



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CARLOS EDUARDO SOARES

ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUAS TRATADAS: UM COMPARATIVO
ENTRE A ETA E O CONSUMO RESIDENCIAL EM BARREIRA/CE

RUSSAS – CE

2023

CARLOS EDUARDO SOARES

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUAS TRATADAS: UM COMPARATIVO
ENTRE A ETA E O CONSUMO RESIDENCIAL EM BARREIRA/CE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Campus Russas da Universidade Federal do Ceará como requisito à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Lima Machado da Silva

RUSSAS – CE

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)

- S653a Soares, Carlos Eduardo.
Análise da qualidade de águas tratadas: um comparativo entre a ETA e o consumo residencial em Barreira/CE / Carlos Eduardo Soares. – 2023.
47 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Curso de Engenharia Civil, Russas, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Daniela Lima Machado da Silva.
1. Qualidade da água. 2. estudo comparativo. I. Título.

CDD 620

CARLOS EDUARDO SOARES

**ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUAS TRATADAS: UM COMPARATIVO
ENTRE A ETA E O CONSUMO RESIDENCIAL EM BARREIRA/CE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil do Campus Russas da Universidade Federal do Ceará como requisito à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Daniela Lima Machado da Silva

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Daniela Lima Machado da Silva (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. M. Sc. Amanda Bezerra de Sousa Pino (Avaliadora Externa)
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

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

"Em algum lugar, alguma coisa incrível está
esperando para ser descoberta."

(Carl Sagan)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por seu infinito amor e consolo durante os dias difíceis da caminhada. À minha família por estar presente nos momentos bons e maus. À minha namorada, Letícia Felipe, por todo apoio e paciência.

À Prof. Me. Daniela Lima Machado da Silva, por todo suporte e dedicação durante a realização deste trabalho. Agradeço pelos conselhos, pela confiança a mim depositada e por aceitar me orientar nessa etapa da graduação.

À Patrícia Viana, técnica do laboratório de saneamento, pelo auxílio durante a realização dos ensaios e análises dos resultados.

Aos meus amigos Emanuel Henrique, Luís Carlos e João Paulo que acompanharam minha trajetória na graduação e me ajudaram a vencer todos os obstáculos encontrados, tornando tudo mais agradável.

À Universidade Federal do Ceará por ser um ambiente de ensino de qualidade e suporte assistencial, tornando-a tão importante para a construção da sociedade cearense e brasileira, da qual me orgulho de ter estudado.

RESUMO

A água é considerada o recurso natural mais importante para a sobrevivência dos seres vivos. Os rios, lagos e mares, ao longo do tempo, vêm sendo severamente degradados pela ação do homem sobre o ambiente, por meio da urbanização desordenada, expansão de indústrias, desmatamentos principalmente em áreas ciliares, queimadas e desperdícios, que levam à redução do volume de água disponível, contaminação e poluição, e como consequência, propiciam o aparecimento de doenças de veiculação hídrica. Desse modo, essa pesquisa teve como foco realizar um estudo comparativo entre a qualidade da água distribuída em três pontos distintos localizados na cidade de Barreira-CE e os valores de referências das análises fornecidas pela Estação de Tratamento de água da região, tendo em vista os parâmetros para potabilidade da água exigidos pela Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. Foram analisados parâmetros físico-químicos de pH, Turbidez e Cloretos além dos parâmetros microbiológicos de coliformes totais (CT) e *E. coli*. Dentre os parâmetros físico-químicos, os valores de pH e turbidez estavam acima do valor fornecido pela ETA, no entanto ainda estão abaixo do enquadramento da Portaria MS nº 2.914/2011. Já os valores de cloretos, as análises mostraram valores muito acima do aceitável, principalmente nos pontos das comunidades de Córrego e Croatá variando de 63,1 mg/L Cl a 163,42 mg/L Cl e 67,49 mg/L Cl a 251,34 mg/L Cl, respectivamente. Nesse sentido, é importante que a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) tenha um maior controle dos parâmetros de qualidade de água na estação de água tratada, e também realize vistorias no sistema de abastecimento de água, tendo em vista a localizar e mitigar possíveis focos de contaminação.

Palavras-chave: parâmetros físico-químicos e microbiológicos; qualidade da água; rede de abastecimento de água; estudo comparativo.

ABSTRACT

Water is considered by many to be the most important natural resource for the survival of living beings. Our rivers, lakes and seas, over time, have been severely degraded by man's action on the environment, through disorderly urbanization, expansion of industries, deforestation mainly in riparian areas, burning and waste, which lead to a reduction in the volume of water available, contamination and pollution, and as a consequence, promote the appearance of water-borne diseases. Thus, this research focused on carrying out a comparative study between the quality of water distributed in three different points located in the city of Barreira-CE and the reference values of the analyzes provided by the Water Treatment Station in the region, in view of the parameters for water potability required by Ordinances 888/2021 of the Ministry of Health. Physical-chemical parameters of pH, turbidity and chlorides were analyzed in addition to the microbiological parameters of total Coliforms (TC) and E. coli. Among the physical-chemical parameters, the pH and turbidity values were above the value provided by the ETA, however they are still below the framework of Ordinances 2.914/2011 of the Ministry of Health. As for the chloride values, the analyzes showed values well above the acceptable, mainly in the communities of Córrego and Croatá, ranging from 63.1 mg/L Cl to 163.42 mg/L Cl and 67.49 mg/L Cl to 251.34 mg/L Cl, respectively. In this sense, it is important that the Ceará Water and Sewage Company (CAGECE) have greater control over the water quality parameters in the treated water station, and also carry out inspections in the water supply system, with a view to locating and mitigate possible sources of contamination.

Keywords: physical-chemical and microbiological parameters; water quality; water supply network; comparative study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa dos municípios do Maciço de Baturité, Russas-CE, Brasil, 2022	25
Figura 2 – Fotografias Açude Acarape do Meio Russas-CE, Brasil, 2022.....	26
Figura 3 – Açude Acarape do Meio, Russas-CE, Brasil, 2022	26
Figura 4 – Estação de tratamento de água, Russas-CE, Brasil, 2022	27
Figura 5 – Ponto de coleta de amostra: Localidade Flores, Russas-CE, Brasil, 2022	28
Figura 6 – Ponto de coleta de amostra: Localidade Croatá, Russas-CE, Brasil, 2022	28
Figura 7 – Ponto de coleta de amostra: Localidade Distrito do Córrego, Russas-CE, Brasil, 2022	29
Figura 8 – Recipientes com as amostras coletadas de Flores, Córrego e Croatá, Russas-CE, Brasil, 2022	30
Figura 9 – Resultado positivo para a presença de E. coli, Russas-CE, Brasil, 2022	32
Figura 10 – Resultado positivo para a presença de coliformes totais, Russas-CE, Brasil, 2022.....	32
Figura 11 – Resultado positivo para a presença de coliformes totais, Russas-CE, Brasil, 2022	32
Figura 12 Titulação de ácidos e bases, Russas-CE, Brasil, 2022	33
Figura 13 – Resultado análise de pH, Russas-CE, Brasil, 2022	35
Figura 14 – Valores de pH ETA Redenção, Russas-CE, Brasil, 2022	37
Figura 15 – Resultado análise de Turbidez, Russas-CE, Brasil, 2022.....	38
Figura 16 – Valores de Turbidez ETA Redenção, Russas-CE, Brasil, 2022	39
Figura 17 – Resultado análise de cloretos, Russas-CE, Brasil, 2022	40
Figura 18 – Valores de cloretos ETA Redenção, Russas-CE, Brasil, 2022	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas dos Pontos de coleta, Russas-CE, Brasil, 2022	27
Tabela 2 – Datas e horários de coleta das amostras, Russas-CE, Brasil, 2022	30
Tabela 3 – Resultados das análises microbiológicas (Coliformes), Russas-CE, Brasil, 2022	34
Tabela 4 – Resultados das análises microbiológicas (<i>E. Coli</i>), Russas-CE, Brasil, 2022.	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E A SITUAÇÃO DA REGIÃO NORDESTE	13
3 PERFIL DO CONSUMO E ESCASSEZ HÍDRICA E SISTEMA DE ABASTECIMENTO	16
4 IMPORTÂNCIA DA MONITORIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	19
5 PARÂMETROS DE QUALIDADE ANALISADOS.....	21
5.1 Parâmetros Microbiológicos.....	21
5.2 Parâmetros Físico-Químicos: pH.....	22
5.3 Parâmetros Físico-Químicos: Turbidez.....	23
5.4 Parâmetros Físico-Químicos: Cloretos.....	23
6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
6.1 Área de Estudo.....	25
6.2 Ensaio Laboratoriais.....	27
6.2.1 Procedimento de Coleta e Amostragem.....	29
6.2.2 Análises Microbiológicas.....	31
6.2.3 Análises Físico-Químicas.....	33
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
7.1 Diagnósticos de Campo.....	34
7.2 Análises Microbiológicas.....	31
7.3 pH.....	35
7.4 Turbidez.....	38
7.5 Cloretos.....	39
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
8.1 Conclusão.....	43
8.2 Sugestões de trabalhos futuros.....	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A água é considerada o recurso natural mais importante para a sobrevivência dos seres vivos. O planeta Terra possui uma grande quantidade desse recurso, na qual apenas 3% desse total é composto por água doce e, mesmo essa porção, não se encontra totalmente disponível, tendo em vista que boa parte está retida nos aquíferos profundos ou glaciais. No Brasil, embora haja em seu subsolo as maiores reservas subterrâneas de água doce do planeta, muitas regiões sofrem com a escassez hídrica (VEIGA, 2005).

Nossos rios, lagos e mares, ao longo do tempo, vêm sendo severamente degradados pela ação do homem sobre o ambiente, por meio da urbanização desordenada, expansão de indústrias, desmatamentos principalmente em áreas ciliares, queimadas e desperdícios, que levam à redução do volume de água, contaminação e poluição. E, como consequência, propiciam o aparecimento de doenças de veiculação hídrica (VEIGA, 2005). A partir disso, é importante ter em mente que o controle da qualidade, bem como da quantidade de água própria para o consumo existente, é crucial para manter a harmonia entre o funcionamento do ecossistema e a manutenção da saúde humana.

As doenças de veiculação hídrica são causadas principalmente por microrganismos nocivos de origem entérica, animal ou humana, transmitidas basicamente pela via fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes (NOBREGA,2015). Diante disso, o Ministério da Saúde publicou a Portaria 888 em 04 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, traz como definição de água potável “aquela que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde (AMARAL et. al., 2012; FREIRE, 2012; BRASIL, 2011)”.

Dentre os principais problemas e causas atrelados a contaminação da água, o autor Nobrega (2015) cita que o uso excessivo do solo para atividades agrícolas sem o adequado cuidado com a conservação ambiental resulta na degradação das microbacias. Além disso, Veiga (2005) discorre que os resíduos industriais e domésticos vêm trazendo sérios problemas nas últimas décadas, questão esta que atentou a opinião pública e de órgãos governamentais e não-governamentais na busca de projetos sustentáveis de combate a esses impactos negativos. Nesse sentido, a gerência e a utilização dos recursos hídricos também são alvos de críticas, tendo em vista que os mesmos tem levado a um nível de degradação ambiental e risco de escassez de água, comprometendo a qualidade de vida das futuras gerações.

No que diz respeito a água tratada, a contaminação pode ser um problema proveniente da rede de distribuição, desse modo, a água a ser fornecida ao consumidor deverá passar por tratamento de desinfecção bem como, apresentar um residual de desinfetante nos pontos de consumo. O processo tem como objetivo de eliminar concentrações de microrganismos que venham a infectar o sistema e com isso garantir a qualidade da água ofertada a população (ARAÚJO et al, 2022).

Desse modo, essa pesquisa teve como foco realizar um estudo comparativo entre a qualidade da água distribuída na cidade de Barreira/CE e os valores de referências das análises fornecidas pela Estação de Tratamento de água da região, tendo em vista os parâmetros para potabilidade da água exigidos pela Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. Outro ponto importante na qual o presente estudo propôs, foi realizar a comparação dos valores obtidos por meio das análises de índice de pH, com os valores cedidos pela concessionária de abastecimento e tratamento de água da região em que os pontos do estudo se localizam.

Este trabalho teve como objetivo geral comparar a qualidade da água tratada e a água distribuída, do município de Barreira/CE.

Em relação aos objetivos específicos, esses foram caracterizar a água utilizada para consumo humano com base em parâmetros físico-químicos e microbiológicos, ainda, comparar os parâmetros físico-químicos da água distribuída com os fornecidos pela CAGECE, após a saída na ETA. Também, sugerir possíveis melhorias no Tratamento de Água ou na rede de distribuição do sistema de abastecimento de água do referido município.

2 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL E A SITUAÇÃO DA REGIÃO NORDESTE

A água é fundamental para a continuidade da vida no planeta, seu perfil de abastecimento está diretamente relacionado à percepção da qualidade da vida dos indivíduos (FORTES et al., 2019). Ainda, a água tem potencial gerador de energia, ramos como a indústria e agricultura se desenvolvem através de sua contribuição. Desse modo, o valor em volta dos recursos hídricos, seja a nível social como econômico, carece do devido estudo e monitorização (GALVÃO, BERMANN, 2015).

No Brasil, historicamente a larga disponibilidade de água remonta a aspectos históricos, até 1930 a preocupação com o meio ambiente era insuficiente, se não inexistente, exceto pela proteção a alguns recursos naturais, dentre os quais não se incluía a proteção à água. Entretanto, foi em grande parte devido a abundância de recursos hídricos observados no solo nacional que a economia, principalmente em caráter de exportação, teve possibilidade de se fortalecer (TUNDISI., 2008). Desde a exploração do interior do país a possibilidade de exportação de produtos extraídos aqui, o intermédio das águas foi essencial (SILVA, 2017).

A partir desse entendimento, cabe destacar que o Brasil apresenta diferentes ecossistemas aquáticos de dimensões continentais, esses sendo tanto de origem natural como artificial, apresentam grande relevância no que diz respeito tanto a aspectos ambientais, sociais, econômicos, bem como, políticos (VOPATO et al., 2017). Devido dentre outros aspectos geográficos a larga extensão territorial, é observado no país uma nítida contraposição na distribuição dos recursos hídricos, que demonstra desde alta disponibilidade hídrica e regimes de chuva mais intensos e recorrentes, na região Norte, por exemplo, até a baixa disponibilidade e escassez hídrica na região Nordeste (TUNDISI, 2014).

De acordo com o relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2021) que a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) que é uma referência no acompanhamento sistemático e anual das estatísticas e indicadores relacionados à água, no Brasil existem 12 regiões hidrográficas, o documento aponta que em virtude da grande extensão territorial do país, essa conjuntura por vezes é insuficiente para individualizar todas as demandas regionais, para ilustrar esta fala do documento, sabe-se que a distribuição das águas a Região Hidrográfica Amazônica concentra em torno de 80% da água superficial do país (ANA, 2021).

Com isso, a literatura aponta que a chuva é a principal responsável pela entrada da água no que tange o ciclo hidrológico, a partir da precipitação ocorre o escoamento por rios, a

infiltração no solo e a evaporação também são aspectos chave nesse processo gerador de vida (ANA, 2021).

Dentro do ciclo da água outro importante componente é a vegetação, é pelo seu intermédio que a água passa pela absorção das raízes e retoma a atmosfera através do processo de transpiração ou pela simples e direta evaporação, além de ter forte influência devido o escoamento e a infiltração. A vegetação desempenha papel fundamental na proteção dos recursos hídricos mantendo a qualidade da água bem como, na manutenção de aquíferos regulando volumes substanciais de águas para o componente subterrâneo, por exemplo (TUNDISI, TUNDISI, 2010).

Dentro desse ciclo a água é usada de diferentes maneiras e encontra o mar ao final, logo, após os processos de condensação e filtração esta retorna as nuvens e novamente através da ação dos ventos será direcionada para o reinício do ciclo (ANA, 2021).

Dentro do cenário brasileiro, a água tem duas principais entradas, a primeira é a chuva, a qual o processo foi explicado anteriormente, e a seguinte refere-se às vazões procedentes de outros países na bacia Amazônica. Dentro do território nacional tais recursos hídricos são consumidos pelas atividades econômicas, parte retorna ao ambiente e outra parte sai do território para o Oceano Atlântico ou para países que fazem fronteira com a chamada bacia do Prata, pelos rios Paraguai, Paraná e Uruguai (ANA, 2021).

Dentro desse íterim, a Região Nordeste que ocupa a posição norte-oriental do é composta por área de aproximadamente 1.219.000 km², o que equivale comparativamente a um quinto da superfície total do Brasil, dentre os nove estados abrangidos um deles é o Ceará (CIRILO et al., 2008).

Tendo como característica o clima semiárido, que se apresenta por um baixo volume de chuva, cuja vegetação é composta prioritariamente por arbustos que perdem as folhas nos meses mais secos ou por pastagens que secam na época de estiagem (SILVA et al., 2011).

Ainda, o Nordeste semiárido é uma região com diminuto volume de escoamento de água dos rios. Esse cenário é explicado devido à alta variabilidade temporal das precipitações, bem como de suas características geológicas regionais. Sobre a questão do solo, o que há nessa região são solos rasos que tem como base rochas cristalinas, por sua vez, são comuns as baixas trocas de água entre o rio e o solo adjacente (CIRILO et al., 2008).

Em suma, a região nordeste apresenta dificuldades importantes se considerado os desafios propostos pelos recursos hídricos disponíveis. Questões ainda como as temperaturas elevadas conduzem a altas taxas de evaporação; poucos rios perenes, isto é, que correm o ano todo, a concentração populacional das mais altas entre os semiáridos do mundo geram pressões

excessivas sobre os recursos hídricos, o que por sua vez carece cada vez mais de soluções efetivas e de qualidade para a população dessa região (VILAR et al., 2020).

3 PERFIL DO CONSUMO E ESCASSEZ HÍDRICA E SISTEMA DE ABASTECIMENTO

A relevância da água e dos demais recursos naturais que são essenciais para a sobrevivência humana é do conhecimento de todos. A questão do fornecimento adequado de água bem como a sua ligação com a vertente de saúde de uma população é evidente e se mostra cada vez mais importante, considerando que a vinculação da água a doenças infecciosas, de modo especial em crianças é um fato (AUGUSTO et al, 2012).

Desse modo, já é discutido que a qualidade da água está fortemente ameaçada, sendo que estudos importantes falam na diminuição dos recursos hídricos, de modo a impactar no perfil de consumo das populações. Tal preocupação ganha maior força se percebido o manejo inadequado dos recursos, o que impacta na qualidade e na preservação da água (SILVA et al., 2019).

A problemática relacionada à falta de água de qualidade deve ser uma preocupação perene na coletividade. Questões como a manutenção dos atuais níveis de consumo e mesmo a degradação do meio ambiente, tornam cada vez mais escassos os recursos hídricos (SILVA et al., 2019).

Desse modo, o inadequado gerenciamento de água aponta para diversas consequências, nas quais podem ser citadas, o aumento das fontes de contaminação, alteração nos mananciais, e aumento da vulnerabilidade humana, em decorrência do consumo de água inapropriada. Sabe-se que a água em escassez propicia nas populações o maior risco de consumo fora dos padrões de potabilidade o que por sua vez resulta em efeitos nocivos à saúde (TUCCI, 2008).

No que se refere a população rural, a acentuação dessa problemática é mais severa. De acordo com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD/2012, apenas 33,2% das residências nas áreas rurais estão ligados a redes de abastecimento de água, 29,7% com canalização interna e 3,6% sem canalização interna, esses dados são piores na região Nordeste.

Ainda, é importante destacar que na grande maioria dos domicílios rurais, a população capta água de fontes alternativas, em sua maioria, impróprias para o consumo humano (PNAD, 2012).

Em suma maioria, a população residente em zona rural tem como fonte de água para consumo os açudes, barreiros, sendo os poços artesianos e as cisternas rurais, as principais formas de captação e armazenamento de água. Sobre o conhecimento desses indivíduos perante

o consumo de água, vale salientar que a água captada de poço artesiano e das demais fontes, mesmo tendo uma aparência de pura, cristalina e aparentemente própria para o consumo, podem estar impróprias, contaminadas por microrganismos patogênicos, que podem causar diarreias, vômitos, cólera e outras doenças (SILVA et al., 2019).

Desse modo, é essencial a ampliação quantitativa e qualitativa da infraestrutura hídrica associada à gestão eficiente são requisitos essenciais para a solução do problema do acesso à água. É indispensável a estimulação de ações para a promoção da saúde, como a aplicação de métodos efetivos para descontaminação da água antes de ser consumida (CIRILO, 2008).

Em relação ao sistema de abastecimento esse é composto basicamente pelo manancial que é o primeiro elemento, é de onde é retirada a água para que seja processada. Dentro dessa concepção existem dois pontos a serem compreendidos, as águas são retiradas dessa fonte e após devem retornar a natureza, podendo ser até no mesmo rio. O ideal é que essa água seja recolhida em condições aceitáveis para otimizar o tratamento e devolvida com o cuidado necessário (HELLER, PÁDUA, 2010).

A partir desse ponto ocorre a captação, que é o processo de recolhimento de água bruta do manancial, ele pode ser superficial ou subterrâneo. Os sistemas de abastecimento de água podem utilizar qualquer um dos meios. Assim, a sucção da água é transportada para os encanamentos com destino às instalações da companhia (PEREIRA et al, 2009).

A adução vem logo em seguida, é um processo extenso, em tempo e em espaço percorrido, é basicamente o transporte da água a ser distribuída para as populações. Assim, leva a água entre a captação, reservatório de distribuição, estação de tratamento, rede de distribuição ou reservatório, até o seu destino. A adutora, desse modo, pode ser classificada dos seguintes modos: tipo de energia que utiliza, modo de escoamento ou tipo de água que transporta (HELLER, PÁDUA, 2010).

Assim, o próximo processo é o tratamento da água, esse servirá para colocar essa nos padrões adequados para o fim que se deseja prosseguir com seu consumo, como por exemplo o consumo humano. Especialmente, o cloro e o flúor são elementos usados para a efetivação desse tratamento (MACEDO, 2007).

O também é um o reservatório, sua principal finalidade é o armazenamento da água. Seu objetivo é atender as demandas de emergência, manter uma pressão constante na rede e atender a variação de consumo. A variação acontece de acordo com os hábitos da comunidade, o clima e até mesmo a qualidade da água (HELLER, PÁDUA, 2010).

A rede de distribuição é a unidade do sistema que transporta a água do reservatório para os consumidores, por exemplo. Assim, o ramal domiciliar no que concerne à rede de

abastecimento se refere a ligação que é feita da rua para a residência (HELLER, PÁDUA, 2010).

4 IMPORTÂNCIA DA MONITORIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A água é um recurso vital para a vida, o consumo da água imprópria tem a potencialidade de promover a desigualdade social e levar a continuidade do ciclo da pobreza em diferentes populações. Sendo a água potável uma condição essencial para o desenvolvimento de qualquer sociedade, o fornecimento de água com parâmetros adequados configura-se dentre outras perspectivas como uma estratégia de mitigação da desigualdade (AITH, ROTHBARTH, 2015).

Nesse sentido, a Legislação Federal aponta o cumprimento de parâmetros para potabilidade da água de modo a considerar que seu cumprimento pode a adequabilidade desse recurso com valores mínimos de qualidade para os indivíduos (BRASIL, 1988). A água como direito humano foi propriamente reconhecida pela Organização Mundial das Nações Unidas em julho de 2010.

A partir disso, a chamada Lei das Águas de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, assegura dentre outros objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

A mesma base jurídica, visando a organização do monitoramento dos recursos hídricos diz que enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, com essa divisão busca assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Ainda, afirma que as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental (BRASIL, 1997).

Desse modo, a literatura posterga que o padrão de qualidade da água deve se relacionar com o uso o qual é direcionado, desse modo, um manancial ao estar com qualidade adequada para um uso menos restritivo, como uso industrial e navegação, pode não ser adequado para uso recreativo, como por exemplo, banho, onde ocorre o contato direto com a água (FUNASA, 2014).

No entanto, vale citar que muitos corpos hídricos são destinados a mais de um uso específico e, desse modo, Von Sperling (1995), aponta que a qualidade da água deve condizer com os usos previstos, incluindo o consumo humano.

A qualidade da água tem como resultado as condições em que o corpo hídrico está inserido, podendo-se citar, ocupação do solo e condições naturais do ambiente, mas também das atividades antrópicas (ANA, 2020). O estudo de Lima et al (2018) que teve como objetivo apresentar uma metodologia para caracterização da qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Açude Acarape do Meio, no semiárido brasileiro, demonstrou que a insuficiência do saneamento básico pode levar a contaminação expressiva da água, e com isso danos ambientais e relacionados ao consumo pela população.

Ademais, a diminuição da qualidade da água de um corpo hídrico ocasiona perdas importantes para a região que este está inserido, uma série de impactos incluindo os de ordem social, ambiental e econômicos, são geradores de prejuízos diversos. Ainda, questões como a perda da biodiversidade e o aumento dos custos de tratamento de água colocam a situação em um ciclo de degradação natural e deterioração de recursos investidos (FUNASA, 2014).

5 PARÂMETROS DE QUALIDADE ANALISADOS

Quanto aos parâmetros de qualidade são estabelecidos, de forma geral, a partir da adequação das características físicas, químicas e biológicas da água, sendo utilizados como referências de adequação aos usos. Desse modo, toma-se como referência os padrões tidos Resolução Conama nº 357/05 e Portarias 518/2004 e 2.914/2011 do Ministério da Saúde tomam como base a determinação das classes de enquadramento de acordo com os valores de parâmetros encontrados no corpo d'água e, assim, apontam para os usos permitidos.

5.1 Parâmetros Microbiológicos

A transmissão de microrganismos através da água por vezes ocasiona danos severos à saúde humana, a importância epidemiológica dessas é refletida principalmente em populações mais vulneráveis nas quais os padrões de qualidade desta não são monitorados com a frequência adequada (ARAÚJO et al., 2021).

Desse modo, os usos mais frequentes da água que podem afetar a saúde do homem são classificados da seguinte forma: ingestão direta, preparação de alimentos, higiene pessoal e do ambiente, agricultura, processos industriais e atividades de lazer (RITÁ, SANTOS & MORAIS, 2016).

A saber, microrganismos que podem ser relacionados a quadros de doença relacionados à transmissão hídrica são a febre tifóide, cólera, e algumas hepatites. Nesse aspecto, diarreias provocadas pelo Rotavírus é um exemplo clássico de microrganismo que pode gerar quadros graves, de modo, especial em grupos vulneráveis como crianças, imunossuprimidos e idosos.

A atenção crescente tem sido dada ao problema da transmissão de protozoários, especialmente *Giardia e Cryptosporidium*. Sua remoção da água é mais difícil que a dos demais organismos patogênicos e as técnicas de pesquisa em amostras de água ainda estão em fase de consolidação (MIGLIOLI et al., 2017).

Especificamente, parâmetros microbiológicos que apontam a contaminação fecal são de suma importância na determinação da qualidade de um corpo hídrico (LUZ et al., 2017). Nesse sentido, destacam-se as bactérias do grupo coliformes, que são as tradicionalmente aceitas como indicadoras de contaminação fecal (CETESB, 2018).

Por definição, os coliformes consistem em bactérias aeróbias ou anaeróbias facultativas e há alguns fatores que justificam seu uso como indicador de contaminação fecal.

Dentre esses fatores, citam-se: são encontradas nos dejetos dos animais de sangue quente e humanos, são de fácil detecção em todos os tipos de água, possuem um maior tempo de sobrevivência na água e são mais resistentes aos desinfetantes em relação aos outros grupos de bactérias patogênicas intestinais (FUNASA, 2013).

Uma das bactérias termotolerantes mais comuns dos coliformes é a *Escherichia coli* (*E. coli*), sendo também os presentes no grupo algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. A chamada de atenção à *E. coli* dá-se devido a sua importância epidemiológica, essa bactéria é exclusivamente de origem fecal, sendo encontrada em altas concentrações em fezes de mamíferos, aves e humanos e dificilmente detectada em um ambiente que não tenha sofrido contaminação fecal. Isso a difere das outras bactérias que podem estar presentes, por exemplo, em ambientes onde há grande carga orgânica, como as de despejo de efluentes industriais (CETESB, 2018).

Sabe-se que a grande maioria das bactérias encontradas nas águas não são patogênicas, contudo, podem prejudicar a qualidade da água, pois provocam odores e sabores desagradáveis. Além disso, de acordo com a ANA (2013b), a concentração de coliformes termotolerantes pode ser relacionada com a possibilidade de existência de microrganismos patogênicos no meio aquático, sendo estes causadores de doenças como as citadas anteriormente.

De modo geral, na legislação brasileira, os teores de coliformes fecais são utilizados nas análises de qualidade das águas superficiais como padrão para os usos em abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura (CETESB, 2018).

5.2 Parâmetros Físico-Químicos: pH

O potencial hidrogeniônico (pH) se refere a intensidade das condições ácidas ou básicas do meio líquido por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+). Desse modo, o valor do pH tem influência em diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias e de definir o potencial de toxicidade de vários elementos (APHA, 2005; BRASIL, 2006c).

O pH é expresso por uma faixa que varia de 0 a 14. O pH neutro é aquele correspondente a 7, onde valores abaixo de 7 indicam soluções ácidas e acima de 7 soluções básicas, para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9 (ANA, 2013b). As alterações de pH podem ter origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais) (MESSIAS, 2008).

Existem, no entanto, várias exceções a essa recomendação, provocadas por influências naturais, como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes da decomposição de vegetação. Nessa situação, o pH das águas é sempre ácido (valores de 4 a 6), como pode ser observado em alguns cursos d'água na planície amazônica (MESSIAS, 2008).

Assim, de modo geral, o pH é utilizado comumente para caracterização de águas para abastecimento, seja em estado bruto ou mesmo tratadas, também aplicado em águas residuárias brutas e em corpos d'água. Ainda, o pH, tem significado importante no que diz respeito à operação adequada de estações de tratamento de água (ETA) e estações de tratamento de esgoto (ETE) (VON SPERLING, 1995).

5.3 Parâmetros Físico-Químicos: Turbidez

A turbidez se refere a interferência na passagem de luz por um líquido devido à presença de sólidos, sendo a água caracterizada pelo aspecto turvo. A turbidez é causada mais precisamente pelos sólidos em suspensão (FUNASA, 2013).

A turbidez da água, como afirmado, é atribuída principalmente às partículas sólidas em suspensão, essas têm a capacidade de diminuir a claridade e reduzem a transmissão da luz do meio. Sofre influência da presença de plânctons, detritos orgânicos e outras substâncias como zinco, ferro, compostos de manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão e escoamento superficial ou da ação antrópica, como lançamento de esgotos e efluentes das atividades industriais (FUNASA, 2013).

A turbidez da água é atribuída principalmente às partículas sólidas em suspensão, que diminuem a claridade e reduzem a transmissão da luz do meio. Sofre influência da presença de plânctons, detritos orgânicos e outras substâncias como zinco, ferro, compostos de manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão e escoamento superficial ou da ação antrópica, como lançamento de esgotos e efluentes das atividades industriais (FUNASA, 2013).

No tratamento de água, a turbidez pode reduzir a eficiência da cloração, pela proteção física dos microrganismos do contato direto com os desinfetantes (DELLAMATRICE, 2005). Para efeitos de aceitação para consumo humano, a turbidez da água não pode ultrapassar cinco unidades de turbidez ($VMP = 5 \text{ uT}$) (BRASIL, 2004).

5.4 Parâmetros Físico-Químicos: Cloretos

De modo geral, os cloretos são oriundos da dissolução de sais minerais que estão presentes nas águas, que compreendem as formas livres de cloreto de sódio, cálcio e magnésio. Em ambientes naturais, as maiores concentrações de cloreto podem estar relacionadas com a poluição do corpo hídrico, relacionado ao despejo de esgotos domésticos ou industriais, advindos por exemplo das indústrias farmacêuticas e de curtume (CETESB, 2018).

Como aponta Von Sperling (1995), a quantidade de cloretos é usada como parâmetro para caracterização de águas brutas de mananciais para abastecimento, bem como, anteriormente, o teor de cloretos foi utilizado como indicador de contaminação por esgotos sanitários (CETESB, 2018).

Propriamente os níveis de cloreto em si não representam riscos à saúde humana, mas podem conferir sabor salgado as águas, além de no caso de corpos d'água poderem interferir negativamente no equilíbrio dos organismos aquáticos, pois provocam mudanças na pressão osmótica das células (ANA, 2013).

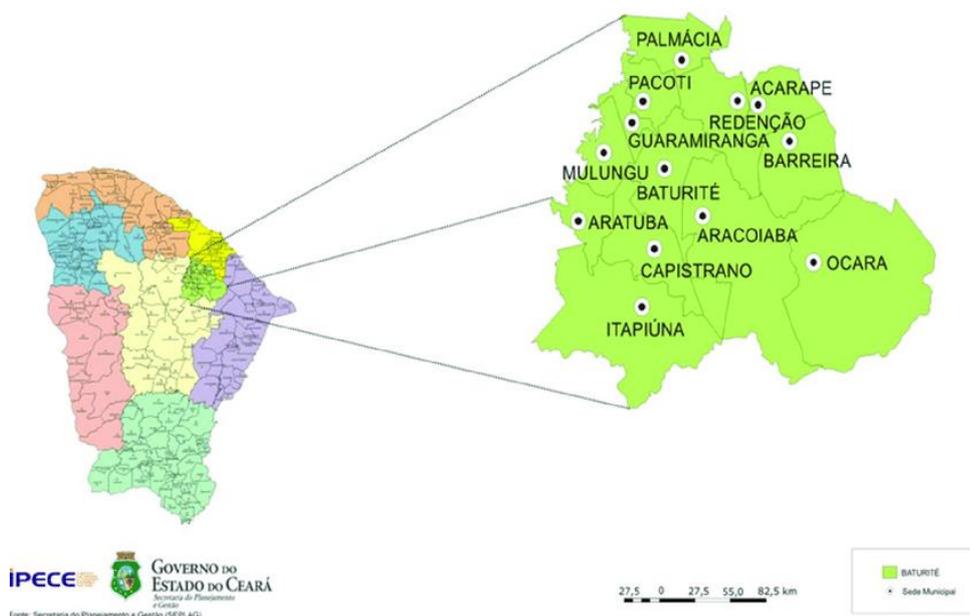
6 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi realizado em três etapas, compreendendo dois delineamentos de pesquisa, a saber: estudo metodológico, seguido por coleta de dados, análises laboratoriais e comparação de dados.

6.1 Área de Estudo

A área de estudo escolhida foi a da região do município de Barreira, localizado na macrorregião do Maciço do Baturité, mesorregião do norte cearense no interior do Estado do Ceará. Com sua população estimada em 22.715 habitantes para o ano de 2020 e apresentando como principal atividade econômica a extração de caju e seu beneficiamento.

Figura 1 – Mapa dos municípios do Maciço de Baturité, Russas-CE Brasil, 2022.



Fonte: Governo do Estado do Ceará (2022)

O município é abastecido pelo Açude Acarape do Meio (Barragem Eugênio Gudín), localizado no município de Redenção nas coordenadas geográficas 4°11'43.01"Sul e 38°48'22.35"Oeste, e construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), com início da construção em 1909 e sua finalização em 1924 (IBGE, 2022).

O reservatório é composto essencialmente por uma barragem, em concreto, possuindo um espelho d'água de 220 hectares e capacidade de armazenamento de 31,5 milhões de metros cúbicos (CEARÁ, 2007).

Figura 2 – Fotografias Açude Acarape do Meio, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor (2022)

Figura 3 – Açude Acarape do Meio, Russas-CE, 2022.



Fonte: Adaptado de Google Earth

A região em que está localizado o reservatório apresenta clima tropical chuvoso de monção, localizada em relevo acidentado, onde ocorrem chuvas orográficas com índices

pluviométricos superiores a 1.400 mm/ano. A temperatura média é de 25° C, atingindo valores inferiores a 22° C no ápice da Serra de Baturité e o número de horas de insolação varia de 2.650 a 3.000 horas/ano e a altura média anual de evaporação é de 562mm (COGERH, 2008).

Por outro lado, o município de Barreira apresenta clima tropical quente semiárido brando com pluviometria média de 915 mm/ano e com chuvas concentradas de janeiro a abril. A diferença entre os climas se dá principalmente pela região montanhosa das serras situadas no maciço de Baturité

Figura 4 – Estação de tratamento de água, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

6.2 Ensaios Laboratoriais

O monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos foi realizado por meio de coletas de água em três pontos localizados em três residências diferentes da área de estudo. O processo de análise da qualidade da água seguiu as seguintes fases, coleta de amostras, e posterior análises microbiológicas e físico-químicas.

As coletas foram realizadas no intervalo de três meses, compreendendo os meses de maio a julho de 2022, e os pontos de cada coleta apresentam coordenadas geográficas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Coordenadas dos Pontos de coleta, Russas-CE, Brasil, 2022.

Ponto de coleta	Sul	Oeste
Croatá	4°16'21.89"	38°38'41.07"
Flores	4°20'5.22"	38°40'5.08"
Córrego	4°17'49.52"	38°34'1.93"

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5 – Ponto de coleta de amostra: Localidade Flores, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

Figura 6 – Ponto de coleta de amostra: Localidade de Croatá, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

Figura 7 – Ponto de coleta de amostra: Localidade Distrito do Córrego, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

6.2.1 Procedimento de Coleta e Amostragem

O procedimento de coleta e amostragem nas residências, foi realizado segundo as recomendações da NBR 9898 (ABNT, 1987), certificando assim, a pureza das amostras. A

partir disso, os frascos, foram devidamente desinfetados em álcool etílico 70% e o manuseio foi realizado com a utilização de luvas cirúrgicas.

A coleta da amostra da ETA foi realizada com o preenchimento dos frascos diretamente na água, na qual os frascos utilizados para todas as coletas foram garrafas de polietileno de 500 mL para as análises físico-químicas e potes autoclavados para as análises microbiológicas. Desta forma, foram coletados cerca de 500 mL para as análises físico-químicas e 100 mL para a análise microbiológica de todas as amostras, sempre tomando cuidado no processo pra não preencher os frascos totalmente para que assim fosse possível a homogeneização da amostra, antes de realizar o particionamento para os ensaios.

Figura 8 – Recipientes com as amostras coletadas de Flores, Córrego e Croatá, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor (2022)

Os horários de coleta das amostras foram padronizados para cada ponto, de modo a não interferir no resultado das análises, pois a variabilidade de horário de coleta pode gerar alguma mudança e influenciar nos resultados. Os dias e horários de coleta seguem na tabela abaixo.

Tabela 2 – Datas e horários de coleta das amostras, Russas-CE, Brasil, 2022.

Ponto de coleta	Coleta 1 (30/05/2022)	Coleta 2 (30/06/2022)	Coleta 3 (12/07/2022)

Croatá	9:00h	9:00h	9:00h
Flores	11:00h	11:00h	11:00h
Córrego	13:00h	13:00h	13:00h

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a realização das coletas, os frascos contendo as amostras foram devidamente armazenados em uma caixa térmica, para que fossem melhor conservados as características originais da amostra.

6.2.2 Análises Microbiológicas

De modo a identificar a presença de dois principais grupos de bactérias indicadoras de contaminação fecal, foram realizadas análises microbiológicas na qual o processo seguiu com vistas a detecção dos grupos de bactérias coliformes totais (CT) e *E. coli*. A justificativa por essas análises se mostra a partir da possibilidade de contaminação pelo despejo de efluentes domésticos, bem como poluição causada pela atividade comercial. Nesse processo, foi utilizado o sistema COLItest, que é a cultura na qual permite a detecção simultânea dos dois grupos de bactérias após a adição de um reativo de kovacs para prova de indol e detecção de *E. coli*. Os passos da análise realizada, se deram a partir da separação de um sachê de COLItest e 100 ml de amostra com a adição de cultura e posterior homogeneização, obtendo no processo, uma coloração púrpura (Figura 9).

Logo em seguida, o frasco com a amostra utilizada foi incubado em estufa bacteriológica, ilustrada na Figura 9, com temperatura variando entre 35 +/-2°C, delta de temperatura semelhante com a do trato digestivo humano, por um período de 18 a 48 horas. Após isso, foi feita a análise da coloração da amostra incubada, na qual o aparecimento da cor púrpura significaria presença de coliformes totais, já se apresentasse cor amarelada indicaria resultado negativo para a presença de coliformes totais (Figura 10).

Figura 9 – Resultado positivo para a presença de *E. coli*, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor

Figura 10 – Resultado positivo para a presença de coliformes totais, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor

Figura 11 – Resultado positivo para a presença de coliformes totais, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor

Depois de realizada a análise de presença de coliformes totais, (figura 9 e 10) 10mL da amostra que estava na estufa foi transferida para um tubo de ensaio para realização da prova de indol de presença de *E. coli*, com a adição de 3 a 5 gotas de kovacs.

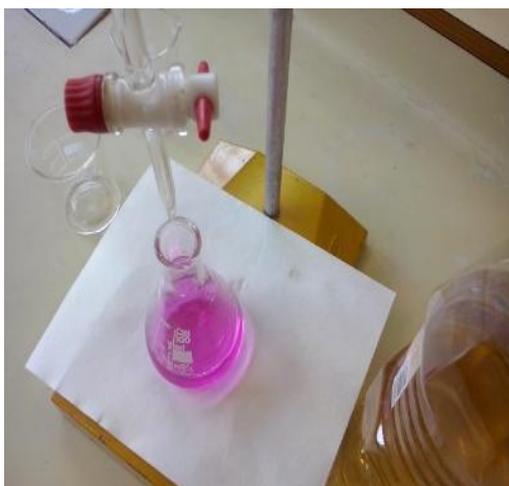
6.2.3 Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas foram: pH, turbidez e cloretos. Executando as análises de acordo com o disposto em APHA; AWWA; WEF (2017), temos que a medição de pH foi realizada pelo método eletrométrico, devido a sua maior precisão. O método baseia-se na utilização de um pHmetro de bancada de modelo Tecnopon mPA-210 já calibrado com duas soluções tampão de valores de pH igual a 4 e a 7.

Já para a turbidez o método nefelométrico foi utilizado, na qual com o auxílio de um turbidímetro da AKSO de modelo TU430 calibrado em quatro pontos, uma amostra de 20mL é colocada em uma cubeta e posicionada dentro do turbidímetro.

As análises de cloretos foram utilizadas titulometria e com indicadores, na qual as amostras de água foram diluídas com titulante nitrato de prata 0,01N e com indicador cromato de potássio 5%, utilizando-se $FD = 1/10$ (Figura 12).

Figura 12 – Titulação de ácidos e bases, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguem-se os resultados e discussão deste trabalho.

7.1 Diagnósticos de Campo

Através das características que cercam a área de estudo, é possível apontar fatos que podem estar relacionados com a diferença de resultados entre o material coletado nos pontos residenciais e a ETA. A questão geográfica, por exemplo, pode influenciar na mudança de parâmetros, tendo em vista que por atender vários municípios, a ETA fica localizada mais afastada da área dos pontos de estudo.

Outro ponto importante é a atividade comercial aquecida na região, que por se tratar de cultivo de uma cultura, há um grande uso de água e alterações no solo, com utilização de potenciais contaminantes como agrotóxicos. Com isso, os resultados aqui apresentados podem ser de grande importância no mapeamento de regiões com níveis preocupantes de contaminação dentro da área de estudo, podendo assim, servir de base e auxílio para um futuro trabalho de mitigação desse problema.

7.2 Análises Microbiológicas

Para as análises microbiológicas, foram realizadas duas coletas na qual as duas foram analisadas as presenças de Coliformes Totais (CT) e de *E.coli*. Os resultados seguem na tabela abaixo:

Tabela 3 – Resultados das análises microbiológicas (Coliformes), Russas-CE, Brasil, 2022.

Ponto de coleta	Coleta 1	Coleta 2
Croatá	ausente	Ausente
Flores	presente	Presente
Córrego	ausente	Presente

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 4 – Resultados das análises microbiológicas (*E.coli*), Russas-CE. Brasil, 2022.

Ponto de coleta	Coleta 1	Coleta 2
Croatá	ausente	Ausente

Flores	presente	Presente
Córrego	ausente	Ausente

Fonte: Elaborado pelo autor

Para as análises da coleta 1 destaca-se a presença de coliformes totais e *E. coli* somente no material do ponto de coleta de Flores, já na segunda coleta o cenário se repete, sendo possível detectar a presença de coliformes totais e *E. coli* na amostra da localidade de Flores, também foi possível encontrar na coleta 2 a presença de coliformes totais na amostra de Córrego.

Segundo a Resolução Conama nº 357/05 e a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, parâmetros microbiológicos para o enquadramento dos corpos d'água, bem como para água de consumo, são de total ausência de *E. Coli* e coliformes totais em uma análise de 100mL de amostra. Portanto, pelos resultados obtidos foi possível concluir que há contaminação na rede de distribuição que abastece a comunidade de Flores, tendo em vista que a amostra deste ponto atestou a presença dos mesmos nas coletas realizadas.

Por estar localizado em uma região de comunidade com presença de fossas sépticas, esse resultado pode estar relacionado a vários problemas, entre eles destaca-se o despejo de efluentes domésticos oriundos de fossas que possuem grande concentração de coliformes totais e fecais, na qual segundo Santos (2008), a presença desses grupos de bactérias está bastante atrelada.

Em estudo realizado por Porto et al (2011) que teve como objetivo analisar a qualidade microbiológica da água destinada ao abastecimento de uma rede de lojas *fast-food* da cidade de Recife (PE), observou que nas 93 amostras analisadas todas estavam contaminadas com coliformes termotolerantes, a partir desse ponto, o estudo sinalizou um alerta relacionado a qualidade da água disponível nos estabelecimentos produtores de alimentos estudados.

7.3 pH

Os resultados da análise de pH das amostras dos pontos, foi possível notar que houve grande variação no índice de pH das amostras, na qual o valor mínimo encontrado foi de 6,92 e o máximo de 8,17 e valor médio de 7,54. Entre as diferenças se tem que o ponto da comunidade de Flores apresentou o maior número de pH entre os pontos de coleta, logo, mostrando possuir maior índice de acidez com relação aos demais. Contudo, é interessante notar que apesar do ponto de Flores mostrar o número máximo de pH, nas coletas 1 e 3 a

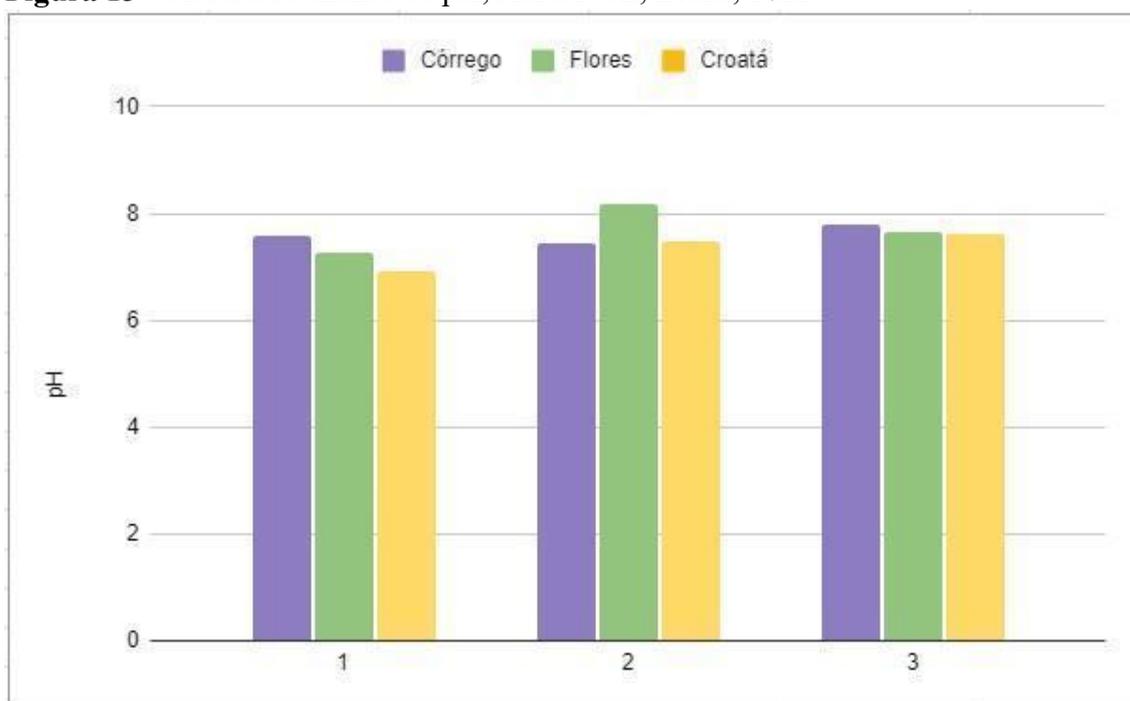
amostra da comunidade de Córrego se mostrou superior aos outros pontos, conforme (figura 11).

Segundo Chapman (1996) o pH é a medida do balanço ácido de uma solução, definida como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio. A escala de pH varia de 0 a 14, sendo que os valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto os valores de 7 a 14 indicam aumento da alcalinidade. Com isso, por essa alta alcalinidade ser prejudicial à saúde humana, e pôr o aumento do pH apresentar fortes indícios de contaminação pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, essa análise se faz presente na maioria dos estudos que tratam de água própria para o consumo.

A partir disso, a Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde preconiza valores ideais de medida de pH para água de consumo, tais valores variam em uma faixa mais aceita indo de 6,0 a 9,5. Portanto, quando comparado às medidas aceitas, os resultados deste estudo apresentaram valores satisfatórios, permanecendo dentro da faixa em todas as coletas de todos os pontos estudados.

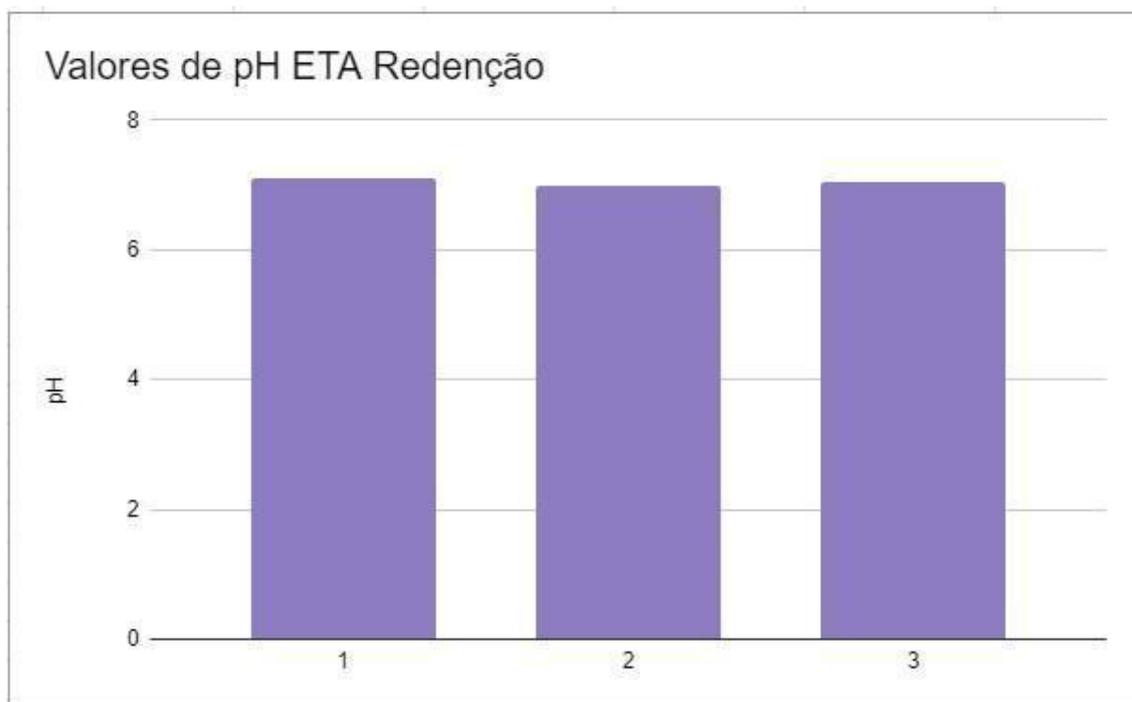
Em relação ao pH, os achados desse estudo são similares ao trabalho de Santos et al (2018) que ao analisar a qualidade da água no decorrer de alguns pontos dentro da rede de distribuição da Universidade Estadual de Maringá observou que especificamente o pH estava de acordo com a portaria 2.914 de 2011.

Figura 13 – Resultado análise de pH, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor

Figura 14 – Valores de pH, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor

Primeiramente, é interessante notar que o controle do índice de pH da água nessa estação de tratamento se mostra bastante rigoroso com base nos dados fornecidos, tendo em vista que durante as três coletas analisadas, houve grande variação nas medidas, apresentando, portanto, pouca coerência nos dados, isso se mostra importante no que diz respeito a confiabilidade das análises.

Desse modo, têm-se que na primeira coleta os dados da ETA revelam o valor de pH de 7,09 para esse dia, em contrapartida nos pontos estudados as comunidades de Córrego e Flores apresentaram os maiores valores 7,57 e 7,25 respectivamente, sendo, portanto, acima do valor da ETA. Na segunda coleta, a ETA mostra o valor de pH de 6,98 e nos pontos de coleta houve aumento significativo desses valores, sendo 7,44, 8,17 e 7,46 respectivamente.

A terceira coleta segue a tendência de aumento nos valores de pH, na qual na ETA temos uma medida de 7,03 e nos pontos de coleta temos 7,8, 7,64 e 7,6. Contudo, apesar de apresentarem considerável aumento do pH e tendência de alcalinização da água quando comparado com a ETA, é importante frisar que mesmo acima, esses valores ainda se enquadram na faixa de valores de pH ideais para consumo. Sendo os limites estabelecidos pela Portaria MS nº 2.914/2011 para pH variáveis entre 6 para valor mínimo e 9,5 para valor máximo.

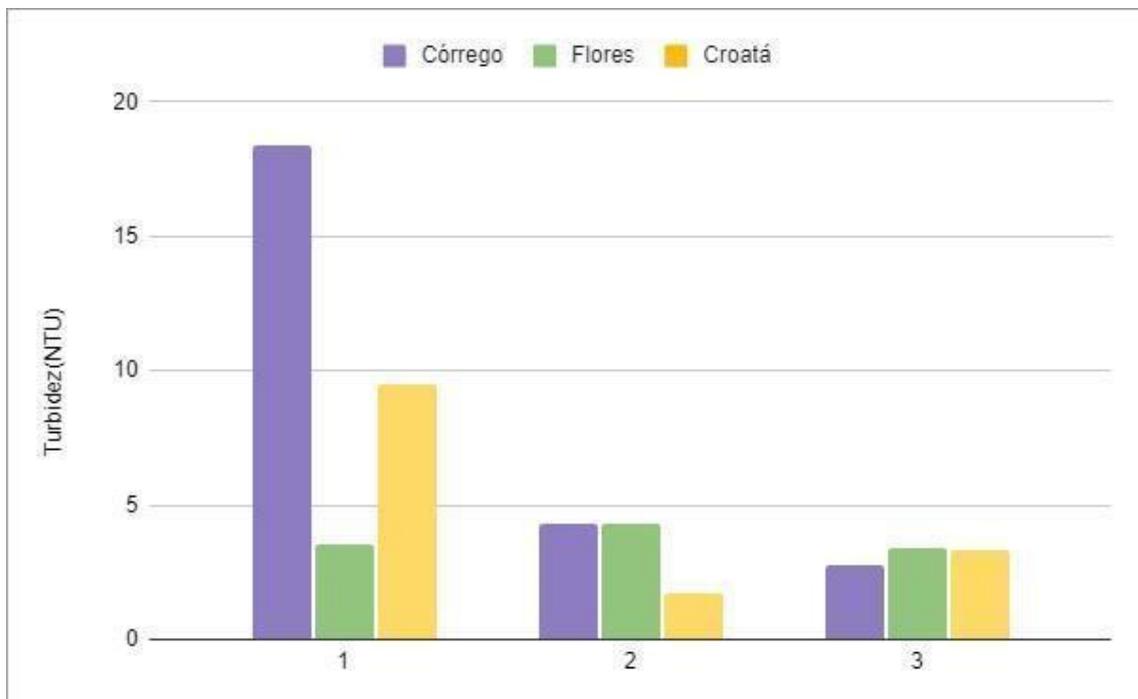
Ainda, é importante salientar que pH similar foi encontrado no estudo de Morais et al (2016). Sabe-se que a água distribuída ao apresentar elevada alcalinidade, bem como acidificação, há possibilidade de formação de incrustações nas tubulações e nos equipamentos de fornecimento (KELLNER et al., 2022). Entretanto, como o pH das amostras analisadas esteve dentro dos limites estabelecidos pelo padrão brasileiro de potabilidade, não é esperado que os sistemas de abastecimento dos bairros estudados apresentem o problema descrito.

7.4 Turbidez

A turbidez se refere a medição da resistência água à passagem da luz, é tida pela presença de partículas em flutuação na água, desse modo, a turbidez é um parâmetro organoléptico da água, que se refere a aceitação ou negação deste pelas populações.

A Figura 15 apresenta os resultados observados neste estudo para os três pontos de coleta, nota-se que há uma variação nos dados de turbidez dos pontos ao longo do tempo, diminuindo significativamente no ponto do Córrego, e aumentando nos demais pontos.

Figura 15 – Resultado análise de turbidez, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor

Ao observar e comparar os valores de turbidez fornecidos pela ETA, é possível notar que na primeira e na terceira coleta foi obtido índices muito acima do recomendado na estação

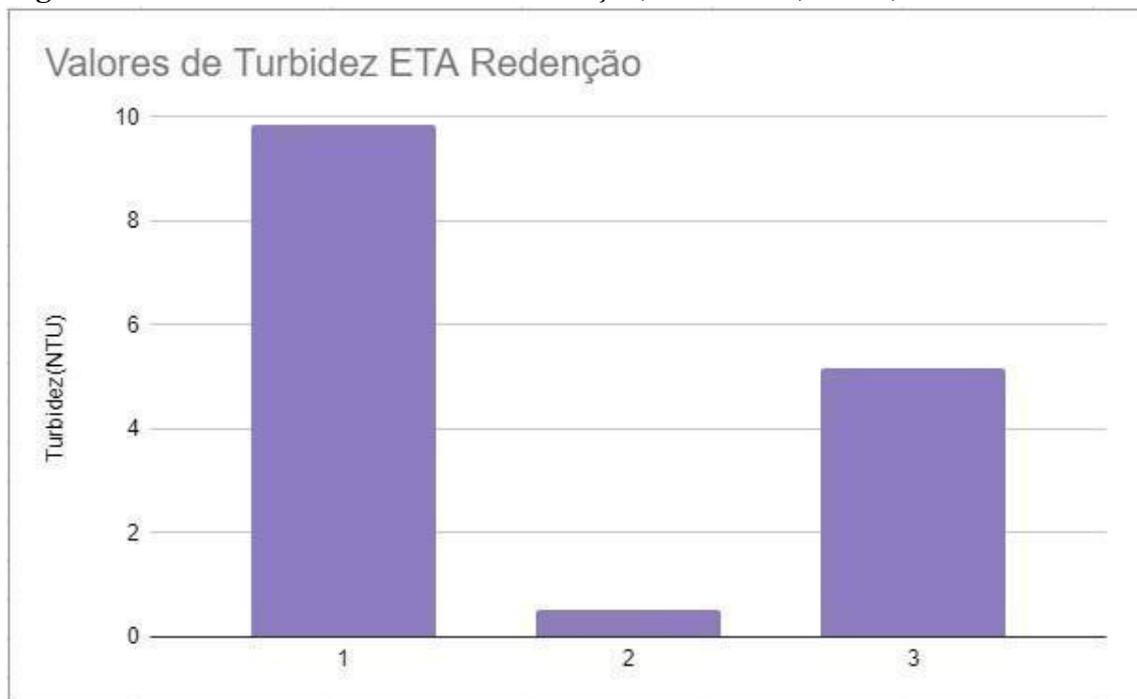
de tratamento, de modo que somente na segunda coleta 0,51 o valor está dentro do recomendado.

Quando em comparação com os resultados realizados nesse estudo, a discrepância é ainda maior, na qual na primeira coleta tem-se um valor máximo de 18,35 no ponto referente a comunidade de Córrego e mínimo de 3,56 no ponto de Flores.

Ainda que nas demais coletas, os valores encontrados neste estudo sejam satisfatórios do ponto de vista de consumo desse material, a diferença dos índices da ETA com os da água na adutora até chegar aos pontos de coleta, é expressiva, podendo ser um indício forte de problemas ligados a contaminação da rede de distribuição da água da ETA, na qual provavelmente há alguma entrada preferencial na tubulação, causando migração de partículas de solo do entorno para a tubulação até os pontos de referência.

Especificamente em relação aos resultados elevados na primeira coleta em Córrego, cabe destacar que valores de turbidez aumentados podem comprometer a ação do cloro como desinfetante residual e potencializar a quantidade microbiana da água tratada (LEVY et al., 2008).

Figura 16 – Valores de Turbidez ETA Redenção, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor (2022)

7.5 Cloretos

Os resultados da análise de cloretos apresentaram um aumento significativo entre as coletas nos pontos de Córrego e Croatá, variando de 63,1 mg/L Cl a 163,42 mg/L Cl e 67,49 mg/L Cl a 251,34 mg/L Cl, respectivamente. Em contrapartida, no ponto de Flores houve uma diminuição de cloretos entre as coletas 1 e a 2, apresentando variação de 241,76 mg/L Cl a 71,25 mg/L Cl.

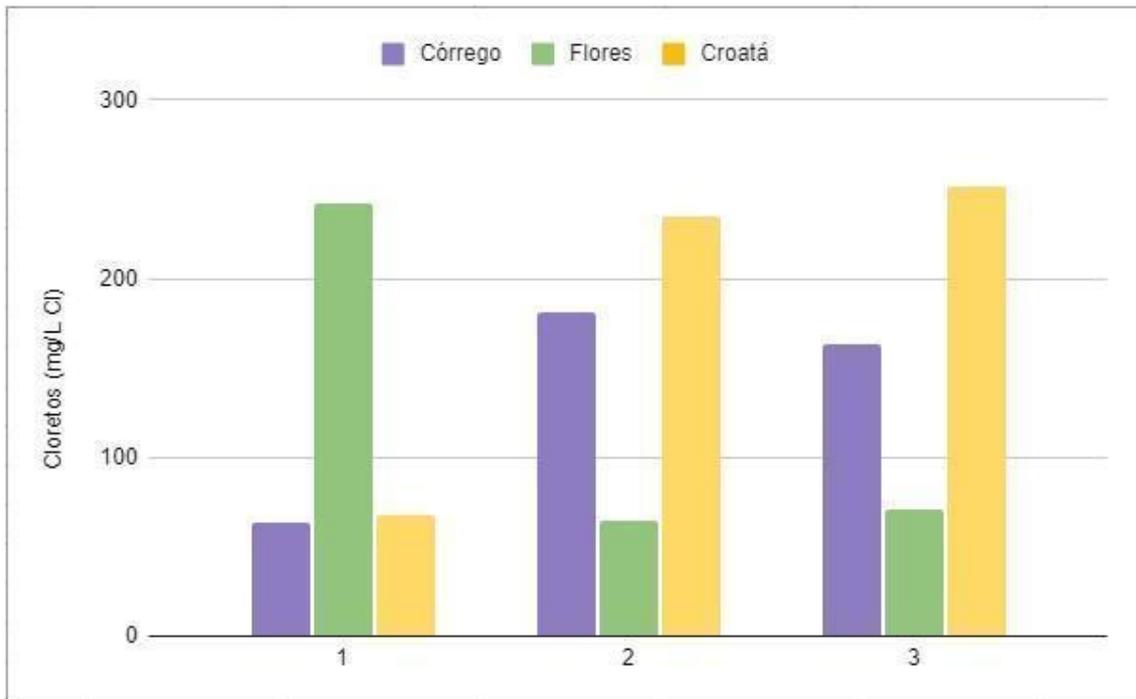
É importante notar que os valores de cloretos aqui obtidos são semelhantes aos apresentados no estudo de Costa et al (2018), na qual variaram de 94 mg/L a 274 mg/L, estando portanto, abaixo do limite preconizado na Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 para águas próprias para o consumo humano que é de 250 mg/L.

Por ser uma substância eficaz para oxidar a matéria orgânica proveniente dos mananciais e que possam aparecer na rede de distribuição, as estações de tratamento utilizam o cloro como ativo nos processos de tratamento da água a cloração, com vistas a eliminar ou impedir que bactérias, vírus e protozoários causadores de doenças surjam e se multipliquem no percurso da estação de tratamento até as residências.

Contudo, é importante ter o mínimo de controle possível nessas adições, pois entre outros fatores, o cloro pode causar intoxicação e ser prejudicial à saúde humana, cumprindo nesse caso, função oposta ao que lhe é esperado. A partir disso, o Ministério da Saúde através da Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, recomenda que a água fornecida contenha um teor mínimo de 0,5 miligramas por litro (mg/L) e máximo de 2 mg/L de cloro residual livre, ou seja, na saída da ETA a água deve apresentar valores de cloro abaixo quando se comparado aos índices de cloretos mínimos recomendados para consumo.

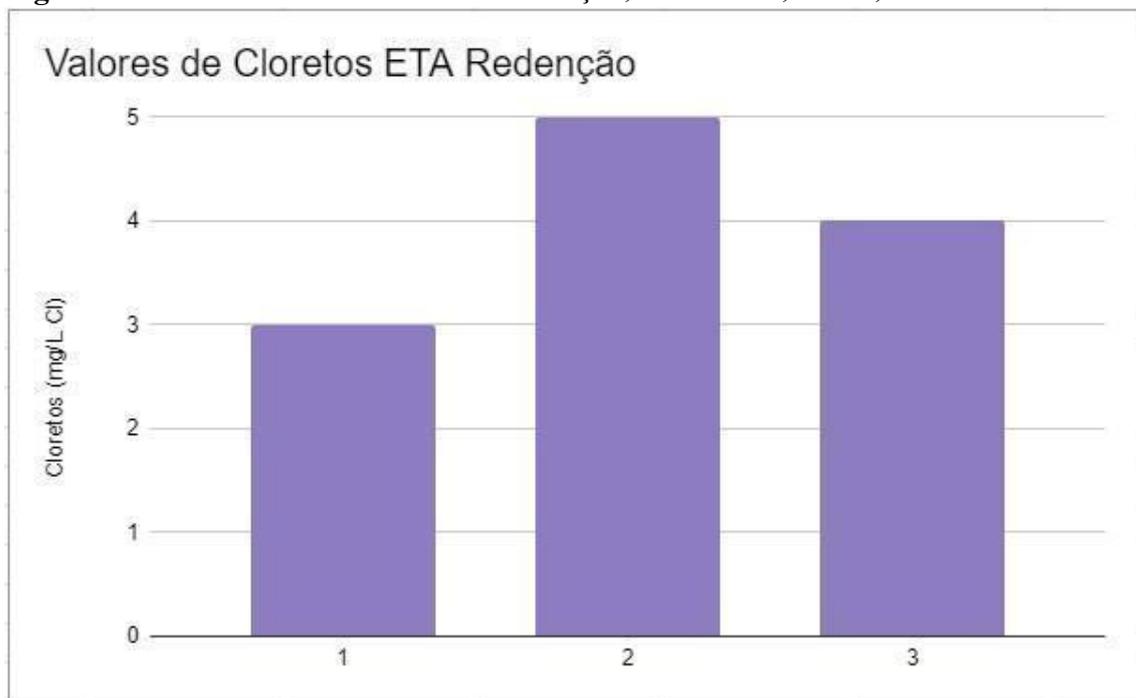
Tal fato pode ser justificado segundo o própria Portaria (BRASIL, 2011), pela previsão de acumulação de íons de cloro ao longo da rede de distribuição provenientes de contaminação por esgoto, por exemplo, tendo em vista que dejetos humanos e de animais possuem teor elevado de cloreto. A concentração de cloreto em esgoto doméstico varia entre 30 e 100 mg/L. Aliado a isso, a presença de cloretos também pode estar associada a dissolução de água no solo, justificando desse modo, os altos índices de cloretos em águas subterrâneas (MORAIS et al., 2016).

Figura 17 – Resultado análise de cloretos, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor

Figura 18 – Valores de cloretos ETA Redenção, Russas-CE, Brasil, 2022.



Fonte: Autor

O gráfico da Figura 18 mostra os valores de cloro residual livre presentes na água fornecidos pela Estação de tratamento da área estudada. Apesar dos valores de cloretos encontrados nas coletas dos pontos ao longo da rede de distribuição estarem no geral dentro da

faixa recomendada, é importante notar que os valores de cloro residual livre da ETA apresentam valores muito acima do estabelecido pelo Ministério da Saúde.

Dentre as coletas temos que, como acima citado, a faixa está entre 0,5 miligramas por litro (mg/L) e 2 mg/L. A partir disso, a segunda coleta apresenta o valor mais preocupante, sendo de 5 (mg/L), esse valor esteve discrepante dos achados do estudo de Moraes et al (2016) que se mantiveram abaixo de 0,5 mg/L. Dentre os motivos para tal discrepância, entre muitos fatores pode-se apontar o déficit de estrutura e pessoal para gerenciar o melhor controle na ETA (MORAIS et al., 2016).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguem-se as considerações finais desse trabalho.

8.1 Conclusão

As análises microbiológicas apontaram que há indícios de contaminação fecal em amostras, uma vez detectada a presença de coliformes totais e *E. coli* na localidade de Flores. Em relação ao parâmetro de pH foram observados valores significativos, entretanto ainda aceitáveis. Já o parâmetro de turbidez evidenciou alterações expressivas, levando a hipótese de existir contaminação. O parâmetro cloretos evidenciou altas concentrações já na ETA, não sendo recomendada na literatura.

Nesse sentido, é importante que a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) tenha maior controle dos parâmetros de qualidade de água na estação de água tratada, atendendo os índices de critérios estabelecidos nas portarias do Ministério da saúde e Agência Nacional das Águas (ANA).

Vislumbrando futuros trabalhos, recomenda-se a utilização de outros parâmetros físico-químicos de qualidade, que possam contribuir com uma análise mais acurada e minuciosa. Assim, o trabalho contribui para o entendimento da qualidade das águas da cidade de Barreira/CE, monitorando os parâmetros estabelecidos, bem como um ponto de partida para análises futuras com maior aprofundamento e em outras vertentes.

8.2 Sugestões de Trabalhos Futuros

- Acompanhar a influência da sazonalidade anual sobre os parâmetros de qualidade da água.
- Avaliar os impactos do carreamento de poluentes provenientes da agricultura local sobre a qualidade da água das residências.
- Obter correlações da contaminação com relação a diferentes distâncias da tubulação em relação a ETA.

REFERÊNCIAS

- AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 163-177, 2015.
- AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 163-177, 2015.
- AMANIAL, H. R. Physico chemical characterization of tannery effluent and its impact on the nearby river. **Open Access Library Journal**, v. 3, p. 3, 1996.
- ARAÚJO, E. P. et al. Indicadores de abastecimento de água e doenças de transmissão hídrica em municípios da Amazônia Oriental. **Engenharia Sanitaria e Ambiental.**, v. 26, n. 6, p. 1059-1068. 2016.
- ARAÚJO, L. F. et al. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. *Ciência & Saúde Coletiva* [online]. 2022, v. 27, n. 7, p. 2935-2947. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9898: **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro: ABNT,
- AUGUSTO, L. G. da Silva et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n.2 p. 1511-1522, 2012.
- BAY, M. Variação Pluviométrica e Parâmetros Físico-químicos da Água Tratada para Distribuição em Porto Velho, Rondônia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.3 p. 08-12, 2015.
- BLOETSCHER, F. Algal control in warm weather pond using emoh device. **Journal of Environmental Protection**, v. 9, p. 8, 2017.
- BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. 1. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]**. Brasília, DF, 8 de jan. de 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 36/6M de 1990. Estabelece o teor máximo de cloreto permissível em águas de abastecimento de 250 mg Cl-/L. Brasília. 1990.
- CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**, p. 61-82, 2009.

COGERH, C. de Gestão de R. H. Inventário cogherh açude Acarape do meio. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wpcontent/uploads/pdf/inventarios/2008/Inventario>, Acesso em: 20/11/2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Fundamentos do controle de poluição das águas**. In: ESCOLA SUPERIOR DA CETESB (São Paulo). Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais. São Paulo: CETESB, 2018.

COSTA, A S. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS NO MUNICÍPIO DE MAGALHÃES DE ALMEIDA – MA. . In: Universidade Federal Do Maranhão Curso De Licenciatura em Ciências Naturais – Química. São Bernardo - MA, 2018.

DELLAMATRICE, P. M. **Biodegradação e toxicidade de corantes têxteis e efluentes da Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Americana, SP**. 2005. f. 137. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

DNOCS, D. N. de Obras contra as Secas, Acervo dnocs açude Acarape do meio, disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/noticias/noticia-site-antigo-3481>, Acesso em: 20/11/2022.

FORTES, A. C. C. et al. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde em Debate**, v. 43, n. 3, 2019.

FUNASA. Manual técnico e de operação: Sistema de monitoramento de turbidez, disponível em: <http://www.funasa.gov.br/bibliotecaelectronica/publicacoes/estudos-e-pesquisas1/assetpublisher/qGiy9skHw4ar/content/manual-technico-e-deoperacao-sistema-de-monitoramento-de-turbidez?inheritRedirect=false>, Acesso em: 20/11/2022.

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

GALVÃO, J. B. et al. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

GOOGLE. Google Earth website. Versão 9.152.0.1. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 20 nov. 2022.

HELLER, L; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

IBGE, I. B. de Geografia e E. Biblioteca ibge - catalogo açude Acarape do meio, disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=435416view=detalhes> , Acesso em: 20/11/2022.

KELLNER, E. O. et al. A agressividade da água e a possibilidade de alteração da qualidade para o consumo humano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 8, p. 159-168, 2022.

- LIMA, B. P. et al. Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 23, n. 01 p. 125-135, 2018,
- LUZ, R. B. et al. Contaminação viral e bacteriana em águas subterrâneas na porção aflorante do Aquífero Guaraní, município de Ivoti, RS. **Revista Ambiente & Água**., v. 12, n. 5, 2017.
- MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas**. 3. ed. Minas Gerais. 2007.
- MESSIAS, T.G. **Influência da toxicidade da água e do sedimento dos rios São Joaquim e Ribeirão Claro na bacia do Corumbataí**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- MORAIS, W. A. et al. Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**. v. 24, n. 3, p. 361-367, 2016.
- NOBREGA, M. D. de A. C. Physical and chemical analysis of water supply bacteriological city of santo Domingos-PB, **INTESA**, v. 9, p. 10–14, 2015.
- PEREIRA, F. (2009). Aplicação de Válvulas Redutoras de Pressão na Redução de Perdas Reais em Redes de Distribuição de Água na Unidade de Negócios Leste – SABESP. Dissertação de Mestrado, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.
- Pesquisa Nacional de Amostra de Domicílios**. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística [IBGE], 2012.
- RITÁ, F. S.; SANTOS, C. S.; MORAIS, M. A. Doenças de Veiculação Hídrica: empoderamento para Educação em Saúde. In: XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, Anais. Minas Gerais: Poços de Caldas, p. 1-8, 2016.
- SANTOS, S. M. Qualidade Da Água Na Rede De Distribuição Da Universidade Estadual De Maringá. **Cadernos Zygmunt Bauman**, v. 8, n. 18, 2018.
- SILVA, E. L. et al. A escassez hídrica na zona rural: o consumo de água sob a perspectiva dos agricultores de um assentamento no município de Pombal – PB. **Research, Society and Development**, vol. 8, núm. 6, pp. 01-14, 2019.
- SILVA, E. L. et al. A escassez hídrica na zona rural: o consumo de água sob a perspectiva dos agricultores de um assentamento no município de Pombal – PB. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 6, p. 01-14, 2019.
- SILVA, M. J. A. A evolução legal e institucional na gestão dos recursos hídricos no brasil, **I Congresso Nacional de Geografia Física**. Unicamp, 2017.
- SILVA, V. P. R. et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**. v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

TUNDISI, J. G. et al. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67-75, 2010.

VEIGA, G. D. Análises físico-químicas e microbiológicas de Água de poços de diferentes cidades da região sul de Santa Catarina e efluentes líquidos industriais de algumas empresas da grande Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Departamento de Química, 2005.

VILAR, R. A. A. et al. Avaliação do Impacto de Secas Severas no Nordeste Brasileiro na Geração de Energia Elétrica Através do Modelo Newave: Projeção das Energias Afluentes e Armazenadas. **Revista Brasileira de Meteorologia**. 2020 v. 35, n. 1, p. 89-98, 2020.

VOLPATO, S. B. et al. Recuperação ambiental de ecossistemas aquáticos em regiões estuarinas: estudos aplicados para o tratamento de sedimentos contaminados pela drenagem ácida de mina na Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga, Santa Catarina. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 02, p. 313-316, 2017.