



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DA UFC EM RUSSAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE ESPACIAL DA QUALIDADE DE ÁGUAS PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO: UM ESTUDO DE CASO NO CANAL
EIXÃO DAS ÁGUAS DO CEARÁ**

THIAGO WESLEY RODRIGUES BEZERRA

RUSSAS-CE

2021

THIAGO WESLLEY RODRIGUES BEZERRA

**ANÁLISE ESPACIAL DA QUALIDADE DE ÁGUAS PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO: UM ESTUDO DE CASO NO CANAL
EIXÃO DAS ÁGUAS DO CEARÁ**

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

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

RUSSAS-CE

2021

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)

B469a Bezerra, Thiago Wesley Rodrigues.

Análise espacial da qualidade de águas para abastecimento público : um estudo de caso no canal eixão das águas do Ceará / Thiago Wesley Rodrigues Bezerra. – 2021.
45 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia Civil, Russas, 2021.

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

1. Qualidade da Água. 2. Poluição Hídrica. 3. Canal do Eixão das Águas. I. Título.

CDD 620

THIAGO WESLEY RODRIGUES BEZERRA

**ANÁLISE ESPACIAL DA QUALIDADE DE ÁGUAS PARA
ABASTECIMENTO PÚBLICO: UM ESTUDO DE CASO NO CANAL
EIXÃO DAS ÁGUAS DO CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados.

Aprovada em: ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof^a. Dra. Samiria Maria Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Claudio Luís Araújo Neto
UNINASSAU - Campina Grande

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer Primeiramente a Deus, por todo o amor a mim creditado incondicionalmente, e por ser o meu grande amigo, me dando forças para chegar até aqui nessa jornada acadêmica. Agradecer também a minha família, que torcem pelo meu sucesso, em todas as etapas da minha vida.

Agradecer a Prof^a. Daniela Lima, pela enorme empatia e paciência ao longo do desenvolvimento desse trabalho.

Ao Instituto Federal do Ceará – Campus Limoeiro do Norte, por ceder sua estrutura física e pessoal, ajudando no desenvolvimento deste trabalho.

Externar a minha gratidão a todos os servidores e discentes do Laboratório de Saneamento do IFCE, que possibilitaram a realização dos experimentos, especialmente ao Prof. Paulo Lima, responsável pelo vínculo com o LABOSAN.

Agradecer a Universidade Federal do Ceará, por melhorar o acesso de alunos do interior do Estado do Ceará ao ensino superior de qualidade. Agradecendo a todos os professores, servidores, discentes, e a diretoria do Campus Russas, e Coordenação do Curso de Engenharia Civil.

Agradecer a banca examinadora composta pela prof. Daniela, Prof. Samíria e Prof. Claudio Luis, por se disporem a avaliar este trabalho.

“Prefiram a minha instrução à prata, e o conhecimento ao ouro puro, pois a sabedoria é mais preciosa do que rubis; nada do que vocês possam desejar compara-se a ela.”

Provérbios 8:10-11

RESUMO

A água é um bem primordial para o ser humano, tanto para o desenvolvimento econômico, quanto para manutenção da vida, e ter esse recurso em quantidade e qualidade suficiente para atender as demandas é muito importante. No Brasil existem regiões que tem abundância deste recurso, e em outras é bastante escasso. No Nordeste brasileiro, e mais especificamente no Ceará a escassez de água é um problema enfrentado a muito tempo, e para combater a falta de água o Governo brasileiro financiou obras que visam garantir o acesso de água para determinadas regiões de contínua ao longo dos anos. Uma dessas obras é o Canal do Eixão das Águas, que transporta águas do Castanhão para a Região Metropolitana de Fortaleza. O problema da pesquisa visa analisar os aspectos qualitativos da água ao longo do percurso do canal por meio de coleta de água para análise distribuídas ao longo dos trechos 1,2 e 3 do canal, pressupondo a interferência dos baixos níveis no reservatório do Castanhão na qualidade do recurso hídrico, e analisar a influência do percurso nesses parâmetros de qualidade de água como: coliformes termotolerantes, DBO, fósforo, nitrogênio, pH, sólidos totais, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido. Os resultados mostraram que alguns parâmetros variaram de forma negativa ao longo do percurso dos trechos 1, 2 e 3 do canal, decaindo de uma classificação de água doce classe 1, para classe 4 em alguns parâmetros, de acordo com a classificação existente na resolução nº 357/2005 do Conama.

Palavras chave: Qualidade da Água. Poluição Hídrica. Canal do Eixão das Águas.

ABSTRACT

Water is a primordial asset for human beings, both for economic development and for the maintenance of life, and having this resource in sufficient quantity and quality to meet the demands is very important. In Brazil there are regions that have an abundance of this resource, and in others it is quite scarce. In the Northeast of Brazil, and more specifically in Ceará, water scarcity has been a problem that has been faced for a long time, and to combat the lack of water, the Brazilian Government has financed works aimed at guaranteeing access to water for certain continuous regions over the years. One of these works is the Canal do Eixão das Águas, which transports water from Castanhão to the Metropolitana Region of Fortaleza. The research problem aims to analyze the qualitative aspects of water along the channel's path by collecting water for analysis distributed along sections 1,2 and 3 of the channel, assuming the interference of the low levels in the Castanhão reservoir in the quality of the water resource, and to analyze the influence of the path in these water quality parameters such as: thermotolerant coliforms, BOD, phosphorus, nitrogen, pH, total solids, temperature, turbidity and dissolved oxygen. The results showed that some parameters varied negatively along the path of sections 1, 2 and 3 of the channel, falling from a class 1 freshwater classification to class 4 in some parameters, according to the existing classification in resolution n° 357/2005 of Conama.

Key words: Quality of the Water. Hydric pollution. Channel of the Eixão of the Waters.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados sobre chuvas no Ceará, de 2012 a 2017	16
Tabela 2: Quadro de canais construídos no Ceará	24
Tabela 3: Coletas no canal	27
Tabela 4 : Coordenadas dos pontos de coleta	28
Tabela 5: Parâmetros de análise	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa canal Eixão das Águas	17
Figura 2: Fluxograma de Sólidos na Água.	22
Figura 3: Mapa canal do Eixão por trecho.	25
Figura 4: Volume do Castanhão ao longo do tempo.	26
Figura 5: Quadro estado de trofia	27
Figura 6: Desitribuição dos pontos da coleta.	28
Figura 7: Ponto 1.	29
Figura 8: Ponto 2	29
Figura 9: Ponto 3.	29
Figura 10: Ponto 4.	29
Figura 11: Ponto 5.	30
Figura 12: Ponto 6.	30
Figura 13: Ponto 7.	30
Figura 14: Ponto 8.	30
Figura 15: Ponto 9.	31
Figura 16: Ponto 10.	31
Figura 17: Ponto 11.	31
Figura 18: Chegada das amostras no laboratório.	33
Figura 19: Frascos para coleta.	33
Figura 20: Aplicação dos reagentes, do parâmetro OD.	33
Figura 21: Mudança no parâmetro CT ao longo canal	34
Figura 22: Mudança no parâmetro pH ao longo canal.	36
Figura 23: Mudança no parâmetro temperatura ao longo canal.	37
Figura 24: Mudança na $DBO_{5,20}$ ao longo canal.	37
Figura 25: Mudança na Fósforo Total ao longo canal.	39
Figura 26: Mudança na Nitrogênio Total ao longo canal.	39
Figura 27: Mudança na Turbidez ao longo canal.	40
Figura 28: Mudança nos Sólidos Totais ao longo canal.	41
Figura 29: Mudança na Concentração de OD ao longo canal.	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CEARÁ	15
3.2 POLUIÇÃO HÍDRICA	17
3.3 PARÂMETROS QUALIDADE DA ÁGUA	18
3.3.1 Coliformes Termotolerantes	18
3.3.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)	19
3.3.3 Temperatura	20
3.3.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	20
3.3.5 Fósforo Total (PT)	20
3.3.6 Nitrogênio Total (NT)	21
3.3.7 Turbidez	21
3.3.8 Sólidos Totais (ST)	22
3.3.9 Oxigênio Dissolvido	23
4 METODOLOGIA	24
4.1 ÁREA DE ESTUDO	24
4.2 CENÁRIO HIDROLÓGICO	25
4.3 COLETA DE AMOSTRAS	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

Desde o princípio da vida no planeta terra, a presença da água mostrou-se um fator responsável pelo processo de desenvolvimento da civilização humana, podendo ser um fator contribuinte, ou limitante. A maioria das grandes civilizações prosperaram em torno de fontes de água, onde havia recurso suficiente para consumo e para o desenvolvimento de atividades básicas. Consequentemente, a presença de corpos hídricos tem influenciado na cultura, estruturas socioeconômicas, e processos de expansão territorial (TUNDISI, 2003).

Segundo Sales (2013), ao se definir recurso hídrico, não se está quantificando o volume total de água, mas quantificando apenas a parcela que está disponível, ou aquelas que possam ser utilizadas para atender demandas populacionais, tanto em qualidade como em quantidade e durante um intervalo de tempo. Referente a utilização de recursos hídricos podem se distinguir as diversas formas de captar água, modificando a gerência desse recurso, diferenciando-se basicamente pelo gasto associado para se transportar determinado volume de água.

O semiárido brasileiro é conhecido como uma região com recursos hídricos bastante limitados devido suas características físico-climáticas, e para remediar este problema foram realizadas obras de transposição de águas, que servem de modelo para regiões semelhantes (SALES, 2013).

E nesse contexto também está inserido o Estado do Ceará, que tem se tornado referência na gestão dos recursos hídricos, devido a expansão de estudos técnico-científicos, e consequentemente o aumento da influência da comunidade científica, no modo de gerenciar o recurso hídrico disponível nas diversas bacias hidrográficas do estado. Fato semelhante pode ser observado no semiárido brasileiro, onde a pouca disponibilidade de água, influenciou ao longo da história a cultura, as estruturas socioeconômicas, e o processo de expansão territorial.

Segundo Lins (2008), o Estado do Ceará vem modificando a paisagem natural, por uma cada vez mais artificializada, tornando o espaço cearense mais dinâmico, desde quando o estado passou a direcionar recursos financeiros para a construções que visam perenizar o abastecimento de água, e possibilitou a oferta de água em locais onde anteriormente a escassez de água era um fator limitante no desenvolvimento da economia, evidenciando uma melhora significativa na gerência dos recursos hídricos.

Uma ação desenvolvida no Ceará, é o canal do Eixão das Águas, que são um conjunto de obras que visam transpor águas do açude Padre Cícero (Castanhão) para a região metropolitana de Fortaleza, e o Complexo Industrial e Portuário do Pecém. Sendo assim,

interliga as bacias do Vale do Jaguaribe e da região metropolitana. Com uma extensão de 255 quilômetros, composto por: uma estação de bombeamento, canais, adutoras, sifões e túnel (ADECE, 2015).

Transportar água entre bacias hidrográficas, é uma modalidade bastante utilizada em diversos países, desde a antiguidade como o exemplo do Egito, que construíram canais para utilizar a água do rio Nilo. Porém há alguns problemas que são causados pelo transporte de água em canais, que é a diminuição da água disponível na bacia original, variação da qualidade de água ao longo do canal, possível invasão de espécies não nativas, e problemas causados pelo bombeamento em microrganismos e animais presentes na água, podendo serem prejudiciais a qualidade de água (GUNKEL *et al.*, 2015).

Além desses fatores observados, o Ceará passou por um longo período de chuvas abaixo da média de 2012 a 2017, o que causou diminuição considerável no nível dos reservatórios em todo o Estado. Junto com a diminuição no nível dos reservatórios, e as altas evaporações anuais inerentes a região, houve conseqüentemente um declínio na qualidade de água, causando em algumas ocasiões mortandade de peixes, e diminuição das vazões no Canal da Integração.

Portanto, este trabalho foi realizado para conhecer possíveis alterações nos aspectos qualitativos da água, que possam ocorrer ao longo dos trechos 1, 2 e 3 do Canal da Integração, percorrendo 166,09 km. Levando em consideração o momento de baixa capacidade dos reservatórios, causando o aumento na concentração dos poluentes, e conseqüentemente reduzindo a qualidade das águas superficiais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar modificações nos parâmetros de qualidade de água do percurso do canal do Eixão das águas no Estado Ceará.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar caracterização físico-química e microbiológica da água, por meio dos parâmetros pH, Coliformes termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo total, Sólidos totais, Temperatura, Turbidez, Demanda bioquímica de oxigênio, e Oxigênio dissolvido, ao longo do percurso, dividido em 11 pontos;
- Comparar os resultados com a Resolução CONAMA 357/2005;
- Fornecer dados como subsídio para estudos sobre a escolha do tratamento de água mais adequado, de acordo com os parâmetros analisados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO CEARÁ

A água cobre a maior parte da superfície terrestre, aproximadamente quatro quintos. Desse montante, 97% compõem os mares e os 3% restantes, representam as águas doces do planeta. Todavia 2,7% são constituídas por geleiras, de vapor de água, e lençóis freáticos com profundidades maiores que 800 metros, não sendo economicamente viável seu aproveitamento para o consumo humano. Contudo apenas 0,3% do volume total do planeta pode ser utilizado para essa finalidade, sendo 0,01% localizadas em na superfície (rios, lagos) e os 0,29% restantes em fontes subterrâneas (FUNASA, 2007).

O suprimento de água doce de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a melhora da qualidade de vida das populações, e preservação da sustentabilidade do planeta. (TUNDISI, 2003).

A gestão de recursos hídricos no Ceará, desenvolveu-se de forma contínua ao longo do tempo devido vários aspectos inerentes à região, como as características naturais, relevo e precipitação anual, e também o contexto social, e cultural. A partir destes aspectos, é possível discorrer sobre os fatos que corroboraram para o desenvolvimento da gestão de recursos hídricos no estado, e adoção de diferentes soluções para viabilizar a disponibilidade desse recurso, e resultar em um satisfatório grau de segurança hídrica neste estado,(TUNDISI, 2003).

O principal fator que fomentou o desenvolvimento da gestão de recursos hídricos no Ceará foi a seca, e defini-la é de suma importância para entendimentos dos problemas causados a partir da ocorrência desse fenômeno. Segundo Monzonis *et.al* (2015), existem quatro tipos de secas, que são:

Seca climatológica: é a precipitação deficiente comparando com os níveis normais da região, e é causa dos demais tipos. Seca agrícola ou edáfica, que é o baixo teor de umidade no solo, afetando crescimentos das culturas, e conseqüentemente levando a morte das plantas, cuja a qual é bastante recorrente na região nordeste. Seca social é a situação causada pela insuficiência de certas populações retirar o sustento do solo, em razão de uma seca edáfica, que pode ocasionar migração da população para outras regiões. Seca hidrológica é observada quando os níveis dos reservatórios, e vazões de cursos d'água mostram-se abaixo da normalidade, podendo causar colapso no sistema de abastecimento de água para população.

Segundo Galvão e Bermann (2015), a primeira legislação brasileira que abrangia gerenciamento de recursos hídricos foi instituída em 1934, sendo o Código de Águas.

Posteriormente foi reformada junto com instituição da Reforma da Constituição de 1988, na qual foi criada uma Política Nacional de Recursos Hídricos-PNRH.

A respeito do Nordeste brasileiro, em 1980 a SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, criou o Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste-PLIRHINE que continha várias frentes de ações de combate a seca no Nordeste. Outros instrumentos de gestão foram sendo criados para melhorar a gestão de recursos hídricos, que foi o Plano diretor de Recursos Hídricos em 1983, e o Plano Estadual de Recursos Hídricos-PLANERH, elaborado em 1992, (PINHEIRO *et al.*, 2003; REBOUÇAS,1997).

No ano de 1993 foi criada a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos-COGERH, criada pelo Governo do Estado do Ceará, com o intuito de implantar um modelo de gerenciamento das águas superficiais e subterrâneas, abrangendo operação, manutenção, monitoramento, e operação de obras hídricas (COGERH, 2020). O desenvolvimento dos sistemas de gestão de recursos hídricos no Ceará, possibilitaram uma rede integrada de ações para remediar problemas micro-regionais de uma bacia, tanto quanto de macro regiões de bacias hidrográficas. Tais medidas elencaram construção de açudes, adutoras, e canais, gerindo também a distribuição e monitoramento da qualidade das águas, proporcionando um ambiente de gestão multidisciplinar.

O Ceará enfrentou na última década vários anos seguidos de chuvas abaixo da média histórica, mais precisamente de 2012 a 2017, como está ilustrado na Tabela 1.

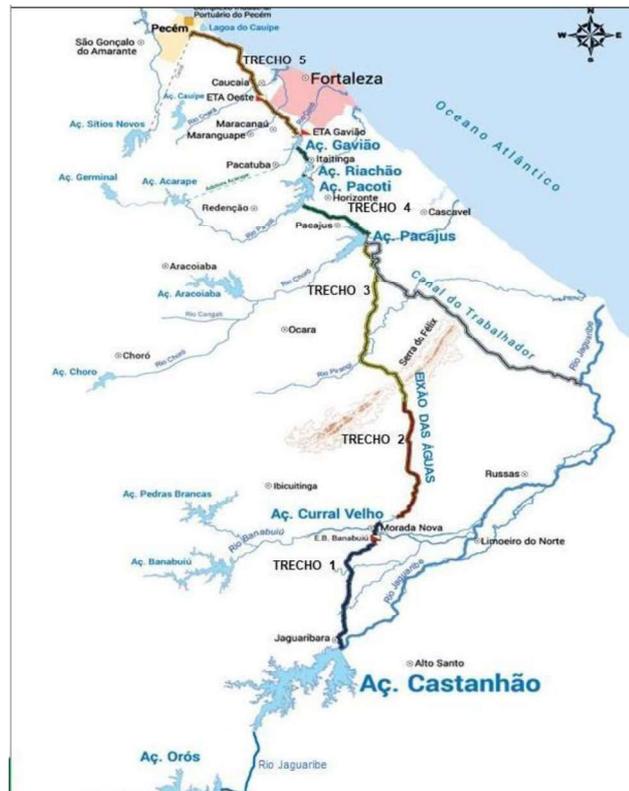
Tabela 1: Dados sobre chuvas no Ceará, de 2012 a 2017

Estado do Ceará	Precipitação normal (mm)	Observado (mm)	Desvio (%)
2012	800.6	362.1	-54.8
2013	800.6	546.9	-31.7
2014	800.6	546,2	-31,8
2015	800.6	523.3	-34.6
2016	800.6	549.9	-31.3
2017	800.6	667.8	-16.6

Fonte: Adaptado Fuceme, 2021.

Inclusa neste sistema de gestão está o projeto do Eixão das Águas do Ceará, que realiza a transposição das águas do Castanhão para a Região Metropolitana de Fortaleza-RMF, com uma extensão de 255 km, melhorando o abastecimento nas cidades onde o canal percorre (ADECE, 2019). Nessa pesquisa os trechos que, estão ilustrados na Figura 1.

Figura 1: Mapa canal Eixão das Águas



Fonte: SRH, 2021.

3.2 POLUIÇÃO HÍDRICA

Segundo Braga *et.al* (2005) o conceito de poluição hídrica está tornando-se abrangente, haja visto o aumento das exigências em relação ao uso racional e preservação dos recursos hídricos. E conceitua que esse tipo de poluição é a modificação nas características da água, que pode ter origem natural ou antrópica, podendo causar impactos ecológicos, estéticos, e até mesmo fisiológicos, por modificarem parâmetros químicos, físicos e biológicos.

A Lei nº6938 de 1981, a qual institui a Política Nacional do Meio Ambiente, define poluição como a degradação da qualidade ambiental que afete negativamente a saúde, segurança, bem estar da população, biota, condições estéticas e sanitárias, atividades sociais e econômicas, e lancem matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais.

Para Von Sperling (2014), poluição hídrica é a inserção de substâncias e ou formas de energia, direta ou indiretamente que provoquem mudanças nas características do corpo hídrico, causando prejuízos quanto ao uso que se espera deste recurso, ou para o qual foi destinado. No Brasil, destaca-se a Resolução N°357, de 17 de março de 2005, que trata acerca do enquadramento e classificação dos recursos hídricos de acordo com a qualidade, e estabelece padrões para o lançamento de efluentes.

Os efeitos da inserção desses poluentes dependem da natureza constituinte desse elemento, do caminho que ele percorre no curso d'água, e do uso para que este recurso foi destinado. O lançamento desses poluentes pode ocorrer de maneira localizada, ou de maneira difusa, quando não é possível observar o ponto de lançamento (BRAGA *et al.*, 2005).

Existem diversos problemas causados pela poluição de um corpo de água, como por exemplo o consumo do oxigênio dissolvido, e a proliferação de doenças (VON SPERLING, 2014). Existe também um problema que é a eutrofização que é um aumento nos níveis de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, que pode causar o aumento de cianobactérias, que pode acarretar a produção de toxinas que são nocivas a saúde do ser humano e animais, quando ingeridas ou em contato com a pele (TUNDISI, 2008).

3.3 PARÂMETROS QUALIDADE DA ÁGUA

Os parâmetros de qualidade de água, podem ser de naturezas química, física, e também biológica. São usados para expressar as características de um determinado corpo hídrico (JORDÃO, 2005).

As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais decorrem de uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica, como consequência das capacidades de dissolução de uma ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2005).

Segundo Von Sperling (2014), a qualidade da água é bem abrangente, haja visto a grande capacidade solvente da água, permitindo a incorporação e transporte de impurezas. Portanto, a qualidade da água é uma consequência das ações antrópicas no solo, e na bacia hidrográfica, juntamente com os fenômenos naturais.

3.3.1 Coliformes Termotolerantes

Os coliformes, são bactérias de diversos gêneros que possuem hastes não esporuladas, e estão diretamente ligadas a fezes de animais homeotérmicos, e também podem ocorrer no solo (CETESB, 2008).

Jordão (2005), afirma que os coliformes termotolerantes, que é um subgrupo dos Coliformes totais, diferenciam-se pela sua tolerância a temperaturas mais altas, e são capazes de se desenvolverem nela, por isso o termo, termotolerantes. São capazes de multiplicar ativamente a temperatura de 44,5°C, e podem decompor a lactose. *Escherichia coli e, Klebsiella, Enterobacter e Citrobacter*, também são consideradas termotolerantes (CETESB, 2008).

A partir do parâmetro quantitativo de coliformes termotolerantes, é possível ter um indicativo da existência de organismos patogênicos (CETESB, 2008). O parâmetro de coliforme, define o número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes por 100ml da água no qual se analisa (AZEVEDO NETTO; RICHTER,1991).

A resolução n° 375/2005 do CONAMA, estabelece valores aceitáveis para quantidade de coliformes conforme classe, para águas doces de classe 1 um limite 200 NMP/100ml, para a classe 2 um limite de até 1000 NMP/100ml, e para classe 3 um limite de 2500 NMP/100ml.

3.3.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é um valor, que está inserido numa escala que varia de 0 a 14, e representa a concentração de íons de H^+ que pode causar uma condição de acidez, neutralidade e alcalinidade. As substâncias que são responsáveis por definir o valor de pH, são provenientes dos sólidos dissolvidos e gases dissolvidos. (VON SPERLING, 2014).

O valor do pH é obtido por meio do logaritmo negativo da concentração do íon H^+ . A acidez e alcalinidade são parâmetros que correlacionados ao pH, pois a capacidade tampão da amostra, ou seja, a capacidade de resistir variações de temperatura (JORDÃO, 2005).

A origem das substâncias que definem o pH, podem ser de origem natural como dissolução de rochas, gases provenientes da atmosfera, decomposição da matéria orgânica e fotossíntese. E de origem antrópica, que podem ser, esgotos domésticos, efluentes industriais. Os valores de pH, que se desviarem muito da tendência de neutralidade, podem oferecer riscos à saúde humana, e também a biota aquática (VON SPERLING, 2014).

A Resolução N° 357 do Conama, define valores aceitáveis de pH, de acordo com o uso destinado para aquele corpo hídrico, e valores de pH para despejos de efluentes em corpos hídricos. O valor de pH estabelecido pela resolução para águas para o abastecimento humano, é que seja um valor de 6 a 9.

3.3.3 Temperatura

A temperatura é um parâmetro de qualidade de água muito importante, tendo em vista que promove diminuição na concentração de OD, e aumento da velocidade das reações químicas e biológicas, sendo ideal temperaturas na faixa de 25°C a 30°C (JORDÃO, 2005).

Von Sperling (2014), define a temperatura como a intensidade de calor de uma água, a transferência de energia pode ocorrer por condução, convecção e radiação. Alterações na temperatura de um corpo hídrico, pode ocorrer devido despejos de efluentes principalmente industriais, como consequência o aumento do nível de temperatura afeta a viscosidade, tensão superficial, atividade metabólica de organismos aquáticos, e alterações significativas na concentração de gases e substâncias dissolvidas, como por exemplo OD e CO₂ (FUNASA, 2014).

3.3.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Para entender o significado de demanda bioquímica de oxigênio como parâmetro na avaliação da qualidade da água, é necessário defini-lo. O valor da DBO consiste na quantidade de oxigênio que é consumido para oxidar todo o material orgânico presente na água analisada. Esse processo de decomposição da matéria orgânica é realizado por bactérias aeróbias (VON SPERLING, 2014).

Jordão (2005), afirma que a DBO é um indicativo muito importante para se conhecer o grau de poluição. É bastante utilizado no tratamento de efluentes e utilizado também para dimensionar estações de tratamento de esgotos (ETE), e observar a eficiência do tratamento. Para aferir a DBO de uma amostra, ela é incubada durante 5 dias a uma temperatura de 20°C, e observa-se a quantidade de oxigênio consumido, sendo esse resultado é conhecido como DBO_{5,20}, a resolução Conama n° 357/2005 define para águas doces classe 1, uma DBO_{5,20} de até 3 mg/L O₂.

3.3.5 Fósforo Total (PT)

O fósforo (P) é um nutriente bastante importante para o desenvolvimento de plantas, de modo geral. No meio aquático, as algas utilizam o fósforo. Sendo assim, quando em grandes quantidades, esse nutriente contribui para causar o processo de eutrofização de um corpo hídrico. O fósforo é geralmente encontrado nas formas de compostos orgânicos e inorgânicos (ANA, 2005).

Em corpos hídricos, o fósforo é proveniente de esgotos sanitários que contêm detergentes, os quais são superfosfatos a principal fonte de fósforo nesses efluentes, além da matéria fecal que é rica em proteínas que contêm fósforo. Outra fonte de fósforo são alguns tipos de efluentes industriais específicos, e águas que afluem da drenagem de áreas agrícolas (ANA, 2005).

De acordo com Von Sperling (2005), as formas cuja o fósforo aparece na água são de polifosfato, fosfato orgânico e ortofosfato. Os ortofosfatos são de fácil assimilação por organismos, os tipos mais encontrados em água são PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4 . A resolução Conama n° 357/2005 define um valor máximo de 0,025 mg/L de fósforo total para um ambiente intermediário com tempo de residência entre 2 e 40 dias.

3.3.6 Nitrogênio Total (NT)

Em um corpo hídrico, o nitrogênio pode ocorrer de duas maneiras: sólidos dissolvidos, ou em suspensão. Já com relação a substâncias, ele pode ser encontrado de várias formas, como na forma molecular (N_2), amônia livre (NH_3), amônia ionizada (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), e nitrato (NO_3^-). (VON SPERLING, 2005). Nuvolari (2011), afirma que o grande reservatório de nitrogênio, é o ar atmosférico, o qual representa 78,08% do volume total do mesmo.

O nitrogênio também é um importante constituinte de proteínas, e outros compostos biológicos. Sua transferência para corpos hídricos, causada por ações antrópicas, acontece devido despejos industriais, domésticos, uso de fertilizantes, e excreção animal. (VON SPERLING, 2005).

Como parâmetro de qualidade de água, é de grande importância avaliar sua concentração no corpo hídrico, pois em grandes aumenta a quantidade de nutrientes na água, fomentando a proliferação de organismos, em sua maior parte algas, podendo acarretar um fenômeno chamado eutrofização. E ainda como parâmetro permite determinar se a poluição é recente, de acordo com o composto de nitrogênio mais abundante (VON SPERLING, 2014).

3.3.7 Turbidez

Von Sperling (2014), define turbidez como uma função da interferência na passagem de feixes luminosos, sendo os responsáveis por essa interferência os sólidos em suspensão. Quanto a origem desses sólidos pode ser de origem natural como partículas de argila, silte, algas e outros microrganismos. Sua origem antrópica pode ser, esgotos domésticos, esgotos industriais,

erosão do solo. A diminuição da passagem de feixes luminosos, prejudica a fotossíntese realizada pelas algas e fitoplânctons, no corpo d'água.

O valor da turbidez pode variar de zero para águas puras, a valores de milhares de unidades nefelométricas de turbidez (NTU), em águas muito poluídas. Em períodos chuvosos os valores tendem a serem mais altos, devido o transporte de partículas na água (VIANNA, 2009). O turbidímetro, é o equipamento utilizado para quantificar o valor da turbidez, esse equipamento contém um nefelômetro (JORDÃO, 2005).

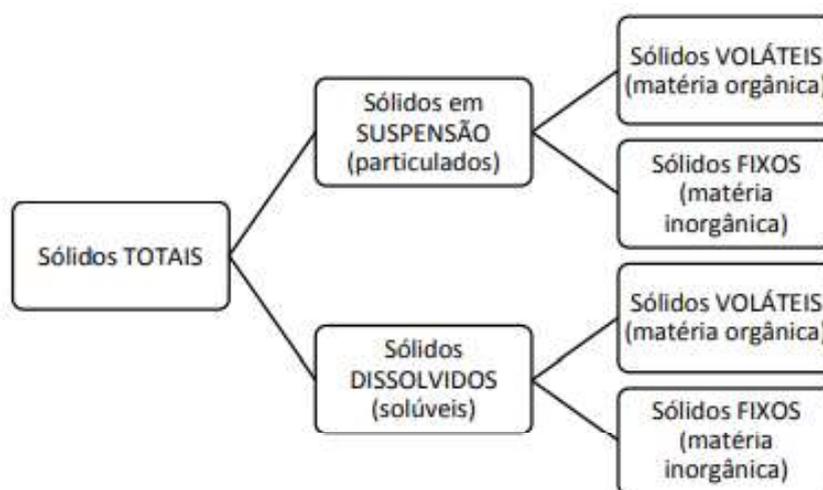
A resolução 375 do CONAMA, estabelece valores aceitáveis para a turbidez de acordo com a classe, para águas doces de classe 1 um valor máximo de 40 NTU, e para as classes 2 e 3, o valor máximo estabelecido é de 100 NTU.

3.3.8 Sólidos Totais (ST)

Sólidos totais, é definido segundo ANA (2005), como sendo a matéria resultante de uma água, após passar por processo de evaporação, secagem, ou calcinação a uma temperatura controlada de 103°C a 105°C. Os sólidos presentes em uma determinada água, podem ser de origem natural, ou devido ações antrópicas, e de maneira que em grande quantidade pode acarretar danos à biota do corpo hídrico. (CETESB,2016).

Na água, os sólidos podem ser encontrados da seguinte maneira: com os sólidos em suspensão (sedimentáveis, não-sedimentáveis), e como sólidos dissolvidos (fixos, voláteis). Sólidos dissolvidos são aqueles permanecem após a filtração, como está representado na Figura 2 (FUNASA, 2014).

Figura 2: Fluxograma de Sólidos na Água.



Fonte:(VON SPERLING, 2014).

3.3.9 Oxigênio Dissolvido

O Oxigênio Dissolvido (OD) na água é proveniente da atmosfera, devido a diferença de pressão, e é regido pela Lei de Henry que define a concentração em função da temperatura, e pressão. A concentração de oxigênio também sofre influência de fatores hidrodinâmicos do corpo hídrico, salinidade dentre outros (CETESB, 2017).

As concentrações de oxigênio podem variar ao longo do dia, devido a atividade biológica como a decomposição da matéria orgânica, e a respiração dos seres aquáticos, e fotossíntese (COGERH, 2004).

Segundo Fuzinato (2009) o consumo da DBO, acarreta na redução da concentração do OD. Sendo assim, baixas concentrações são um indicativo de processo de oxidação de substâncias lançadas no corpo hídrico. Por este motivo, águas poluídas tendem a apresentar baixas concentrações de OD. Para Jordão (2005), OD é um dos parâmetros mais importantes para caracterizar um corpo hídrico. A resolução Conama nº 357/2005 define para águas doces classe 1 que o OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂, para classe 2 OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂, e para classe 3 OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂.

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O Eixão das Águas é um conjunto de obras que visam transpor águas do açude Padre Cícero (Castanhão) para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), e o Complexo Industrial do Pecém, ou seja, integra a disponibilidade hídrica da bacia do Vale do Jaguaribe a bacia da Região Metropolitana. Com uma extensão de 255 quilômetros, composto por: uma estação de bombeamento, canais, adutoras, sifões e túnel, como está descrito na Tabela 1 (ADECE, 2019). O canal também proporcionará água para irrigação de culturas, como no projeto Chapadão de Russas. Ao todo serão mais de 10.000 ha beneficiadas com água para irrigação ao longo do percurso (SRH, 2021).

Tabela 2: Quadro de canais construídos no Ceará

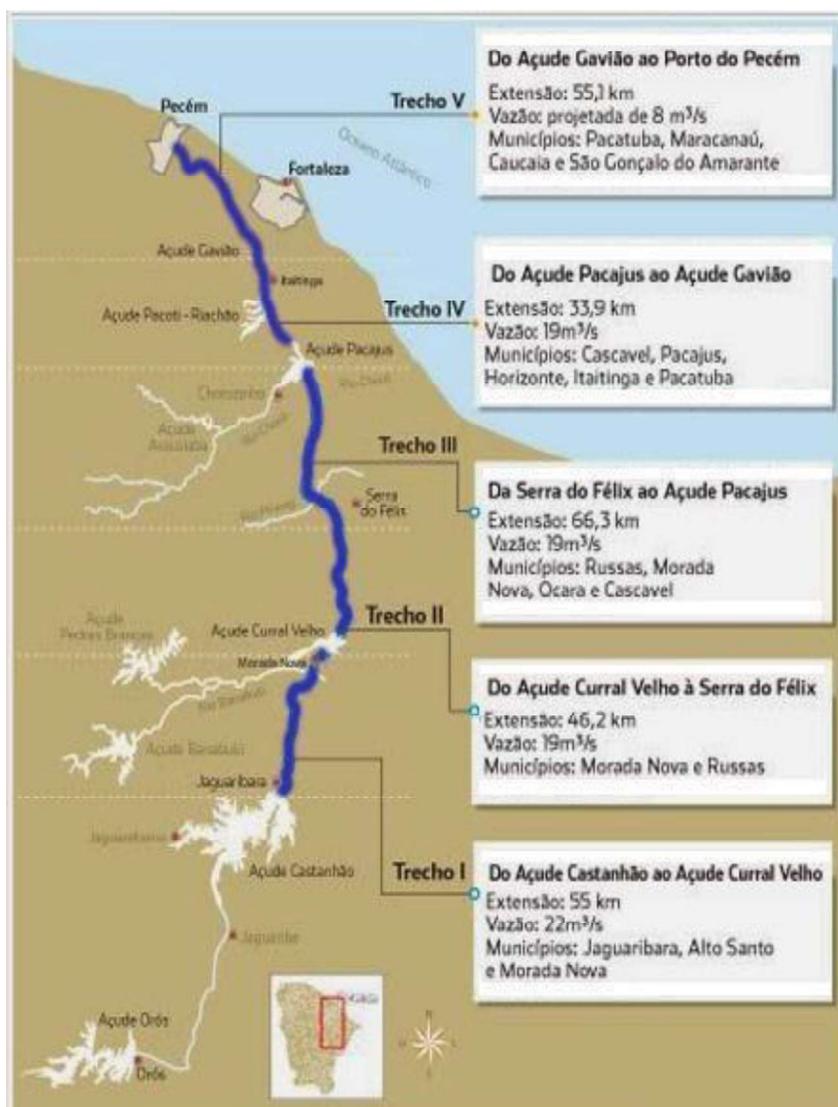
Eixo de Integração	Municípios	Fonte Hídrica	Fonte de Recursos	Programa	Vazão (m ³ /s)	Extensão (km)	Conclusão
Canal do Trabalhador	Itaiçaba; Pacajus;	Rio Jaguaribe	ESTADO;		6,00	102,00	1993
Canal Sítios Novos-Pecém	Caucaia;	Açude Sítios Novos	ESTADO;	PROURB;	2,00	24,00	2001
Eixão Trecho I	Jaguaribara; Alto Santo; Morada Nova;	Açude Castanhão	ESTADO; BIRD; BNDES;	PROGERIRH;	22,00	53,60	2004
Eixão Trecho II	Morada Nova; Russas;	Açude Castanhão	ESTADO; BIRD; BNDES;	PROGERIRH;	19,00	46,19	2008
Eixão Trecho III	Russas; Morada Nova; Ocara; Cascavel;	Açude Castanhão	ESTADO; BIRD; BNDES;	PROGERIRH;	19,00	66,30	2009
Eixão Trecho IV	Cascavel; Pacajus; Horizonte; Itaitinga; Pacatuba;	Açude Castanhão	ESTADO; MI;	PAC;	19,00	32,81	2012
Eixão Trecho V	Pacatuba; Maracanaú; Caucaia; São Gonçalo do Amarante;	Açude Castanhão	ESTADO; MI; PEF;	PAC;	9,00	57,60	2013

Fonte: COGERH, 2020.

O local onde foi desenvolvido o trabalho compreende aos trechos 1, 2 e 3 do Canal do Eixão das Águas (Canal da integração) totalizando 166,09 km, compostos por canais e adutoras, que foram construídos. O canal passa por 13 cidades até chegar ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém, beneficiando uma grande quantidade de pessoas (SRH, 2021).

Conforme o ilustrado o na Figura 3, o canal tem início no município de Jaguaribara, e o trecho 1 termina no município de Morada Nova, com a água desembocando no Açude do Curral Velho. E o trecho 2 inicia-se no Açude do curral velho, e o trecho 3 conclui-se desembocando no Açude Pacajus.

Figura 3: Mapa do Canal Eixão por trecho.

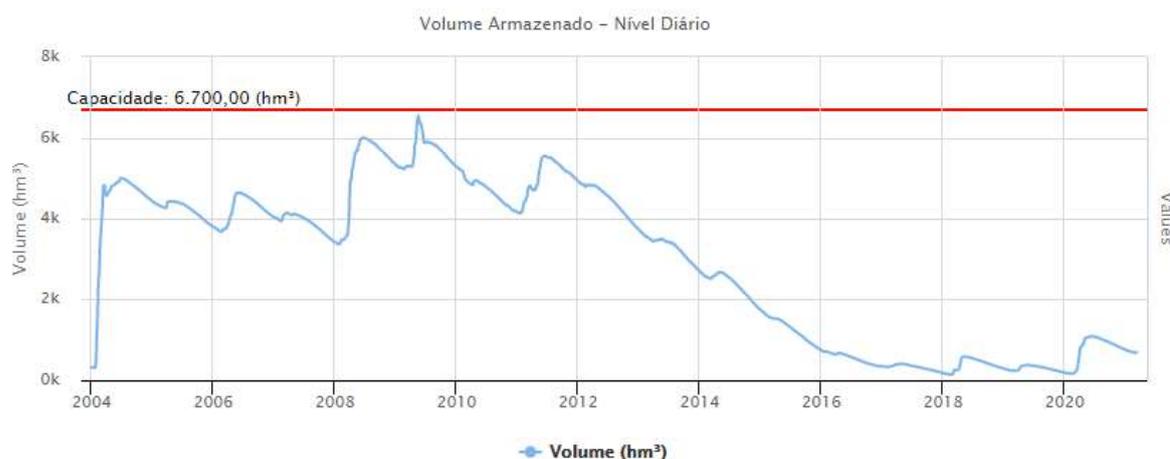


Fonte: SRH, 2021.

4.2 CENÁRIO HIDROLÓGICO

Antes de avaliar as variações nos parâmetros de qualidade, que a água possa sofrer ao longo do percurso do canal, é necessário observar os aspectos quantitativos do abastecimento hídrico do canal. O volume do reservatório do Castanhão, o qual fornece água para o canal, não atingiu mais de 50% da sua capacidade desde o ano de 2013, devido a vários anos seguidos de chuvas abaixo da média, como é mostrado na Figura 4, o gráfico de volume ao longo do tempo. Conseqüentemente a redução do volume de água, é o aumento nas concentrações de nutrientes e sólidos, propiciando condições favoráveis ao processo de eutrofização, e como consequência, aumento na mortalidade de peixes (COGERH, 2019).

Figura 4: Gráfico de volume ao longo do tempo do Açude Castanhão.



Fonte: Fuceme (2021).

A COGERH, em outubro de 2019 passou a fazer análise mensal da qualidade da água do açude Castanhão, com a finalidade de acompanhar parâmetros, que possam dar indicativo de risco de morte de peixes e realiza análises trimestrais sobre o estado de trofia dos reservatórios, monitorados. As águas superficiais do Castanhão, segundo relatório do mês de outubro de 2019, mesmo mês da coleta para esta pesquisa, apresentou dados de salinidade variando de 0,18% a 0,19%. A Resolução do CONAMA nº 357, estabelece um limite de 0,5% para que seja classificado como água doce. Portanto, a água do reservatório que abastece o canal é classificada como águas doces.

O relatório trimestral da COGERH, que coincide com o período da pesquisa, obteve resultados para o estado de trofia dos reservatórios do Castanhão e Currel Velho, como eutrófico e hipereutrófico, respectivamente, explicitando um cenário bastante preocupante. O açude Currel Velho, recebe águas do canal da integração, sendo o local onde termina o trecho 1, e inicia-se o trecho 2, funcionando como reservatório de amortecimento.

Segundo dados fornecidos pela COGERH, a vazão média no canal para o período referente as coletas foi de $3,57\text{m}^3/\text{s}$.

Figura 5: Quadro estado de trofia

Estado de trofia	Significado
Oligotrófico	Possuem águas limpas, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	São águas com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	São os corpos de água com alta produtividade, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos usos múltiplos.
Hipereutrófico	Águas afetadas significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutriente, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios de florações de algas ou mortandade de peixes, com comprometimento acentuado nos seus usos.

Fonte: Cogerh (2019).

4.3 COLETA DE AMOSTRAS

A coleta e os ensaios foram realizados em parceria com o LABOSAN, que é o laboratório de saneamento do Instituto Federal do Ceará – Campus de Limoeiro do Norte, realizada em duas campanhas, nos dias 15, e 22 de outubro, com 11 pontos de coletas distribuídos da maneira que está descrito na Tabela 2.

Tabela 3: Coletas no canal.

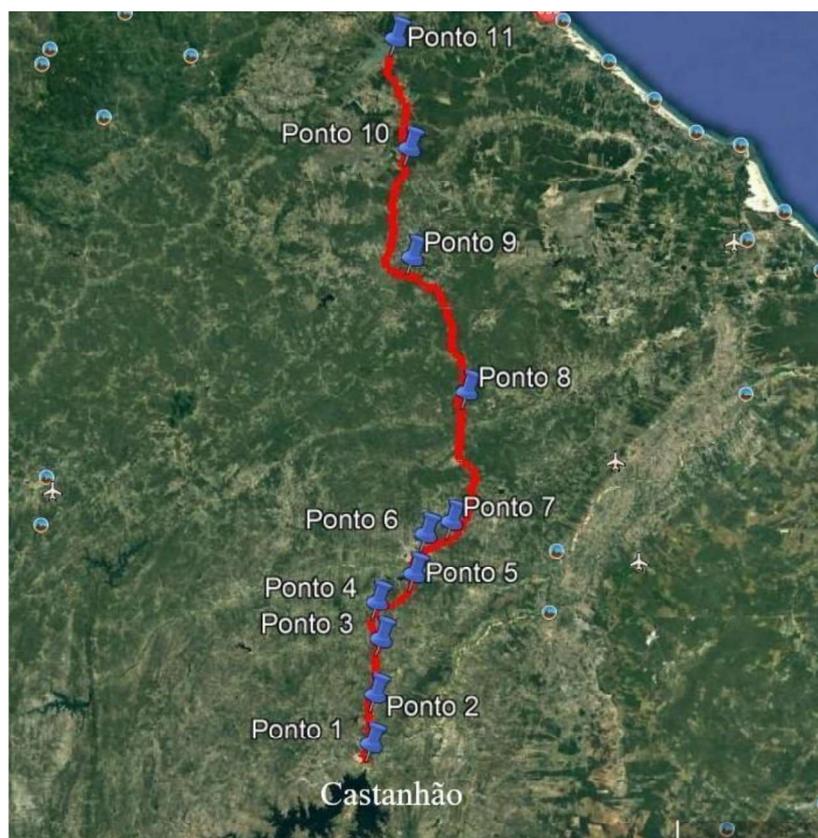
Campanha	Data	Pontos coletados
Coleta 1	15/10/2019	P1, P2, P3, P4, P5, P6
Coleta 2	22/10/2019	P7, P8, P9, P10, P11

Fonte: Autor

Na primeira coleta os pontos P1, P2, P3, P4, P5, P6 foram divididos ao longo do trecho 1 do canal, os quais estão representados na Figura 6. O ponto P1 é localizado bem próximo ao início do canal, localizado no município de Jaguaribara, os demais pontos foram divididos da forma mais equidistante possível, levando em conta o acesso ao local para coleta. O ponto P6 é o local onde as águas oriundas do Castanhão desaguam no açude Curral velho.

A segunda coleta inicia-se a partir do ponto P7, que é o local de início do trecho 2 a jusante do açude Curral Velho. Os pontos de coleta P8, P9, P10, P11 foram distribuídos ao longo dos trechos 2 e 3, o mais equidistante possível, observando os locais que eram possíveis realizar a coleta. O ponto P11, representa o final do trecho 3, ao chegar no açude Pacajus.

Figura 6: Distribuição dos pontos da coleta.



Fonte: Autor, 2019

Tabela 4: Localização das Coordenadas.

Pontos de Coleta	Distância	Coordenadas	
	Castanhão (km)	Latitude (w)	Longitude (S)
P1	2,5 km	05°27'52.8"	38°27'06"
P2	13 km	05°23'06.2"	38°26'36.4"
P3	26 km	05°16'54.2"	38°25'53.3"
P4	34 km	05°13'03"	38°26'12.1"
P5	44,7 km	05°10'08.8"	38°22'17.9"
P6	55 km	05°06'04.3"	38°21'01.6"
P7	60,5 km	05°04'45"	38°18'17.4"
P8	90,8 km	04°51'11.8"	38°16'25.7"
P9	120,8 km	04°37'00.5"	38°21'49"
P10	149,6 km	04°25'36.5"	38°21'53.3"
P11	173,1 km	04°14'11"	38°23'05.5"

Fonte: Autor, 2020

Figura 7: Ponto 1

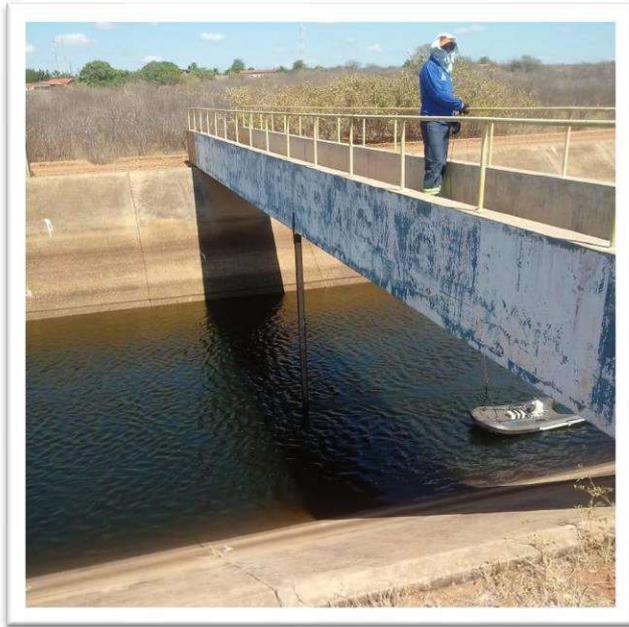


Figura 8: Ponto 2

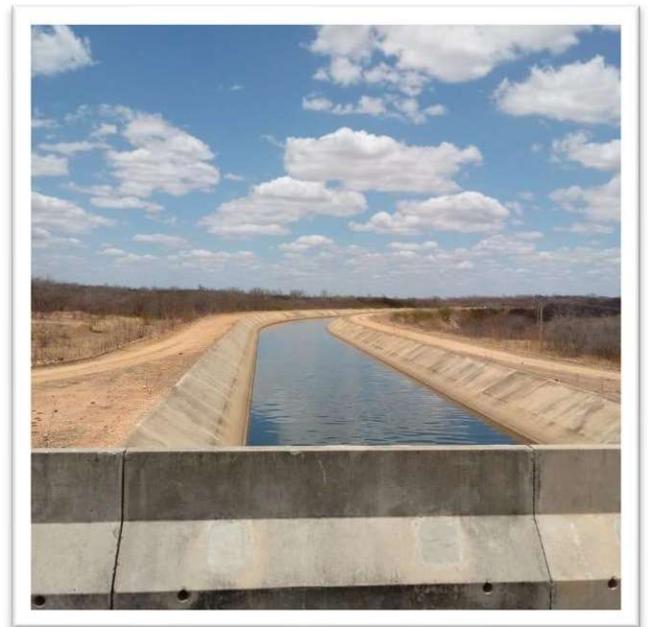


Fonte: Autor, 2019.

Figura 9: Ponto 3.



Figura 10: Ponto 4.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 11: Ponto 5.



Figura 12: Ponto 6.



Fonte: Autor, 2019

Figura 13: Ponto 7

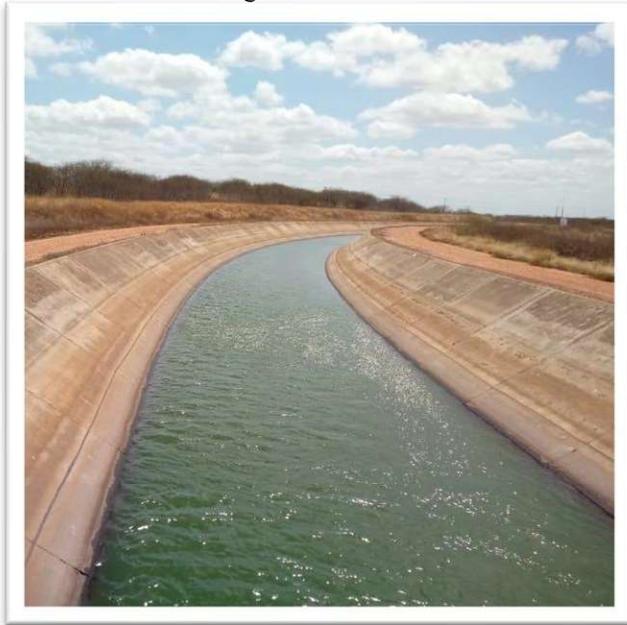
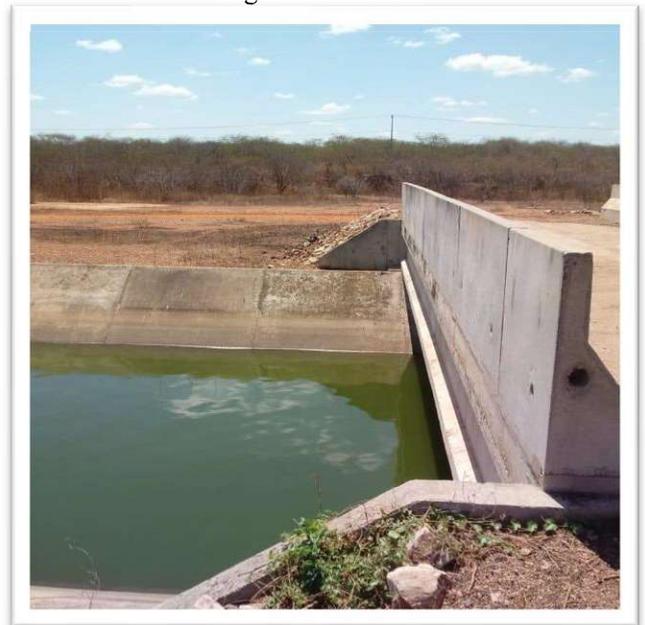


Figura 14: Ponto 8



Fonte: Autor, 2019

Figura 15: Ponto 9

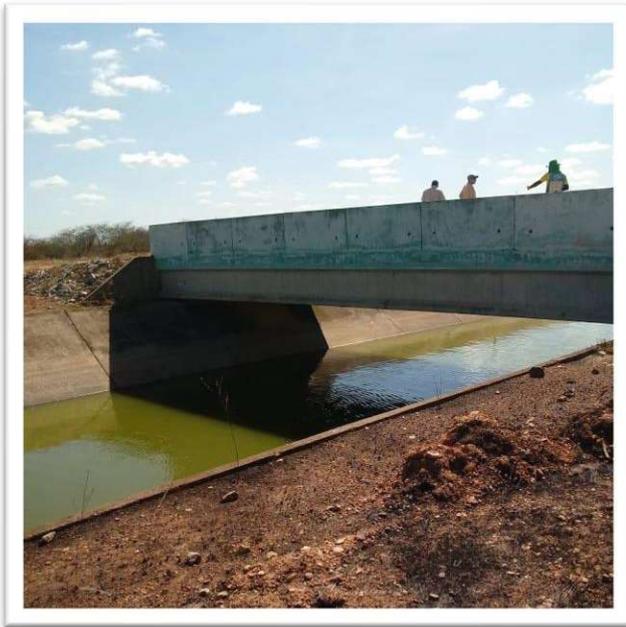
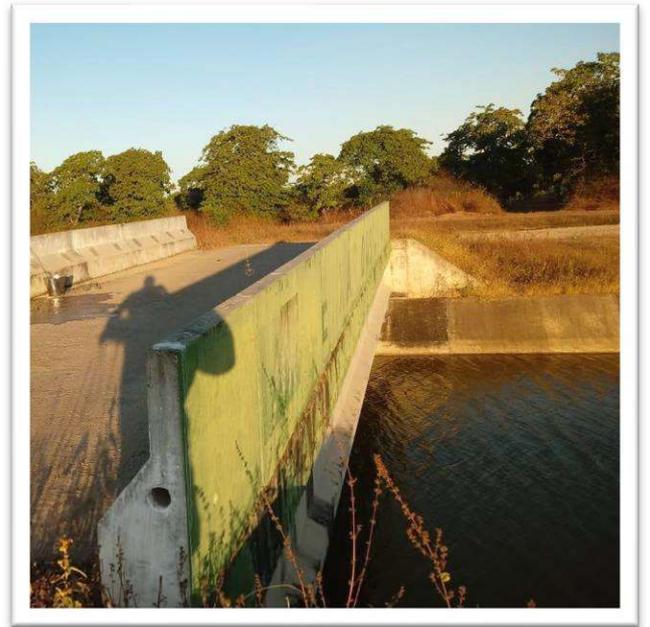
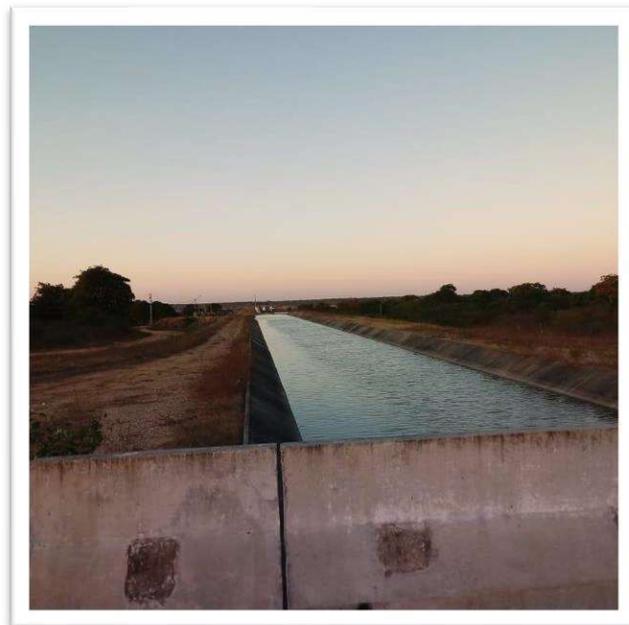


Figura 16: Ponto 10.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 17: Ponto 11.



Fonte: Autor, 2019

Para avaliação de mudanças nos aspectos qualitativos ao longo do Canal Eixão das Águas, ou seja, avaliar a variação espacial da qualidade da água, à medida que percorre os trechos do canal. Para o desenvolvimento do trabalho, e posterior avaliação dos aspectos qualitativos da água ao longo do percurso do canal do Eixão das Águas, foram realizados ensaio de 9 parâmetros, de qualidade de água, que estão descritos na Tabela 5, sendo realizada 2 amostras para cada ponto de coleta.

A coleta e os ensaios foram realizados em parceria com o LABOSAN, que é o laboratório de saneamento do Instituto Federal do Ceará – Campus de Limoeiro do Norte. Os ensaios e coletas seguirão as diretrizes estabelecidas pelo Standard Methods (2012), e Guia nacional de coleta e preservação de amostras: Águas, Sedimento, Comunidades Aquáticas, e efluentes líquidos.

Tabela 5: Parâmetros analisados

Parâmetro	Unidade
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL
pH	-
Temperatura	°C
DBO₅	mg/L
Fósforo Total	mg/L
Nitrogênio Total	mgN/L
Turbidez	NTU
Sólidos Totais	mg/L
OD	mg/L

Fonte: Autor, 2020.

Figura 18: Chegada das amostras no laboratório.



Fonte: Autor 2019.

Figura 19: Frascos para coleta.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 20: Aplicação dos reagentes, do parâmetro OD.



Fonte: Autor, 2019.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

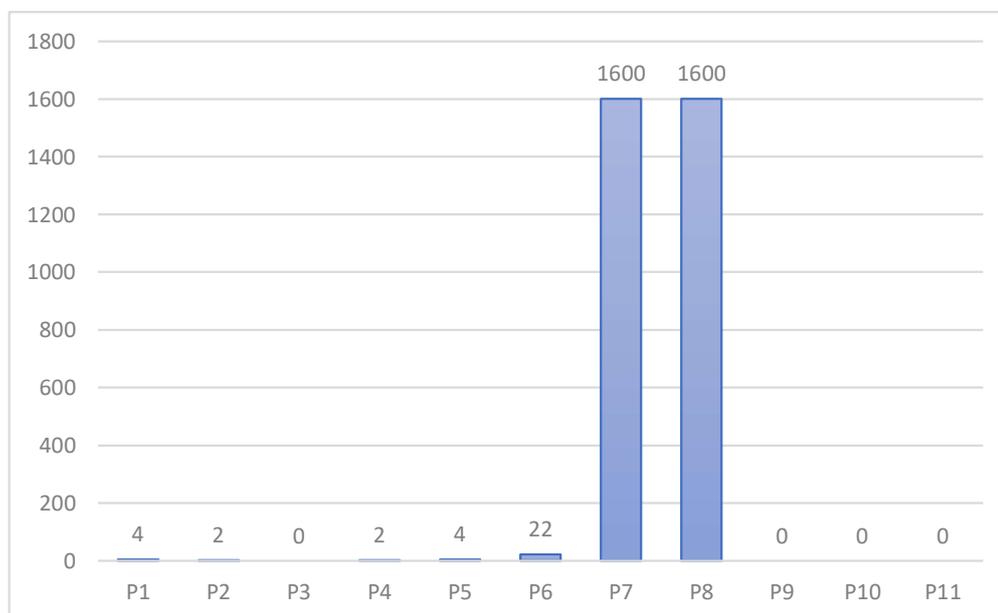
A partir das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas no LABOSAN que estão demonstrados na Tabela 6, para cada parâmetro analisado, é possível demonstrar as mudanças que cada parâmetro apresenta ao longo do percurso do Canal do Eixão das Águas, e discorrer sobre os resultados, possíveis causas que alteram cada parâmetro ao longo do trecho analisado.

Cada parâmetro estudado, foi analisado de acordo com os valores padrão e faixas de valores aceitáveis para o enquadramento do corpo hídrico, as implicações que cada parâmetro possa causar na qualidade da água, bem como o aumento nos custos de tratamento, e sugerir possíveis ações profiláticas para melhor preservação da qualidade do corpo hídrico.

5.1 Coliformes termotolerantes

Em relação aos valores obtidos nos ensaios para coliformes termotolerantes, podemos fazer uma análise da evolução desse parâmetro ao longo do percurso, como está demonstrado no Figura 21.

Figura 21: Mudança no parâmetro CT ao longo canal.



Fonte: Autor (2021)

O parâmetro de coliformes, é de grande importância, como indicador da possibilidade de existência de microrganismos patogênicos causadores de doenças veiculação hídrica. (ANA, 2005). A presença de coliformes termotolerantes, e o seu notável aumento ao longo do percurso,

permite deduzir uma contaminação proveniente de despejos irregulares de material biológico. Haja visto que a presença dessas bactérias, pode esta ligada à existência de organismos patogênicos na água.

Os coliformes termotolerantes foram encontrados na maioria dos pontos ao longo percurso do canal, destacando-se 2 pontos onde o NMP/100ml, ultrapassou os valores de 1600, nos pontos P7, e P8. Os valores de coliformes obtidos nos pontos P7, e P8, se enquadram para águas da classe 3 de acordo com a resolução nº 357/2005 do Conama, já os demais pontos se enquadram para este parâmetro como água de classe 1.

Ao analisar o parâmetro de coliformes ao longo do canal, é notório os altos valores de coliformes para os pontos P7 e P8, indicando uma contaminação bastante significativa de matéria fecal nesses trechos. O ponto P7 é a jusante do açude Curral Velho, onde é notória a presença de bovinocultura às margens do reservatório, também é possível sugerir um estudo para melhor investigar possíveis pontos de contaminação biológica nos pontos em que há a ocorrência de coliformes.

Essa água dos pontos onde foi observado a presença desses organismos, para seja utilizada para o abastecimento humano, é necessário passar por processo de desinfecção.

5.2 Potencial hidrogeniônico

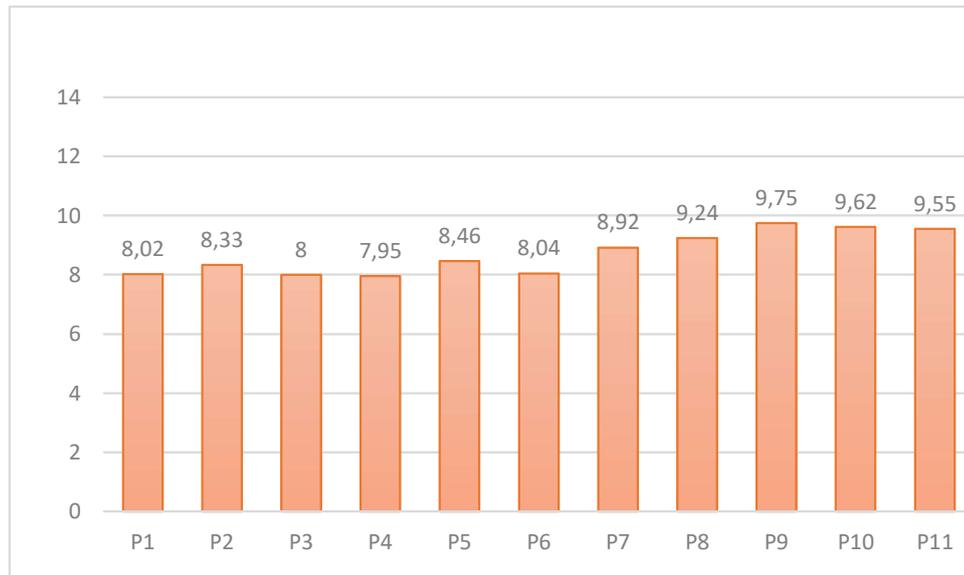
O pH, é um importante indicador de qualidade de água, tendo em vista que pode influenciar a fisiologia de várias espécies aquáticas, e ainda contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos (ANA, 2005).

Os valores obtidos ao longo do percurso do canal, mostra tendência crescente ao longo do percurso, detonando características mais alcalinas na água. Os valores dos pontos P8, P9, P10, e P11, se mostram tão altos que não se encaixam em nenhuma classe de água na resolução do Conama 357/2005, apresentando valores acima de 9, como é possível observar no gráfico 2.

O pH da água ao longo do canal mostra uma tendência para uma faixa mais alcalina, o que sugere a existência de hidróxidos, carbonatos, e bicarbonatos, os quais podem aumentar a dureza da água deteriorando a eficiência da utilização dessa água para limpeza, por dificultar a formação de espuma. Alguns pontos ultrapassam 9,5 de valor para o pH, que representam valores nocivos para os organismos aquáticos.

Para o abastecimento humano a água deve permanecer numa faixa de neutralidade, nem muito ácida ou básica. Portanto, para que a água do canal seja utilizada para esta finalidade, é necessária a realização da correção do pH.

Figura 22: Mudança no parâmetro pH ao longo do canal.



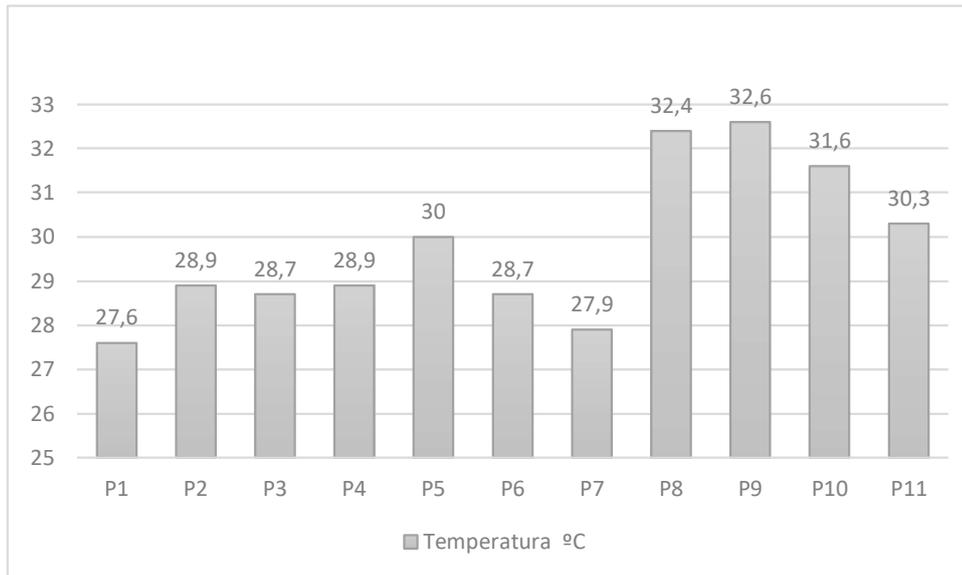
Fonte: Autor (2021)

5.3 Temperatura

Como é possível observar, pelo gráfico 3, a temperatura da água, nos pontos P8, P9, P10, e P11 excede 30°C, o que é prejudicial para a qualidade da água. Elevadas temperaturas, afetam negativamente os outros parâmetros.

Porém, esse aumento gradual da temperatura ao longo percurso no canal pode ter como causa a baixa vazão, tempo de residência da água no canal, e o horário da coleta devido as altas taxas de insolação no Nordeste brasileiro. Contudo, o aumento da temperatura deve ser estudado de maneira mais aprofundada, tendo em mente os efeitos deletérios desse aumento como: redução da solubilidade do OD, e o aumento da velocidade das reações químicas.

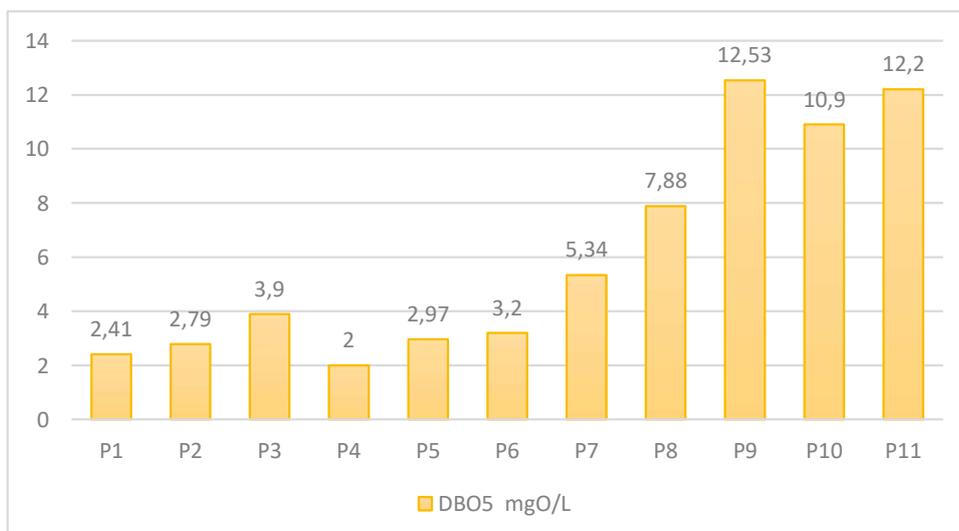
Figura 23: Mudança no parâmetro temperatura ao longo do canal.



Fonte: Autor (2021)

5.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A $DBO_{5,20}$ é um parâmetro de grande importância, pois é um indicativo de matéria orgânica, que em valores altos, pode significar o consumo do OD presente na água, trazendo sérias consequências para um corpo hídrico, como a mortandade de peixes e organismos aeróbios. Pode ser usada como indicativo de contaminação orgânica (ANA, 2005).

Figura 24: Mudança na $DBO_{5,20}$ ao longo do canal.

Fonte: Autor (2021)

A tendência crescente da demanda por oxigênio dissolvido, ao longo do percurso do canal, é um dado preocupante quanto a questão da qualidade da água, pois pode acarretar uma condição de anaerobiose, acabando por tornar imprópria para o consumo.

Seguindo as diretrizes para DBO, da resolução 357/2005 do Conama, os pontos P1, P2, P4, e P5, são classificados como de classe 1. Os pontos P3, e P6, como classe 2. Os pontos P7 e P8, como classe 3. E por último os pontos P9, P10, e P11 como classe 4.

O comportamento da DBO está corroborando com o comportamento dos coliformes termotolerantes, pH, e turbidez, pois a partir do ponto P7 nota-se um aumento significativo nos valores desses parâmetros. O ponto P7 está localizado a jusante do açude Curral Velho onde há despejos de efluentes industriais, e o desenvolvimento de atividades como a bovinocultura e piscicultura. A poluição da água ao longo do percurso do canal faz com a água que estava classificada inicialmente como classe 1 para este parâmetro, caia para classe 4, modificando drasticamente o tratamento necessário para torná-la apta para o abastecimento humano, como exemplo processos como coagulação e floculação.

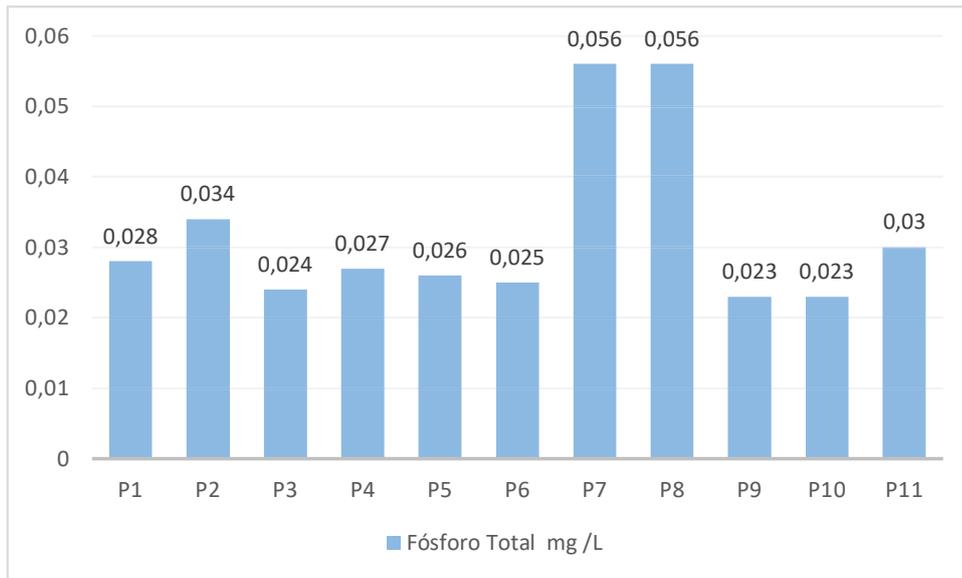
5.5 Fósforo Total (PT)

O fósforo é monitorado como parâmetro para dar indicativos de despejos de esgotos, e em grandes concentrações causam efeitos deletérios, como o processo de eutrofização, afetando propriedades organolépticas da água (ANA, 2005).

Os resultados obtidos nas análises ao longo do percurso do canal, estão evidenciados no gráfico 5. Todas as concentrações obtidas encaixam-se como água de classe 1, segundo a resolução Conama n° 357/2005.

Em relação a este parâmetro a qualidade de água está adequada, necessitando apenas de um tratamento simplificado, estes resultados justificam-se pela provável ausência de lixiviação de componentes de fertilizantes agrícolas ao longo do percurso.

Figura 25: Mudança na Fósforo Total ao longo do canal.

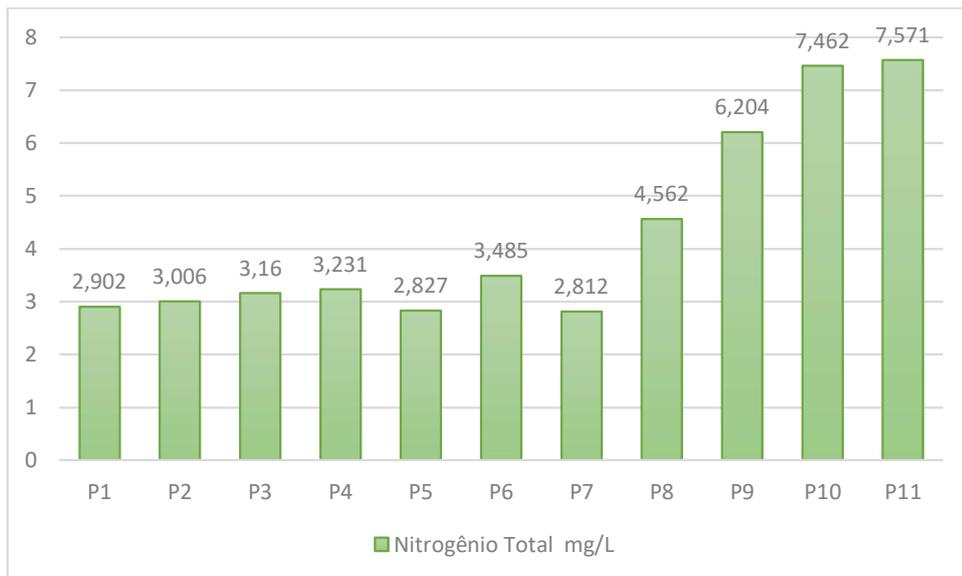


Fonte: Autor (2021)

5.6 Nitrogênio Total (NT)

Os valores obtidos no estudo para o nitrogênio total, servem para indicar possível contaminação por despejos de efluentes. Os dados mostrados no gráfico 6, mostra uma tendência crescente ao longo do percurso.

Figura 26: Mudança na Nitrogênio Total ao longo do canal.



Fonte: Autor (2021)

O aumento na concentração de nitrogênio nos pontos P8, P9, P10, P11, indicam um aumento na quantidade de matéria orgânica, considerando também o estado de eutrofização nas águas dos açudes Castanhão e Curral Velho, como consequência encarecendo o tratamento para atingir padrões de potabilidade, tendo em vista que tratamento simplificado retira apenas sólidos, DBO, matéria orgânica carbonácea e coliformes termotolerantes.

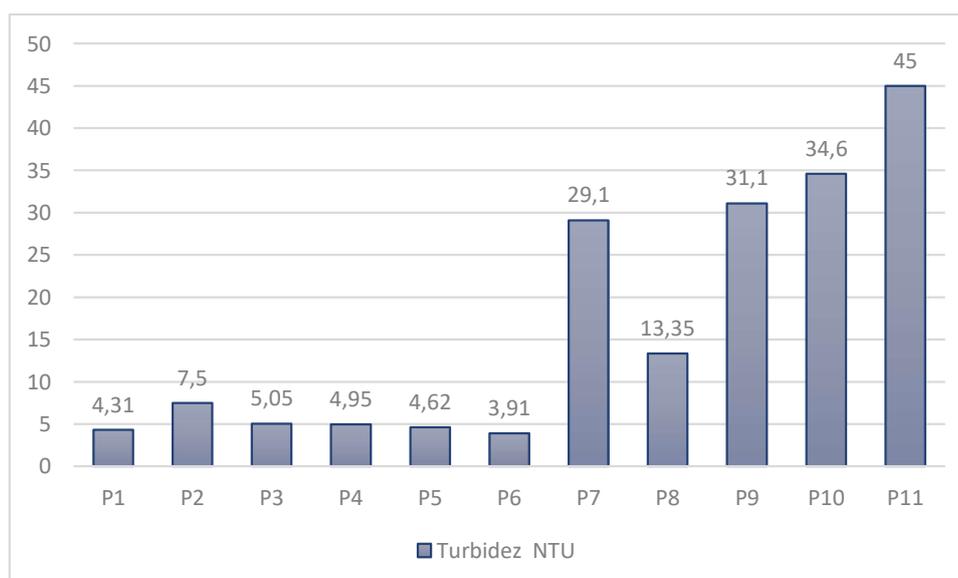
Recomenda-se a investigação mais específica nesses pontos, das possíveis fontes poluidoras que estejam ocorrendo às margens, água claramente apresentando quadro de eutrofização, no período de estudo.

5.7 Turbidez

A turbidez expressa em unidade NTU, indicam a deflexão da luz ao passar pelo corpo hídrico. Altos valores de turbidez prejudicam a sobrevivência de alguns organismos fotossintéticos que habitam no leito dos rios.

Os resultados obtidos no estudo demonstram no gráfico 7, que os valores da turbidez aumentam consideravelmente após a passagem das águas do canal, pelo açude Curral Velho. Segundo os valores fixados pela resolução do Conama n° 357/2005, todos os pontos classificam-se como águas de classe 1, exceto o ponto P11, que é classe 2.

Figura 27: Mudança na Turbidez ao longo do canal.



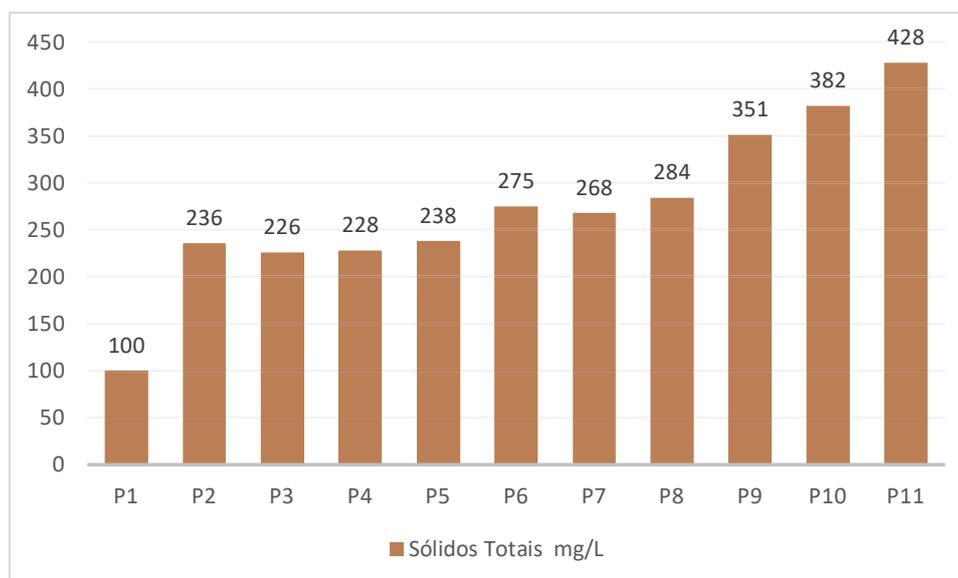
Fonte: Autor (2021)

O comportamento da turbidez está coerente com os parâmetros de coliformes, e DBO, haja visto que ao longo do percurso é notória a eutrofização por lançamento de matéria orgânica nitrogenada, aumentando a produção de algas e consequentemente aumentando a turbidez.

5.8 Sólidos Totais (ST)

O gráfico 8 obtido, com os dados para ST, ao longo do percurso do canal, demonstram um acúmulo de sedimentos ao longo do percurso. O que já era esperado tendo em vista que é um canal artificial de concreto. Esse acúmulo, acaba por influenciar no aumento de outros parâmetros como pH, Nitrogênio Total, DBO, Fósforo Total, e Turbidez.

Figura 28: Mudança nos Sólidos Totais ao longo do canal.



Fonte: Autor (2021)

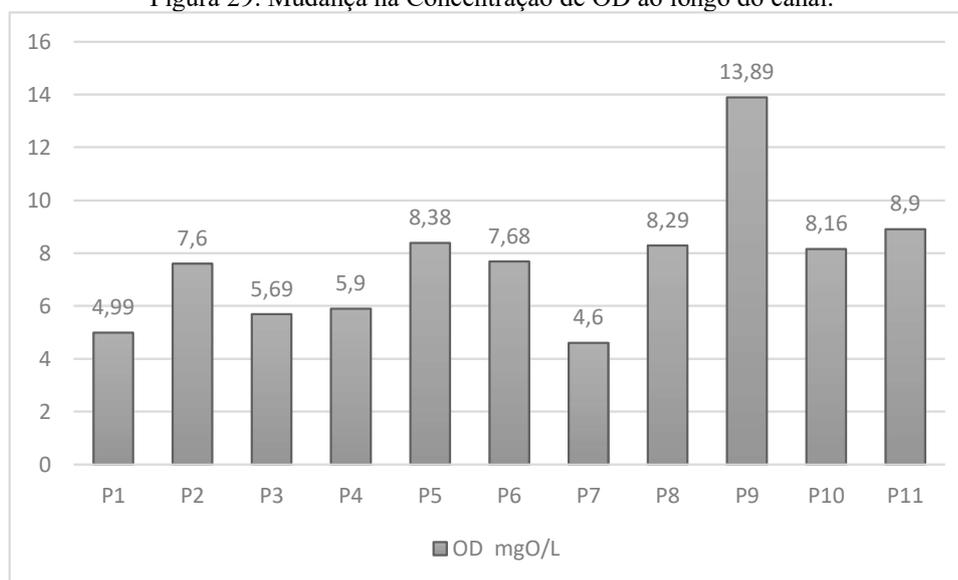
5.9 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é um importante parâmetro na avaliação de qualidade de água, devido fato de que é o parâmetro que mantém todos os organismos aeróbios do corpo hídrico vivos.

Os resultados demonstrados no gráfico 9, mostram bons valores, para as concentrações de OD. Tal fato foi proporcionado em parte pelo grande efetivo quantidade de adutoras e sifões,

que promovem uma aeração atmosférica de toda a água que percorre um canal, e também por causa da grande área superficial.

Figura 29: Mudança na Concentração de OD ao longo do canal.



Fonte: Autor (2021)

Embora essa modalidade de transporte de água proporciona alguns efeitos adversos nos valores de outros parâmetros. Os valores obtidos classificam-se com água de classe 1, exceto nos pontos P1, P3 e P4, que são classe 2, e P7 que é classe 3, de acordo com a resolução do Conama n° 357/2005.

Todavia os valores de concentração de OD apresentaram valores elevados, não significa que a água de um corpo hídrico é de boa qualidade, tendo em vista que a água apresenta necessidade de tratamento mais complexos para outros parâmetros. O OD quando apresenta valores de acima dos valores de saturação para determinada temperatura e altitude, pode ocorrer devido a alta atividade fotossintética, gerada por algas e fitoplânctons, essa afirmativa pode ser uma das razões para alguns valores de OD obtidos no estudo, corroborando para um estado de eutrofização, pela presença excessiva de nutrientes, aumentando consequentemente a proliferação de algas, que são realizadoras de fotossíntese.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos através desse estudo, são de grande importância para a construção do conhecimento sobre a qualidade de água em canais, tendo em vista que a modalidade de transposição de águas em canais, é atualmente bastante difundida no Nordeste brasileiro, e no mundo. Os resultados dos parâmetros de maneira geral indicam uma qualidade deficitária, provavelmente ocasionada por atividades como bovinocultura, piscicultura, e despejos de efluentes industriais. Os valores tendem a apresentar valores mais prejudiciais a partir do ponto P7, de maneira crescente até o ponto P11, fazendo com que de acordo com valores estabelecidos pela resolução nº 357 do Conama, as águas saiam de classe 1 para classe 4, para alguns parâmetros.

O oxigênio dissolvido foi um parâmetro que no geral apresentou valores altos, para a maioria dos pontos analisados ao longo do curso do canal. Estes valores são resultantes de uma boa aeração promovida ao longo do percurso. No entanto, valores de OD supersaturados são um indicativo de alta atividade fotossintética, causada por um processo de eutrofização.

A partir da análise dos resultados, é possível sugerir uma melhor fiscalização de possíveis fontes de poluição, e a sugestão de estudos que visem melhor identificar a existência desses pontos de poluição, para que possa ser possível obter uma água de melhor qualidade, tendo em mente a importância desse canal para a segurança hídrica das regiões beneficiadas por águas dele provenientes, e não permitir que a poluição ao longo desse caminho destrua a qualidade, e faça com que os custos com tratamento diminuam.

Os custos inerentes para tratar as águas que subsidiaram a pesquisa, são considerados altos, tendo em vista que é necessário passar por processos de retirada de matéria orgânica nitrogenada. Além disso, a eutrofização em excesso, pode causar a ocorrência excessiva de algas que produzem substâncias tóxicas que são de difícil retirada nos processos de tratamento, podendo causar problemas de saúde pública.

Contudo, como qualquer estudo, apresenta limitações pois qualidade de água não se define apenas nesses 9 parâmetros analisados. Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se citar a aplicação de métodos como IAP (índice de qualidade de água para fins de abastecimento público), pois vai além de métodos como o do IQA, (índice de qualidade de água), pois avalia a presença de substâncias tóxicas, e substâncias que afetem propriedades organolépticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADECE. Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. Disponível em: <<https://www.adece.ce.gov.br/>>. Acesso em: 2 Dez. 2019.

ALMEIDA, Jaqueline Colvara de. Avaliação do Índice de Qualidade da Água na lagoa dos Patos. 2013. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil). Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. - Brasília: ANA, SPR, 2005. 176 p.: il. (Cadernos de Recursos Hídricos; 1)

RICHTER, C. A; AZEVEDO NETTO, J. M. Tratamento de água tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 1991, 332 p.

BRAGA, B; HESPANHOL, B.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

CAMPOS, J.N.B., STUDART, T.M.C. Secas no Nordeste do Brasil: Origens, Causas e Soluções. IN: IV Dialógo Interamericano de Gerenciamento de Águas. ABRH, Foz do Iguaçu, 2001.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> > acesso em: 12 out.2020

CETESB. Cursos e treinamentos – Módulo 1 –Introdução à qualidade da água. São Paulo, 2017.

CETESB, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das águas Interiores do Estado de São Paulo, 2016. Apêndice E.** Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem. São Paulo: CETESB, 2016.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo . **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - Apêndice A -** Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2008.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Disponível em:

<<http://www.hidro.ce.gov.br/>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

COGERH. Breves tópicos de qualidade da água e de limnologia. Fortaleza, 2004.

COGERH. RELATÓRIO MENSAL AÇUDE CASTANHÃO. Fortaleza, outubro de 2019.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://atlas.cogerh.com.br/>> Acesso em: 10 set. 2019.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://portal.cogerh.com.br/>> Acesso em: 20 out. 2020.

FUZINATTO, C. F. Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água. Florianópolis: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde, Manual de Controle da Qualidade da Água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília, 2014, 116p.

FUCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.funceme.br/>>. Acesso em: 20 de Fev. de 2021

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde, Manual de Saneamento. Brasília, 2007, 409p.

GALVÃO, J.; BERMANN, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 29, n. 84, 2015.

GUNKEL, G.; LIMA, D.; SELGE, F.; SOBRAL, M.; CALADO, S. Aquatic ecosystem services of reservoir in semi-arid areas: sustainability and reservoir management. *River Basin Management VIII*, v. 197, p. 187-200, 2015.

CETESB, Guia nacional de coleta e preservação de de amostras: Águas, Sedimento, Comunidades Aquáticas, e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo/ Organizadores: Carlos Jesus Brandão... [et.al], São Paulo: CETESB; Brasília: ANA 2011. 326p.: il.

JORDÃO, Eduardo Pacheco. Tratamento de Esgotos Domésticos. Rio de Janeiro, 2005, 932p.

Lins, Cintia dos Santos Os impactos territoriais e socioeconomicos do canal da (Des)integracao no Ceara no contexto do medio e baixo Jaguaribe/ Cintia dos Santos Lins. Fortaleza, 2008. 178p.; il.

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

MONZONIS, M.P., SOLERA, A., FERRER, J., ESTRELA, T., ARQUIOLA, J.P. A Review of Water Scarcity and Drought Indexes in Water Resources Planning and Management. **Journal of Hydrology.** 527, p. 482 – 493, 2015.

NUVOLARI, Ariovaldo. Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. São Paulo, 2011, 565 p.

PINHEIRO, M.I.T.; CAMPOS, J.N.B.; STUDART, T.M.C. Conflitos pelo Uso da Água no Estado do Ceará: Um Estudo de Caso. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba: ABRH, 2003.

POPMB –UNI190, de acordo com Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 22st Editions, Método 9221 B. p.9-66 - 75, 2012

REBOUÇAS, A.C. Água no Brasil: Abundância, Desperdício e Escassez. Estudos Avançados, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127 – 154, 1997.

SRH. Secretaria de Recursos Hídricos. Disponível em: < <https://www.srh.ce.gov.br/> > Acesso em: 7 de Jan de 2021.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

TUNDISI, J. G. Água no Século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, IIE.248 p. 2003.

SALES, Clara de Assis Jerônimo. Repartindo as águas do Nordeste semiárido: uma análise comparativa dos modelos de alocação de água adotados no Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte / Clara de Assis Jerônimo Sales. –2013. 138 f.

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

VIANNA, Marcos Rocha. **Sistemas de Tratamento de Água.** Belo Horizonte. Editora da Universidade FUMEC/FEA, 2009, 546 p.