a Secretaria de Vigilância em Saúde (2006), a dureza pode ter origem natural por dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio, ou antropogênica através do lançamento de efluentes industriais.

Os resultados de dureza total das amostras de água, bem como das precipitações ocorridas estão apresentados na Figura 30.

Figura 3 - Resultados obtidos nas análises de Dureza.



Fonte: Autor (2022).

Conforme as análises de dureza, a variação foi maior para as águas superficiais, apresentando valores entre 39,04 e 496,45 mg/L de CaCO₃, para respectivos meses de maior/março (261,80 mm) e menor/fevereiro (33 mm) volume precipitado. No tocante as amostras das águas subterrâneas, a amplitude foi baixa, com valores que variaram entre 148,13 e 186,17, nos respectivos meses de janeiro (107,50 mm) e maio (212,90 mm) cabe destacar que estas amostras obtiveram valores crescentes conforme o avanço do período chuvoso.

Em referência a Portaria GM/MS n.º 888/2021 e a Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde n.º 05/2017, anexo XX, estabelecem que o valor máximo permitido (VMP) por padrão de aceitação para consumo humano para o parâmetro dureza total, são de 300 mg/L. Segundo a Portaria GM/MS n.º 888/2021, nos meses de janeiro e fevereiro, as amostras de águas superficiais não se apresentaram própria para o consumo humano segundo o parâmetro de dureza total. A Resolução CONAMA n.º 357/05 não faz referência dos padrões normatizados de dureza total.

No estudo de Piratoba *et al.* (2017), em Barcarena-PA, foi possível constatar que em períodos menos chuvosos o parâmetro de dureza esteve mais elevado do que em períodos mais chuvosos, De acordo com o teste realizado, existem evidências significativas da interferência da sazonalidade nos corpos hídricos. Já comparado com o trabalho realizado por Correia (2021), as águas superficiais do riacho apresentaram valores crescentes em todo o período de amostragem e por conseguinte no período de estiagem.

As Tabelas 3 e 4 mostram as classificações quanto a dureza das amostras de águas superficiais e subterrâneas estudadas.

Tabela 4- Resultados obtidos das águas superficiais nas análises de dureza.

Período (2022) (amostras superficiais)	Dureza (mg/L de CaCO₃)	Classificação
Janeiro	452,41	Muito Dura
Fevereiro	496,45	Muito Dura
Março	39,04	Mole
Abril	79,07	Moderada
Maio	68,06	Moderada

Fonte: Autor (2022).

Tabela 5 - Resultados obtidos das águas subterrâneas nas análises de dureza.

Período (2022) (amostra subterrânea)	Dureza (mg/L de CaCO₃)	Classificação
Janeiro	148,13	Moderada
Fevereiro	148,13	Moderada
Março	152,14	Dura
Abril	160,14	Dura
Maio	186,17	Dura

Fonte: Autor (2022).

Águas que contenham elevadas concentrações de dureza, apresentam problemas como sabor desagradável, produção de efeitos laxativos, baixa formação de espumas, resultando em maior consumo de sabão. Quando é usada em tubulações de água quente, podem causar incrustações. Já com relação ao ponto de vista sanitário, não há evidências de problemas com este parâmetro, inclusive alguns estudos relatam que em áreas que contenham maior dureza

na água houve redução na incidência de doenças cardíacas (Santos, 2013).

4.9 Parâmetros microbiológicos

Os resultados obtidos a partir do monitoramento da presença/ausência de CT e *E. Coli* estão dispostos no Quadro 1.

Quadro 1- Resultados obtidos nas análises microbiológicas.

Mês	Coliformes totais	<i>E. coli</i>
	Água Superficial	Água subterrânea
Janeiro	Positivo	Positivo
Fevereiro	Positivo	Positivo
Março	Positivo	Positivo
Abril	Positivo	Positivo
Maio	Positivo	Positivo

Fonte: Autor (2022).

Os parâmetros microbiológicos de coliformes totais (CT) e *E. Coli* indicam contaminação, especificamente, a contaminação fecal e a presença de despejos de esgoto domésticos. Desse modo, o ser humano que consome essa água, seja de modo primário/direto ou secundário - através de plantações próximas ou animais de pastagem ou pesca, poderá apresentar problemas de saúde (Ministério da Saúde,2006).

A presença de CT e *E. Coli* foi detectada ao longo de todo o monitoramento, apesar do volume de precipitação. Desse modo, o consumo dessa água ocasiona potenciais riscos à saúde, como também prejudica a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis (FUNASA, 2013).

Cabe salientar que durante as coletas de água, constatou-se um forte odor nas amostras analisadas, o que pode corroborar com a presença de degradação de matéria orgânica, a qual pode advir de lançamentos constantes de despejos domésticos no riacho. Na Figura 31, nota-se a presença de algas (seres autotrofos) na superfície, o que pode indicar a ocorrência de processo de eutrofização do corpo hídrico analisado.

Figura 4 - Aspecto do riacho no início das coletas.



Fonte: Autor (2022).

Assim como no estudo de Correia (2022) no Riacho Araibu (mesmo corpo hídrico analisado), também devido a escassez de chuvas, a concentração de coliformes foi positiva. Contudo, agora em um estudo no período com chuvas, ainda foi possível constatar resultado positivo para coliforme totais e *E. coli*, indicando a presença de fontes de despejo de efluentes domésticos que não foram diluídos com o aumento das águas pluviais.

A presença destes parâmetros em lugares aquáticos pode-se relacionar a existência de rebanho caprino e bovino, densa vegetação e residências à margem que fazem o despejo de efluentes domésticos no corpo hídrico e ainda o carreamento de matéria orgânica, sedimentos e microrganismos, devido ação das águas pluviais.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas doces superficiais de classe 4, o odor e o aspecto devem ser não objetáveis. Fator que pode estar relacionado a presença das bactérias e algas que podem gerar espumas, em concordância com a Figura 33. A Portaria GM/MS nº 888/2021, a qual controla a vigilância da qualidade da água para consumo humano, define que em amostras de 100 mL deve ter ausência de coliformes termotolerantes e *E. Coli*, assim como a Resolução CONAMA nº 396/2008 para águas subterrâneas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusão

Os objetivos de investigar a qualidade da água e o efeito da sazonalidade juntamente com as ações antrópicas dos dois corpos hídricos foram alcançados, e os resultados forneceram informações para avaliar as condições e os potenciais riscos associados ao estado e o consumo da água. Mediante a interpretação desses índices, foi possível fazer comparações com os valores presentes na literatura relacionada ao tema e diretrizes regulamentadoras do Ministério da Saúde do Brasil. O que pode ser observado, quanto à classificação de qualidade das águas, a água do manancial superficial se enquadra na classe IV, considerando um rio morto que pode trazer riscos a saúde humana e esse trecho serviria apenas para navegação e harmonia paisagística, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05. O manancial subterrâneo não apresentou enquadramento definido diante da Resolução CONAMA nº 396/08.

Ao longo do estudo pôde-se averiguar que os resultados apontaram interferência de fontes de poluição difusa por ações antrópicas em cada manancial. Tendo em vista os parâmetros físico-químicos como o de condutividade elétrica, STD e cloretos, os quais apresentavam valores acima dos que são permitidos, indicando um ambiente poluído devido influências antrópicas, como o despejo de efluentes. Já os parâmetros de resíduo total, alcalinidade, dureza total e turbidez não são grandes indicadores de contaminação, mas também apresentaram valores dentro da normalidade dos corpos hídricos.

Os indicadores da qualidade microbiológica da água constataram a presença constante de coliformes totais e *E. coli* em todas as amostras coletadas. Esses microrganismos indicam possíveis contaminações de esgotos domésticos, contaminação fecal, além de bactérias, vírus e protozoários patogênicos que causam doenças de veiculação hídrica.

O estudo da influência da sazonalidade em águas superficiais e subterrâneas revelou que a maioria dos parâmetros possuíram variabilidade sazonal e influenciou positivamente na concentração das amostras, fazendo com que suas qualidades fossem preservadas. A avaliação desse efeito permite constatar o quanto a qualidade das águas são afetadas durante o período de estiagem e ainda a interferência humana. Variáveis como condutividade elétrica, STD, resíduo total, turbidez, cloretos e dureza total tiveram redução de suas concentrações no corpo d'água superficial, em razão do volume precipitado na quadra chuvosa.

Desse modo, as águas superficiais e subterrâneas do Riacho Araibu encontram-se com suas qualidades degradadas, não apresentando condições potáveis para consumo humano. Seu uso não é aconselho até que medidas corretivas sejam tomadas para mitigar a poluição, como

o tratamento adequado para atender os padrões para consumo humano e potabilidade conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021. Também não é seguro fazer uso para irrigação, banho, dessedentação animal e até consumo de pescado, por conta da possível contração de doenças e infecções. Orienta-se o uso restrito para navegação, em razão da sua qualidade.

Enfatizando o aumento da vazão do riacho no período chuvoso, verificou-se a chegada dessa água em regiões com escassez de recursos hídricos. Porém, pode-se inferir que a poluição da água está sendo espalhada ao longo do seu curso natural, o que pode causar surtos epidemiológicos nas regiões.

Por fim, torna-se evidente a necessidade de adoção de estratégias por parte do poder público para mitigar a contaminação das águas estudadas. Além de demarcar áreas de recuperação e preservação desses locais. Assim como, a conscientização da população, especialmente ao entorno, sobre sua preservação e limitação de uso, devido sua contaminação, e o enfoque em não depositarem lixos, nem lançarem efluentes nas margens do manancial.

Após o devido tratamento da água, recomenda-se manter ações preventivas e de monitoramento para evitar novas fontes de contaminações, visando garantir uma água de qualidade para o projeto de perenização do Riacho Araibu, assim como o desenvolvimento da região.

5.2 Sugestão para trabalhos futuros

- Analisar a dimensão da poluição do corpo hídrico, coletando amostras mais distantes dos pontos analisados;
- Analisar o quanto a poluição da água afetou as plantações em torno do corpo hídrico;
- Realizar um teste de tratamento para definir a forma mais eficiente de tratamento para as águas dos mananciais estudados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, 2021**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/quantitativo-quali>. Acesso em: 05 mar. 2023

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, 2020**. Brasília, DF, 2020a. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 05 mar. 2023

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **INDICADORES DE QUALIDADE - ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA), 2023**. Brasília, DF, 2020a. Disponível em: < http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx#_ftn9>. Acesso em: 06, mar. 2023

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Unidade 2: qualidade de água em reservatório**. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Qualidade de água em reservatórios, 2020**. Disponível em: http://dspace.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2205/2/Unidade_2.pdf. Acesso em: 06mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Unidade 3: variáveis e parâmetros de qualidade de água em rios e reservatórios**. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Monitoramento da qualidade da água em rios e reservatórios. 2013b**. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/2227/3/Unidade_3.pdf. Acesso em: 06 mar. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT NBR 10664: Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ALMEIDA, Jaqueline Colvara de. **Avaliação do índice de qualidade da água na Lagoa dos Patos**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

ARAÚJO, M. C.; OLIVEIRA, M. B. M. **Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil**. Rev. Ambient. Água, vol. 8. IPABH. Taubaté, 2013.

BARRELL, R.; BENTON, C.; BOYD, P. CARTWRIGHT, R.; CHADA, C.; COLBOURNE, J.; COLE, S.; COLLEY, A.; DRURY, D.; GODFREE, A.; HUNTER, P.; LEE, J.; MACHRAY, P.; NICHOLS, G.; SARTORY, D.; SELLWOOD, J.; WATKINS, J. **The microbiology of drinking water: water quality and public health. Methods for the Examination of Waters and Associated Materials**. Environment Agency, 2002. Part 1

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água

e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004**. Dispõe sobre procedimentos e responsabilidades relativos à prestação dos serviços públicos de abastecimento de água, sobre a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília-DF, 2006

Brasil. Ministério da Saúde. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. Brasília-DF, 2011.

BRASIL. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)**. RESOLUÇÃO do Conama Nº 01 de 23 de Janeiro de 1986.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. p. 318.

BRAGA, Erika de Almeida Sampaio et al. **Classificação da água subterrânea com base nos sólidos totais dissolvidos estimado**. Águas Subterrâneas, v. 35, n. 2, 2021.

CALDAS, Anildo Monteiro. **Morfometria, aspectos de qualidade físico-química e microbiológica da água e ações antrópicas em bacia hidrográfica na região de Mata Atlântica, Brasil**. Research, Society and Development, v. 10, n. 5, p. e12210514656-e12210514656, 2021.

CAR/BA. **Parâmetros do processo de osmose inversa e de qualidade da água em sistemas de dessalinização, 2019**. Disponível em: <http://www.car.ba.gov.br/sites/default/files/2019-07/Anexo_3_Manutencao_C.pdf>. Acesso em: 11, mar. 2023.

COLOMBO, José Carlos. Determinação da alcalinidade em águas. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Curitiba—Departamento de química e Biologia**. V. 20, 2013.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (São Paulo). **Coliformes totais, coliformes termotolerantes e Escherichia coli - Determinação pela técnica de tubos múltiplos**. Norma Técnica L5.202.

CORREIA, Bianca D. S. **Monitoramento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos do riacho Araibu no município de Russas-CE**. Trabalho de Conclusão (Graduação de Engenharia civil). Universidade Federal do Ceará. Russas, p. 67, 2022.

COSTA, C. L.; LIMA, R. F.; PAIXÃO, G. C.; PANTOJA, L., D., M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do Estado do Ceará, Bra-sil. Semana: Ciências Biológicas e

da Saúde, Londrina, v.33, n. 2, p. 171-180, jul/dez. 2012

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. Porto Alegre: ABRH, 2013.

COUTO, José L. V. **Limnologia: parâmetros físicos – Turbidez**. UFRRJ, 2004. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/turb.htm>>. Acesso em: 11, mar. 2023.

CRUZ, Fernando. **A importância da análise de cloretos na água**. AKTRON. Rio de Janeiro: Artigo, set, 1 2022. Disponível em: <https://baktron.com.br/a-importancia-da-analise-de-cloretos-na-agua/>. Acesso em: 12, mar. 2023.

CUNHA DA SILVA, Adriana Maria; CASÉ, Maristela; VIEIRA LOPES, Denise. **QUALIDADE DA ÁGUA COMO REFLEXO DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE, BRASIL**. Geosul, v. 34, n. 72, 2019.

DE MEDEIROS, Cleyber Nascimento. Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades. Fortaleza: IPECE, 2011. 268 p.

DECKER, Anderson *et al.* **Análise ambiental e qualidade da água da lagoa dos patos nas proximidades de uma tradicional comunidade de pescadores**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, n. 2, p. 105-123, 2018.

ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L., FERREIRA, E. R.; STROHSCHOEN, E.; DEMAMAN, L. C. **Mapeamento e avaliação da potabilidade subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil**. Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2008

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998

Erosão do solo: saiba como combater essa ameaça à produção agrícola. **Terra Magna**, 2023. Disponível em: <<https://terramagna.com.br/blog/erosao-do-solo/#:~:text=Um%20ponto%20de%20aten%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9,favorecendo%20o%20trabalho%20das%20%C3%A1guas.>> Acesso em: 11, mar 2023.

FREITAS, Ellen. Riacho Araibu está poluído. **Diário do Nordeste**. Russas, 3 de Novembro de 2012. Disponível em: <<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/riacho-araibu-em-russas-esta-poluido-1.692312>>. Acesso em: 11, mar. 2023.

FERNANDES, K. C. B. **Deteção e quantificação de contaminação fecal hospedeiro-específico em águas destinadas ao abastecimento público**. Dissertação (Pós-Graduação em Vigilância sanitária) - Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, p. 138, 2015.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). **Manual de Controle da Qualidade da**

Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. 1. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). **Manual Prático de Análise de Água.** 4.ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Calendário de chuvas.** Russas, 2022. Disponível em: <<http://www.funceme.br/app-calendarario/mensal/municipios/maxima/2022>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Volume observado de chuvas.** Russas, 2022. Disponível em: <<http://www.funceme.br/app-calendarario/mes/municipios/media/2022/1>>. Acesso em: 17, mar. 2023.

GARCEZ, L. N. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltadas para análises de águas e esgotos sanitários.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Laboratório de Saneamento. 2004.

GEMANE, Adrimauro. **Primeira infância e saneamento básico têm a ver com o futuro das crianças?** DAPIBGE, 2022. Disponível em: <<https://dapibge.org.br/primeira-infancia-e-saneamento-basico-tem-a-ver-com-o-futuro-das-criancas/>>. Acesso em: 11, mar. 2023.

Gerenciamento de Planejamento e Acompanhamento de Empreendimentos (Gplae). CAGECE, NOSSA HISTÓRIA, Disponível em: <[História - Portal Cagece](#)>. Acesso em: 27, mar. 2023.

GOMES, Francisco Bruno Monte; DE PAULA, Davis Pereira. **Os efeitos da sazonalidade climática e da urbanização na qualidade das águas do Rio Acaraú em Sobral (CE).** Revista Caminhos de Geografia, v. 20, p. 421-436, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada de 2021.** Russas: IBGE, 2023. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/russas/panorama>>. Acesso em: 13 mar. 2023.

LEMOS, Marcírio de; FERREIRA NETO, Miguel; DIAS, Nildo da S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 155-164, 2010.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: Editora Átomo, 3º ed, 2010.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamento de Qualidade e Tratamento de Água.** 2. ed. Campinas, SP: Átomo, 2008.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: EditoraÁtomo, 2005.

LIMA, A.; SANTOS, F. **Análise das propriedades físico-químicas e de metais potencialmente tóxicos na água do Rio Claro, próximo à cidade de Jataí–GO.** Revista Ciências Exatas e Naturais, Vol.14, nº 2, 2013.

MATTHIENSEN, Alexandre; Klock, Adriana L.S.; Bedendo, Gizelle C.; Martini, Rosemari. **Monitoramento e diagnóstico de qualidade de água superficial**. Florianópolis - SC: Projeto Tecnologias Sociais para Gestão da Água (TSGA), 2014.

MONTOVANI, Camila Pereira. **Condutividade elétrica e cloretos como indicador da qualidade de água**. 2021. Tese de Doutorado. [sn].

Muniz, Silas. **O que é pH?**. SINAPSE, 18 de mar. 2018. Disponível em: <<https://emsinapse.wordpress.com/2018/03/18/o-que-e-ph/#comments>>. Acesso em: 15, mar. 2023.

OLIVEIRA, Brunna Stefanny Sangel de; CUNHA, Alan Cavalcanti da. **Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá**. Revista Ambiente & Água, v. 9, p. 261-275, 2014.

PEACOCK, Chris. **What are the main indicators of water quality?** AQUAREAD. Blog: 23, oct. 2017. Disponível em: <<https://www.aquaread.com/blog/what-are-the-main-indicators-of-water-quality/>>. Acesso em: 10, abr. 2023.

Projeto MapBiomias – **Mapeamento da superfície de água no Brasil (Coleção 1)**. Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/MapBiomias_A%CC%81gua_Agosto_2021_22082021_OK_v2.pdf>. Acesso em: 10, abr. 2023

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. **Caracterização de Parâmetros de Qualidade da Água na Área portuária de Barcarena, PA, Brasil**. Revista Ambiente & Água, v. 12, n. 3, p. 435-456, mai/jun. 2017. PIRES, Luís C. M.; VAITSMAN, Delmo S. DUTRA, Paulo B. **Diagnóstico químico da qualidade das águas superficiais do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e entorno**. Ciência Conservação na Serra dos Órgãos, 2007.

PIVELI, Roque Passos. Curso: “Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos”. **Aula 6 – Características químicas das águas: pH, acidez, alcalinidade e dureza**. Documento de apoio a disciplina Saneamento Ambiental, lecionada na Escola Politécnica da USP, 2005. Disponível em: <http://www.pha.poli.usp.br/default.aspx?id=36&link_uc=disciplina>. Acesso em: 11, abr. 2023.

Sólidos (totais e dissolvidos). **Hach**, 2023. Disponível em: <<https://pt.hach.com/parameters/solids>>. Acesso em: 08 de abril de 2023.

SOARES, Elisa. M.; FERREIRA, Rafael. L. **Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil**. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade. Volume 13, Nº 6. Curitiba - PR, 2017.

SANTOS, Raimundo E. S. **Qualidade das águas**. Programa de pós graduação em recursos hídricos (PPRH): Notas de aulas. UFPA, 2015

SANTOS, Renata Souza. **SAÚDE E QUALIDADE DA ÁGUA: ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUA SUBTERRÂNEAS**. Revista

contexto & saúde, v. 13, n. 24-25, p. 46-53, 2013.

SABESP. **Qualidade da água tratada: turbidez.** 2023. Disponível em:

<<https://www.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=40>>. Acesso em: 15, abr2023.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA).** Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003

SILVA, Régia Simony Braz Da *et al.* Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. Revista Ambiente & Água, v. 13, 2018.

Sólidos (totais e dissolvidos). **HACH.** Disponível em:

<<https://pt.hach.com/parameters/solids>>. Acesso: 17, abr. 2023.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **A Água.** ed: Scienza. São Carlos, 130 p., 2020.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **Limnologia.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará.** Fortaleza: Biblioteca Universitária, 86p., 2022.

Comissão de Normalização. – Fortaleza, 2022.

URATA, Stephanie Luana *et al.* **Influências antrópicas e precipitação na qualidade microbiológica da água.** In: XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. 2021.

VAITSMAN, D. S.; VAITSMAN, M. S. **Água mineral.** Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2005

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 1996.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte (MG): Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG). v. 7. 2007

Weather Spark. **Clima e condições meteorológicas médias em Russas no ano todo.**

Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31220/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Russas-Brasil-durante-o-ano>> Acesso em: 15 mar. 2023.