



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

**CAMPUS RUSSAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

BIANCA DE SOUZA CORREIA

**MONITORAMENTO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E
MICROBIOLÓGICOS DO RIACHO ARAIBU NO MUNICÍPIO DE RUSSAS-CE**

**RUSSAS - CE
2022**

BIANCA DE SOUZA CORREIA

**MONITORAMENTO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E
MICROBIOLÓGICOS DO RIACHO ARAIBU NO MUNICÍPIO DE RUSSAS-CE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Ms. Daniela Lima Machado
da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

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

C847m Correia, Bianca de Souza.

Monitoramento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos do riacho Araibu no município de Russas – CE / Bianca de Souza Correia. – 2022.

56 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia Civil, Russas, 2022.

Orientação: Prof. Me. Daniela Lima Machado da Silva.

1. Qualidade da água. 2. Análises laboratoriais. 3. Padrões de potabilidade. 4. Semiárido brasileiro. I. Título.

CDD 620

BIANCA DE SOUZA CORREIA

**MONITORAMENTO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E
MICROBIOLÓGICOS DO RIACHO ARAIBU NO MUNICÍPIO DE RUSSAS-CE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: __/__/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Ms. Daniela Lima Machado da Silva - Orientadora
Universidade Federal do Ceará - Campus Russas

Prof^a. Dr. Fernanda Leite Lobo - Examinadora Interna
Universidade Federal do Ceará - Campus Pici

Ms. Amanda Paiva Farias - Examinadora Externa
Universidade Federal de Campina Grande

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho sela o fim de uma etapa em minha vida, que vai além de somente um título acadêmico, pois a jornada dessa graduação rendeu a mim muito conhecimento na área da engenharia, mas também, grande aprendizado e evolução pessoal.

Agradeço a minha família, à minha avó materna, que até o último dia de sua vida ofereceu o suporte que lhe era possível, às minhas tias e ao meu pai que me deram apoio e torceram por mim.

Tenho grandes razões para ser grata à minha mãe, pois nela encontrei segurança e apoio. Seu estímulo, dedicação e confiança em mim foi de grande importância para que eu tivesse chegado até aqui. Apesar dos momentos complicados nunca conjecturou que eu viesse a desistir.

Agradeço ao meu grande amigo, Robert, que durante esse período foi uma pessoa muito importante em minha vida, pois me ajudou me dando apoio e sendo alicerce nos dias maus e se alegrando com minhas vitórias. Sou grata por acreditar em mim e na minha capacidade.

Sou grata aos meus colegas de formação e amigos, Wéllida, João Vítor e Renan, que foram minha família durante esses anos, vivi momentos muito felizes estando na companhia deles. Vocês tornaram esse processo mais leve e alegre. E me alegro pelas suas conquistas e sucesso.

À Patrícia, técnica do laboratório de Saneamento do campus Russas, por todo auxílio prestado durante a realização das análises.

Agradeço à minha orientadora Prof^a. Ms. Daniela Lima Machado da Silva por todos os conhecimentos repassados e por toda ajuda dada nesse ciclo. Expresso minha admiração como profissional e como pessoa.

A todos os colegas, professores e amigos, que de alguma forma colaboraram na minha formação.

E acima de tudo, agradeço a Deus, por ter me abençoado com essa oportunidade e por ter sido meu fundamento e consolo. Ele foi a chave para que eu chegasse até aqui, por tudo é por Ele e para Ele.

RESUMO

A água é um insumo essencial à vida, considerando o fato de que está relacionado à saúde, pois a disponibilidade de água com qualidade para o consumo dificulta a disseminação e contágio de certas doenças. Além do consumo direto feito pela população, a água é empregada nos setores de irrigação e industrial. Ademais, ela é necessária para o uso não consuntivo, discriminado pela pesca, lazer e navegação. Tendo em vista que o Riacho Araibu está distribuído na extensão urbana do município de Russas-CE, sendo de grande relevância para atividades agrícolas e de pecuária da região, e em situações de cheias, este torna-se afluente do Rio Jaguaribe. Em razão disso, o presente trabalho tem por propósito, averiguar parâmetros físico-químicos e microbiológicos do Riacho Araibu. As coletas para as análises foram feitas entre os meses de agosto e dezembro, de forma foram realizadas, ao total, a coleta de 15 amostras, para um único ponto, distribuídas nos cinco meses. Os parâmetros analisados foram pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, alcalinidade, cloretos, resíduo total e dureza total, e indicativos de possível presença de coliformes totais e *Escherichia Coli*. Ao final deste estudo demonstraram que, durante o período da pesquisa, houve um aumento gradativo e evidente das concentrações e taxas de todos os parâmetros físico-químicos analisados e resultados positivos para os testes microbiológicos na totalidade nas análises, justificado pelo baixo nível pluviométrico, alto índice de evapotranspiração da região e considerável despejo doméstico no riacho. Dentre todos os parâmetros físico-químicos, apenas o pH apresentou valores aceitáveis, contudo, somente nos dois primeiros meses, aos demais, os resultados ultrapassaram os limites definidos pela Resolução CONAMA N° 357, de 2005 e pela Portaria n° 5 de 2017 do MS (Ministério da Saúde), considerando que a água do Rio Araibu é inadequada para qualquer tipo de uso.

Palavras-chave: qualidade da água; análises laboratoriais; padrões de potabilidade; semiárido brasileiro.

ABSTRACT

Water is an essential input for life, considering the fact that it is related to health, since the availability of quality water for consumption hinders the spread and contagion of diseases. Besides the direct consumption by the population, water is used in the irrigation and industrial sectors. Furthermore, it is necessary for non-consumptive use, such as fishing, leisure, and navigation. Considering that the Araibu Creek is distributed in the urban extension of the municipality of Russas-CE, it is of great relevance for agricultural and livestock activities in the region, and in flood situations, it becomes a tributary of the Jaguaribe River. Therefore, the present work aims to investigate physical-chemical and microbiological parameters of the Araibu Creek. The collections for the analyses were made between the months of August and December, so a total of 15 samples were collected for a single point, distributed over the five months. The parameters analyzed were pH, conductivity, total dissolved solids, turbidity, alkalinity, chlorides, total residue and total hardness, and indicative of the possible presence of total coliforms and *Escherichia Coli*. At the end of this study they demonstrated that, during the research period, there was a gradual and evident increase in the concentrations and rates of all the physical-chemical parameters analyzed and positive results for the microbiological tests in the totality in the analyses, justified by the low rainfall level, high evapotranspiration rate of the region and considerable domestic dumping in the creek. Among all the physical-chemical parameters, only pH showed acceptable values, however, only in the first two months, to the others, the results exceeded the limits defined by CONAMA Resolution No. 357 of 2005 and Ordinance No. 5 of 2017 of the MS (Ministério da Saúde), considering that the water of Araibu River is unsuitable for any type of use.

Keywords: water quality; laboratory analysis; potability standards; brazilian semiarid.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Setores da economia que utilizam água..... | 17 |
| Figura 2: Regiões hidrográficas..... | 18 |
| Figura 3: Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental..... | 18 |
| Figura 4: Escala IQA..... | 24 |
| Figura 5: Município de Russas..... | 30 |
| Figura 6: Projeção do Riacho Araibu..... | 31 |
| Figura 7: Ponto de coleta..... | 32 |
| Figura 8: Riacho Araibu..... | 33 |
| Figura 9: Coleta para análise microbiológica..... | 34 |
| Figura 10: Calendário de chuvas..... | 35 |
| Figura 11: pHmetro de bancada..... | 36 |
| Figura 12: Condutivímetro..... | 36 |
| Figura 13: Turbidímetro..... | 37 |
| Figura 14: Agitador..... | 37 |
| Figura 15: Cromato de potássio..... | 38 |
| Figura 16: Mudança de coloração com a adição de K_2CrO_4 | 38 |
| Figura 17: Proporção de diluição..... | 39 |
| Figura 18: Estufa..... | 39 |
| Figura 19: Pesagem de amostra..... | 40 |
| Figura 20: Amostra após titulação com EDTA..... | 40 |
| Figura 21: Sachê de Colitest..... | 41 |
| Figura 22: Resultado positivo para CT e <i>E-coli</i> | 42 |

| | |
|--|----|
| Figura 23: Resultados médios do pH..... | 42 |
| Figura 24: Resultados médios da condutividade..... | 43 |
| Figura 25: Resultados médios de STD..... | 44 |
| Figura 26: Resultados médios de turbidez..... | 45 |
| Figura 27: Resultados médios de alcalinidade..... | 47 |
| Figura 28: Resultados médios de cloretos..... | 48 |
| Figura 29: Resultados médios de resíduo total..... | 49 |
| Figura 30: Resultados médios de dureza total..... | 50 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Setores dos tipos de uso da água..... | 16 |
| Quadro 2: Classificação das águas..... | 19 |
| Quadro 3: Doenças bacterianas e virais..... | 22 |
| Quadro 4: Datas e horários de coletas..... | 33 |
| Quadro 5: Resultados para testes microbiológicos..... | 51 |

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional da Água

COGERH - Companhia de gestão dos recursos hídrico

CONAMA - Conselho nacional de meio ambiente

CT - Coliformes totais

ETA – Estação de tratamento de água

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MS – Ministério da Saúde

uT – Unidade de Turbidez

STD - Sólidos totais dissolvidos

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 15 |
| 1.1.1 Objetivo geral..... | 15 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 15 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 16 |
| 2.1 USO DA ÁGUA..... | 16 |
| 2.2 Legislação..... | 19 |
| 2.3 QUALIDADE DA ÁGUA..... | 21 |
| 2.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS..... | 24 |
| 2.4.1 Potencial hidrogeniônico..... | 24 |
| 2.4.2 Condutividade..... | 25 |
| 2.4.3 Sólidos totais dissolvidos..... | 26 |
| 2.5.4 Turbidez..... | 26 |
| 2.4.5 Alcalinidade..... | 27 |
| 2.4.6 Cloretos..... | 27 |
| 2.4.7 Resíduo total..... | 28 |
| 2.4.8 Dureza total..... | 28 |
| 2.5 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS..... | 29 |
| 2.5.1 Coliformes totais..... | 29 |
| 2.5.2 Escherichia Coli..... | 29 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 30 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO..... | 30 |
| 3.2 PROCESSO DE AMOSTRAGEM..... | 32 |
| 3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS..... | 35 |
| 3.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS..... | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 4 RESULTADO E DISCUSSÕES..... | 42 |
| 4.1 pH..... | 42 |
| 4.2 CONDUTIVIDADE..... | 44 |
| 4.3 STD..... | 45 |
| 4.4 TURBIDEZ..... | 46 |
| 4.5 ALCALINIDADE..... | 47 |
| 4.6 CLORETOS..... | 48 |
| 4.7 RESÍDUO TOTAL..... | 49 |
| 4.8 DUREZA TOTAL..... | 49 |
| 4.9 COLIFORMES TOTAIS E <i>E-COLI</i>..... | 50 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 52 |
| REFERÊNCIAS..... | 53 |

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água é uma substância vital para qualquer ser vivo, ademais o seu uso é empregado cada vez mais no setor econômico, desde irrigação em plantios ao próprio uso em processos industriais. A respeito do uso da água, existe uma preocupação relacionada à sua qualidade, pois as condições sanitárias são atingidas partindo do princípio de que certos parâmetros estejam dentro dos limites recomendados, sendo a mais criteriosa a qualidade do uso doméstico, pois exige grau de potabilidade da água.

Fatores como o despejo doméstico e industrial irregular, e erosão de rochas são fatores agravantes que interferem na qualidade da água *in natura*, e como consequência, afeta a vida aquática e pode disseminar doenças à população devido à sua contaminação. Não somente isso, mas, baixos índices pluviométricos desencadeiam escassez de água, reduzindo o padrão de qualidade da mesma (CANOBEL, 2009).

Com base nisso, para que a água seja consumida de maneira segura é necessário que ela passe por uma Estação de Tratamento de Água (ETA), no intuito de enquadrá-la nos padrões de potabilidade descritos pela Portaria nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde (MS). No Brasil, o tratamento mais aplicado é o convencional que segue as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação, que podem variar de acordo com a água bruta e os períodos de chuva ou estiagem (SOUSA, 2021).

O Riacho Araibu é um afluente do Rio Jaguaribe e se projeta por vários municípios do baixo Jaguaribe, dentre eles Russas, Jaguaruana e Itaiçaba. O trecho do riacho que se localiza em Russas está situado no centro da cidade, sendo importante para os setores de agricultura e pecuária da região. Com essa visão, é de suma importância monitorar as águas de abastecimento e os corpos hídricos, a fim de assegurar que essas estão dentro do esperado em termo de qualidade para a sua utilização e em caso não estejam, gerar um alerta ao uso inadequado e recorrer a tratamentos para reverter a condição de tal modo que não gere qualquer risco à saúde da população (FREITAS, 2002)

Assim, o presente trabalho tem por intuito fazer um levantamento acerca da qualidade da água no trecho do Riacho Araibu localizado no município de Russas - CE, referente ao pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, alcalinidade, cloretos, resíduo total e dureza total, e indicativos de possível presença de coliformes totais e *Escherichia Coli*.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Análise da qualidade da água do Riacho Araibu no município de Russas - CE, por meio de monitoramento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade da água por meio de parâmetros físicos-químicos referente ao pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, alcalinidade, cloretos, resíduo total e dureza total do Riacho Araibu, de modo a investigar possíveis fontes de contaminação orgânica e/ou inorgânica.
- Analisar os parâmetros microbiológicos a respeito da presença de coliformes totais e de *Escherichia Coli* no Riacho Araibu para investigar possível fonte de poluição de origem fecal.
- Relacionar os resultados obtidos com as faixas de padrão estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357, de 2005 e pela Portaria n° 5 de 2017 do MS (Ministério da Saúde) para realizar o enquadramento da classe de uso dada a condição da água do riacho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 USO DA ÁGUA

Desde os mais primórdios, as civilizações em sua maioria, foram construídas e desenvolvidas em localidades que apresentassem reservas hídricas em suas proximidades, pois a água, em todo o processo de surgimento e progresso de uma população, é considerada como elemento imprescindível, essencialmente nas áreas que possuem baixos índices de precipitação (VASCONCELOS et al., 2020). Ademais, a sua utilidade torna-se cada vez mais presente no contexto atual, já que a água é fundamental para a vitalidade do ser humano e revela-se um recurso fundamental para a economia, já que a produção agrícola, pecuária e industrial requerem e dependem da sua aplicação.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) classifica o uso da água condicionando ao consumo direto ou indireto da água, sendo, respectivamente, discriminado em consuntivo e não consuntivo, detalhado no quadro abaixo. Em termos de uso consuntivo, sua quantidade apresenta crescimento contínuo, estimando um incremento de mais de 40% (ANA, 2021), justificado pela tendência de acréscimo na demanda com ênfase no setor de irrigação.

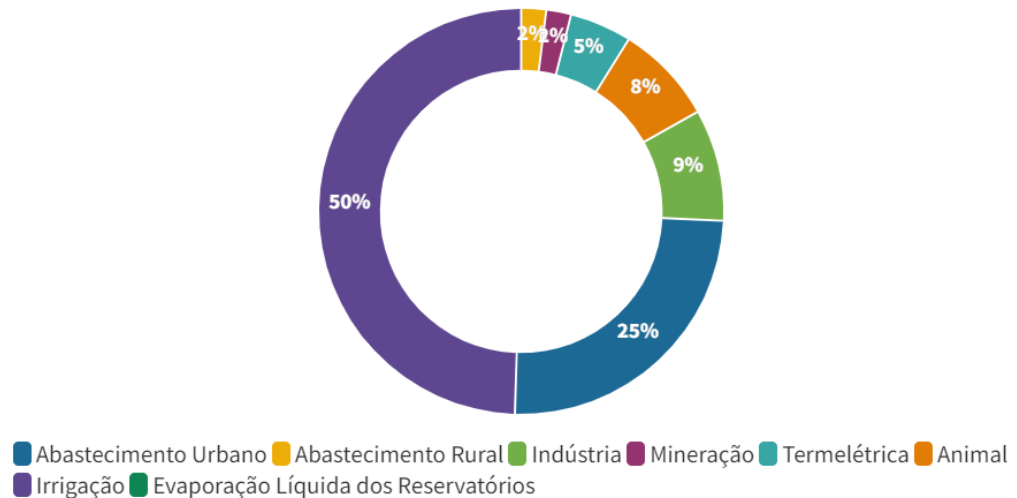
Quadro 1: Setores dos tipos de uso da água.

| Uso | Setores |
|-----------------------|--|
| Consuntivo | Irrigação, abastecimento humano (urbano e rural), abastecimento dos rebanhos, indústria, geração termelétrica e mineração. |
| Não consuntivo | Navegação, pesca, recreação, turismo e lazer |

Fonte: Adaptado. Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Nesse contexto, os setores que utilizam a água de modo direto, apresentam predominância em termos de volume de retirada, sendo que 50% estão relacionados à irrigação, e um quarto do volume total anual de retirada é direcionado ao abastecimento urbano, como representado na figura abaixo.

Figura 1: Setores da economia que utilizam água.



Fonte: Google Imagens (2021); IBGE (2010).

De toda a reserva de água doce mundial, o Brasil detém uma taxa aproximada de 11%, dissipada em doze regiões hidrográficas, dispostas na figura 1, as quais foram convencionadas na resolução nº 32 de 2003 pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Cerca de 80% da água doce do país está detida na bacia do Rio Amazonas, cujos consumo e habitantes da região são expressivamente inferiores às demais regiões brasileiras (SOUSA, 2021).

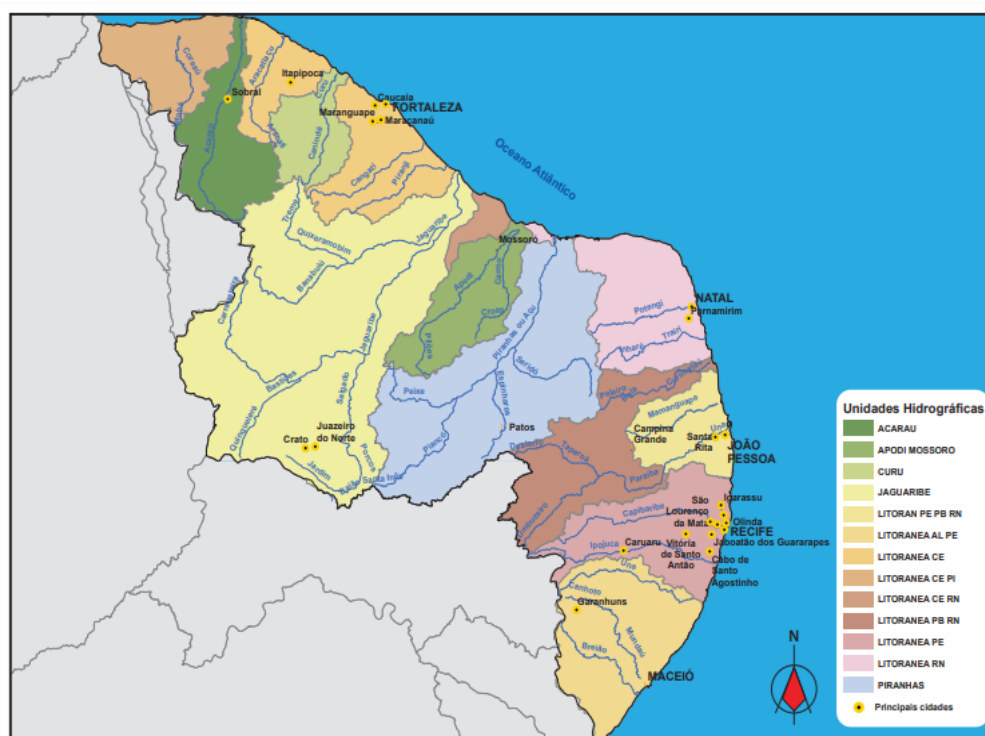
O estado do Ceará está disposto na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental (Figura 3), cuja disponibilidade hídrica é a mais baixa dentre as demais regiões, devido à sua localização geográfica, estando ela disposta na região semiárida do Brasil, contexto que implica a elevadas temperaturas durante o ano, longos períodos de estiagem e elevados teores de evapotranspiração.

Figura 2: Regiões hidrográficas.



Fonte: Atlas Esgoto - despoluição de bacias hidrográficas. ANA, 2017.

Figura 3: Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental.



Fonte: Conjuntura dos Recursos Hídricos, 2017.

2.2 Legislação

A Resolução CONAMA N° 357, de 2005, configura o enquadramento classificatório dos corpos d'água, partindo da taxa de salinidade presente no manancial, definindo-a como águas doces, salobras ou salinas, e dispondo, também, de suas classes e destinações, evidenciado no Quadro 2.

Quadro 2: Classificação das águas.

| Tipo de água | Classe | Uso preponderante |
|--------------|-----------------|--|
| Águas doces | Classe especial | Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral. |
| | Classe 1 | Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. |
| | Classe 2 | Destinadas ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação e contato primário (natação, mergulho etc.) conforme resolução do CONAMA nº274 de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins; à aquicultura e a pesca |

| | | |
|-----------------------|------------------------|---|
| | Classe 3 | Destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário e dessedentação de animais. |
| | Classe 4 | Destinada a navegação e harmonia paisagística. |
| Águas salobras | Classe especial | Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. |
| | Classe 1 | Recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000, proteção das comunidades aquáticas, aquicultura e atividade de pesca, abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado e irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto. que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. |
| | Classe 2 | Pesca amadora e recreação de contato secundário. |
| | Classe 3 | Navegação e harmonia paisagística |
| Águas salinas | Classe especial | Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas. |
| | Classe 1 | Recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000, proteção das comunidades |

| | | |
|--|-----------------|--|
| | | aquáticas e aquicultura e atividade de pesca. |
| | Classe 2 | Pesca amadora e recreação de contato secundário. |
| | Classe 3 | Navegação e harmonia paisagística |

Fonte: Adaptado. Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Ademais, o Ministério da Saúde através da Portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, em substituição a Portaria nº 2.914/11, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água e seu padrão de potabilidade aplicada à água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água, com a finalidade de assegurar o consumo da água com padrões aceitáveis.

2.3 QUALIDADE DA ÁGUA

No Brasil, de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a água é utilizada sobretudo para irrigação, abastecimento, fins industriais, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer. Sendo que, cada uso dispõe de particularidades referentes à qualidade da água, sendo resposta pela influência proveniente das condições naturais, dada a infiltração e escoamento superficial característico, quanto pelas ações antrópicas e o uso e ocupação do solo ao entorno da bacia hidrográfica.

Nesse contexto, para cada utilidade, a qual a água será empregada, são prescritos os padrões aceitáveis referentes aos parâmetros que definem a qualidade da água para cada classe de uso, tendo em vista a garantia de, no caso do uso doméstico, condições sanitárias. A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 prevê três classificações do tipo de corpo hídrico, subdividindo-os em classes de uso, tendo em vista que, para cada uma dessas classes, a resolução adverte limites de cada parâmetro, especificando os padrões de vigilância.

A respeito da vistoria da qualidade das águas, a ANA deu início ao Programa

Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) que se propõe a explicar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, orientando na elaboração de políticas públicas para a recuperação da qualidade de corpos hídricos, contribuindo assim com a gestão sustentável deste recurso.

Apesar da existência desses padrões, a utilização de corpos hídricos tanto para uso pessoal, quanto para econômico no âmbito da pesca, não se restringe a tais limites, o que se gera, em grande escala, a disseminação de variantes virais principalmente quando nos referimos à água de mananciais destinados ao consumo humano, uma vez que sua contaminação por micro-organismos patógenos de origem animal ou humana, pode torná-la um transmissor de agentes causadores de doenças infecciosas e parasitárias (Quadro 3).

Quadro 3: Doenças bacterianas e virais.

| Doenças | Agentes patogênicos |
|--|---|
| <p>Origem bacteriana</p> <p>Febre tifóide e paratifóide; Disenteria bacilar ; Cólera; Gastroenterites agudas e Diarreias.</p> | <p><i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi A e B</i> <i>Shigella sp</i> <i>Vibrio cholerae</i> <i>Escherichia coli enterotóxica</i> <i>Campylobacter</i> <i>Yersinia enterocolítica</i> <i>Salmonella sp</i> <i>Shigella sp</i></p> |
| <p>Origem viral</p> <p>Hepatite A e E; Poliomielite; Gastroenterites agudas e crônicas.</p> | <p>Vírus da hepatite A e E Vírus da poliomielite Vírus Norwalk Rotavirus Enterovirus Adenovirus</p> |
| <p>Origem parasitária</p> <p>Disenteria amebiana; Gastroenterites.</p> | <p><i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giárdia lâmblia</i> <i>Cryptosporidium</i></p> |

Fonte: FUNASA. Manual Prático de Análise de Água (2013).

2.3.1 Qualidade da água no semiárido cearense

Segundo o Diagnóstico dos Recursos Hídricos do Ceará, o estado lida com baixa disponibilidade hídrica, por possuir a maior parte dos rios naturalmente intermitentes, resultado da combinação de secas frequentes e por vezes plurianuais, baixos índices de precipitação e altas taxas de evaporação, condição que provoca crises em setores da economia e saúde.

O cenário hídrico cearense enfrenta, além da escassez hídrica, contaminação que se evidencia nas épocas de seca, onde se evidencia a eutrofização e salinidade, condições que degradam a qualidade das águas. Assim, tem sido papel da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) monitorar a qualidade da água acumulada nos reservatórios do Ceará.

Deve-se ressaltar que, alguns sistemas operados pela Cagece apresentam problemas de qualidade de água evidenciado devido a teores elevados de cloretos, de acordo com o Cenário Atual dos Recursos Hídricos, situação que compromete o atendimento da demanda da população que não possuem outra fonte alternativa para abastecimento.

O levantamento de dados feito pelo SOS Mata Atlântica em 2021, através do projeto Observando Rios, no objetivo de relatar o Índice de Qualidade da Água (IQA) de 130 pontos de estudo distribuídos no país, monitorando 16 parâmetros físicos, químicos e biológicos, categorizando a qualidade da água segundo o seu valor de IQA, conforme a imagem abaixo, de modo que os pontos referentes ao estado do Ceará apresentaram IQA regular e ruim.

Figura 4: Escala de IQA.



Fonte: SOS MATA ATLÂNTICA. Observando Rios (2021).

Ademais, as águas, sejam elas superficiais ou subterrâneas, da região semiárida do Brasil, apresentam excesso de concentração de sal, de alta dureza e estão supersaturadas com carbonato de cálcio (CAVALCANTI; AGOSTINHO; NASCIMENTO, 2010).

Tendo em vista a problematização do cenário hídrico do Ceará, é realizado um planejamento para execução de projetos que beneficie a qualidade de mananciais e conseqüentemente da população, como o projeto de perenização do Riacho Araibu, a fim de promover o abastecimento das comunidades ribeirinhas, elevação do lençol freático e diluição do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Russas, resultando na melhora da segurança hídrica no território russano, segundo o Caderno Regional da Sub-bacia do Rio Jaguaribe.

2.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

2.4.1 Potencial hidrogeniônico

O pH representa a indicação de acidez, neutralidade, ou alcalinidade, por intermédio da taxa de concentração de íons de hidrogênio (H^+), permeando numa faixa indicativa que varia de 0 a 14, representada em escala anti-logarítmica, de

modo que, valores acima de 7 configuram valores de pH alcalinos, e acima desses valores de pH ácidos, sendo o 7 valor que representa pH neutro (TOMÉ et al., 2013)

Esse parâmetro responde a fatores de origem natural e antropológica, através da oxidação de matéria orgânica, absorção de gases da atmosfera, fotossíntese e processo erosivo, e de despejos inadequados de resíduos domésticos e industriais, respectivamente.

A análise do potencial hidrogeniônico é significativa nas etapas de tratamento da água, como exemplo das etapas de coagulação, desinfecção, controle de corrosividade e remoção de dureza. Além disso, sua aferição caracteriza a qualidade de corpos hídricos para a vida aquática, já que valores de pH distantes da neutralidade os comprometem, assim também para o controle da operação das estações de tratamento e de distribuição, pois valores elevados de pH possibilita incrustações e valores baixos possibilitam a ocorrência de corrosão (SPERLING, 2017).

2.4.2 Condutividade

A condutividade elétrica está relacionada com a capacidade da passagem livre de corrente elétrica, resultado da presença de cátions e ânions na água de maneira direta, ou seja, quanto maior a sua concentração, maior será a condutividade aferida em análise (RIBEIRO et al., 2005).

A análise desse parâmetro permite aferir, indiretamente, a quantidade de sais presentes na água, dando como resposta a condutividade na unidade de $\mu\text{S}/\text{cm}$, e, também é importante para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram por lançamentos de resíduos industriais, domésticos, ou provenientes de mineração, apesar de não determinar, especificamente, qual íons está presente na amostra (BAGGIO et al., 2016).

Segundo Esteves (1998) a condutividade elétrica, que depende da composição de íons presente na água, também possui é dependente do volume de precipitação. Em casos de baixo índice de chuvas e predominância de rochas magmáticas, a composição da água é, geralmente, determinada por produtos de

intemperismo destas rochas. Com alta pluviosidade e predominância de rochas sedimentares, a composição iônica da água é determinada pela composição das rochas.

2.4.3 Sólidos totais dissolvidos

Este parâmetro se relaciona com soma dos teores de todos os constituintes minerais, sejam eles inorgânicos e orgânicos, dissolvidos na água, podendo ser correlacionado com o parâmetro da condutividade (MENEZES et al., 2012), pois ambos medem indiretamente a presença dos íons. No caso do Sólidos Totais Dissolvidos (SDT), o princípio o qual ele analisa a presença dos íons é expresso dada uma resposta de concentração.

Essas substâncias incidem nos corpos hídricos de maneira natural, resultado de processos erosivos, resíduos orgânicos e organismos, e por processos antropogênicos, por meio do lançamento de resíduos e esgoto (UFA, UFSC, 2009).

Dentro do saneamento, a análise deste parâmetro tem grande relevância, pois configura um dos padrões de potabilidade e tem sua importância no setor industrial, a fim de garantir qualidade dentro dos processos. Ademais, apurado alto teor de sólidos dissolvidos, com ênfase ao sulfato e cloreto, implica em possível condição atrelada a um sabor desagradável, assim também, a corrosão nos sistemas de distribuição de água (VITÓ et al., 2016).

2.5.4 Turbidez

O parâmetro da turbidez avalia o grau de interferência da passagem de luz por meio da água, alusiva à presença de sólidos em suspensão, podendo ser de origem natural (partículas de rocha, argila e silte, e algas e microorganismos) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais), os quais concedem uma aparência turva à água, sendo que a primeira fonte não provoca, diretamente, grandes implicações sanitárias, já através da ação antropogênica, pode implicar na presença de compostos tóxicos, ademais, a redução da passagem de luz prejudica a

fotossíntese. (SPERLING, 2017).

A análise desse parâmetro permite verificar, indiretamente, a concentração de partículas coloidais presentes na água, a partir do princípio de quantidade de luz dispersa, dando como resposta a turbidez na unidade de uT (Unidade de Turbidez).

2.4.5 Alcalinidade

O parâmetro da alcalinidade infere na capacidade da água de neutralizar ácidos, ou seja, capacidade de resistir a mudanças de pH, atribuído pela presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (CARVALHO, 2013), ligados aos sólidos dissolvidos provenientes da degradação de rochas, reações do CO₂ da atmosfera ou advindo de decomposição orgânica e por despejos industriais, que reagem neutralizando de hidrogênio (SPERLING, 2017).

Conforme Von Sperling (2014), os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO₃⁻), carbonatos (CO₃²⁻) e os hidróxidos (OH⁻), sendo que a distribuição entre as três formas na água é função do pH, provenientes, no geral, de despejos industriais.

Apesar de que a alcalinidade não configure implicações sanitárias significativas para a água potável, em altas concentrações acarreta sabor amargo a água, além de estar relacionada com a dureza total e prevenção da corrosão em tubulações.

2.4.6 Cloretos

Por meio da dissolução de minerais, a água apresenta íons variados. Se tratando da presença dos cloretos, os sólidos dissolvidos que se constituem como responsáveis, seja devido à dissolução de sais, instrução de água salina, despejos domésticos e industriais, ou despejo de águas utilizadas em irrigação, são, como exemplo, o cloreto de sódio (SPERLING, 2017).

A importância da análise da concentração de cloretos para a engenharia sanitária recai na consequências provenientes da alta concentração, pois além de

conferir sabor desagradável, essa ocorrência resulta em elevada corrosão e condutividade, e indica uma alta concentração de sólidos totais dissolvidos e a possibilidade de lançamento de efluentes industriais nos corpos hídricos.

2.4.7 Resíduo total

Este parâmetro indica a quantidade de matéria concentrada na água. De acordo com o Portal de Qualidade das Águas, o resíduo total representa a matéria restante, após o processo de secagem, evaporação ou calcinação de uma amostra durante um determinado tempo e temperatura.

Uma grande concentração de resíduos pode ocasionar o assoreamento, ou seja, o acúmulo de terra, lixo e matéria orgânica no fundo de um corpo hídrico, o que compromete a atividade de navegação, eleva os riscos de enchentes, além de prejudicar a fauna aquática, pois o depósito desses resíduos no leito danificam os lugares de desova dos peixes (ANA, 2021)

2.4.8 Dureza total

A dureza da água representa uma medida da quantidade de metais alcalino-terrosos na água, principalmente cálcio (Ca) e magnésio (Mg) provenientes da dissolução de rochas e minerais, podendo ser classificada em dureza carbonatada temporal e permanente, e dureza total, essa última se referindo à concentração de sais de cálcio e magnésio dissolvidos na água (SOLÍS-CASTRO et al., 2018).

A dureza total e o potencial hidrogeniônico se relacionam de modo que, em condições de dureza, um corpo hídrico apresenta o seu teor de pH elevado, ou seja, alcalino, pois o cálcio e o magnésio estão presentes na água em forma de bicarbonatos, que também são responsáveis pela alcalinidade (MELO et al., 2011).

Em determinadas concentrações, esse parâmetro pode causar sabor desagradável e em consumo, provocar efeitos laxativos, e incrustação nas

tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido a maior precipitação de cátions em temperaturas elevadas (NOLASCO et al., 2020).

2.5 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

2.5.1 Coliformes totais

Coliformes totais (CT) trata-se de um grupo de microrganismos formado por bactérias isoladas presentes em solos, águas, fezes humanas e de animais de sangue quente. Assim, sua origem pode ser ambiental, localizada em águas e solos não poluídos e não somente de origem intestinal. Por conta disso, ao detectar esses microrganismos na água, não deve ser imediatamente considerado indicadores de contaminação fecal (SPERLING, 2017).

Apesar de que a presença de coliformes totais não indica, certamente, a contaminação fecal, essa é um parâmetro indicativo da qualidade sanitária de um corpo hídrico, levando em consideração que algumas linhagens ou a proliferação destes microrganismos podem e podem ser responsáveis por uma variedade de doenças, principalmente infecções intestinais e gastroenterite (MURRAY, 2000).

2.5.2 *Escherichia Coli*

A *Escherichia Coli*, ou simplesmente, *E-coli*, faz parte do grupo coliforme de bactérias e se refere à uma bactéria termotolerante de origem exclusivamente fecal, possui uma grande importância clínica (MACEDO et al., 2020).

Apesar de ser uma bactéria naturalmente presente no intestino humano, a contaminação em grandes quantidades de *Escherichia Coli*, pode-se gerar sintomas intestinais que causam desconforto, ou até mesmo, ponham em risco a saúde, ao desencadear distúrbios gastrointestinais, caracterizados por diarreia e vômitos, infecções urinárias, pneumonias e meningites.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Para esta pesquisa, o objeto de estudo contempla o trecho do Riacho Araibu, situado na cidade de Russas (Figura 5), localizada na mesorregião do Jaguaribe e na microrregião do Baixo Jaguaribe, situada no estado do Ceará, possuindo coordenadas de latitude $4^{\circ} 56' 24''$ Sul , longitude $37^{\circ} 58' 33''$ Oeste e altitude de 20,51 m (GOOGLE EARTH, 2021). Esse município possui clima Tropical Quente Semiárido, com média anual de 857,7 mm de precipitação pluviométrica e temperatura média de 26 a 28 °C (IPECE, 2017) e características de área geográfica total de 1.591,281 km² e é composto por população de 76.884 habitantes (IBGE, 2018).

Figura 5: Município de Russas.

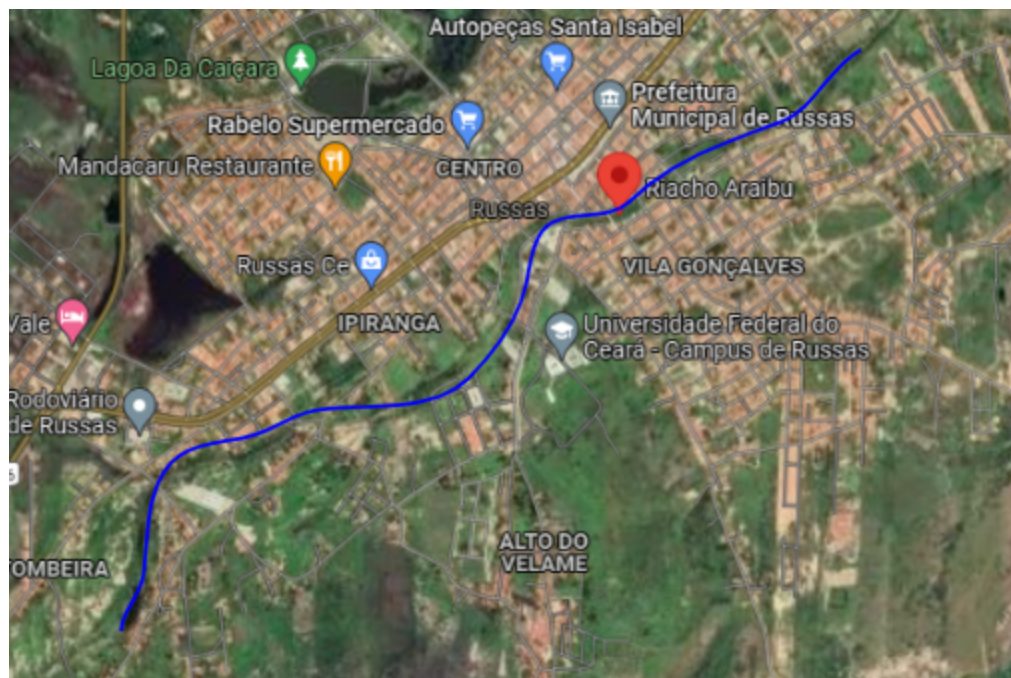


Fonte: Google Imagens (2021).

O referido riacho caracteriza-se como sendo intermitente. Apesar de

apresentar grande expansão linear, que pode ser observada na Figura 6, devido à baixa taxa de precipitação e altas taxas de evapotranspiração, esse corpo hídrico não possui grandes acúmulos de água. Nesse contexto, o Plano Estratégico de Recursos Hídricos do Ceará (2018) planeja uma obra de infraestrutura hídrica direcionada à perenização do Riacho Araibu, para beneficiar os municípios de Russas, Itaiçaba e Jaguaruana, findando o abastecimento das comunidades ribeirinhas, elevação do lençol freático e diluição do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Russas, resultando na melhora da segurança hídrica no território russo, segundo o Caderno Regional da Sub-bacia do Rio Jaguaribe.

Figura 6: Projeção do Riacho Araibu.



Fonte: Adaptado. Google Maps (2021).

Apesar de possuir grande projeção, atualmente o riacho não apresenta grande extensão de área molhada, de modo que o monitoramento foi realizado numa área reduzida, considerando a distância longitudinal, aproximada, de 40 metros e transversal de 10 metros.

3.2 PROCESSO DE AMOSTRAGEM

O processo de amostragem se deu escolhendo um ponto entre trecho do Riacho Araibu, que se localiza em Russas, levando em consideração que não havia grandes opções de pontos, pois só continha uma porção do trecho que possuía água. Assim, realizou-se coletas mensais, de agosto a dezembro, para a realização das análises microbiológicas e físico-químicas. O ponto foi selecionado de modo que o acesso fosse possível e onde o volume do corpo hídrico apresentasse valor considerável para o estudo (Figura 7), assim as coletas foram realizadas na região apontada na imagem abaixo, cuja localização é -4.947242, -37.978433 (GOOGLE MAPS, 2021)

Figura 7: Ponto de coleta.



Fonte: Google Maps (2021).

Figura 8: Riacho Araibu.



Fonte: Capturada por autora (2021).

Para este estudo, foram realizadas 5 coletas, entre os meses de agosto e dezembro de 2021, de modo que em cada uma delas eram feitas em horários semelhantes, detalhados no Quadro 4, propositalmente, para que os resultados das análises tivessem as condições de ensaios invariáveis, enfatizando as mudanças naturais e seus efeitos.

Quadro 4: Datas e horários de coletas.

| Primeira coleta - 04/08/2021 | |
|-------------------------------------|----------------|
| Ponto | Horário |
| 1 | 8:35 |
| Segunda coleta - 08/09/2021 | |
| Ponto | Horário |
| 1 | 09:19 |
| Terceira coleta - 26/10/2021 | |
| Ponto | Horário |
| 1 | 8:37 |
| Quarta coleta - 04/11/2021 | |
| Ponto | Horário |
| 1 | 8:52 |

| Quinta coleta - 07/12/2021 | |
|----------------------------|---------|
| Ponto | Horário |
| 1 | 8:47 |

Fonte: Autora.

Em cada coleta foram apanhados três amostras, uma delas com 500 ml destinada às análises dos parâmetros físico-químicos, e as demais foram coletadas em frascos de polipropileno esterilizado e estéril de 50 ml cada (Figura 9), para serem feitas os testes microbiológicos, a fim de realizar as referidas análises no laboratório de saneamento na UFC (Universidade Federal do Ceará), do Campus Russas. Ao total foram coletados 3 litros de água proveniente do Riacho Araibu, distribuídos em 15 amostras.

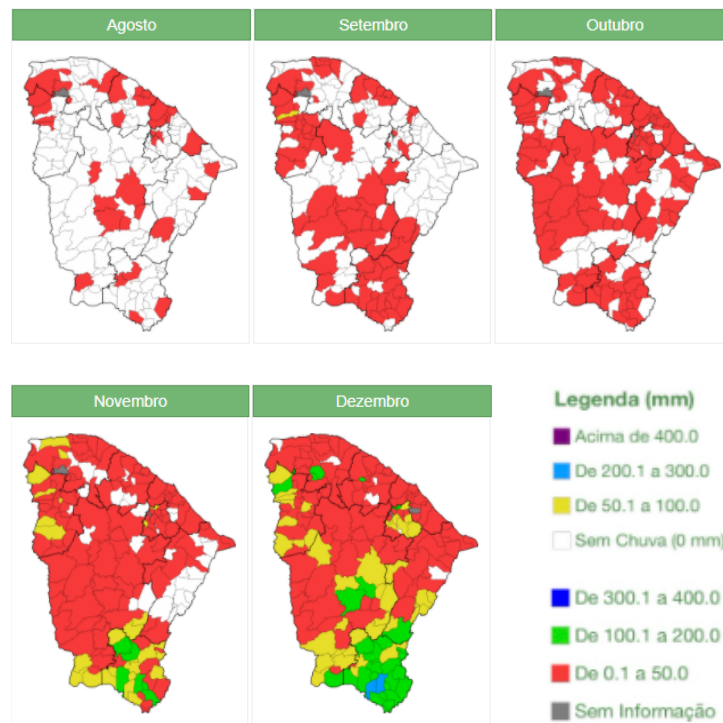
Figura 9: Coleta para análise microbiológica.



Fonte: Capturada por autora (2021).

É importante apontar o quadro médio de precipitação na região de Russas durante o período de estudo e pesquisa, já que este fator interfere, diretamente, nas análises. Assim, por meio do calendário de chuvas, desenvolvido pela FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), averiguou-se que dentre os meses de agosto e dezembro, a precipitação chegou a ser nula no mês de Setembro e de 0.1 a 50.0 mm nos demais meses, como disposta na Figura 10.

Figura 10: Calendário de chuvas.



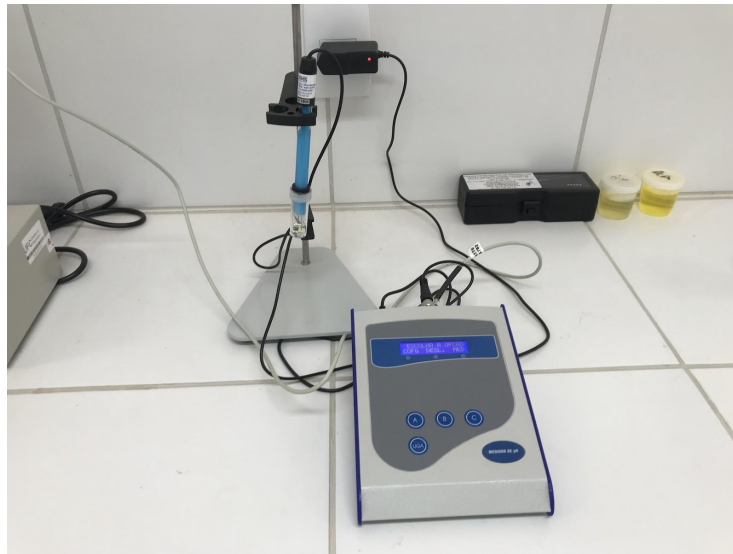
Fonte: Adaptado. Calendário de chuvas. FUNCEME. (2021).

3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físicas e químicas feitas para compor esta pesquisa foram , em sua totalidade, executadas no Laboratório de Saneamento do Campus Russas da Universidade Federal do Ceará (UFC), utilizando para cada uma delas uma amostra duplicata, a fim de melhor averiguação médio dos parâmetros verificados neste trabalho. Todos os equipamentos eram previamente calibrados.

O pH foi obtido através do pHmetro de bancada modelo mPA 210, registrado na Figura 11.

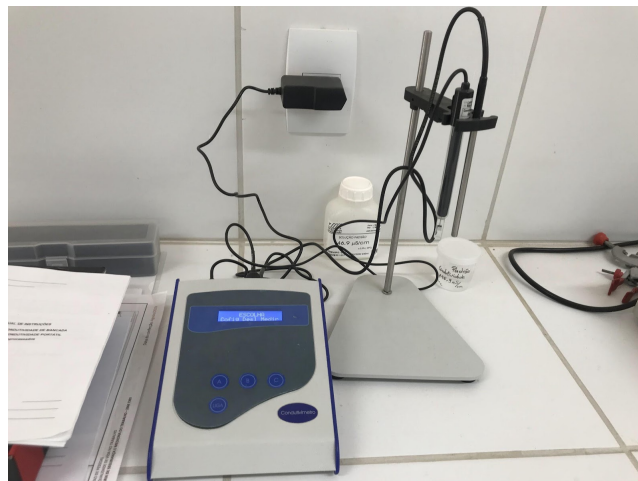
Figura 11: pHmetro de bancada.



Fonte: Capturada por autora (2021).

As análises de condutividade e STD foram feitas num mesmo equipamento, um condutivímetro de modelo mCA 100, conforme a figura abaixo.

Figura 12: Condutivímetro.



Fonte: Capturada por autora (2021).

Para aferir a turbidez das amostras, utilizou-se um turbidímetro da AKSO modelo TU430 (Figura 13).

Figura 13: Turbidímetro.



Fonte: Capturada por autora (2021).

A alcalinidade total foi obtida com a utilização do pHmetro e de uma agitador (Figura 14), realizando medições constantes do pH das amostras à medida em que se fazia a adição de ácido sulfúrico (H_2SO_4) por gotejamento, com auxílio de uma bureta, até que o potencial hidrogeniônico marcasse o valor de 4. Para o cálculo da alcalinidade, utilizava-se o volume de ácido sulfúrico adicionado para estabilizar a amostra ao pH igual a 4.

Figura 14: Agitador.



Fonte: Capturada por autora (2021).

O ensaio de cloretos era realizado nas duas amostras, sendo uma delas a duplicata, e uma amostra em branco, composta por água destilada. Nas amostras com 50ml cada, era adicionada 1ml do indicador de cromato de potássio (K_2CrO_4) (Figura 15), o que deixava a amostra com tom amarelado, como identificado na Figura 16 Para esta análise, fez-se a diluição das amostras em água destilada, utilizando valor de 1:10, ou seja, 45 ml de água destilada e 5 ml de amostra do Riacho Araibu (Figura 17).

Figura 15: Cromato de potássio.

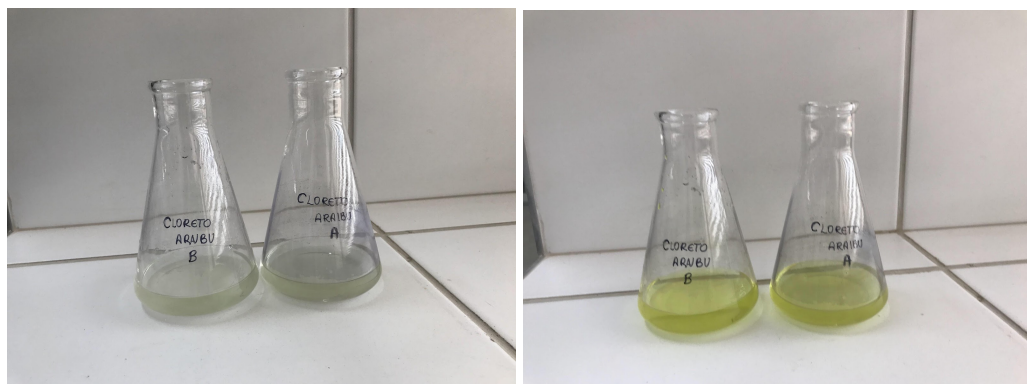


Fonte: Capturada por autora (2021).

Figura 16: Mudança de coloração com a adição de K_2CrO_4 .

A

B



Notas: A - Amostra diluída antes da adição de cromato de potássio; B - Amostra após adição de indicador

Fonte: Capturada por autora (2021).

Figura 17: Proporção de diluição.



Fonte: Capturada por autora (2021).

Após a adição do indicativo, fez-se a titulação com nitrato de prata, até que a coloração da amostra atingiu tom amarronzado, anotando-se o volume necessário.

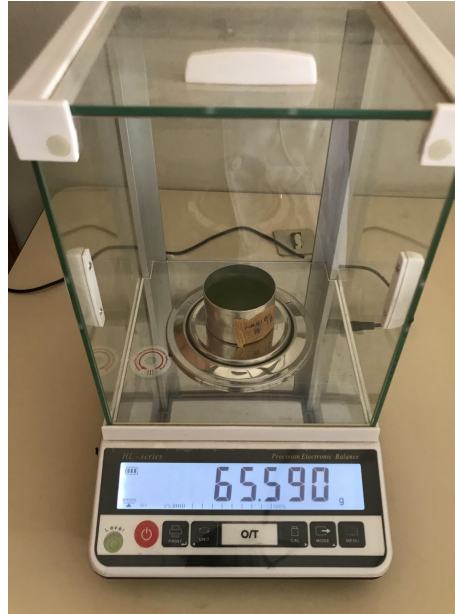
O resíduo total foi aferido de modo a separar 50 ml por amostra - da mesma forma como os demais parâmetros, utilizou-se amostra duplicata - para que fosse feita a pesagem antes e após a estufa (Figura 18 e 19)

Figura 18: Estufa.



Fonte: Capturada por autora (2021).

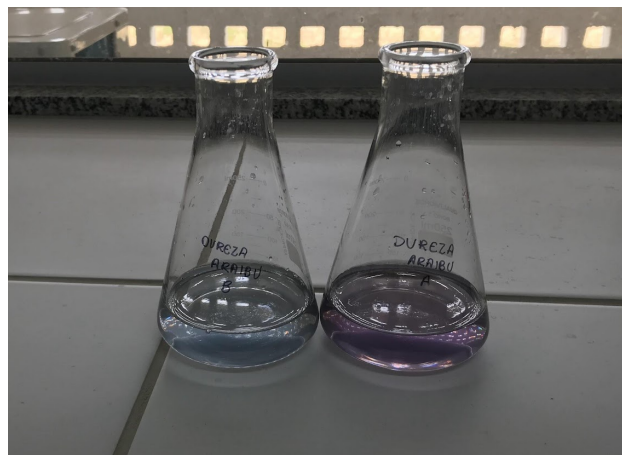
Figura 19: Pesagem de amostra.



Fonte: Capturada por autora (2021).

A análise de dureza total também era indicada através da titulação. Inicialmente as amostras de 50 ml cada, cujo fator diluição era de 1:2, foram adicionadas 3 ml de NaOH e uma pitada do indicador preto de eriocromo, deixando as amostras com tom rosado. A partir desta etapa, fazia-se a titulação com EDTA, até que as amostras apresentassem mudança de coloração para a tonalidade azulada, como mostrado na Figura 20.

Figura 20: Amostra após titulação com EDTA.



Fonte: Capturada por autora (2021).

3.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises de Coliformes Totais e *E-coli* utilizaram-se do sachê de Colitest do fabricante LKP Diagnósticos, conforme a Figura 21, para a detecção de coliformes totais, normatizado pelo *standard methos*. Para essa análise, utilizou-se 50 ml de água, por amostra, e metade do sachê do Colitest, após tempo recomendado, observou-se se a coloração das amostras era de tom arroxeadado, o que indicava resultado negativo, ou tom amarronzado, indicando resultado positivo para presença de coliformes totais.

Figura 21: Sachê de Colitest.



Fonte: Capturada por autora (2021).

Nos casos em que o resultado para Coliformes Totais era positivo, fazia a verificação da presença de *E-coli*, com o auxílio de luz ultravioleta. Caso a amostra, com a incidência da luz, apresentasse característica fluorescente, isso indicaria resultado positivo para *E-coli*, como demonstrado na figura abaixo.

Figura 22: Resultado positivo para CT e *E-coli*.

A



B



Notas: A - Amostra apresentando resultado positivo para CT; B - Amostra apresentando resultado positivo para *E-coli*

Fonte: Capturado por autora (2021).

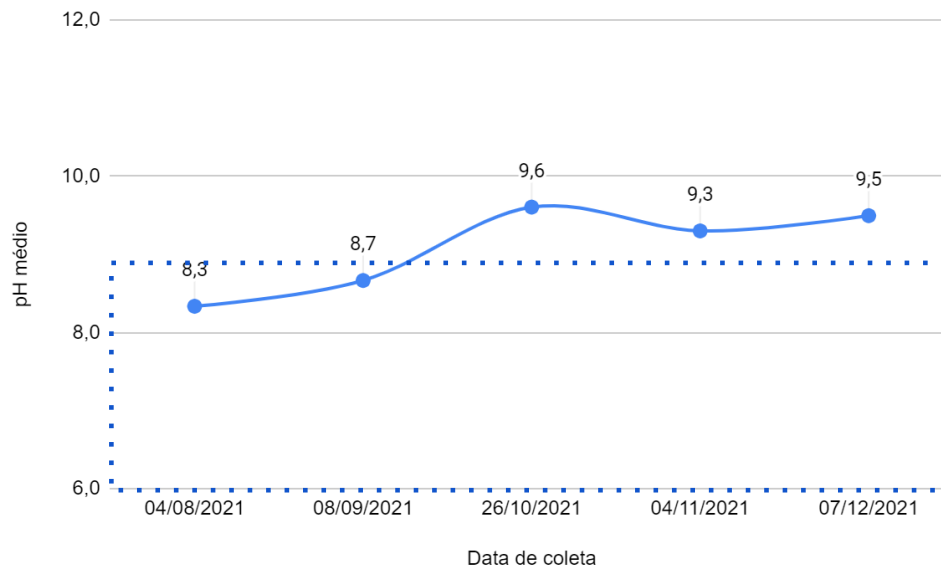
4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Esse tópico contempla os resultados referentes às análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água proveniente do Riacho Araibu, visando descrever a qualidade da água do Riacho Araibu, bem como enquadrar a sua classe e, conseqüentemente, seu uso conveniente, conforme os padrões prescritos na legislação ambiental.

4.1 pH

Na Figura 23, estão apresentados os resultados médios obtidos a partir do monitoramento do pH, nos cinco meses de estudo.

Figura 23: Resultados médios do pH.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Durante as cinco coletas, pode-se observar um aumento do pH, com aferições variando entre o valor mínimo de 8,32 no mês de agosto e valor máximo de 9,63, obtido no mês de outubro. Ao assimilar com limites recomendados pela Resolução CONAMA N° 357, de 2005, constatou-se que tais resultados estão acima da faixa de padrão, podendo estar relacionado com o processo de eutrofização, devido à excessiva presença de algas e caso haja a presença de nitrogênio orgânico na água, esse valor elevado de pH pode favorecer a produção de amônia.

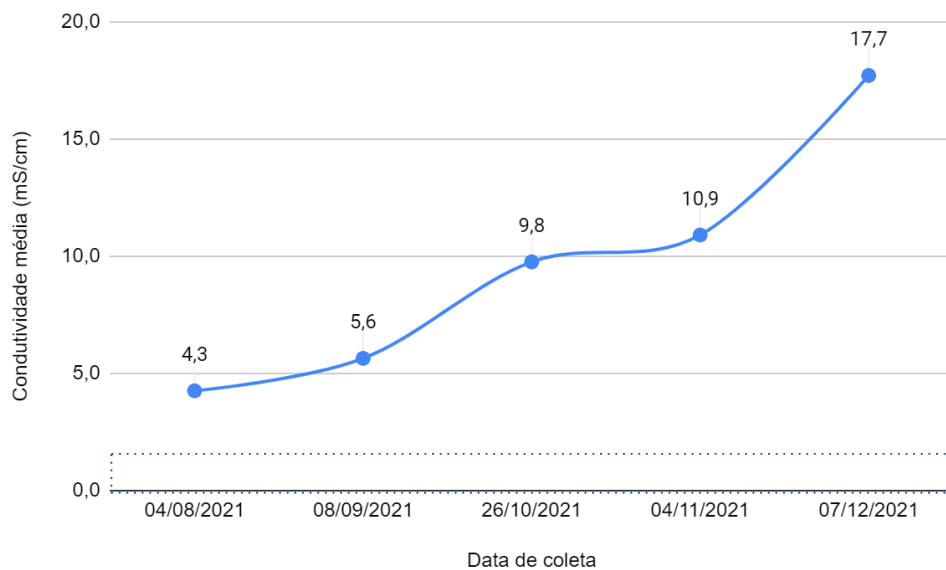
Vanzela (2004) realizou um estudo de qualidade de água e encontrou diferenças para os resultados de pH entre os períodos seco e úmido, com tendência ao aumento durante o período seco. Subentende-se que o teor alcalino apresentado nas amostras está relacionado à condição climática da região, por possuir altas temperaturas e baixa precipitação, principalmente nos meses de estudo.

De acordo com Nakayama e Bucks (1986) águas com valores de pH acima de 7 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza. Como abordado anteriormente, valores de pH elevado também implicam, diretamente, não só a qualidade de saneamento para uso humano, como, também, afeta o corpo hídrico em totalidade, comprometendo a vida aquática.

4.2 CONDUTIVIDADE

Na Figura 24, estão apresentados os resultados médios obtidos a partir do monitoramento da condutividade, nos cinco meses de estudo.

Figura 24: Resultados médios da condutividade.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Foi possível verificar o aumento considerável do teor de condutividade durante os cinco meses de análise, de modo que a média mínima, corresponde ao primeiro mês de análise, de 4,26 mS/cm e a máxima, aferida no último mês de análise, de 17,72 mS/cm.

Segundo Alves (2016), altas temperaturas somada com a seca acarreta elevadas taxas de evaporação, condição que pode aumentar a condutividade elétrica da água, pois concentra os sais e demais portadores dissolvidos na água, Outro fator de influência para alta condutividade é a presença de solo argiloso, pois o mesmo é rico em sais minerais que se dissolvem facilmente em íons.

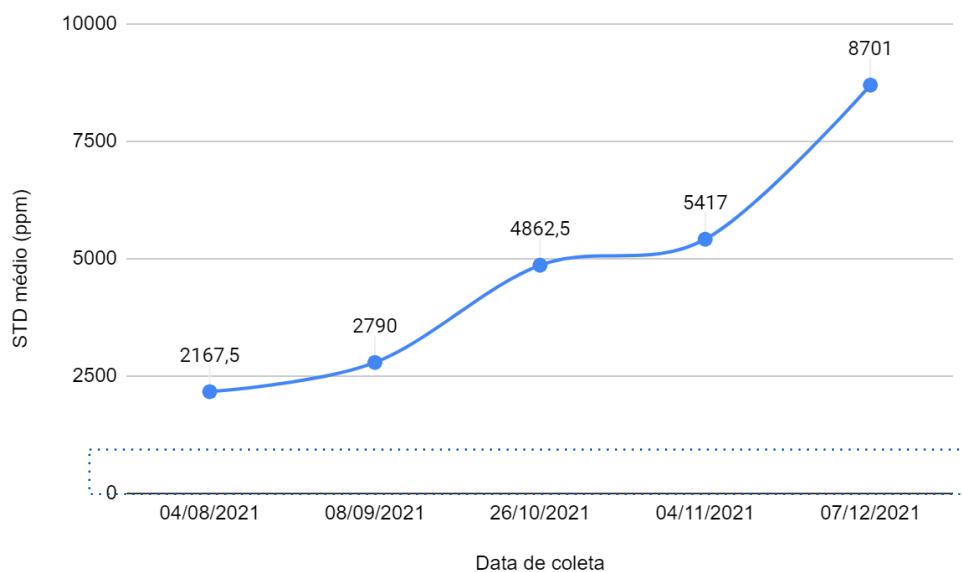
A análise desse parâmetro permite indicar lançamentos de efluentes domésticos e industriais e atividades agropastoris, pois o resultado da poluição pode

ser detectado pelo aumento da condutividade elétrica (MORAES, 2001). Dessa forma, o estado mais atual do Riacho Araibu, em termos de condutividade, apresenta índices extremamente elevados, o que subentende-se a possibilidade de haver um acúmulo de sais nas análises em estudo, poluição sedimentar, contaminação por metais pesados. Ademais, em excesso podem reduzir a quantidade de oxigênio dissolvido na água

4.3 STD

Assim como o esperado, já que as taxas de condutividade se elevaram durante os meses, os valores encontrados para concentração de sólidos dissolvidos também tiveram um crescimento ao longo do período de estudo, como demonstrado na figura abaixo.

Figura 25: Resultados médios de STD.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

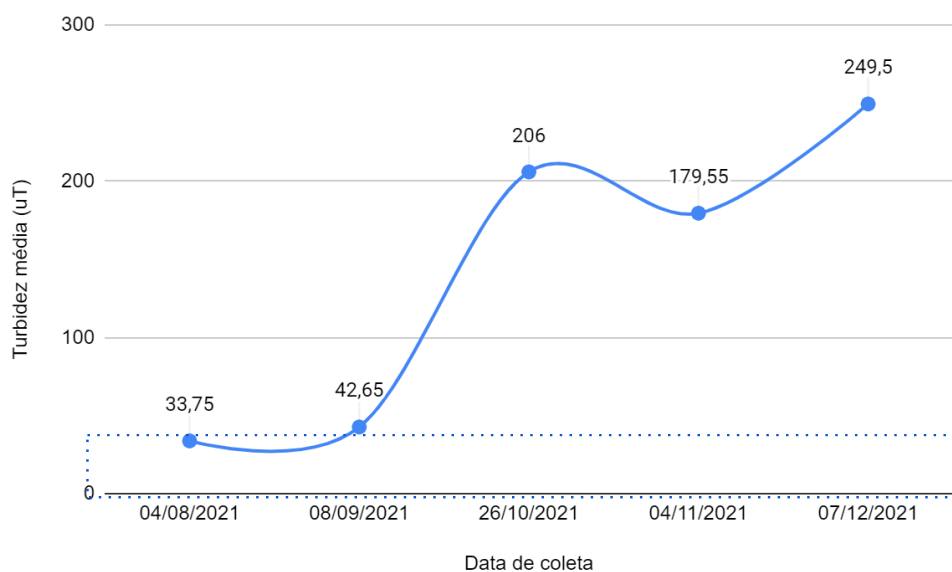
Para Nakayama e Bucks (1986), valores de sólidos dissolvidos superiores a 500 ppm podem ocasionar danos moderados, por entupimento de emissores, em sistemas localizados. Tendo em vista que o menor valor aferido foi de 2156 ppm e o

maior foi de 8912 ppm, essas concentrações elevadas tendem a gerar tais danos, além de diminuir os níveis de dissolução de oxigênio na água (ALVES, 2016).

4.4 TURBIDEZ

Conforme esperado, devido a comparação pelo aspecto visual, as taxas de turbidez evoluíram ao decorrer do período da pesquisa, cujo maior valor se deu no mês de dezembro e o menor se deu no mês de agosto, mostrado na figura abaixo.

Figura 26: Resultados médios de turbidez.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Devido aos altos teores aferidos nas últimas análises, correspondentes aos meses de outubro, novembro e dezembro, admite-se que a flora aquática existente no Riacho Araibu possui dificuldades em realizar fotossíntese, diminuindo a quantidade de oxigênio e até aumentando a temperatura através de uma maior absorção da radiação solar, assim como corre o risco da presença de sólidos em suspensão que podem carregar microorganismos patogênicos (ALVES, 2016).

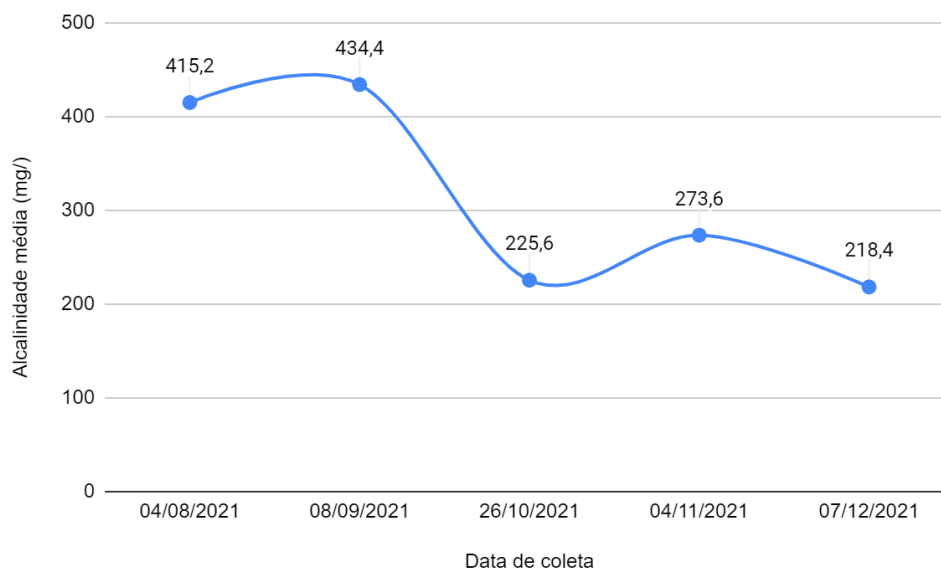
No estudo feito por Vanzela (2004), a turbidez para um ponto monitorado apresentou maiores valores no período seco, justificado devido a redução da vazão

do córrego, a carga orgânica constante lançada pela estação de tratamento de esgoto, o que acarretou no aumento da concentração de partículas em suspensão e conseqüentemente o aumento da turbidez da água.

4.5 ALCALINIDADE

A figura a seguir exhibe os resultados de alcalinidade obtidos ao longo das cinco coletas.

Figura 27: Resultados médios de alcalinidade.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

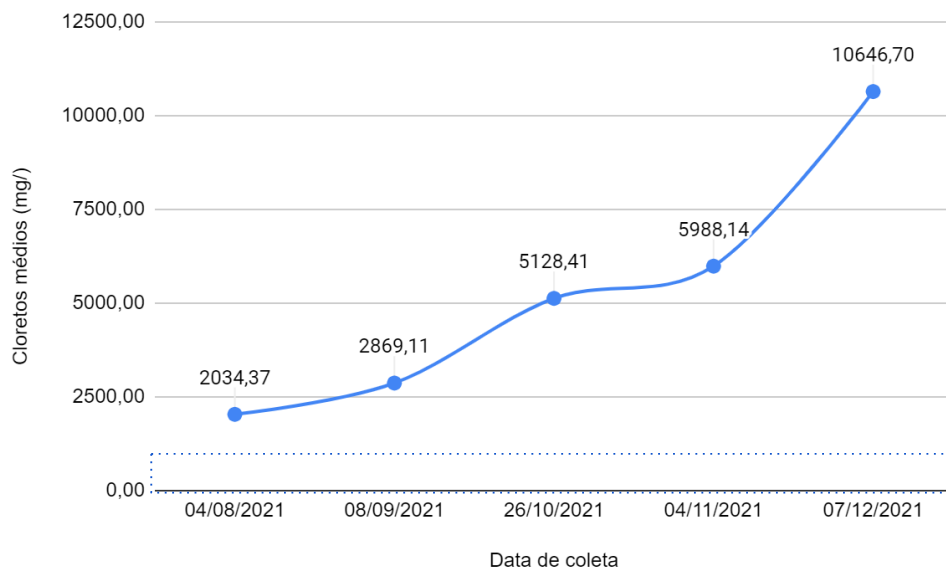
No estudo feito por Nolasco et al. (2020), constatou-se que a concentração da amostra de água coletada rio Jequitinhonha e da água da nascente foi de, respectivamente, 10 mg/L e 7,2 mg/L.

Dessa forma, observa-se que valores aferidos são extremamente altos, sendo possível identificar também uma oscilação nos valores de alcalinidade nos meses estudados, indicando possível variação na presença de sólidos dissolvidos, advindos de degradação de rochas, reações do CO_2 da atmosfera ou advindo de decomposição orgânica e por despejos.

4.6 CLORETOS

Semelhante aos demais parâmetros, os resultados de cloretos apresentaram aumento considerável ao longo das coletas, assim como seus valores excedem os padrões de norma, como disposto na figura abaixo.

Figura 28: Resultados médios de cloretos.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Constatou-se que a concentração de Cl^- no mês de dezembro foi a mais alta dentre todas as coletas, cujo valor da média foi de 10646,7 mg/L, todavia, todas estas estão acima do determinado nas literaturas.

O alto índice de cloretos pode estar relacionado aos sais dissolvidos de origem rochosa por meio de intemperismo (DE QUEIROZ et al., 2012), podendo estar associado também à ocorrência de despejos domésticos, devido ao esgoto conter cloreto de sódio em sua composição (SANTOS, 2010).

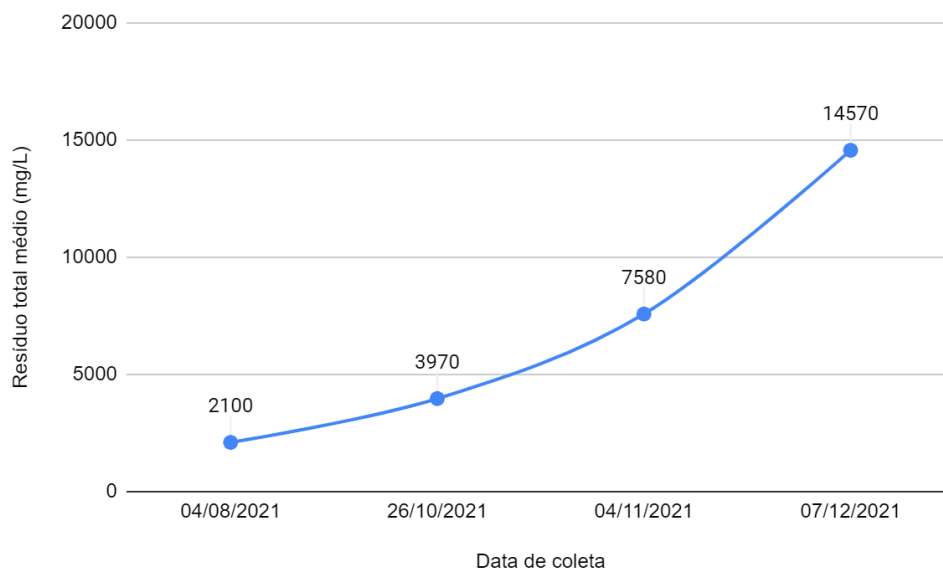
Tais valores elevados implicam em sabor desagradável à água, alto potencial de corrosão e de condutividade.

4.7 RESÍDUO TOTAL

Durante os cinco meses, percebeu-se a variação crescente dos resultados correspondentes ao resíduo total, todavia, no mês de setembro não foi possível verificar esta análise.

Os resultados de resíduo total médios estão demonstrados na figura abaixo.

Figura 29: Resultados médios de resíduo total.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

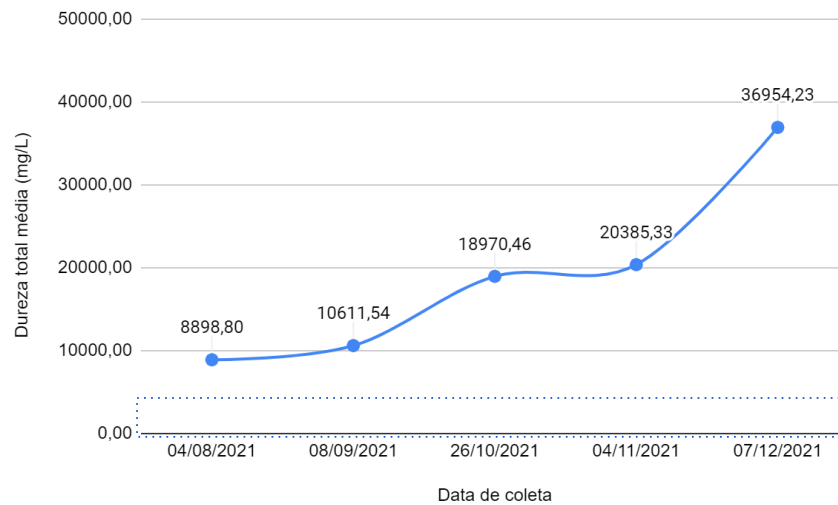
Tais resultados indicam que no decorrer dos meses de análise, a concentração de metais alcalinos-terrosos, com ênfase nos sais de cálcio e magnésio aumentou gradativamente em grande escala, indicando também a possível presença de matéria orgânica, proveniente de despejos.

4.8 DUREZA TOTAL

Este parâmetro de análise, assim como os demais demonstrou resultados crescentes ao longo dos meses de agosto a dezembro, assim também notou-se um

aumento evidente e considerável nos valores aferidos, podendo estes, serem conferidos na figura abaixo.

Figura 30: Resultados médios de dureza total.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Assim, em todos os meses, os quais foram realizadas as análises, o resultado referente à dureza supera consideravelmente o valor de 300 mg/L, o que configura esta água como muito dura (CARVALHO e OLIVEIRA, 2003). A OMS indica valor máximo de 500 mg/L para água utilizada para consumo humano, dessa forma, a água do riacho do trecho estudado não deve ser aplicada para o consumo.

A pesquisa feita por PRIMAVESI et al. (2002) para avaliar a qualidade da água na microbacia hidrográfica do Ribeirão do Canchim, em São Carlos - SP, verificou que o pH, a alcalinidade e a dureza total se correlacionaram. Da mesma forma, neste estudo foi possível identificar o crescimento desses parâmetros de forma análoga.

4.9 COLIFORMES TOTAIS E *E-COLI*

O quadro abaixo apresenta o resultado dos testes de coliformes totais e *E-coli*.

Quadro 5: Resultados para testes microbiológicos.

| MÊS | COLIFORMES TOTAIS | <i>E-COLI</i> |
|----------|-------------------|---------------|
| Agosto | Positivo | Positivo |
| Setembro | Positivo | Positivo |
| Outubro | Positivo | Positivo |
| Novembro | Positivo | Positivo |
| Dezembro | Positivo | Positivo |

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Em todos os meses de análises, o resultado aferido foi positivo para a presença de Coliformes Totais, seguido pelo teste de *Escherichia Coli*, o qual indicou a presença desse grupo de bactéria de coliformes termotolerantes. A partir desses resultados pode-se avaliar a possível existência de fontes de despejo de esgoto doméstico.

Na investigação feita por Gurgel et al., em 2020, nos reservatórios e poços do Município de Iranduba–AM, encontrou-se inconformidade nos resultados para coliformes totais e *E-coli*, dado a ausência dessas só foi constatada em apenas 13% das amostras, no primeiro semestre, e 24,4%, no segundo semestre, considerando o total de 99 amostras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos - pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, turbidez, alcalinidade, cloretos, resíduo total e dureza total - apresentaram evolução crescente no decorrer dos meses, cujo estudo foi feito. Ademais, verificou-se que todos os resultados ultrapassaram os valores recomendados por resoluções, com exceção do valor de pH nos primeiros dois meses (agosto e setembro), que apresentaram valor dentro da faixa de 6 a 9, os demais ultrapassaram o limite superior.

O grande aumento desses resultados ao decorrer dos meses pode ser justificado pelo quadro de chuvas, já que a pesquisa foi feita no período de baixa precipitação. Esse fator ligado com a grande taxa de evapotranspiração da região, ocasiona um aumento considerável na concentração de impurezas, sedimentos e metais dissolvidos, devido à redução do volume de água do Riacho Araibu.

Os testes dos parâmetros microbiológicos feitos neste trabalho - coliformes totais e *Escherichia Coli* - apontaram a presença em todos os meses de coleta, podendo ser justificado pelo despejo irregular de esgoto doméstico no Riacho Araibu.

Assim, o uso da água *in natura* não é recomendado, principalmente para uso doméstico, sendo necessário que a água deste corpo hídrico passe por processos de desinfecção e tratamento, sobretudo porque existe a proposta do Plano Estratégico de Recursos Hídricos do Ceará de perenizar o riacho para beneficiar os municípios de Russas, Itaiçaba e Jaguaruana, e dada a condição atual de poluição indicada pelos resultados propostos neste estudo, a contaminação tenderia a espalhar-se por todas as regiões que o Riacho Araibu alimenta.

Sugere-se para trabalhos futuros, a realização de análises de detecção de metais pesados, pois os resultados constatados de condutividade foram excessivamente altos, de parâmetros de contaminação orgânica, tais como DBO, DQO e nitrogênio amoniacal, e coleta em meses de maiores volumes, com a finalidade de complementar esse estudo, considerando a evolução dos resultados dado aos efeitos de mudança de temperatura e precipitação da região.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas** / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. - Brasília: ANA, 2017. Disponível em: https://www.ana.gov.br/noticias/atlas-esgotos-revela-mais-de-110-mil-km-de-rios-com-comprometimento-da-qualidade-da-agua-por-carga-organica/atlaseesgotosdespoluicaodebaciasidrograficas-resumoexecutivo_livro.pdf/view. Acesso em: 16 de novembro de 2021.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 21 de dezembro de 2021.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>. Acesso em: 16 de novembro de 2021.

ALVES, Leonardo Sehn. **Desenvolvimento de medidor de condutividade elétrica da água para fins de monitoramento ambiental**. 2016.

BAGGIO, Hernando; ARAUJO, A. D.; FREITAS, M. O. **Análise dos parâmetros físico-químicos oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e temperatura, no baixo curso do rio das Velhas-MG**.

CAMINHOS DE GEOGRAFIA, v. 17, n. 60, p. 105-117, 2016.

BARBIERI, M.D.P.; SANTOS, C.S.; RITA, F.S.; DE MORAIS, M.A. Qualidade microbiológica da água de algumas nascentes de Muzambinho, MG. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, Edição Especial n.1, p. 79-84, 2013.

BRASIL. **IBGE 2018**. Censo 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 252 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/boas_praticas_agua.pdf. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. – Brasília: Ministério da Saúde, 2007 – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

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

bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 14 de outubro de 2021.

CANOBEL, A. **Doenças e mortes causadas pela água poluída, falta de água e falta de saneamento básico**; Março de 2009.subterrâneas. In: Cirilo, J.A., Cabral, J.J.S.P., Ferreira, J.P.L., Oliveira, M.J.P.M., Leitão, T.E., Montenegro, S.M.G.L. & Góes, V.C. (orgs.). O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas. ABRH, Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco. p. 167-175.

CARVALHO, Alexandre Morais de. **Estudo geoquímico da qualidade da água da bacia do Riacho Fundo-DF**. 2013.

CARVALHO, R. A ; OLIVEIRA, M. C. V. **Princípios básicos de saneamento do meio**. São Paulo. 3ªed.: editora SENAC. São Paulo, 2003

GURGEL, Raiana Silveira; DA SILVA, Lirna Salvioni; SILVA, Luciete Almeida. **Investigação de coliformes totais e Escherichia coli em água de consumo da comunidade Lago do limão, Município de Iranduba-AM**. Brazilian Applied Science Review, v. 4, n. 4, p. 2512-2529, 2020.

DE ASSIS ESTEVES, Francisco. **Fundamentos de limnologia**. Interciência, 1998.

DE QUEIROZ, L. A. V., SILVEIRA, C. S., DE MELLO, W. Z., ALVIM, R. B., VIEIRA, M. D. **Hidrogeoquímica e poluição das águas fluviais da bacia do rio Paquequer, Teresópolis (RJ)**. Revista Geociências, 31 (4), 606 - 621, 2012.

FREITAS, V.P.S.; BRÍGIDO, B.M.; BADOLATO, M.I.C.; ALABURDA, J. **Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas**. Revista Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, v. 61, n. 1, p.51-58, 2002.

FUNCEME. **Calendário de Chuvas do Estado do Ceará. 2021**. Disponível em: <http://www.funceme.br/app-calendario/mensal/municipios/media/2021>. Acesso em: 5 de Janeiro de 2022

GOOGLE EARTH; **Google earth 9.121.0.5 de 21 de dezembro de 2020**.

MACEDO, Kawana Hiromori et al. **Caracterização de Escherichia coli diarreiogênica isolada de água subterrânea para consumo humano em um assentamento rural**. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 41, n. 2, p. 263-272, 2020.

MELO, Maria Jucilene de Macedo et al. **Estudo analítico da dureza e alcalinidade de águas de abastecimento visando abrandamento por meio de resina de troca iônica**. 2011.

MENEZES, Juliana et al. **Qualidade da água superficial em área rural**. Caderno

de Estudos Geoambientais-CADEGEO, v. 3, n. 1, 2012.

MURRAY, P.R. **Microbiologia Médica**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 73p

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. St. Joseph: ASAE, 1986. 383p.

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

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R. de; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. de. **Water quality of Canchim's creek watershed in São Paulo, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities**. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v.45, n.2, p.209-17, 2002.

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. **Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 09, n. 01, p. 15-22, 2005.

SANTOS, Jorge Augusto de Carvalho. **Estudo da influência do cloreto de sódio na remoção de matéria orgânica, na determinação da DQO e na microbiota em um sistema de tratamento aeróbio por lodos ativados**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOLÍS-CASTRO, Yuliana; ZÚÑIGA-ZÚÑIGA, Luis Alberto; MORA-ALVARADO, Darner. **La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica**. Revista Tecnología en Marcha, v. 31, n. 1, p. 35-46, 2018.

SOUSA, Luciana Cavalcante de. **Análise da qualidade da água de abastecimento da sede do município de Morada Nova/CE**. 2021.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2017.

TOMÉ, Fernanda Malagutti; DE ARRHENIUS, **Conceito. pH e Tampões**. 2013.

VANZELA, Luiz Sérgio. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP**. 2004.

VITÓ, C.V.G.; DA SILVA, L.J.B.F.; OLIVEIRA, K. de M.L.; GOMES, A.T.; NUNES, C.R. de O. **Avaliação da qualidade da água: Determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região Noroeste Fluminense**. Acta Biomédica Brasiliensia, v. 7, n. 2, p. 59-75, 2016.