



**FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ  
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA – UNIFOR  
VICE REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO – VRPG  
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS DA CIDADE**

**EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO**

**O REUSO PLANEJADO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA UNIVERSIDADE  
DE FORTALEZA**

**FORTALEZA-CE  
SETEMBRO, 2020**

**EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO**

**O REUSO PLANEJADO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA UNIVERSIDADE  
DE FORTALEZA**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ciências da Cidade da Universidade de Fortaleza (UNIFOR), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Cidade.  
Área de Concentração: Ciências da Cidade.

Orientador: Prof. Dr. André Gadelha de Oliveira.

**FORTALEZA-CE  
2020**

Ficha catalográfica da obra elaborada pelo autor através do programa de geração automática da Biblioteca Central da Universidade de Fortaleza

---

Castelo, Euclides José Leite.

O reuso planejado das águas residuárias na Universidade de Fortaleza / Euclides José Leite Castelo. - 2020  
116 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade de Fortaleza. Programa de Mestrado Profissional Em Ciências Da Cidade, Fortaleza, 2020.

Orientação: André Gadelha de Oliveira.

1. Reuso planejado. 2. Tratamento terciário de esgoto. 3. Eletroxidação. 4. Eletrocoagulação. I. Oliveira, André Gadelha de. II. Título.

---

**EUCLIDES JOSÉ LEITE ARAÚJO**

**O REUSO PLANEJADO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA UNIVERSIDADE DE  
FORTALEZA**

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. André Gadelha de Oliveira  
Universidade de Fortaleza – UNIFOR



FLAVIA TELIS DE VILELA      Assinado de forma digital por FLAVIA  
ARAÚJO:02475582499      TELIS DE VILELA ARAUJO:02475582499  
Dados: 2020.10.01 16:13:17 -03'00'

---

Prof.ª Dra. Flávia Telis de Vilela Araújo  
Universidade de Fortaleza – UNIFOR



---

Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto  
Centro Universitário Christus – UNICHRISTUS

Aprovada em: **30/09/2020**.

## **DEDICATÓRIA**

Toda a honra, glória e créditos a Deus, pois toda a força, persistência e resiliência vem da fé em ti, meu senhor.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por estar sempre comigo, pois em nenhum momento me senti só durante as incontáveis horas de estudo e revisão para concluir esse trabalho.

Aos meus pais José Freire de Castelo e Margarida Selma Leite Castelo professores incansáveis de ofício e minha inspiração de vida! É imensurável o amor incondicional, gratidão e admiração que tenho por vocês.

A minha querida esposa Raquel, pelo apoio, carinho e compreensão com a minha ausência na conclusão desse desafio.

Aos meus filhos amados Luis Eduardo e Laís, vocês são a minha maior fonte de motivação para continuar a estudar e aprender continuamente.

Aos meus irmãos Plácido, Samuel, Joelma, Paulo e Arícia por serem fonte inesgotável de amor, carinho e companheirismo.

Aos meus sogros Francisco José de Andrade Bomfim e Celina Maria Abrahão Bomfim pelo carinho e incentivo.

Aos meus cunhados e cunhadas pelas diversas mensagens de apoio e compreensão pela ausência nos eventos familiares.

Ao professor André Gadelha de Oliveira por sua paciência, dedicação, orientação e incentivo durante a elaboração desta pesquisa.

Aos professores e funcionários do Mestrado em Ciências das Cidades pela disponibilidade e atenção em todos os momentos que precisei.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A coleta e tratamento de esgoto ainda hoje estão muito distantes da democratização do acesso a esse serviço, causando prejuízos à economia e à qualidade de vida de mais de 100 milhões de brasileiros. O novo marco legal do saneamento básico brasileiro (PL 4.162/2019) que se compromete com a universalização até 2033 busca mudar essa realidade. Diante deste contexto, este trabalho investigou dentro da óptica do reuso planejado das águas residuárias quais as opções de tratamento terciário e avaliou a eficiência do efluente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do NAMI – Núcleo de Atenção Médica Integrada da Universidade de Fortaleza – UNIFOR (nordeste brasileiro), para fins de reuso não potável urbano, segundo os parâmetros de: pH, condutividade, coliformes termotolerantes e ovos de geohelmintos, exigidos pela COEMA 02/2017, capítulo III, Art.38; além de outros dois parâmetros: turbidez e DBO. O sistema, em escala piloto, formado por etapas que incluem a eletrocoagulação, decantação, filtração seguida de eletroxidação, sinalizou discreta elevação de 2,4% do pH, anotando o valor médio em 7,76. Apurou decaimento de 3% da condutividade, ficando o parâmetro em 1529 $\mu$ S/cm ainda dentro da faixa de aproveitamento para a irrigação, porém com restrições para determinadas culturas. Para o parâmetro de ovos de geohelmintos não foi possível avaliá-lo, pois nenhuma das amostras antes do tratamento apresentou a presença desse patógeno. A turbidez por sua vez foi diminuída em torno de 30% melhorando o aspecto estético do efluente, importante redução para fins de reuso não potável em vasos sanitários. Os níveis de DBO ficaram abaixo do limite estipulado de 120mg/L pela COEMA, o que indica um baixo grau de poluição no caso da opção por disposição em um corpo d'água. No tocante a quantidade de coliformes termotolerantes observou-se uma diminuição significativa na quantidade dentro das amostras deste quesito. Porém somente 18% no número de amostras atendeu aos parâmetros exigidos pela resolução da COEMA 02/2017. Essa baixa eficiência sugere que novos estudos devam ser realizados para uma melhor calibração do processo de tratamento e adequação deste parâmetro conforme determinação do Conselho Estadual do Meio Ambiente. Os baixos custos operacionais tanto da eletrocoagulação (R\$3,44/m<sup>3</sup>) quanto da eletroxidação (R\$0,48/m<sup>3</sup>) motivam a ideia para novos estudos de aplicação destes processos avançados combinados.

**Palavras-chave:** Reuso planejado. Tratamento terciário de esgoto. Eletrocoagulação. Eletroxidação.

## ABSTRACT

Today, sewage collection and treatment still have a long way from democratizing access to this service, causing damage to the economy and quality of life of more than 100 million Brazilians. The new regulation for Brazilian basic sanitation (PL 4.162/2019) that commits to universalization seek to change this reality by 2033. In this context, this work investigated from the perspective of the planned reuse of wastewater what the tertiary treatment options were and assessed the effluent efficiency of the Sewage Treatment Station (ETE) of NAMI - Integrated Medical Care Center at University of Fortaleza - UNIFOR (northeastern Brazil), for the purposes of urban non-potable water reuse, according to the parameters of: pH, conductivity, thermotolerant coliforms and geohelminth eggs, required by COEMA 02/2017, chapter III, Art.38; in addition to two other parameters: turbidity and BOD. The system, on a pilot scale, formed by steps that include electrocoagulation, decantation, filtration followed by electrooxidation, signaled a slight increase of 2.4% in pH, recording the average value at 7.76. It found a decay of 3% in conductivity, with the parameter at 1529 $\mu$ S/cm still within the range of use for irrigation, but with restrictions for certain crops. For the geohelminth eggs parameter, it was not possible to evaluate it, since none of the samples before the treatment showed the presence of this pathogen. Turbidity, in turn, was reduced by around 30%, improving the aesthetic aspect of the effluent, an important reduction for non-potable water reuse in toilets. The BOD levels were below the limit stipulated by 120mg/L by COEMA, which indicates a low degree of pollution in the case of the option for disposal in a body of water. Regarding the amount of thermotolerant coliforms, a significant decrease was observed in the amount within the samples. However, only 18% in the number of samples met the parameters required by the resolution of COEMA 02/2017. This low efficiency suggests that new studies should be carried out to better calibrate the treatment process and adjust this parameter as determined by the State Environment Council. The low operational costs of both electrocoagulation (R\$3,44/m<sup>3</sup>) and electrooxidation (R\$0,48/m<sup>3</sup>), motivates the idea for further studies on the application of these advanced combined processes.

**Keywords:** Planned reuse. Tertiary wastewater treatment. Electrocoagulation. Electro-Oxidation.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de vigilância Sanitária
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CE	Condutividade Elétrica
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DD	Decanto Digestor
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ESMST	European Society of Membrane Science and Technology
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de geografia e Estatística
FA	Filtro Anaeróbio
LF	Lagoa Facultativa
LM	Lagoa de Maturação
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
pH	Potencial Hidrogeniônico
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SIGERH	Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos
SST	Sólidos em Suspensão Totais
UASB	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
WHO	Organização Mundial da Saúde

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição da água no planeta.....	20
Figura 2 – Impurezas presentes na água.....	22
Figura 3 – Reuso potável indireto não planejado.....	37
Figura 4 – Classificação dos tipos de ETEs de Fortaleza.....	41
Figura 5 – Estação de tratamento de esgoto do NAMI e o projeto piloto.....	52
Figura 6 – Detalhe do piloto de tratamento terciário.....	53
Figura 7 – Experimento.....	53
Figura 8 – pHmetro.....	54
Figura 9 – Turbidímetro.....	55
Figura 10 – Fonte eletrocoagulação.....	56
Figura 11 – Agitador da eletrocoagulação.....	56
Figura 12 – Fonte do reator de eletroxidação.....	57
Figura 13 – Gráfico pH – Esgoto Bruto.....	64
Figura 14 – Gráfico da condutividade do Esgoto Bruto.....	67
Figura 15 – Gráfico Turbidez Esgoto Bruto.....	69
Figura 16 – Gráfico Coliformes termotolerantes Esgoto Bruto.....	70
Figura 17 – Gráfico DBO Esgoto Bruto.....	71
Figura 18 – Gráfico pH médio.....	73
Figura 19 – Gráfico Condutividade média.....	74
Figura 20 – Gráfico da Turbidez média.....	74
Figura 21 – Gráfico Adequação Coliformes Termotolerantes.....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Referências Listada.....	19
Tabela 2 – Parâmetros Físicos dos Esgotos Domésticos .....	35
Tabela 3 – Classificação das Estações de Tratamento de Esgoto de Fortaleza – Grupo I .....	39
Tabela 4 – Classificação das Estações de Tratamento de Esgoto de Fortaleza – Grupo II .....	39
Tabela 5 – Classificação das Estações de Tratamento de Esgoto de Fortaleza – Grupo III .....	40
Tabela 6 – Sistemas de tratamento de esgoto de Fortaleza que atenderam aos padrões de lançamento da portaria 154/2002 da SEMACE no período de janeiro a abril de 2016.....	42
Tabela 7 – Classificação das Estações de Tratamento de Esgoto da UNIFOR ...	47
Tabela 8 – Parâmetros de análise para os tipos de reuso descritos na Lei 16.033/2016 .....	58
Tabela 9 – Custo Operacional Elétrico (COE) Eletrocoagulação .....	61
Tabela 10 – Custo dos Materiais - (CM) Eletrocoagulação .....	61
Tabela 11 – Custo Operacional Elétrico (COE) Eletroxidação .....	62
Tabela 12 – Amostras do efluente do NAMI.....	62
Tabela 13 – Amostras do efluente do NAMI.....	65
Tabela 14 – Valores médios das amostras do efluente do NAMI.....	67
Tabela 15 – Coliformes Termotolerantes .....	70
Tabela 16 – Demanda Bioquímica por Oxigênio - DBO .....	71
Tabela 17 – Ovos de Geohelmintos .....	72
Tabela 18 – Valores médios das amostras do efluente do NAMI.....	72
Tabela 19 – Valores médios das amostras do efluente do NAMI.....	73
Tabela 20 – Valores médios das amostras do efluente do NAMI.....	74
Tabela 21 – Coliformes Termotolerantes .....	75
Tabela 22 – Demanda Bioquímica por Oxigênio - DBO .....	76
Tabela 23 – Ovos de Helmintos .....	77
Tabela 24 – Tabela de resumo.....	78

## LISTA DE EQUAÇÕES

$$\text{COE} = \frac{V_{it}}{V_{eff}} \cdot \text{PEE}$$

Custo operacional elétrico (1)

$$\text{CM} = \frac{i.t.M.PME}{n.F.V_{eff}}$$

Custo do material (2)

$$\text{CTO} = \text{COE} + \text{CM}$$

Custo total operacional (3)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Metodologia da revisão bibliográfica.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Ciclo hidrológico da água.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Tipos de tratamento de esgoto.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4</b>	<b>Definições do reuso.....</b>	<b>30</b>
<b>2.5</b>	<b>Definição dos critérios e das formas de reuso.....</b>	<b>36</b>
<b>2.6</b>	<b>Referências legais sobre o reuso planejado.....</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA EM CAMPO.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1</b>	<b>Etapas da pesquisa.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2</b>	<b>Metodologia da revisão bibliográfica.....</b>	<b>44</b>
<b>3.3</b>	<b>Caracterização das ETEs da Universidade de Fortaleza.....</b>	<b>46</b>
<b>3.4</b>	<b>Determinação das vazões das ETEs.....</b>	<b>47</b>
<b>3.5</b>	<b>Caracterização dos efluentes da ETE do NAMI.....</b>	<b>48</b>
<b>3.6</b>	<b>Análise das coletas de dados dos efluentes.....</b>	<b>51</b>
<b>3.7</b>	<b>Seleção das ETEs para reuso urbano.....</b>	<b>51</b>
<b>3.8</b>	<b>Planejamento experimental.....</b>	<b>52</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>78</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE A – FICHA DE PROCESSO TERCIÁRIO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA REUSO NÃO POTÁVEL.....</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXO A – RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ESGOTO.....</b>	<b>101</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, principalmente em regiões áridas e semiáridas como o Nordeste brasileiro. Tanto as entidades públicas como planejadores privados procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a restrita disponibilidade hídrica da região. A transposição do rio São Francisco, um anseio de mais de 80 anos, o cinturão das águas, a escavação de poços profundos para alcançar os aquíferos, o uso de dessalinizadores e mais recentemente a implantação de sistemas de tratamento de esgoto visando o reuso de águas residuárias são algumas das alternativas que visam combater o problema da falta de água nas cidades do Estado do Ceará.

O governador do Ceará, Camilo Santana, falou sobre as políticas de convívio com a seca, durante a inauguração da nova sala de monitoramento da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), (03/03/2016) e disse em entrevista à repórter Germana Pinheiro, da Rádio O POVO/CBN.

“A gente mantém uma equipe permanentemente de monitoramento da situação de água no Estado do Ceará. Conseguimos atravessar 2015 com as ações emergenciais de curto, médio e longo prazo” (CAMILO..., 2016).

O fenômeno da escassez de água, entretanto, não é atributo exclusivo das regiões áridas e semiáridas. As populações dos grandes centros urbanos também sofrem com a restrição de abastecimento de água potável devido às grandes pressões de consumo, mesmo estando em regiões de relativa abundância de recurso hídricos naturais.

Nessas condições, a procura por fontes alternativas se mostra como a possibilidade mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico.

Segundo Rodrigues (2005, p. 16) “o reuso de água surge atuando em dois aspectos: instrumento para a redução do consumo de água (controle de demanda) e recurso hídrico complementar.”

O reuso ou reutilização da água ou ainda uso de águas residuárias não é um conceito novo que tem sido praticado em todo o mundo há bastante tempo. Os gregos,

da história antiga, utilizavam técnicas de irrigação com o uso de esgotos domésticos; contudo, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado da água um tema atual e de grande importância (CETESB, 2010).

É possível a economia de grandes volumes de água e consequente proteção dos mananciais locais, por meio do reuso com a disposição de água de qualidade inferior (efluentes pós-tratados) para outras finalidades não tão nobres, tais como, irrigação de jardins e lavagem de pisos.

Segundo Cunha *et al.* (2011) efluentes tratados, provenientes de esgotos domésticos, têm um papel de destaque na gestão sustentável e no planejamento dos recursos hídricos como opção para substituir as águas destinadas a fins urbanos, agrícolas, industriais, florestais e ambientais, dessa forma, liberando as fontes de água potável para o abastecimento público e outros usos prioritários, contribuindo ainda para a conservação dos recursos naturais e acrescentando uma dimensão econômica à gestão dos recursos hídricos.

Sempre que possível, as águas de inferior qualidade, oriundas de esgotos domésticos, assim como, as águas salobras e de drenagem pluvial, devem ser analisadas como opções alternativas para usos menos restritivos. A combinação do emprego de tecnologias apropriadas para o tratamento dessas fontes, com a melhoria da gestão e controle da demanda, configuram as bases da estratégia para encontrar soluções que busquem resolver a problemática da falta de água (HESPANHOL, 2002).

A criação da Secretaria dos Recursos Hídricos, em 1987 foi o marco institucional para o desenvolvimento da política de gestão das águas no estado do Ceará tendo como arcabouço legal a lei nº 11.996/92, posteriormente atualizada e revogada pela lei nº 14.844/10, a qual definiu a Política Estadual, criou o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGERH e estabeleceu os instrumentos de gestão, dentre os quais se destacam os planos de recursos hídricos. O primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos (PLANERH) foi elaborado em 1992 e atualizado em 2005, trazendo, a partir do diagnóstico da situação hídrica, diretrizes e programas estratégicos (CEARÁ, 2018).

Na visão do planejamento de recursos hídricos de longo prazo, o correto aproveitamento destes recursos associados ao equilíbrio entre alternativas de

aumento de capacidade e gestão da demanda determina a uma visão mais atual da gestão destes recursos e pode ser chamada de gestão integrada. Iniciativas voltadas ao controle de poluição, contrapostas à postura convencional de ampliar as capacidades estruturais de tratamento, também constituem elementos de gestão integrada que cada vez mais se aplicam ao caso das bacias urbanizadas.

A gestão integrada de recursos hídricos tem como principais fundamentos o uso sustentado dos recursos, a abordagem multissetorial e o emprego de medidas não estruturais, entre as quais se destaca a gestão de demanda. Esse amplo entendimento da gestão dos recursos coroa o conceito de desenvolvimento sustentável, que associa o processo de desenvolvimento à equidade social e à manutenção da capacidade de suporte dos sistemas ambientais.

A gestão de recursos hídricos dentro da Universidade de Fortaleza (UNIFOR) tem um grande desafio: equilibrar a necessidade dos usuários e a disponibilidade de água; principalmente por estar localizada na capital de um dos Estados do Nordeste brasileiro que mais sofre com a escassez gerada pelo clima semiárido.

Dentro deste contexto, a Universidade de Fortaleza (UNIFOR) vem modernizando suas instalações hidráulicas desde 1997 dotando os novos prédios, desde então, com sistema de caixa d'água e cisterna com divisão de água potável e água bruta, esta última destinada à alimentação dos vasos sanitários, mictórios e irrigação dos jardins. Mas a crescente demanda por novos cursos e conseqüentemente aumento de área construída para absorver o crescimento da população universitária, fez aumentar também a pressão sobre os mananciais existentes no campus: lagoa e poços profundos.

Embora a captação e distribuição de água dentro do campus sigam práticas sustentáveis, o cenário de seca, dos últimos anos no estado do Ceará, provoca a necessidade de buscar alternativas para blindar a Universidade de Fortaleza de políticas de racionamento impostas pela concessionária municipal CAGECE. Dessa forma a implantação de sistemas de tratamento de esgoto que permitam o reuso de águas residuárias surge como alternativa para mitigar a escassez de água, mesmo sendo notável o esforço do governo estadual para manter a Região Metropolitana de Fortaleza abastecida.

## 1.1 Objetivo

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a aplicação das tecnologias de eletrocoagulação e eletroxidação para adequação do efluente tratado ao reuso não potável planejado das águas residuárias geradas por estações de tratamento de esgoto dotadas de decanto digestor e filtro submerso anaeróbio.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a eficiência do tratamento terciário do efluente doméstico com uso de um sistema composto por eletrocoagulação, decantação, seguido de filtração e eletroxidação, segundo os parâmetros físico-químicos de pH, condutividade e microbiológicos de coliformes termotolerantes e presença de ovos geohelmintos descritos na resolução COEMA 02/2017 para reuso não potável de águas residuárias;
- Avaliar a influência da corrente elétrica e o tempo de detenção hidráulico na eficiência do tratamento;
- Estimar os custos de operação do tratamento;
- Comparar os parâmetros impostos pela legislação COEMA 02/2017 com a tecnologia proposta;
- Indicar diretrizes para promoção do reuso dentro da Universidade de Fortaleza;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O crescimento urbano evidenciado nas últimas décadas, tanto nos países desenvolvidos como nos subdesenvolvidos, agrava a situação de escassez qualitativa por recursos hídricos, evidenciando a necessidade para a implementação de sistemas de reuso planejado de águas residuárias provenientes de esgotos que são lançados muitas vezes sem o correto tratamento.

Segundo Moreira (2014, p.2):

O Instituto Trata Brasil divulgou um estudo em que o Brasil ocupava a 112.<sup>a</sup> posição num ranking de saneamento entre 200 países. A pontuação do Brasil no Índice de Desenvolvimento do Saneamento – um indicador que leva em consideração a cobertura por saneamento atual e sua evolução recente – foi de 0,581 em 2011. O índice brasileiro é inferior não só às médias da América do Norte e da Europa, mas também às de alguns países do Norte da África e Oriente Médio, povos de renda média bem mais baixa que do Brasil. Equador (0,719), Chile (0,707), Honduras (0,686) e Argentina (0,667), por exemplo, registraram índices muito superiores aos do Brasil em 2011.

Atualmente, segundo o mesmo instituto, estamos em 102º uma discreta melhora, para um país como o Brasil que é um dos signatários com o compromisso de universalização do saneamento básico até 2030. Investimentos de cerca de 300 bilhões de reais serão necessários para alcançar esse objetivo, segundo planejamento descrito no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB). (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).

A meta do Governo Federal é alcançar a universalização até 2033, garantindo que 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% ao tratamento e a coleta de esgoto. Hoje são mais de 35 milhões de brasileiros sem água tratada e mais de 100 milhões sem esgoto tratado (BRASIL, 2019).

O Senado brasileiro aprovou o novo marco legal do saneamento básico (PL 4.162/2019) em 24/06/2020 (BRASIL, 2019). O projeto é de iniciativa do governo, foi aprovado em dezembro de 2019 na Câmara dos Deputados sendo sancionado pelo presidente Jair Bolsonaro em 15/07/2020. A matéria baseia-se na Medida Provisória (MP) 868/2018, que perdeu a validade sem ter sua apreciação completada no Congresso Nacional em 2019.

Diante desta situação, o reuso de águas residuais deve ser considerado com importante opção para reequilibrar a relação demanda/oferta de água. Reutilizar a água de inferior qualidade em atividades de menor exigência é imprescindível nos dias de hoje, preservando a água de melhor qualidade para fins potáveis e freando a contaminação dos corpos hídricos (CAIXETA, 2010).

## 2.1 Metodologia da revisão bibliográfica

Fez-se para o desenvolvimento desta pesquisa, uma busca ativa de informações nas bases de dados do gerenciador de referências acadêmicas Google Acadêmico, EBSCO HOST, CAPES e BDTD IBICT. Delimitou-se para a pesquisa com a seguinte expressão: *Wastewater treatment*. No gerenciador Google Acadêmico obteve-se 2.400.000 (dois milhões e quatrocentos mil) publicações, enquanto que no EBSCO foram encontradas 201.884 (duzentos e um mil, oitocentos e oitenta e quatro). Já no CAPES foram listadas 1.223 (um mil, duzentos vinte e três) referências enquanto que no BDTD IBICT relacionou 1.839 (mil, oitocentos e trinta e nove) títulos.

Aplicou-se aspas sobre os termos de buscas no gerenciador Google Acadêmico obtendo-se 1.600.000 (um milhão e seiscentos mil) publicações, da mesma forma o EBSCO encontrou 183.919 (cento e oitenta e três mil, novecentos e dezenove). Enquanto no CAPES foram relacionadas 437 (quatrocentos e trinta e sete) e no BDTD IBICT relacionou 880 (oitocentos e oitenta).

Para um terceiro passo foi aplicado o recorte temporal no período de 2014 a 2019. Onde foram listadas pelo Google Acadêmico 171.000 (cento e setenta e um mil) referências, o EBSCO listou novamente 183.919 (cento e oitenta e três mil, novecentos e dezenove), o CAPES relacionou 179 (cento e setenta e nove) e o gerenciador BDTD IBICT encontrou 334 (trezentos e trinta e quatro).

A partir daí foram aplicados os operadores booleanos AND para “*planned reuse*” e NOT para “*rain*” que produziram os seguintes resultados: o Google Acadêmico encontrou 40 (quarenta) publicações, o EBSCO listou dessa vez 4 (quatro) publicações. Enquanto a pesquisa do CAPES achou 2 (dois) títulos e o BDTD IBICT relacionou nenhuma publicação.

A partir dos trabalhos coletados delimitou-se ainda mais o estudo selecionando publicações que seguissem os critérios baseados em Cardoso (2015):

1º. Pesquisar em gerenciador de referências a composição de caracteres: “O reuso de águas residuais”. Ficaram definidas como “Reuso planejado”, publicações que apresentassem modelos para implementação de estações de tratamento de esgoto sustentáveis para grandes unidades tais como: conjuntos habitacionais, edifícios comerciais (grandes shopping centers, centros empresariais, Campus de instituições de ensino superior), complexos industriais e portuários e municípios num contexto urbano em território nacional. Não foram considerados publicações com propostas para implementação de estações de tratamento de esgoto sustentáveis no cenário internacional visto que o cumprimento das leis ambientais é ditado por resoluções nacionais de modo que o objetivo é desenvolver um modelo que possa ser aplicado no Brasil;

2º. Ler os títulos e excluir as referências que não fossem relevantes à questão da revisão;

3º. Ler os resumos e palavras chaves para eliminação de publicações que não fossem relevantes a questão da revisão e

4º. Leitura integral das publicações selecionadas ao fim da triagem.

Para delimitação do objeto de estudo, foram selecionadas referências no idioma português. A escolha das publicações baseou-se nos objetivos da pesquisa, descartando aqueles que não tratavam do assunto com estudo de caso para implementação do modelo.

Seguindo os critérios supracitados, formatou-se a Tabela 1 com o processo de seleção e seus valores finais, atendendo aos pré-requisitos da categoria Inicial como aquela composta por todas as publicações listadas nos gerenciadores de referências tendo o 1º critério. Na categoria Potencial, assinala as publicações que respeitavam os critérios 2º e 3º. Por último, a categoria Final como sendo a derradeira fronteira de seleção atendendo o 4º critério que serviram como objeto de estudo para o desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 1 – Referências Listada

Gerenciador de referência	Inicial	Potencial	Final
Google Acadêmico	40	8	8
EBSCO HOST	69	8	8
CAPEL	13	9	9
BDTD EBICT	334	7	7
Total	456	32	32

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após triagem, estabeleceu-se um questionamento principal (QP) para uma análise mais específica diante das trinta e duas obras selecionadas. Para tanto se definiu o (QP): Qual é o modelo ideal de tratamento terciário para implementação de reuso não potável planejado de águas residuais? Com a pretensão de ampliar o alcance da análise frente ao questionamento principal outras questões específicas (QE) foram definidas:

[QE1] Em que contextos o reuso planejado foi aplicado?

[QE2] Que tipo de esgoto foi tratado?

[QE3] Quais as opções de reuso?

[QE4] Qual o modelo de tratamento terciário foi implementado?

## 2.2 Ciclo hidrológico da água

A definição sobre a qualidade da água é ampla e ultrapassa a simples caracterização dada pela fórmula  $H_2O$ , pois como a água é considerada um solvente natural, ela é capaz de incorporar impurezas e transportar inúmeras partículas determinando assim a sua qualidade (VON SPERLING, 2014).

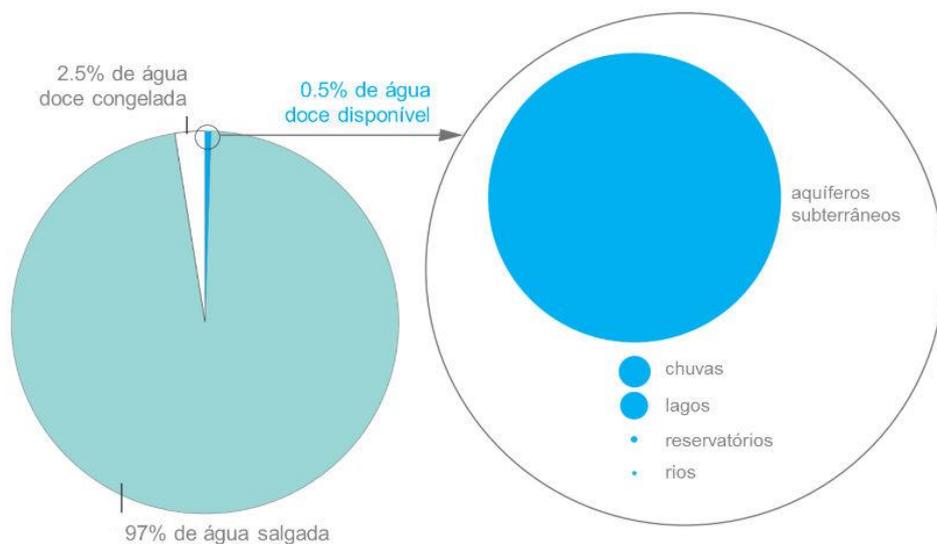
Segundo Von Sperling (2014) a água é o elemento inorgânico mais abundante no homem com cerca de 60% de sua composição, mas para determinados seres aquáticos pode chegar até 98%.

A água está presente em oceanos, rios, lagos, geleiras e aquíferos subterrâneos. Dessa forma é importante entender como ela se movimenta de um meio para outro em nosso planeta. Esse deslocamento ocorre através da evaporação desses reservatórios naturais e pela transpiração das árvores, promovendo a sua circulação e renovação, formando o que se conhece como o ciclo hidrológico da água.

Estima-se que o ciclo hidrológico da água circula aproximadamente cerca de 40.000.000 m<sup>3</sup> dos oceanos renovando a disponibilidade de água doce no planeta (REZENDE, 2010). Embora essa quantidade seja muitas vezes superior às necessidades humanas, isso não impede que haja escassez em várias áreas espalhadas por todos os continentes, quer seja pelo mau uso dos recursos hídricos ou pelas precipitações pluviométricas distribuídas de forma desigual. Embora a água se apresente de forma abundante, segundo Von Sperling (2014) somente cerca de 3% é água doce no planeta, dessa quantidade somente 0,8% está disponível para captação direta.

Em relatório das Nações Unidas, 97,5% da água no planeta é salgada, sendo que 1,72% estão congeladas nas geleiras e dos outros 0,78% somente 0,5% está disponível para captação direta (UNESCO; WWAP, 2007), como mostra a figura 01.

Figura 01 – Distribuição da água no planeta



Fonte: UNESCO e WWAP (2007), adaptado pelo autor.

O Brasil é um país considerado privilegiado frente à maioria dos países por ter elevados recursos hídricos disponíveis. Porém a maior parte deles está localizada na região amazônica onde moram menos de 5% da população brasileira, gerando assim uma desigualdade de distribuição (COMPANHIA DE BEBIDAS DAS AMÉRICAS, 2016).

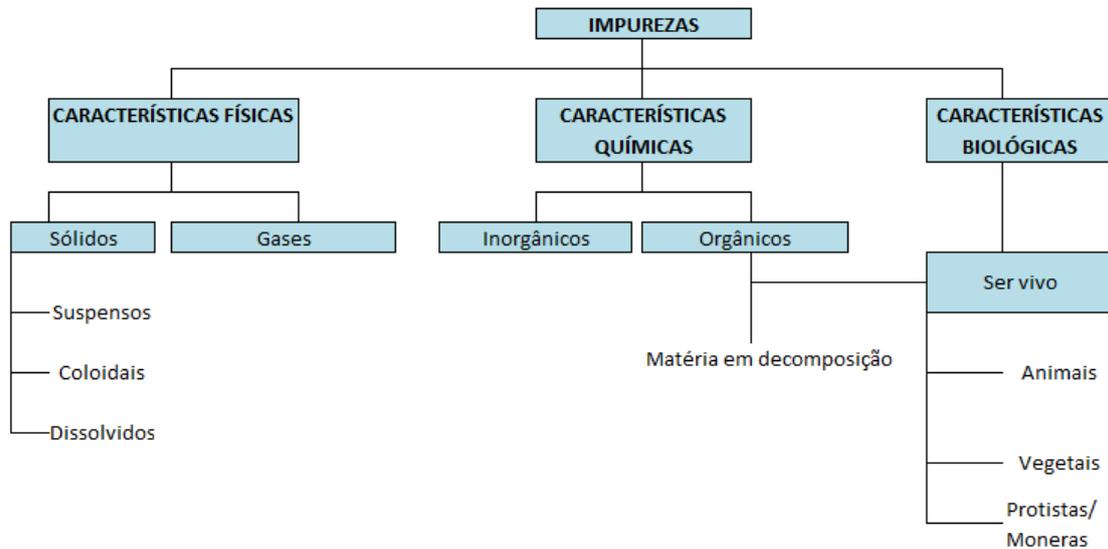
É possível distinguir cinco processos dentro do ciclo hidrológico que ajudam no processo natural de renovação da água (VON SPERLING, 2014):

- Evaporação: é o mecanismo de transferência do meio líquido para o meio atmosférico (gasoso). Depende da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar;
- Transpiração: este mecanismo passa pela retirada da água no solo pelas raízes que hidratam toda a planta chegando até as folhas e então evapora. Este é um importante processo de filtração natural da água;
- Precipitação: após os processos de evapotranspiração, a umidade da água vai se aglutinando até formar as nuvens que caem da atmosfera em forma de orvalho, chuva, granizo e neve;
- Infiltração: corresponde a água que atinge o solo permeável e infiltra para alimentar os lençóis freáticos que contribuem para a recarga dos corpos d'água principalmente nos períodos de estiagem e
- escoamento superficial: é o processo de deslocamento da água pela superfície do terreno. É também responsável pelo carregamento de substâncias e partículas do solo para os cursos d'água.

### **2.3 Tipos de tratamento de esgoto**

Diversas substâncias podem estar presentes na água modificando o seu relativo grau de pureza. Pode-se classificá-las através de suas características físicas, químicas e biológicas.

Figura 02 – Impurezas presentes na água



Fonte: Von Sperling (2014), adaptado pelo autor.

Entende-se por esgoto todos os despejos líquidos provenientes de prédios e residências, podendo ainda ser incluídos, despejos industriais e águas de chuva. Os esgotos domésticos podem ter origem de chuveiros e lavatórios contendo além da água, sabão e outros materiais insolúveis; já os esgotos dos sanitários são formados por fezes, urina, papel e água; enquanto que os esgotos da cozinha incluem sabão (detergentes), água e alimentos.

O tratamento de esgoto visa a separação dessas substâncias que podem se apresentar em suspensão ou em decantação. Normalmente são formados por papeis, plásticos, madeiras, metais, floco de bactérias, dentre outros. Existem ainda as substâncias solúveis formadas por elementos de matéria orgânica e inorgânica (sais minerais). E por último os coloidais dentre eles: vírus, bactérias, algas e protozoários.

Para elaboração de projetos de tratamento de esgoto para uma determinada comunidade, deve-se observar a legislação específica vigente a área de disposição do efluente e definir com clareza os seguintes aspectos:

- a. Objetivos do tratamento (principais impurezas as serem removidas);
- b. Impacto ambiental;
- c. Nível de tratamento;
- d. Eficiência do tratamento.

O nível do tratamento do esgoto desejado para atender as normas e padrões visando atingir um determinado grau de qualidade e permitir o lançamento do efluente no corpo hídrico está associado aos parâmetros de nível de tratamento e eficiência do tratamento.

Von Sperling (2014) classifica o tratamento de esgoto da seguinte forma:

- Preliminar: visa remover sólidos em suspensão grosseiros, tais como, areia e materiais de maiores dimensões;
- Primário: pretende remover sólidos sedimentáveis (60 a 70%), DBO em suspensão (25 a 35%) e coliformes (30 a 40%);
- Secundário: trata de remover DBO finamente particulada, em suspensão e/ou solúvel (60 a 98%) e coliforme (60 a 99%);
- Terciário: tem o intuito de remover nutrientes, organismos patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes, possibilitando dessa maneira, determinados tipos de reuso deste efluente tratado.

Visando a intenção de reuso de águas residuárias provenientes do tratamento de esgoto, apresenta-se as tecnologias dos níveis secundário e terciário:

a. Decanto-Digestor seguido de Filtro Anaeróbio: tem como premissa a alteração das características da fase líquida com retenção de sólidos flutuantes, decantação de sólidos sedimentáveis, deposição, acúmulo e adensamento do lodo decantado propiciando a decomposição anaeróbia, digestão parcial da espuma e redução da DBO e do número de coliformes.

b. Lagoas de Estabilização: São uma ótima opção econômica de tratamento em países como o Brasil por possuírem condições climáticas favoráveis como alta incidência luz solar e temperatura elevada. Apesar disso, necessitam de grandes áreas para atender parâmetros de detenção hidráulica (da ordem de 20 a 30 dias), o que pode limitar sua implantação nas proximidades de áreas densamente urbanizadas.

Utilizam bactérias e algas em seu processo de tratamento. As algas transformam o CO<sub>2</sub> (produzido pelas bactérias) em oxigênio através da fotossíntese. Por sua vez o oxigênio disponível é usado pelas bactérias para oxidar o material orgânico biodegradável. Na ausência de oxigênio bactérias anaeróbias transformam as substâncias orgânicas em biogás através da digestão anaeróbia.

Dentre os principais tipos de lagoas de estabilização estão:

- Lagoa Anaeróbia: recomenda-se ser a primeira da sequência de lagoas, recebendo o esgoto bruto oriundo do tratamento primário, de modo a suportar elevadas cargas de DBO. Possui grandes profundidades (superiores a 3 metros) para dificultar a incidência de a luz solar propiciando a remoção prioritariamente de matéria orgânica. Normalmente são antecessoras da lagoas facultativas (ROLLEMBERG, 2017);

- Lagoa Facultativa: são construídas com profundidades de 1,5 a 2,5 metros para permitir um ambiente aeróbio com a utilização da fotossíntese das algas na camada superior e um processo anaeróbio na camada inferior, daí a definição de facultativa (VON SPERLING, 2014).

- Lagoa Aerada Facultativa: nesse tipo de lagoa os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa. No entanto a aeração é fornecida por aeradores mecânicos, ao invés de através da fotossíntese. Como a lagoa também é facultativa, uma grande parte dos sólidos e da biomassa sedimenta, sendo decomposta anaeróbiamente no fundo (VON SPERLING, 2014).

- Lagoa de Maturação: tem como objetivo principal a remoção de organismos patogênicos. Nesse tipo de lagoa, por possuírem profundidades entorno de 1,0 metro, predominam condições adversas para estes microrganismos, tais como, elevados pH e OD, radiação UV, falta de nutrientes e temperatura mais baixa que o trato intestinal dos seres humanos. Promovem também um decaimento da DBO (VON SPERLING, 2014).

c. Wetlands: São sistemas alagados construídos. Lagoas ou canais rasos que abrigam plantas aquáticas enraizadas ou flutuantes. O afluente flui livremente entre as folhas e caules das plantas. Podem ainda ter ilhas para desenvolvimento de habitat específico (VON SPERLING, 2014).

d. Lodos Ativados: Embora utilize uma sofisticada operação incluindo um índice maior de mecanização e conseqüente maior consumo de energia é bastante usado para o tratamento de esgotos domésticos e industriais em vários países por ser capaz de tratar elevadas quantidades de efluentes em reduzidas áreas de implantação (ROLLEMBERG, 2017). Possui TDH baixo, na ordem de horas, permitindo que o tanque de aeração seja reduzido. Mas o que garante a eficiência do sistema é a recirculação dos sólidos permitindo um tempo maior dos mesmos no sistema melhorando o processo metabólico da matéria orgânica dos esgotos.

e. Reatores UASB: nos reatores anaeróbios de manta de fluxo ascendente, mais conhecidos pela sigla em inglês UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), a DBO é convertida (cerca de 70%) anaerobiamente por bactérias dentro do reator. O afluente entra por baixo seguindo o fluxo (ascendente) em direção à parte superior que é dividida por zonas de sedimentação e de coleta de gás (metano). O efluente gerado tem aspecto clarificado. A produção de lodo é baixa, pois esse tipo de reator permite o retorno do lodo aumentando a eficiência do sistema (VON SPERLING, 2014).

f. Coagulação/Floculação: Processo de suma importância para retirar a turbidez do efluente removendo as impurezas que se encontram em solução, fina suspensão ou em estado coloidal, tais como, bactérias e protozoários formando flocos maiores que possam ser removidos por filtração e/ou sedimentação (TOSETTO, 2005). São utilizados, comumente, coagulantes químicos à base de sal de alumínio ( $Al^3$ ) ou de ferro ( $Fe^3$ ), tal como sulfato de alumínio [ $Al_2(SO_4)_3$ ], cloreto férrico [ $FeCl_3$ ] e sulfato férrico [ $Fe_2(SO_4)_3$ ];

g. Eletrocoagulação: A eletrocoagulação (EC) é uma tecnologia eletroquímica de tratamento de águas e efluentes que na

sua forma mais simples, utiliza uma célula eletroquímica em que uma tensão e corrente contínua é aplicada aos eletrodos, geralmente feito de ferro ou alumínio, e o eletrólito é a água ou o esgoto (MORENO *et al.*, 2006) Os mecanismos de coagulação obtidos pela aplicação dessas cargas elétricas ainda não são claramente entendidos, contudo é notável a eficiência deste processo que promove a formação de coágulos similares aos quimicamente manipulados, porém com dimensões maiores e contendo menos água. Isso facilita a filtração além de evitar problemas de poluição secundária por substâncias químicas. O reator de eletrocoagulação é uma célula eletroquímica montada sob um arranjo específico dos eletrodos que em contato com o efluente gera coagulante *in situ*. Para liberar o coagulante, é necessário promover um diferencial de potencial nos eletrodos que varia conforme as semi reações eletroquímicas ocorridas em cada eletrodo que depende ainda das espécies presentes na água poluída e do pH de operação da mesma. Esse mecanismo eletroquímico que gera bolhas de gás de hidrogênio nos catodos (elevando o pH da solução) e dissolução dos anodos gerando íons que promovem o surgimento de processos físico-químicos desestabilizando os sistemas coloidais do efluente (CHEN, 2004). Dessa forma, verifica-se a interação entre a eletroquímica, a flotação e coagulação (características do poluente, formação de bolhas e coagulante). A combinação desses mecanismos físico-químicos que interagem entre si dentro do reator promove a remoção dos poluentes através de forças gravitacionais que decantam os coloides mais pesados e iônicas que flutam os mais leves. Daí a importância da busca pela perfeita sincronia dos parâmetros de projetos (volume, disposição dos eletrodos, dimensões e velocidade de rotação do misturador) e operação do reator de eletrocoagulação (densidade da corrente) para ordenar esses caminhos de separação das impurezas dentro do tratamento (PHALAKORNKULE; SUKKASEM; MUTCHIMSATTHA, 2010). Os contaminantes presentes na corrente de água residuárias são tratados por reações químicas e precipitação ou ligação física e química aos materiais coloidais que estão sendo gerados pela erosão do eletrodo.

Eles são então removidos por eletro flotação, sedimentação e filtração. Essa última conclusão levou a busca pelo dimensionamento de um decantador e um filtro para cumprir a etapa de separação das impurezas do efluente em tratamento visando melhorar o desempenho do reator de eletroxidação.

h. Filtração: processo de separação das partículas sólidas em suspensão que envolve fenômenos físico-químicos, com a intenção de remover as impurezas da água através de elementos porosos ou membranas (TOSETTO, 2005). Tosetto explica ainda que a filtração direta apresenta apenas as etapas de coagulação, floculação e filtração, sendo muito interessante a relação custo x benefício pela vantagem de economia no consumo de reagentes químicos e simplicidade de operação quando se utiliza essa opção logo após o tratamento secundário;

i. Membranas: São estruturas físicas utilizadas como soluções eficientes para aplicação em problemas de separação, filtração e clarificação. Os principais processos com membranas são: Osmose Inversa, Ultrafiltração, microfiltração, diálise e eletrodialise (PETRUS, 1997 *apud* ANDRADE, 2001). Segundo European Society of Membrane Science and Technology ([2000?] *apud* ANDRADE, 2001) classifica as membranas da seguinte forma:

- Membranas Isótropas: possuem película com grossa espessura formada por poros regulares. Não são muito utilizadas em processos industriais, pois apresentam perdas de carga consideráveis e curta duração de vida.
- Membranas Anisótropas: os poros desse tipo de membrana aumentam ao longo da espessura da película filtrante e tornando mais porosa proporcionando ótimas propriedades mecânicas melhorando inclusive o fluxo de permeado.
- Membranas Composites (orgânicas ou minerais): são chamadas de terceira geração por serem formadas por uma camada filtrante sobre suporte. São mais resistentes a agentes químicos e altas temperaturas.

j. Processos Oxidativos Avançados (POAs): segundo Nascimento *et al.* (2017), os POAs são indicados como alternativa perante a ineficiência dos métodos de tratamento convencionais. São processos que utilizam tecnologias alternativas com custos operacionais razoavelmente baixos na geração de radicais hidroxilas (OH) essenciais para a degradação de poluentes com elevada estabilidade química. Dentre os principais POAs destacam-se:

- Radiação Ultravioleta: funciona como papel fundamental na produção dos radicais hidroxilas. Utiliza métodos de fotocatalise incidindo radiação sobre material semicondutor, promovendo o início da catálise influenciando também como importante agente no processo de desinfecção (NASCIMENTO *et al.*, 2017);

- Sistema Ozônio/ UV: o Ozônio isoladamente não consegue degradar totalmente os compostos recalcitrantes a CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O (NASCIMENTO *et al.*, 2017). Contudo em ação combinada com a irradiação UV torna essa alternativa viável, pois coexistem três processos de degradação: ozonização direta, fotólise direta e oxidação por radicais hidroxilas, além de importante ação desinfectante.

- Cavitação: Processo de formação de bolhas ou cavidades através da vaporização de um líquido pela diminuição da pressão e consequente elevação da temperatura causando o colapso violento das estruturas físico-químicas do fluido promovendo a formação de radicais de hidroxila, que se combinam para dar forma ao peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) responsável pelas reações de oxidação e desinfecção (ABDALA NETO, 2006 *apud* NASCIMENTO *et al.*, 2017).

- Sistema  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ : um dos POAs mais indicados para a degradação de substâncias orgânicas tóxicas é a ação conjunta do peróxido de hidrogênio com a fotólise ultravioleta, simulandodessa forma um processo de desinfecção que ocorre de forma espontânea na natureza (NASCIMENTO *et al.*, 2017).

- Eletroxidação: uma das maiores vantagens deste processo é a emissão direta de elétrons eliminando o uso de substâncias redutoras ou oxidantes com elevado grau de toxicidade. Com a passagem da corrente elétrica, várias reações se desencadeiam tais como: a oxidação de compostos, substituição iônica entre os sais orgânicos e os eletrólitos inorgânicos, causando a desestabilização das partículas coloidais e degradação da matéria orgânica dissolvida no efluente. Se a solução tiver íons cloreto, os mesmos poderão formar hipoclorito, isso complementa o processo de desinfecção da água (NASCIMENTO *et al.*, 2017). Neste processo, elétrons são gerados e disponibilizados diretamente ao efluente tratado, eliminando a necessidade da adição de substâncias redutoras ou oxidantes potencialmente tóxicas. Essa tecnologia eletrolítica torna capaz a oxidação ou redução de compostos organoclorados, íons cianeto, íons metálicos, hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos e seus derivados. Sua aplicação em tratamento de esgotos tem relevante importância, pois reduz a toxicidade dos efluentes através da degradação de substâncias persistentes em substâncias facilmente biodegradáveis (BARRIOS *et al.*, 2015). Segundo Sirés *et al.* (2014) o radical hidroxila ( $\bullet \text{OH}$ ) é um

poderoso oxidante, que é capaz de destruir de forma não seletiva a maioria dos contaminantes orgânicos e organometálicos até sua mineralização completa em CO<sub>2</sub>, água e íons inorgânicos. Esses radicais reagem rapidamente com os orgânicos (R) principalmente pela abstração de um átomo de hidrogênio (alifático) ou adição em um insaturado:

$$(R)H + (\bullet OH) \rightarrow H_2O + (\bullet R)$$

## 2.4 Definições do reuso

A natureza recicla a água naturalmente há milhões de anos através do ciclo hidrológico. Funcionava de forma bastante competente, mas com o aumento das ações antrópicas poluidoras, tais como, falta de tratamento apropriado do esgoto doméstico e industrial, uso de agrotóxicos, fertilizantes e, recentemente, aos poluentes emergentes, do quais se pode citar: cosméticos, fármacos e disruptores endócrinos (HESPANHOL, 2015), pôs em risco esse tipo de reuso não planejado da água.

Com isso, muitas regiões que antes não tinham problemas de escassez de água passaram a adotar medidas de racionamento para superar as dificuldades do cenário atual. Sendo assim o reuso planejado de águas residuárias para uso menos restritivos passou a ser uma alternativa para tornar o abastecimento de água sustentável em regiões de estresse hídrico.

De acordo com Moruzzi (2008), Silva e Santana (2014) a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1973) redigiu em 1973 um documento que classifica os tipos de reuso em diferentes modalidades e seus respectivos usos e finalidades como se segue:

- Reuso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída. Trata-se da forma mais difundida onde a autodepuração do corpo hídrico é utilizada, muitas vezes sem controle, para degradar os poluentes descartados com o esgoto in natura;

- Reuso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável. Exige a concepção e implantação de tecnologias apropriadas de tratamento para adequação da qualidade do efluente à estação, assim como, à qualidade definida pelo uso requerido;
- Reciclagem interna: é o reuso da água internamente as instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição. É constituído por um sistema em ciclo fechado onde a reposição de água de outra fonte deve-se às perdas e ao consumo de água para manutenção dos processos e operações de tratamento;
- Reuso potável direto: ocorre quando o esgoto recuperado, através de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável. É praticamente inviável devido ao baixo custo de água nas cidades brasileiras, ao elevado custo do tratamento e ao alto risco sanitário associado;
- Reuso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilização como água potável. Compreende o fluxograma onde o tratamento do esgoto é empregado visando adequar a qualidade do efluente à estação aos padrões de emissão e lançamento nos corpos d'água.

De acordo com a legislação vigente, tem-se a Resolução N° 54 pertencente ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2005), da data de 28 de novembro de 2005, que descreve as modalidades, diretrizes e critérios a serem adotados quando do reuso direto não potável de água. Segundo o Art. 3 o reuso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

I - reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e,

V - reuso na aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Os tipos de reuso não são mutuamente excludentes, podendo mais de um deles ser utilizado paralelamente dentro de uma mesma área.

Caixeta (2010) cita a terminologia de Lavrador Filho (1987) como mais abrangente que a adotada pela OMS:

- Reuso de Água: é o aproveitamento das águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas;
  - Reuso indireto não planejado de água: ocorre quando a água, já utilizada uma ou mais vezes em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Nesse caso, o reuso de água é um subproduto não intencional da descarga de montante. Após sua descarga no meio ambiente, o efluente será diluído e sujeito a processos como autodepuração, sedimentação, entre outros, além de eventuais misturas com outros despejos advindos de diferentes atividades humanas;
  - Reuso planejado de água: ocorre quando o reuso é resultado de uma ação humana consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado de forma direta ou indireta. O reuso planejado das águas pressupõe a existência de um site de tratamento que atenda aos padrões de qualidade requeridos pelo novo uso que se deseja fazer da água;
  - Reuso indireto planejado de água: ocorre quando os efluentes, depois de convenientemente tratados, são descarregados

de forma planejada nos corpos de água superficiais ou subterrâneos para serem utilizados a jusante de forma diluída e de maneira controlada, no intuito de algum uso benéfico.

- Reciclagem de água: é o reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição para servir como fonte suplementar de abastecimento do uso original. É um caso particular do reuso direto.

Segundo Kubler, Forin e Molleta (2015) a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) classifica o reuso de água em dois grupos: potável e não potável.

- Reuso potável é uma técnica em constante desenvolvimento e com crescente importância. Vem sendo aplicado nos EUA há quase 50 anos, e em 2010 aproximadamente 1.350 m<sup>3</sup>/d de água foram reutilizados em projetos de reuso potável planejado. Os projetos de reuso potável planejado são geralmente divididos em duas categorias: reuso potável indireto (RPI) e reuso potável direto (RPD), sendo RPI mais comum do que o RPD.

- Reuso potável indireto: A diferença básica entre RPI e RPD é a presença de um atenuador (“buffer”) entre a produção da água de reuso e a retirada para consumo. O atenuador é normalmente um aquífero, ou corpo hídrico como um rio ou uma lagoa, e tem a função de conectar a água a sua fonte natural, além de diminuir concentração de eventuais contaminantes através de diluição e aumentar o tempo entre a produção da água de reuso e seu consumo. Embora as primeiras dessas funções sejam importantes, o aumento do tempo entre a produção e consumo não foram comprovadas como benéficas, mas a passagem de água por um meio considerado natural pelo público aumenta sua aceitação. Isso se torna fundamental em alguns casos por diminuir a ligação entre a fonte da água (como esgoto) e a água de reuso.

Existe ainda reuso não potável que apresenta um vasto e variado potencial. Por não exigir tratamentos mais sofisticados tem maior viabilidade econômica e conseqüentemente vem se desenvolvendo rapidamente (REZENDE, 2010).

Dentre as maiores indicações para o reuso não potável está a aplicação na agricultura. Sendo que o efluente doméstico é considerado pela maioria dos autores como o mais adequado para a agricultura por causa da sua composição química menos carregada de substâncias tóxicas para seres humanos e animais (OLIVEIRA, 2012).

Diversos autores classificam esse tipo de reuso de acordo com a cultura que o utiliza. Mancuso (2002) distingue dois tipos:

- Plantas não comestíveis: silvicultura, pastagens, fibras e sementes;
- Plantas consumidas cozidas ou cruas.

A literatura também cita o reuso para fins industriais que apresenta viabilidade para aproveitamento nas caldeiras, em torres de resfriamento, processos industriais específicos, na lavagem de pisos, irrigação de áreas verdes, dentre outros.

A Resolução N°54/2005, do CNRH (2005), classificou também o reuso urbano abrangendo as seguintes modalidades:

- Utilização para fins de irrigação paisagística;
- Lavagem de logradouros públicos e veículos;
- Desobstrução de tubulações,
- Construção civil;
- Edificações;
- Reserva de incêndio.

O reuso urbano não potável, por envolver menores riscos, devem ser lembrados como excelente opção em áreas urbanas (MANCUSO, 2002). Desde que sejam levados em consideração cuidados especiais quando ocorrer contato direto com o público em gramados de parques, jardins, áreas turísticas, campos de esporte e hotéis.

O tipo de processo de tratamento a que o esgoto será submetido, para se praticar esse tipo de reuso, vai depender do padrão de qualidade do efluente bruto e das aplicações da água de reuso. Contudo, é preciso que os padrões de qualidade sanitária das águas residuárias, destinadas ao reuso para fins urbanos, sejam atendidos, a fim de se evitar possíveis problemas ambientais e de risco para a saúde da população. (CAIXETA, 2010, p. 30)

A melhor prática do reuso urbano e doméstico seria a implantação de redes duplas de distribuição de água, desde que estudos preliminares de viabilidade econômica validem essa alternativa. Ainda nessa direção à utilização de águas cinza que são aquelas provenientes das lavagens de roupa, de chuveiros e lavatórios, com tratamento local e reutilização em descargas sanitárias e mictórios e regas de jardins.

Segundo Rollemberg (2017) a implantação de um sistema alternativo no intuito de utilizar as águas residuais para fins domésticos deve atender a todos os requisitos e obrigações normativas brasileiras e demais diretrizes do CONAMA. Rollemberg cita as exigências mínimas listadas no Manual de Conservação e Reuso de Água em Edificações (FIESP; ANA; SINDUSCON-SP, 2005) visando o reuso não potável para diferentes atividades a serem desenvolvidas em edificações, de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros Físicos dos Esgotos Domésticos

Parâmetros	Tipos de Reuso					
	Irrigação	Lavagem de pisos	Lavagem de veículos	Lavagem de roupa	Vasos Sanitários	Sistema de Refrigeração
<b>Não pode apresentar odor</b>	x	x	x	x	x	x
<b>Não pode ser turva</b>	-	-	-	x	-	-
<b>Não pode ter cor</b>	-	-	-	x	-	-
<b>Não pode conter componentes que agredam as plantas</b>	x	x	-	-	-	-
<b>Não pode conter componentes que estimulem o crescimento de pragas</b>	x	x	-	-	-	-
<b>Não pode ser abrasiva</b>	x	x	x	-	x	x
<b>Não pode manchar superfícies</b>	x	x	x	x	x	x
<b>Não pode conter sais ou substâncias remanescentes após a secagem</b>	-	-	x	-	-	-
<b>Não pode agredir metais e componentes eletrônicos</b>	-	-	-	x	x	x
<b>Não pode formar incrustações nas tubulações</b>	-	-	-	x	-	x

Continua

Continuação

<b>Não pode conter algas</b>	-	-	-	x	-	-
<b>Não pode ter a presença de partículas sólidas</b>	-	-	-	x	-	-
<b>Não pode conter vírus e bactérias em quantidades nocivas à saúde humana</b>	x	x	x	x	x	-

Fonte: FIESP, ANA e SINDUSCON-SP (2005), adaptado pelo autor

## 2.5 Definição dos critérios e das formas de reuso

A resolução COEMA 02/2017 (CEARÁ, 2017a) no capítulo III Art. 37 discorre sobre a política de reuso de água não potável no estado do Ceará. Dispõe ainda que as possíveis modalidades de reuso são:

- I. Urbano: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate de incêndio dentro da área urbana;
- II. Agrícolas e florestais: Aplicação de águas de reuso para a produção agrícola e cultivo de florestas plantadas
- III. Ambientais: utilização de água de reuso para a implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV. Industriais: utilização de reuso em processos, atividades e operações industriais e
- V. Aquicultura: utilização de água de reuso para a criação de animais ou para o cultivo de vegetais aquáticos.

Cada tipo de reuso requer, para uma melhor adequação ao uso, de um determinado efluente com características específicas. Assim, para a definição dos critérios e das formas de reuso, precisa ser determinado qual o tipo de reuso será utilizado para verificação se o efluente atende aos pré-requisitos de qualidade e vazão.

## 2.6 Referências legais sobre o reuso planejado

No Brasil é muito comum o reuso não planejado. Os efluentes das cidades à montante geralmente são despejados em corpos hídricos para diluição e dessa forma fazendo parte da composição do afluente que abastecerá as cidades à jusante como se pode verificar na figura abaixo.

Figura 3 – Reuso potável indireto não planejado



Fonte: Rezende (2010).

Rezende (2010) cita como exemplo de reuso não potável no Brasil a ETE do ABC paulista que trata o esgoto bruto por processo com lodo ativado convencional e em nível secundário, com grau de eficiência de cerca de 90% de remoção de carga orgânica, parte desse efluente passa por um filtro aerado biológico, depois é adicionado policloreto de alumínio como coagulante, com tratamento físico-químico (floculação e decantação), seguido por filtração e desinfecção com cloro. Esse efluente tratado é vendido para caminhões pipa para reuso não potável.

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), vem atuando decisivamente na política de reuso de efluentes sanitários com a implementação de projetos de reuso para fins industriais. O sistema de tratamento para reuso tem como objetivo atender ao Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), o Distrito Industrial de Maracanaú (SIDI) e o Distrito Industrial de Pacajús-Horizonte. A previsão é que o complexo CIPP necessitará de  $2,1\text{m}^3/\text{s}$  quando estiver em plena capacidade e, atualmente, as indústrias instaladas demandam aproximadamente  $1,2\text{m}^3/\text{s}$  para a sua produção industrial, podendo ser suprida por meio de reuso de efluentes sanitários (CEARÁ, 2018).

Quando se discute sobre a viabilidade do reuso não potável no Ceará, um dos fatores preponderantes que dificultava a implantação de projetos nessa área era a falta de legislação que validasse o tema. O estado não possuía nenhuma legislação até a sanção da Lei Estadual nº16.033 no ano de 2016 (CEARÁ, 2016). Com esse dispositivo legal o Poder Público passou, através dos artigos de nº6 e nº11, a incentivar o reuso não potável e criando as metas a serem cumpridas e o “selo Reuso” para os empreendimentos que adotarem o sistema de reuso não potável. Posteriormente o governo do estado do Ceará promulgou a resolução COEMA 02/2017 (CEARÁ, 2017a), que dispõe sobre os padrões e condições para o lançamento de efluente além de estabelecer critérios, diretrizes e parâmetros regulamentando o reuso não potável das águas residuárias.

Em 2014, a CAGECE operava um sistema de tratamento de esgoto doméstico composto de 1 Estação de pré-condicionamento e 60 Estações de tratamento para tratar o esgoto doméstico de conjuntos habitacionais de Fortaleza.

Pode-se classificar estas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) em função de suas respectivas tecnologias de tratamento:

- Grupo I: 26 ETEs compostas por Decanto Digestor;
- Grupo II: 22 ETEs compostas por UASB e UASB seguido de Filtro Submerso Aerado (FSA);
- Grupo III: 12 ETEs compostas por Lagoas de Estabilização.

As tabelas 03, 04 e 05 apresentam as ETEs domésticas de Fortaleza divididas por suas respectivas tecnologias operadas pela CAGECE:

Tabela 3 – Classificação das Estações de Tratamento de Esgoto de Fortaleza – Grupo I

<b>Estação</b>	<b>Descrição do Sistema</b>
24 de Março	1 módulo de DD + FA e cloração
8 de Setembro	1 módulo de DD + FA e cloração
Alto Alegre	5 módulos de DD + FA e cloração
Bandeirantes	6 módulos de DD + FA e cloração
Chico Mendes 3	1 módulo de DD + FA e cloração
Conj. Almirante Tamandaré I	2 módulos de DD + FA e cloração
Conj. Da PM - Messejana	1 módulo de DD + FA e cloração
Conj. Nova Vida	8 módulos de DD + FA e cloração
Conj. Pequeno Mondubim	2 módulos de DD + FA e cloração
Conj. Sumaré	1 módulo de DD + FA e cloração
Fernando de Noronha	1 módulo de DD + FA e cloração
Guajerú	1 módulo de DD + FA e cloração
Ipaumirim	1 módulo de DD + FA e cloração
Jardim União I	3 módulos de DD + FA e cloração
Luciano Cavalcante	2 módulos de DD + FA e cloração
Marcos Freire	1 módulo de DD + FA e cloração
Nova Descoberta	1 módulo de DD + FA e cloração
Passaré	2 módulos de DD + FA e cloração
Planalto Pici	1 módulo de DD + FA e cloração
Residencial Santa Helena	1 módulo de DD + FA e cloração
São José da Paupina	1 módulo de DD + FA e cloração
Sítio Córrego	2 módulos de DD + FA e cloração
Sítio Estrela	1 módulo de DD + FA e cloração
Sítio São José	22 módulos de DD + FA e cloração
Soares Moreno	1 módulo de DD + FA e cloração
Unidos Venceremos	2 módulos de DD + FA e cloração

Legenda: DD (Decanto Digestor) FA (Filtro Anaeróbio)

Fonte: CAGECE(2014) adaptado pelo autor.

Tabela 4 – Classificação das Estações de Tratamento de Esgoto de Fortaleza – Grupo II

<b>Estação</b>	<b>Descrição do Sistema</b>
Aracapé III	UASB
Conj. Habitacional Sumaré	UASB
Conj. Por-do-Sol	UASB
Curió I	UASB
Curió II	UASB
Dias Macedo	UASB
Itaperi I	UASB

Continua

Continuação

<b>Estação</b>	<b>Descrição do Sistema</b>
Lago azul	UASB
Lagoa do Zeza	UASB
Novo Barroso II	UASB
Novo Mondubim II	UASB
Pajuçara	UASB
Paupina	UASB
Pindorama	UASB
Riacho doce	UASB
Rosa Luxemburgo	UASB
Rosalina	UASB
Sítio Santana	UASB
Zeza (Tijolo)	UASB
Castelão (Boa Vista)	UASB + FSA
Centro de Eventos	UASB + FSA
TCM	UASB + FSA

Fonte: CAGECE (2014), adaptado pelo autor.

Legenda: UASB (reator anaeróbio de fluxo ascendente) FSA (Filtro Submerso Aerado).

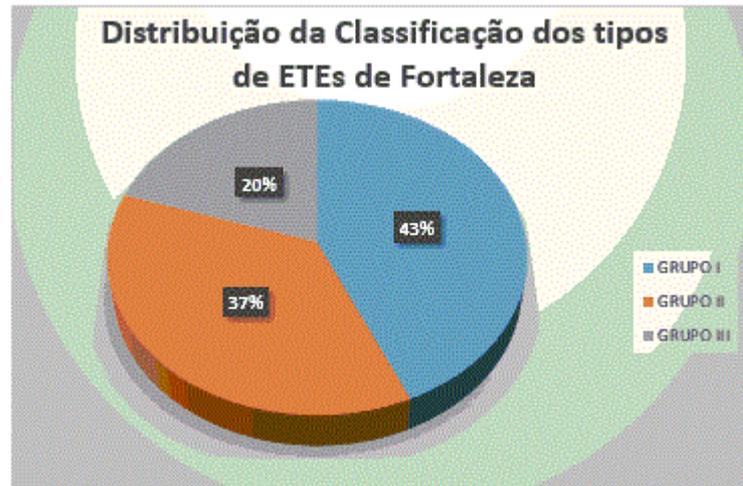
Tabela 5 – Classificação das Estações de Tratamento de Esgoto de Fortaleza – Grupo III

<b>Estação</b>	<b>Descrição do Sistema</b>
Conj. Almirante Tamandaré	1 LA, 1 LF e 2 LM, em série
Conj. Ceará 4ª Etapa	3 LF em paralelo
Conj. Esperança	1 LA
Conj. Fluminense	1 LA, 1 LF e 1 LM, em série
Conj. Hab. Jereissati	1 LA, 1 LF e 2 LM, em série
Conj. Jereissati III	1 LF
Conj. João Paulo II	1 LF
Conj. José Walter III	1 LA e 1 LM, em série
Conj. Palmeiras II	1 LA, 1 LF e 2 LM, em série
Conj. São Cristóvão	1 LA, 1 LF e 1 LM, em série
Conj. Tancredo Neves	1 LA
Conj. Tupã Mirim	1 LF Aerada, 1 LF e 2 LM, em série

Fonte: CAGECE (2014), adaptado pelo autor.

Legenda: LA (Lagoa Anaeróbia) LF (Lagoa Facultativa) LM (Lagoa de Maturação)

Figura 4 – Classificação dos tipos de ETEs de Fortaleza



Fonte: Elaborada pelo autor.

Verifica-se pela distribuição do gráfico acima que cerca de 43% das ETEs utilizavam o tratamento de esgoto via Decanto Digestor, porém esse tipo de tratamento não atende a legislação ambiental atual regida pela portaria nº154/2002 da SEMACE e alterada pela resolução COEMA 02/2017 (CEARÁ, 2017a). Desse modo, essas ETEs necessitam de readequações para que atinjam os parâmetros requeridos pela legislação para lançar seus efluentes nos corpos hídricos.

Rolleberg (2016) apresenta em pesquisa realizada entre os meses de janeiro a abril de 2016 a oscilação da eficiência do tratamento das demais ETEs gerenciadas pela CAGECE:

Observando a tabela 06 e comparando com o total de ETEs dos conjuntos habitacionais listados, nota-se que estas ETEs operadas pela CAGECE apresentam um grau de eficiência baixo, pois em janeiro apenas 3 ETEs (4,7%) conseguiram atender aos parâmetros de lançamento, enquanto o mês de abril apresentou maior número de ETEs 6 sistemas (9,4%), ou seja, nenhum mês durante a pesquisa atingiu pelo menos 10% do total de ETEs que respeitaram aos parâmetros mínimos exigidos pela portaria 154/2002 alterada pela COEMA 02/2017 (CEARÁ 2017a) e em cumprimento da Lei estadual 16.033/2016 (CEARÁ, 2016). Esta legislação discorre sobre os parâmetros e disposições dos efluentes tratados para reuso não potável.

Tabela 6 – Sistemas de tratamento de esgoto de Fortaleza que atenderam aos padrões de lançamento da portaria 154/2002 da SEMACE no período de janeiro a abril de 2016

<b>Janeiro</b>	ETE Castelão (UASB+FSA)	ETE Tupãmirim (LAG FAC + MAT)	ETE SIDI (LAG ANA + FAC + MAT)			
<b>Fevereiro</b>	ETE Castelão (UASB+FSA)	ETE Tupãmirim (LAG FAC + MAT)	ETE SIDI (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE Conj. Palmeiras (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE MAL Rondon (LAG ANA + FAC + MAT)	
<b>Março</b>	ETE Castelão (UASB+FSA)	ETE Tupãmirim (LAG FAC + MAT)	ETE SIDI (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE Conj. Palmeiras (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE Centro de Eventos (UASB+FSA)	
<b>Abril</b>	ETE Castelão (UASB+FSA)	ETE Tupãmirim (LAG FAC + MAT)	ETE SIDI (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE Conj. Palmeiras (LAG ANA + FAC + MAT)	ETE Dias Macedo (UASB)	ETE Sítio Santana (UASB)

Fonte: CAGECE (2016), adaptado pelo autor.

Legenda: FSA - Filtro Submerso Aerado; LAG FAC + MAT - Lagoa Facultativa seguida de Lagoa de Maturação;

LAG ANA + FAC + MAT - Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação

O reuso de águas residuárias já foi implantado de diferentes formas em cidades espalhadas pelo mundo, tais como, no Distrito Municipal de West Basin que possui uma sistema de tratamento de esgoto que produz cinco tipos de "água de design" para usos como irrigação, torres de resfriamento e boilers, abastecendo com água de reuso cerca de 17 cidades no sudoeste do Condado de Los Angeles (REZENDE, 2010). A água reciclada já é comum para irrigação; canos roxos em várias cidades da Califórnia levam água de reuso a campos de golfe, zoológicos e fazendas. Num nível mais corpo-a-corpo, ativistas encorajam os californianos a poupar a "água cinza" das pias de banheiro, chuveiros, banheiras e máquinas de lavar roupa para regar suas plantas e jardins.

Em Israel, 75% dos efluentes são reutilizados, principalmente para agricultura (KREUTZBERGER *et al.*, 2018). Na França existem diversas áreas esportivas, parques e campos de golfe em regiões turísticas, grandes hotéis e resorts irrigados com esgoto tratado utilizando processos com lodos ativados seguidos de lagoas de estabilização e desinfecção com UV ou cloro (HESPANHOL, 2002)

Em São Paulo um estudo recente da companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, conseguiu destaque no cenário brasileiro sobre reuso urbano.

Quatro ETEs da Região Metropolitana da capital paulista promove o reuso industrial e municipal de aproximadamente 830 L/s (ABES, 2015 *apud* ROLLEMBERG, 2017)

Rollemborg (2017) também cita o exemplo da prática do reuso desde 2013 por uma ETR (Estação de Tratamento para Reuso) da CAGECE formada por lagoas de estabilização em série. Situada no bairro Guadalajara do município de Caucaia-CE este sistema utiliza tecnologia alemã para polimento do efluente final envolvendo a utilização de tanque de pré-cloração, filtros de areia, ozonização e UV.

Outra importante ETE da CAGECE que atua também como centro de pesquisas sobre tratamento de Esgoto e Reuso de Águas situado no município de Aquiraz a aproximadamente 27 km de Fortaleza. As atividades de pesquisa desenvolvidas com a utilização de esgotos domésticos tratados em irrigação e piscicultura (MOTA, 2007 *apud* ROLLEMBERG, 2017).

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA EM CAMPO

#### 3.1 Etapas da pesquisa

No desenvolvimento dessa pesquisa foram seguidas as seguintes etapas:

- a. Revisão bibliográfica
- b. Caracterização das ETEs da universidade de Fortaleza
- c. Determinação das vazões das ETEs
- d. Caracterização dos efluentes das ETEs selecionadas
- e. Análise das coletas de dados dos efluentes
- f. Seleção das ETEs para reuso urbano
- g. Planejamento experimental
- h. Resultados e discussões

#### 3.2 Metodologia da revisão bibliográfica

Fez-se para o desenvolvimento desta pesquisa, uma busca ativa de informações nas bases de dados do gerenciador de referências acadêmicas Google Acadêmico, EBSCO HOST, CAPES e BDTD IBICT. Delimitou-se para a pesquisa com a seguinte expressão: *Wastewater treatment*. No gerenciador Google Acadêmico obteve-se 2.400.000 (dois milhões e quatrocentos mil) publicações, enquanto que no EBSCO foram encontradas 201.884 (duzentos e um mil, oitocentos e oitenta e quatro). Já no CAPES foram listadas 1.223 (um mil, duzentos vinte e três) referências enquanto que no BDTD IBICT relacionou 1.839 (mil, oitocentos e trinta e nove) títulos.

Aplicou-se aspas sobre os termos de buscas no gerenciador Google Acadêmico obtendo-se 1.600.000 (um milhão e seiscentos mil) publicações, da mesma forma o EBSCO encontrou 183.919 (cento e oitenta e três mil, novecentos e dezenove). Enquanto no CAPES foram relacionadas 437 (quatrocentos e trinta e sete) e no BDTD IBICT relacionou 880 (oitocentos e oitenta).

Para um terceiro passo foi aplicado o recorte temporal no período de 2014 a 2019. Onde foram listadas pelo Google Acadêmico 171.000 (cento e setenta e um mil) referências, o EBSCO listou novamente 183.919 (cento e oitenta e três mil, novecentos e dezenove), o CAPES relacionou 179 (cento e setenta e nove) e o gerenciador BDTD IBICT encontrou 334 (trezentos e trinta e quatro).

A partir daí foram aplicados os operadores booleanos AND para “*planned reuse*” e NOT para “*rain*” que produziram os seguintes resultados: o Google Acadêmico encontrou 40 (quarenta) publicações, o EBSCO listou dessa vez 4 (quatro) publicações. Enquanto a pesquisa do CAPES achou 2 (dois) títulos e o BDTD IBICT relacionou nenhuma publicação.

A partir dos trabalhos coletados delimitou-se ainda mais o estudo selecionando publicações que seguissem os critérios baseados em Cardoso (2015):

1º. Pesquisar em gerenciador de referências a composição de caracteres: “O reuso de águas residuais”. Ficaram definidas como “Reuso planejado”, publicações que apresentassem modelos para implementação de estações de tratamento de esgoto sustentáveis para grandes unidades tais como: conjuntos habitacionais, edifícios comerciais (grandes shopping centers, centros empresariais, Campus de instituições de ensino superior), complexos industriais e portuários e municípios num contexto urbano em território nacional. Não foram considerados publicações com propostas para implementação de estações de tratamento de esgoto sustentáveis no cenário internacional visto que o cumprimento das leis ambientais é ditado por resoluções nacionais de modo que o objetivo é desenvolver um modelo que possa ser aplicado no Brasil;

2º. Ler os títulos e excluir as referências que não fossem relevantes à questão da revisão;

3º. Ler os resumos e palavras chaves para eliminação de publicações que não fossem relevantes a questão da revisão e

4º. Leitura integral das publicações selecionadas ao fim da triagem.

Para delimitação do objeto de estudo, foram selecionadas referências no idioma português. A escolha das publicações baseou-se nos objetivos da pesquisa, descartando aqueles que não tratavam do assunto com estudo de caso para implementação do modelo.

Seguindo os critérios supracitados, formatou-se a Tabela 1 com o processo de seleção e seus valores finais, atendendo aos pré-requisitos da categoria Inicial como aquela composta por todas as publicações listadas nos gerenciadores de referências tendo o 1º critério. Na categoria Potencial, assinala as publicações que respeitavam os critérios 2º e 3º. Por último, a categoria Final como sendo a derradeira

fronteira de seleção atendendo o 4º critério que serviram como objeto de estudo para o desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 1 – Referências Listada

Gerenciador de referência	Inicial	Potencial	Final
Google Acadêmico	40	8	8
EBSCO HOST	69	8	8
CAPES	13	9	9
BDTD EBICT	334	7	7
Total	456	32	32

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após triagem, estabeleceu-se um questionamento principal (QP) para uma análise mais específica diante das trinta e duas obras selecionadas. Para tanto se definiu o (QP): Qual é o modelo ideal de tratamento terciário para implementação de reuso não potável planejado de águas residuais? Com a pretensão de ampliar o alcance da análise frente ao questionamento principal outras questões específicas (QE) foram definidas:

[QE1] Em que contextos o reuso planejado foi aplicado?

[QE2] Que tipo de esgoto foi tratado?

[QE3] Quais as opções de reuso?

[QE4] Qual o modelo de tratamento terciário foi implementado?

### 3.3 Caracterização das ETEs da Universidade de Fortaleza

A Universidade de Fortaleza possui 23 blocos de sala de aula, além dos prédios da reitoria, biblioteca, centro de convivência, Núcleo de Atenção Médica Integrada (NAMI), Núcleo de Biologia Experimental (Nubex), Complexo Veterinário, Academia e ginásio. Todos possuem suas próprias estações de tratamento de esgoto dotadas de Decanto Digestor e Filtro Anaeróbio com disposição em sumidouro e atendem uma comunidade acadêmica de cerca de 25.000 pessoas circulando diariamente. Porém, apenas três possuem estações de tratamento em condições de reuso:

- Nubex: composto por reator pré-tratamento com gradeamento, Reator UASB, Biofiltro submerso aerado, decantador e tanque de contato;
- Academia: pré-tratamento com gradeamento, Reator UASB, Reator MBBR, decantador com recirculação, tanque de contato e Filtro de polimento zeólita com carvão ativado.
- Complexo veterinário pré-tratamento com gradeamento duplo com separação para o peneiramento hospitalar, Reator UASB, Filtro biológico aerado submerso, tanque de contato e Filtro pressurizado de areia.

Os blocos C, I e J possuem apenas um sistema simples formado por fossa séptica e sumidouro por atenderem apenas banheiros isolados, nos demais prédios foram construídas ETEs dotadas com sistema composto por decanto digestor e filtro anaeróbio seguido por sumidouro, com exceção do NAMI que possui tanque de cloração complementando a parte final do tratamento e permitindo dessa forma a disposição na rede de drenagem pública.

### 3.4 Determinação das vazões das ETES

Conforme foi descrito na metodologia deste trabalho, as ETES não têm vazão cadastradas pela Divisão de Manutenção e Obras (DMO) da Universidade de Fortaleza. Por isso, teve de ser feito um cálculo de vazão estimada, o qual foi utilizado os memoriais descritivos dos respectivos projetistas, conforme apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 – Classificação das Estações de Tratamento de Esgoto da UNIFOR

Estação	Descrição do Sistema	VAZÃO MAX(m <sup>3</sup> /h)
ACADEMIA	UASB + FSA + Cloração + filtro de polimento	2,390625
BIBLIOTECA	1 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
BLOCO B	1 módulo de DD + FA + sumidouro	2,5875
BLOCO C	1 módulo de Fossa Séptica + sumidouro	ND
BLOCO D	5 módulo de DD + FA + sumidouro	6,75
BLOCO E	1 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
BLOCO EPJ	2 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
BLOCO F	2 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
BLOCO G e H	1 módulo de DD + FA + sumidouro	ND

Continua

Continuação

Estação	Descrição do Sistema	VAZÃO MAX(m³/h)
BLOCO I e J	1 módulo de Fossa Séptica + sumidouro	ND
BLOCO K	2 módulo de DD + FA + sumidouro	5,0625
BLOCO L	1 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
BLOCO M	2 módulo de DD + FA + sumidouro	3,15
BLOCO T	2 módulo de DD + FA + sumidouro	4,3875
CCU	2 módulo de DD + FA + sumidouro	1,125
ESCOLINHA	1 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
ESTÁDIO	1 módulo de DD + FA + sumidouro	1,125
GINÁSIO	1 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
N A O S	2 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
NAMI	2 módulo de DD + FA + cloração	3,6
NUBEX	UASB + FSA + Cloração + filtro de polimento	1,35
ODONTOLOGIA	2 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
PREFEITURA	2 módulo de DD + FA + sumidouro	0,45
REITORIA	1 módulo de DD + FA + sumidouro	ND
COMPLEXO VETERINÁRIO	UASB + FSA + Cloração + filtro de polimento	2,5

Fonte: Elaborada pelo autor.

Legenda: ND - Não Definida

### 3.5 Caracterização dos efluentes da ETE do NAMI

Nesta etapa do trabalho procurou-se identificar e avaliar a qualidade dos efluentes, definindo quais os tipos de reuso mais adequados para a referida ETE (urbano e/ou irrigação) e qual a melhor alternativa de tratamento complementar desta estação de tratamento de esgoto para viabilizar o reuso. Para tanto é necessário que seja feitas as seguintes considerações sobre os parâmetros mínimos que a resolução COEMA 02/2017 capítulo III Art.38 exige:

- a) **CONDUTIVIDADE:** A condutividade elétrica (CE) tornou-se procedimento obrigatório para determinar a concentração total de sais para a identificação da qualidade da água para a irrigação. Todas as águas, mesmo as naturais, contêm em maior ou menor concentração, íons resultantes da dissolução de sais minerais. Estas características de concentração determinam a qualidade da água de reuso para a irrigação, pois a salinidade inibe o crescimento de algumas culturas. Sais em excesso podem provocar problemas tanto de salinização quanto de alcalinidade em solos. Esse

problema é agravado em regiões tropicais, tais como o semiárido do nordeste do Brasil, devido a baixos índices pluviométricos e elevadas taxas de evapotranspiração somado ao clima quente e seco que induz o risco de salinização do solo. Segundo Ayres e Westcot (1991 *apud* CAIXETA 2010), águas com CE acima de 3 dS/m são contraindicadas para uso em atividade de irrigação, quanto as menores que 0,7 dS/m não possuem nenhuma restrição. No intervalo de 0,7 a 3,0 dS/m necessitam de maiores cuidados com o manejo das culturas para obter-se o rendimento desejado;

- b) COLIFORMES TERMOTOLERANTES: A resolução da COEMA 02/2017 utilizou o mesmo parâmetro da Organização mundial de Saúde estabelecendo que a qualidade microbiológica de efluentes tratado para reuso em irrigação de culturas cruas e parques públicos deveria atender o limite até 5000 CT/100 mL (CAIXETA, 2010).
- c) Ovos geohelmintos: De um modo geral, os processos de desinfecção tem eficácia em debelar culturas de vírus, bactérias, mas não alcançam os protozoários e os helmintos são removidos somente em etapas de filtração e decantação (REZENDE, 2010). A resolução da COEMA 02/2017 utilizou o parâmetro de até 1 ovo/L de amostra;
- d) pH: o potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) indicando a condição de acidez (0 a 6,9) alcalinidade (7,1 a 14) e neutralidade (7) da água (VON SPERLING, 2014). A determinação da COEMA 02/2017 é que o pH para reuso planejado fique entre 6,0 e 8,5;

A CAGECE também faz o monitoramento de outros parâmetros não relacionados pela COEMA 02/2017 (CEARÁ, 2017a) para reuso não potável, mas que demonstraram relevante importância durante a pesquisa bibliográfica, tais como:

- a) AMÔNIA: Importante parâmetro de avaliação da qualidade do efluente a ser lançado de em corpos receptores devido a problemas de toxidez e eutrofização (CAIXETA, 2010). Diante disso, torna-se necessária sua remoção ainda que parcial para reuso planejado. Importante observar que a legislação federal CONAMA 430/2011 estabelece para o Nitrogênio amoniacal total o limite de 20 mg/L como valor máximo para o lançamento direto de efluentes;

- b) DBO: Demanda Bioquímica por Oxigênio, é uma medição do consumo de oxigênio para determinação do índice de matéria orgânica (proteínas, carboidratos, gorduras, óleos e principalmente ureia) presentes nos esgotos e determinante do grau de poluição de um corpo d'água. Avalia o decréscimo dos teores de oxigênio dissolvido causado pela respiração dos microrganismos que se alimentam de matéria orgânica (VON SPERLING, 2014). Esgotos domésticos apresentam DBO na ordem de 300 mg/L. A resolução da COEMA 02/2017 (CEARÁ, 2017a) estabelece o limite para disposição do pós-tratamento de 120 mg/L em corpos receptores;
- c) DQO: Demanda Química por Oxigênio, é outra medição tradicional do consumo de oxigênio de maior importância para caracterização do nível de poluição de esgotos e corpos hídricos. Este parâmetro avalia o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica. É muito utilizada devido ao fato emitir laudo entre duas a três horas após do ensaio. A resolução COEMA 02/2017 determina o valor máximo de 200 mg/L para DQO de efluentes não sanitários. Segundo Von Sperling (2014) a relação DQO/DBO para esgotos brutos varia entorno de 1,7 a 2,4. Dessa forma, quando a relação DQO/DBO estiver abaixo de 4,0 indica-se um tratamento biológico, enquanto valores para a DQO/DBO acima de 4,0 um tratamento físico-químico;
- d) STS: indica o teor de concentração de matéria sólida em suspensão que pode provocar risco de contaminação para a população e funcionários envolvidos no processo de tratamento e reuso além de aumentar a turbidez do efluente, elevando também a rejeição por parte de usuários para algumas alternativas de reuso urbano, tais como: lavagem de pisos e descargas de vasos sanitários (CAIXETA, 2010). A resolução COEMA 02/2017 limita a 150,0 mg/L a presença de sólidos totais suspensos para lagoas de estabilização e de 100 mg/L para demais tecnologias.

Para caracterização dos efluentes foram tiradas amostras do efluente que passa pelos níveis de tratamento primário e secundário (decanto digestor e filtro submerso anaeróbio) aqui chamado de esgoto bruto, a partir das 9:00 horas das manhãs de segunda a quinta. Objetivando registrar o uso do período matinal até o horário das 14:00.

Foi formatada planilha caracterizando os parâmetros de pH, condutividade, turbidez, coliformes termotolerantes dos efluentes da ETE do NAMI com os meses de análise, conforme citado na metodologia para: janeiro, fevereiro, março, julho e agosto de 2020 e para os parâmetros de DBO e ovos de geohelmintos para os meses de julho e agosto de 2020.

### **3.6 Análise das coletas de dados dos efluentes**

Foi utilizado como afluente ao sistema de tratamento terciário proposto, nos ensaios em escala piloto, o efluente tratado em nível secundário pela Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do NAMI.

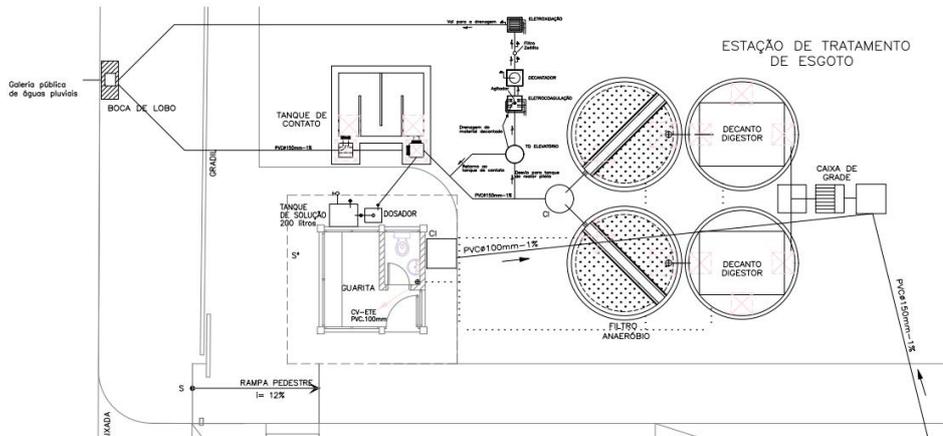
No memorial descritivo desta estação está previsto uma vazão de contribuição de 3,6m<sup>3</sup>/h. O tratamento preliminar é feito por um gradeamento físico dotado de uma grade de ferro de 1.1/4"x3/8" espaçada de 25 mm (1") com largura total de 25 cm, seguido pelo tratamento a nível secundário que é feito dois decanto digestores tipo Imhoff e dois filtros anaeróbios de fluxo ascendente preenchido com brita nº 4 como meio filtrante. O tratamento terciário é feito pelo tanque de contato onde é feita a desinfecção por cloro, procurando eliminar os microrganismos patogênicos presentes no efluente.

Em uma rotina feita diariamente, a quantidade da mistura a aplicar deverá ser de 140 litros de água e 2,8 litros de hipoclorito de sódio. A saída dessa solução para o tanque de contato deverá ser graduada para uma vazão de 168 ml/min.

### **3.7 Seleção das ETEs para reuso urbano**

Foi utilizada a ETE do NAMI para o desenvolvimento desta pesquisa, pois a infraestrutura disponível possibilita ainda uma possível comparação entre dois processos terciários de desinfecção: cloração e eletrocoagulação seguida de filtração e eletroxidação, conforme figura 05.

Figura 5 – Estação de tratamento de esgoto do NAMI e o projeto piloto



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.8 Planejamento experimental

Foi montada uma estrutura para o tratamento proposto para realizar análise do efluente em campo. No primeiro tanque (48 litros) foram montados oito eletrodos de placas de alumínio de 2" (largura) x 3 mm (espessura) x 400 mm (altura) para a eletrocoagulação, um segundo tanque foi destinado ao processo de decantação/clarificação para promover a remoção de parte da matéria orgânica em suspensão e melhorar a eficiência do filtro com elemento de zeólita. Por último, o efluente passou por outro reator com volume também de 32 litros com quatro placas de Titânio revestido com Óxido de Rutênio (Ti-RuO<sub>2</sub>) de 2" (largura) x 1 mm (espessura) x 300 mm (altura) para eletroxidação/flotação e filtragem. Foram estudadas as seguintes variáveis:

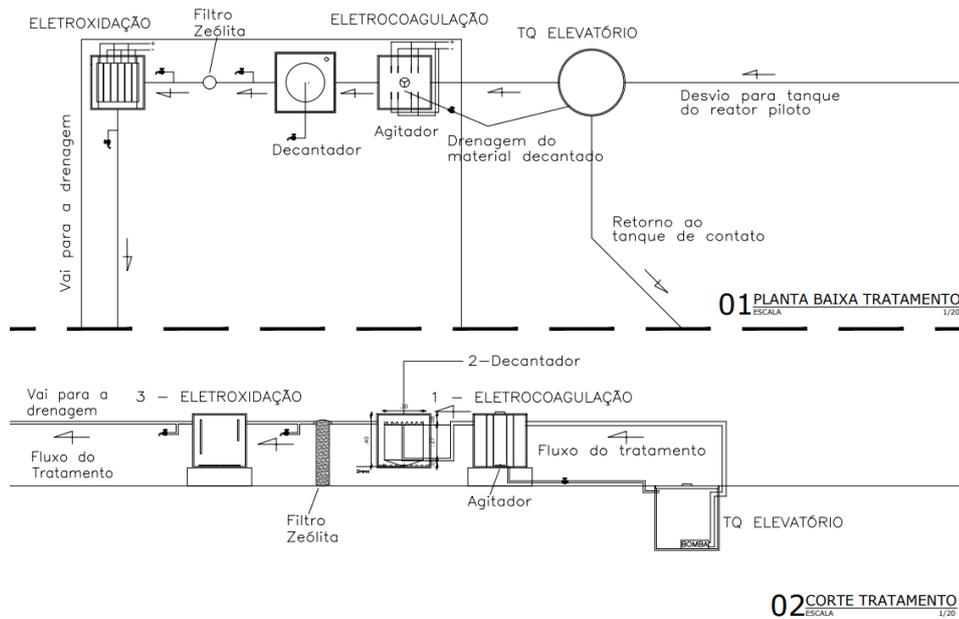
- Tempo de detenção hídrica (TDH) no intervalo de 30 minutos e
- Corrente elétrica (i) dentro do intervalo de 4 e 6 amperes para a eletrocoagulação e 6 e 8 amperes para eletroxidação.

O monitoramento da eficiência do experimento foi avaliado retirando amostras em intervalos de 30 minutos durante duas horas no qual foram tomadas amostras na entrada e da saída dos reatores de eletrocoagulação e eletroxidação.

Os parâmetros que foram avaliados para verificar a eficiência do reator estudado são: condutividade, coliformes termotolerantes, pH e turbidez. Além desses

parâmetros de qualidade do efluente foi avaliado também consumo elétrico a partir da corrente e da tensão aplicada no experimento para uma futura análise de viabilidade econômica.

Figura 6 – Detalhe do piloto de tratamento terciário



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 – Experimento



Fonte: Foto tirada pelo autor.

O efluente utilizado neste trabalho foi coletado na saída do tratamento secundário (filtro submerso anaeróbio) da estação de tratamento do NAMI. Após a coleta, o efluente foi recalcado para o reator de eletrocoagulação (EC) onde foram aplicadas tensões de 4 e 6 amperes, conforme descrito nas tabelas 9 e 10 de coleta de dados.

Na caracterização do efluente bruto e do tratado após os experimentos de EC, o valor de cada parâmetro físico-químico foi determinado seguindo as metodologias padrões descritas no *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2005). O pH foi medido utilizando um pHmetro digital (HANNA HI 99121). O princípio da medição eletro métrica do pH é a aferição da atividade iônica do hidrogênio, utilizando o eletrodo padrão de hidrogênio, que consiste de uma haste de platina sobre a qual o gás hidrogênio flui a uma pressão de 101 kPa.

Figura 8 – pHmetro



Fonte: Foto tirada pelo próprio autor.

A contagem de coliformes e Ecoli determinada pelo método Colilert consiste na quantificação dos coliformes totais e fecais presentes em uma dada amostra, através da mistura entre a amostra e o reagente colilert patenteado, com posterior transferência da solução para uma cartela estéril (100 ml), a qual é selada e mantida incubada a  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas (FUNASA, 2013).

A turbidez (*Nephelometric Turbidity Unit - NTU*) foi determinada por meio de um turbidímetro HANNA HI 93414 Fast Tracker turbidity & Chlorine. O turbidímetro é constituído de um nefelômetro, sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT). A medição é baseada na comparação da

intensidade de luz espalhada pela amostra em condições definidas, com a intensidade da luz espalhada por uma suspensão considerada padrão. Sendo que, quanto maior a intensidade da luz espalhada maior será turbidez da amostra analisada.

Figura 9 – Turbidímetro



Fonte: Foto tirada pelo próprio autor.

Para realização dos experimentos de Eletrocoagulação (EC), em escala piloto, foi utilizado um reator em escala laboratorial constituído de material polipropileno com capacidade de 48 litros, conforme esquema apresentado na figura 06, provido uma saída para escoamento do efluente tratado para o decantador e de uma válvula para fácil escoamento do lodo gerado após finalização do experimento. Os eletrodos foram confeccionados com placas de alumínio, com largura de 5 cm, altura de 30 cm e espessura de 3 mm. A distância fixa entre as 8 placas de alumínio foi de 3 mm com uma área efetiva de 1200 cm<sup>2</sup>.

Para a alimentação da corrente elétrica foi utilizada uma fonte de corrente contínua de modelo Laboratory DC Power Supply – MPS 3006D, com carga máxima de 6 A e tensão máxima de 30 V. Como altos valores de condutividade elétrica foram medidos em todas as amostras, não foi necessária a adição de reagentes químicos para incrementar a passagem da corrente elétrica. Para a faixa de valores de corrente elétrica testada (4 e 6 A) as tensões elétricas aplicadas aos eletrodos de alumínio estiveram na faixa de 3 a 7,1 V.

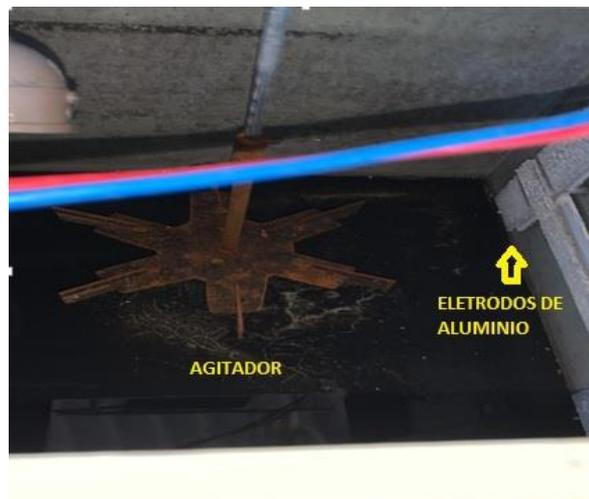
Figura 10 – Fonte eletrocoagulação



Fonte: Foto tirada pelo próprio autor.

O volume efetivo tratado de cada amostra foi de 48 litros. O efluente foi constantemente agitado utilizando um agitador magnético. No final de cada ensaio, o reator foi limpo e todo o material flutuante e o precipitado foram retirados. Amostras do efluente clarificado foram recolhidas durante o experimento nos recipientes de coleta para posterior caracterização.

Figura 11 – Agitador da eletrocoagulação



Fonte: Foto tirada pelo próprio autor.

Da mesma forma para realização dos experimentos de Eletroxidação (EO), em escala piloto, foi utilizado um reator em escala laboratorial constituído de material polipropileno, porém o volume tratado foi de 32 litros para manutenção do TDH de 30 minutos, conforme esquema apresentado também na figura 06, provido uma saída para escoamento do efluente tratado para coleta de amostra para análise laboratorial

e de uma válvula para fácil escoamento do lodo gerado após finalização do experimento. Os eletrodos, tipo colmeia, foram confeccionados com placas de Titânio revestido com Óxido de Rutênio ( $\text{Ti-RuO}_2$ ), com largura de 5 cm, comprimento de 30 cm e espessura de 3 mm. A distância fixa entre as 4 placas de ferro foi de 3 mm com uma área efetiva de 600  $\text{cm}^2$ .

Para a alimentação da corrente elétrica foi utilizada uma fonte de corrente contínua de modelo ELMACTRON RC, com carga máxima de 10 A e tensão máxima de 15 V. Como altos valores de condutividade elétrica foram medidos em todas as amostras, não foi necessária a adição de reagentes químicos para incrementar a passagem da corrente elétrica. Para a faixa de valores de corrente elétrica testada (6 e 8 A) as tensões elétricas aplicadas aos eletrodos de alumínio estiveram na faixa de 6 a 7,8 V.

Figura 12 – Fonte do reator de eletroxidação



Fonte: Foto tirada pelo próprio autor

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a escolha do tipo urbano para reuso foram avaliados os seguintes critérios:

1. Qualidade do efluente tratado – a qualidade do efluente tratado deve ser similar à dos esgotos tratados para melhorar a viabilidade das adequações na ETE para promover o reuso específico;
2. Demanda por água – A demanda por água necessária deve ser compatível com o volume de efluente gerado pela ETE avaliada;
3. Implantação do sistema de reuso – a escolha do sistema de reuso deve levar em conta a viabilidade de sua implantação e levar em conta aspectos como espaço físico para as readequações e a logística do fluxo de retorno do efluente ao ponto de uso.

Avaliando as formas descritas pela tabela 8, o reuso urbano é o tipo que melhor atende aos pré-requisitos disposto dentro da universidade de Fortaleza, pois atende à referida legislação (CEARÁ, 2016), não requer alta qualidade do efluente tratado e o mesmo pode ser utilizado em vasos sanitários, sistemas de combate ao incêndio e sistemas de irrigação paisagistas que são as possibilidades já disponíveis na maioria dos prédios da Unifor.

Tabela 8 – Parâmetros de análise para os tipos de reuso descritos na Lei 16.033/2016

Modalidade	Qualidade do Efluente	Demanda por Água	Análise da Implantação do sistema para a Universidade de Fortaleza
<b>Urbano</b>	Média	Alta	Apresenta-se como a melhor opção do ponto de vista da qualidade da água demandada e da logística envolvida, pois as ETEs estão dispostas próximas aos respectivos blocos o que minimiza os custos de logística reversa além de aproveitamento da infraestrutura disponível para utilização em vasos sanitários, mictórios, sistema de combate a incêndio e irrigação de jardins.
<b>Industriais</b>	Alta	Alta	A disposição física e o ambiente universitário utilizando laboratórios multiusos e instalações de ar condicionado de forma descentralizada inviabiliza o foco nesse tipo de reuso, necessitando assim de estudos complementares para o aproveitamento do efluente tratado pelas ETEs dos blocos.
<b>Agrícolas</b>	Média	Alta	Por não possuir áreas de cultivo agrícolas dentro da UNIFOR, esse tipo de reuso não se torna viável para essa pesquisa.

Continua

Continuação

Modalidade	Qualidade do Efluente	Demanda por Água	Análise da Implantação do sistema para a Universidade de Fortaleza
<b>Ambientais</b>	Média	Baixa	Embora exista uma APA (área de preservação ambiental) dentro do campus da UNIFOR, porém não há necessidade de aproveitamento para reuso para essa modalidade, pois esta área está naturalmente bem preservada. Além do que os blocos mais próximos (Academia e EPJ) estão afastados a cerca de 150 metros da mesma.
<b>Aquicultura</b>	Alta	Média	Segue a mesma justificativa para a modalidade agrícola, pois não existem projeto de aquicultura dentro do campus da UNIFOR.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por esse motivo, essa pesquisa utilizou apenas a modalidade urbana e avaliou o seu potencial dentro da universidade de Fortaleza. Porém, é importante salientar que o reuso planejado dentro de um sistema de gestão de recursos hídricos, deve ter uma visão mais ampla promovendo a integração dos demais tipos de reuso de modo a utilizar os efluentes em diversos fins. Contudo, esse trabalho adotou apenas um tipo de reuso para melhor avaliação do seu respectivo potencial.

O custo operacional de qualquer tratamento de efluentes é um critério muito importante para a avaliação da aplicabilidade do método em escala industrial. Para se efetuar a análise de custos operacionais, dois parâmetros são de grande relevância: a quantidade de energia consumida e a quantidade de material utilizado na fabricação do eletrodo (CRESPILHO; REZENDE, 2004).

O custo operacional elétrico (COE) é calculado com base na quantidade de energia elétrica consumida (kWh/m<sup>3</sup> do efluente tratado) e no preço da energia elétrica (PEE em R\$/kWh), dada pela equação 1:

$$COE = \frac{V \cdot i \cdot t}{V_{\text{eff}}} \cdot PEE \quad (1)$$

Temos:

COE em R\$/m<sup>3</sup>

V é a tensão nominal (V)

$i$  é a corrente (A)

$t$  é o tempo do experimento (h)

$V_{\text{eff}}$  é o volume do efluente tratado

PEE custo de eletricidade (R\$/KWh)

Custo dos materiais (CM) dado em R\$/m<sup>3</sup> considera a massa dissolvida do ânodo de alumínio por m<sup>3</sup> de efluente conforme equação 2:

$$CM = \frac{i \cdot t \cdot M \cdot PME}{n \cdot F \cdot V_{\text{eff}}} \quad (2)$$

Onde:

PME preço do material eletrodo (R\$/g)

M: massa molar do alumínio(g/mol)

N: número de elétrons da reação oxidação/redução

F: constante de Faraday (96.500 C/mol)

$i$ : corrente elétrica (A)

$t$ : tempo de eletrólise (s)

Dessa forma o custo total da eletrocoagulação (CTO) é dado pela forma da equação 3:

$$CTO = COE + CM \quad (3)$$

Conforme dados das tabelas 9 e 10 obteve-se o custo total operacional da eletrocoagulação de:

$$CTO = COE + CM$$

$$CTO = 0,29 + 3,15$$

$$\mathbf{CTO = R\$3,44/m^3}$$

Pode-se concluir que o custo operacional da eletrocoagulação é bem abaixo das tarifas aplicadas pela concessionária R\$15,00 para este ano de 2020. O mesmo cálculo foi aplicado para a eletroxidação e demonstrado na tabela 11:

Tabela 9 – Custo Operacional Elétrico (COE) Eletrocoagulação

E. COAGULAÇÃO				COE - CUSTO OPERACIONAL ELÉTRICO			
DIA	Amperes	Volts	C°	COE(R\$/M³)	PEE(R\$/Kwh)	Vefl(M³)	t(h)
05/02/20	4	3	29	0,10	0,76	0,048	0,5
06/02/20	4	3,3	29	0,10	0,76	0,048	0,5
11/02/20	4	3,3	29	0,10	0,76	0,048	0,5
12/02/20	6	4,6	30	0,22	0,76	0,048	0,5
13/02/20	6	4,6	29	0,22	0,76	0,048	0,5
18/02/20	6	5,2	29	0,25	0,76	0,048	0,5
19/02/20	6	5,2	29	0,25	0,76	0,048	0,5
20/02/20	6	6,9	30	0,33	0,76	0,048	0,5
02/03/20	6	5,9	29	0,28	0,76	0,048	0,5
04/03/20	6	6,3	29	0,30	0,76	0,048	0,5
09/03/20	6	6,3	29	0,30	0,76	0,048	0,5
29/07/20	6	6	29	0,29	0,76	0,048	0,5
30/07/20	6	7	29	0,33	0,76	0,048	0,5
04/08/20	6	7	29	0,33	0,76	0,048	0,5
05/08/20	6	7,1	29	0,34	0,76	0,048	0,5

Fonte: Elaborado pelo autor. Média COE(6A) = 0,29

Tabela 10 – Custo dos Materiais - (CM) Eletrocoagulação

E. COAGULAÇÃO				CM - CUSTO DOS MATERIAIS						
DIA	Amperes	Volts	C°	CM(R\$/M³)	PME(R\$/g)	Vefl	F(C/mol)	M(g/mol)	N (und)	t(s)
05/02/20	4	3	29	2,10	0,15	0,048	96486	27	3	1800
06/02/20	4	3,3	29	2,10	0,15	0,048	96486	27	3	1800
11/02/20	4	3,3	29	2,10	0,15	0,048	96486	27	3	1800
12/02/20	6	4,6	30	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
13/02/20	6	4,6	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
18/02/20	6	5,2	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
19/02/20	6	5,2	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
20/02/20	6	6,9	30	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
02/03/20	6	5,9	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
04/03/20	6	6,3	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
09/03/20	6	6,3	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
29/07/20	6	6	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
30/07/20	6	7	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
04/08/20	6	7	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800
05/08/20	6	7,1	29	3,15	0,15	0,048	96486	27	3	1800

Fonte: Elaborado pelo autor. MÉDIA CM (6A)= 3,15

Como não há redução de massa no eletrodo do  $TiRuO_2$  o CTO para eletroxidação iguala-se apenas ao COE conforme dados da tabela 11:

$$CTO = COE + CM \quad (3)$$

$$CTO = 0,48 + 0$$

$$CTO = R\$0,48/m^3$$

Tabela 11 - Custo Operacional Elétrico (COE) Eletroxidação

E. OXIDAÇÃO				COE - CUSTO OPERACIONAL ELÉTRICO			
DIA	Amperes	Volts	C°	COE(R\$/M³)	PEE(R\$/Kwh)	Vefl(M³)	t(h)
05/02/20	6	7,5	29	0,36	0,76	0,048	0,5
06/02/20	6,6	7,5	29	0,39	0,76	0,048	0,5
11/02/20	6	7,5	29	0,36	0,76	0,048	0,5
12/02/20	6	7,5	29	0,36	0,76	0,048	0,5
13/02/20	6	7,5	29	0,36	0,76	0,048	0,5
18/02/20	6	7,5	29	0,36	0,76	0,048	0,5
19/02/20	6	7,5	29	0,36	0,76	0,048	0,5
20/02/20	6	7,5	29	0,36	0,76	0,048	0,5
02/03/20	6	6	30	0,29	0,76	0,048	0,5
04/03/20	6	6,2	29	0,29	0,76	0,048	0,5
09/03/20	8	7,5	29	0,48	0,76	0,048	0,5
29/07/20	8	7,5	29	0,48	0,76	0,048	0,5
30/07/20	8	7,8	29	0,49	0,76	0,048	0,5
04/08/20	8	7,5	29	0,48	0,76	0,048	0,5
05/08/20	8	7,6	29	0,48	0,76	0,048	0,5

Fonte: Elaborado pelo autor. MÉDIA COE(8A)=0,48

Tabela 12 – Amostras do efluente do NAMI

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário
PH	Esgoto Bruto	6,98	29/01/2020	9:44
PH	Esgoto Bruto	7,08	29/01/2020	11:10
PH	Esgoto Bruto	7,14	29/01/2020	11:49
PH	Esgoto Bruto	7,14	29/01/2020	12:49
PH	Esgoto Bruto	7,83	04/02/2020	13:25
PH	Esgoto Bruto	7,79	04/02/2020	13:55
PH	Esgoto Bruto	7,85	04/02/2020	14:25
PH	Esgoto Bruto	7,70	04/02/2020	14:55
PH	Esgoto Bruto	7,56	05/02/2020	11:40
PH	Esgoto Bruto	7,61	05/02/2020	12:10
PH	Esgoto Bruto	7,67	05/02/2020	12:40
PH	Esgoto Bruto	7,70	05/02/2020	13:10
PH	Esgoto Bruto	7,61	06/02/2020	10:00
PH	Esgoto Bruto	7,56	06/02/2020	10:30
PH	Esgoto Bruto	7,60	06/02/2020	11:00
PH	Esgoto Bruto	7,73	06/02/2020	11:30
PH	Esgoto Bruto	7,71	11/02/2020	10:40
PH	Esgoto Bruto	7,96	11/02/2020	11:40
PH	Esgoto Bruto	8,05	11/02/2020	12:10
PH	Esgoto Bruto	8,09	11/02/2020	12:40
PH	Esgoto Bruto	7,78	12/02/2020	10:10

Continua

<b>Parâmetro</b>	<b>Amostra</b>	<b>Resultado</b>	<b>Data</b>	<b>Horário</b>
PH	Esgoto Bruto	7,80	12/02/2020	10:40
PH	Esgoto Bruto	7,76	12/02/2020	11:10
PH	Esgoto Bruto	7,78	12/02/2020	11:40
PH	Esgoto Bruto	7,29	13/02/2020	10:00
PH	Esgoto Bruto	7,28	13/02/2020	10:30
PH	Esgoto Bruto	7,42	13/02/2020	11:00
PH	Esgoto Bruto	7,52	13/02/2020	11:30
PH	Esgoto Bruto	7,79	18/02/2020	10:50
PH	Esgoto Bruto	7,97	18/02/2020	11:20
PH	Esgoto Bruto	7,92	18/02/2020	11:50
PH	Esgoto Bruto	8,00	18/02/2020	12:20
PH	Esgoto Bruto	7,46	19/02/2020	10:30
PH	Esgoto Bruto	7,43	19/02/2020	11:00
PH	Esgoto Bruto	7,48	19/02/2020	11:30
PH	Esgoto Bruto	7,55	19/02/2020	12:00
PH	Esgoto Bruto	7,76	20/02/2020	10:40
PH	Esgoto Bruto	7,83	20/02/2020	11:10
PH	Esgoto Bruto	7,86	20/02/2020	11:40
PH	Esgoto Bruto	7,92	20/02/2020	12:10
PH	Esgoto Bruto	7,19	02/03/2020	10:30
PH	Esgoto Bruto	7,35	02/03/2020	11:00
PH	Esgoto Bruto	7,47	02/03/2020	11:30
PH	Esgoto Bruto	7,56	02/03/2020	12:00
PH	Esgoto Bruto	7,34	04/03/2020	10:30
PH	Esgoto Bruto	7,46	04/03/2020	11:00
PH	Esgoto Bruto	7,54	04/03/2020	11:30
PH	Esgoto Bruto	7,62	04/03/2020	12:00
PH	Esgoto Bruto	7,39	10/03/2020	10:15
PH	Esgoto Bruto	7,51	10/03/2020	10:45
PH	Esgoto Bruto	7,62	10/03/2020	11:11
PH	Esgoto Bruto	7,73	10/03/2020	11:45
PH	Esgoto Bruto	7,23	11/03/2020	10:30
PH	Esgoto Bruto	7,28	11/03/2020	11:00
PH	Esgoto Bruto	7,13	29/07/2020	9:37
PH	Esgoto Bruto	7,28	29/07/2020	10:07
PH	Esgoto Bruto	7,28	29/07/2020	10:37
PH	Esgoto Bruto	7,36	29/07/2020	11:07
PH	Esgoto Bruto	7,70	30/07/2020	10:30
PH	Esgoto Bruto	7,67	30/07/2020	11:00
PH	Esgoto Bruto	7,66	30/07/2020	11:30
PH	Esgoto Bruto	7,66	04/08/2020	10:15
PH	Esgoto Bruto	7,70	04/08/2020	10:45

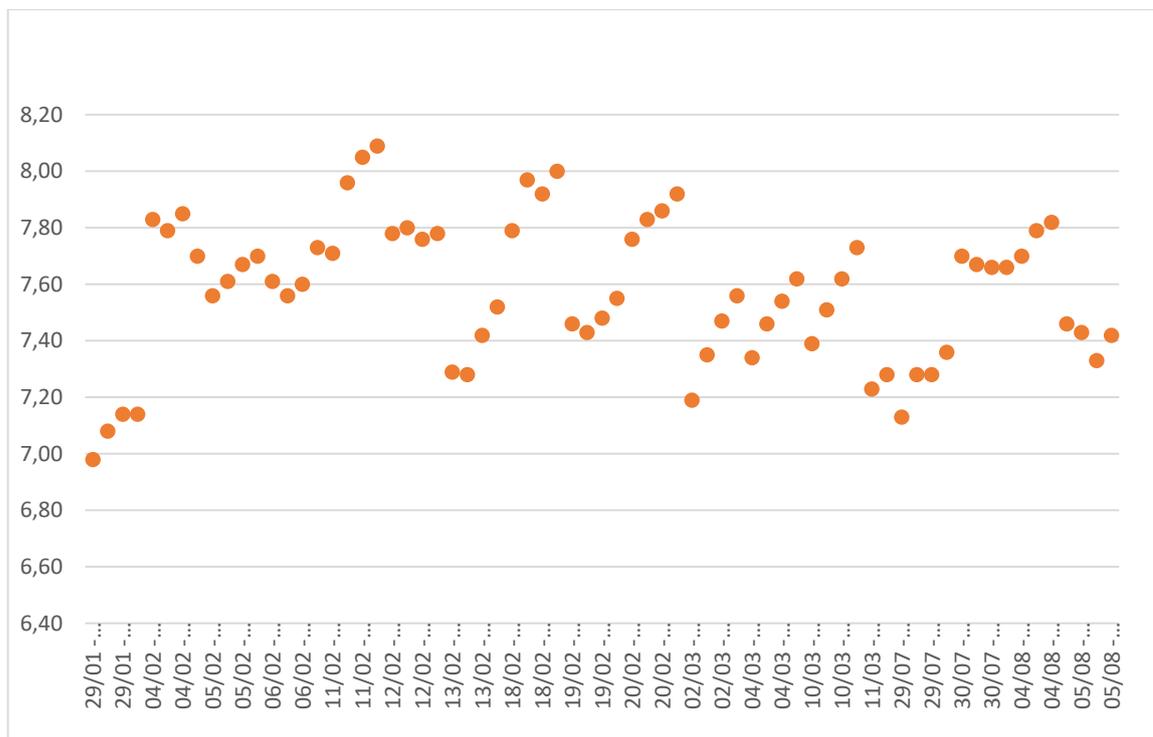
Continuação

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário
PH	Esgoto Bruto	7,79	04/08/2020	11:15
PH	Esgoto Bruto	7,82	04/08/2020	11:45
PH	Esgoto Bruto	7,46	05/08/2020	9:50
PH	Esgoto Bruto	7,43	05/08/2020	10:20
PH	Esgoto Bruto	7,33	05/08/2020	10:50
PH	Esgoto Bruto	7,42	05/08/2020	11:20

Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores de pH do efluente que passa pelos níveis de tratamento primário e secundário (decanto digestor e filtro submerso anaeróbio) ora chamado de esgoto bruto estiveram sempre entre os limites mínimo e máximo determinados pela COEMA 02/2017 (CEARÁ, 2017a) com variando de 6,98 a 8,09 e atingiram o valor médio de 7,58.

Figura 13 – Gráfico pH – Esgoto Bruto



Fonte: Elaborado pelo autor.

A condutividade do esgoto bruto obteve valor médio de 1577  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Siemens) o que já qualificaria para o reuso não potável de irrigação, mas com restrição para determinadas espécies. Seus valores mínimos de 1117  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e máximo de 1777  $\mu\text{S}/\text{cm}$  seguem a mesma classificação.

Tabela 13 – Amostras do efluente do NAMI

<b>Parâmetro</b>	<b>Amostra</b>	<b>Resultado</b>	<b>Data</b>	<b>Horário</b>
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1117,00	29/01/2020	9:44
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1131,00	29/01/2020	11:10
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1143,00	29/01/2020	11:49
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1143,00	29/01/2020	12:49
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1509,00	04/02/2020	13:25
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1532,00	04/02/2020	13:55
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1522,00	04/02/2020	14:25
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1523,00	04/02/2020	14:55
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1581,00	05/02/2020	11:40
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1563,00	05/02/2020	12:10
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1574,00	05/02/2020	12:40
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1602,00	05/02/2020	13:10
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1677,00	06/02/2020	10:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1665,00	06/02/2020	10:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1673,00	06/02/2020	11:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1695,00	06/02/2020	11:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1713,00	11/02/2020	10:40
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1751,00	11/02/2020	11:40
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1746,00	11/02/2020	12:10
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1755,00	11/02/2020	12:40
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1743,00	12/02/2020	10:10
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1704,00	12/02/2020	10:40
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1690,00	12/02/2020	11:10
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1708,00	12/02/2020	11:40
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1485,00	13/02/2020	10:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1493,00	13/02/2020	10:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1566,00	13/02/2020	11:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1644,00	13/02/2020	11:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1702,00	18/02/2020	10:50
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1665,00	18/02/2020	11:20
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1734,00	18/02/2020	11:50
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1750,00	18/02/2020	12:20
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1760,00	19/02/2020	10:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1747,00	19/02/2020	11:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1738,00	19/02/2020	11:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1748,00	19/02/2020	12:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1448,00	20/02/2020	10:40
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1473,00	20/02/2020	11:10
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1513,00	20/02/2020	11:40
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1547,00	20/02/2020	12:10

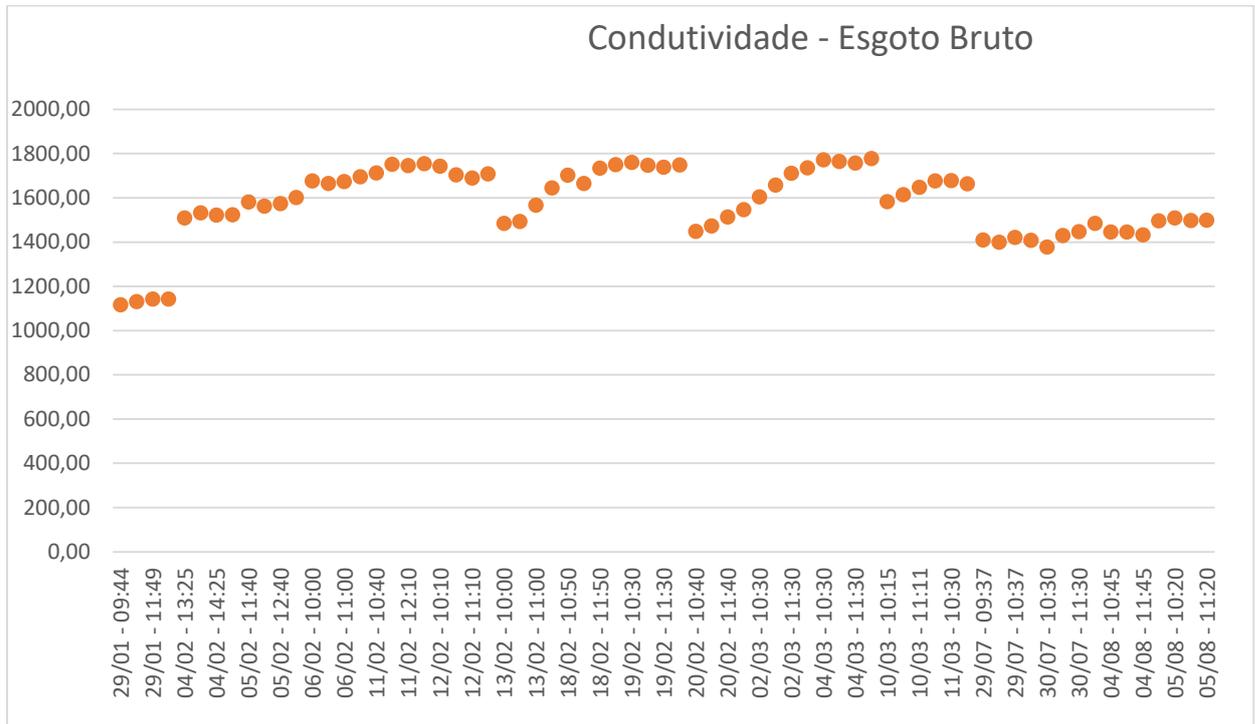
Continua

Continuação

<b>Parâmetro</b>	<b>Amostra</b>	<b>Resultado</b>	<b>Data</b>	<b>Horário</b>
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1604,00	02/03/2020	10:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1657,00	02/03/2020	11:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1711,00	02/03/2020	11:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1735,00	02/03/2020	12:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1772,00	04/03/2020	10:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1765,00	04/03/2020	11:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1757,00	04/03/2020	11:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1777,00	04/03/2020	12:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1582,00	10/03/2020	10:15
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1614,00	10/03/2020	10:45
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1647,00	10/03/2020	11:11
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1676,00	10/03/2020	11:45
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1678,00	11/03/2020	10:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1663,00	11/03/2020	11:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1410,00	29/07/2020	9:37
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1400,00	29/07/2020	10:07
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1421,00	29/07/2020	10:37
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1408,00	29/07/2020	11:07
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1378,00	30/07/2020	10:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1430,00	30/07/2020	11:00
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1447,00	30/07/2020	11:30
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1484,00	04/08/2020	10:15
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1446,00	04/08/2020	10:45
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1445,00	04/08/2020	11:15
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1433,00	04/08/2020	11:45
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1496,00	05/08/2020	9:50
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1509,00	05/08/2020	10:20
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1498,00	05/08/2020	10:50
CONDUTIVIDADE	Esgoto Bruto	1499,00	05/08/2020	11:20

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 14 – Gráfico da condutividade do Esgoto Bruto



Fonte: Elaborado pelo autor.

A turbidez é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição da água para reuso em vasos sanitários, sendo o valor máximo permitido de turbidez na água potável é de 5,0 NTU. Conforme a tabela 14, os valores de turbidez encontrados nas amostras de esgoto bruto variaram de 31 a 136, com média de 64 NTU.

Tabela 14 – Valores médios das amostras do efluente do NAMI

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	136,00	29/01/2020	9:44
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	41,20	29/01/2020	11:10
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	43,70	29/01/2020	11:49
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	68,00	29/01/2020	12:49
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	61,40	04/02/2020	13:25
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	53,60	04/02/2020	13:55
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	51,90	04/02/2020	14:25
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	56,20	04/02/2020	14:55
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	84,30	05/02/2020	11:40
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	91,40	05/02/2020	12:10
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	76,60	05/02/2020	12:40

Continua

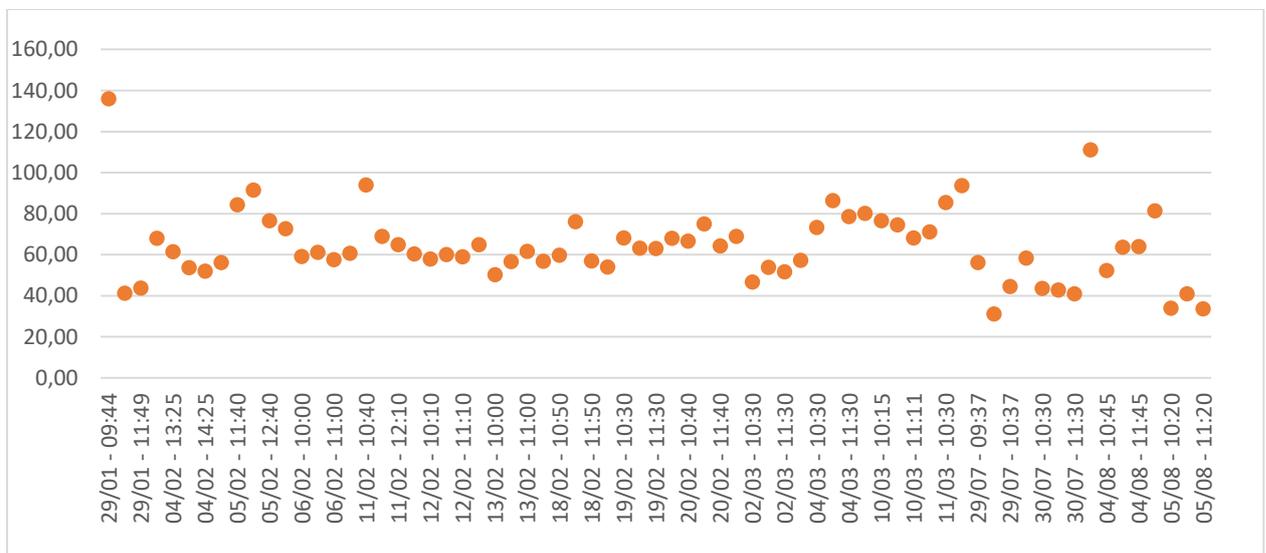
<b>Parâmetro</b>	<b>Amostra</b>	<b>Resultado</b>	<b>Data</b>	<b>Horário</b>
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	72,70	05/02/2020	13:10
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	59,10	06/02/2020	10:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	61,10	06/02/2020	10:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	57,60	06/02/2020	11:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	60,60	06/02/2020	11:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	94,00	11/02/2020	10:40
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	68,90	11/02/2020	11:40
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	64,90	11/02/2020	12:10
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	60,30	11/02/2020	12:40
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	57,80	12/02/2020	10:10
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	60,10	12/02/2020	10:40
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	58,90	12/02/2020	11:10
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	64,80	12/02/2020	11:40
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	50,20	13/02/2020	10:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	56,60	13/02/2020	10:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	61,60	13/02/2020	11:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	56,70	13/02/2020	11:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	59,70	18/02/2020	10:50
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	76,00	18/02/2020	11:20
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	57,00	18/02/2020	11:50
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	53,90	18/02/2020	12:20
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	68,10	19/02/2020	10:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	63,20	19/02/2020	11:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	63,00	19/02/2020	11:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	68,00	19/02/2020	12:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	66,50	20/02/2020	10:40
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	75,00	20/02/2020	11:10
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	64,20	20/02/2020	11:40
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	68,90	20/02/2020	12:10
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	46,60	02/03/2020	10:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	53,80	02/03/2020	11:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	51,60	02/03/2020	11:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	57,20	02/03/2020	12:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	73,30	04/03/2020	10:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	86,40	04/03/2020	11:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	78,50	04/03/2020	11:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	80,10	04/03/2020	12:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	76,50	10/03/2020	10:15
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	74,50	10/03/2020	10:45
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	68,10	10/03/2020	11:11
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	71,10	10/03/2020	11:45
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	85,40	11/03/2020	10:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	93,70	11/03/2020	11:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	56,20	29/07/2020	9:37

Continuação

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	31,10	29/07/2020	10:07
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	44,50	29/07/2020	10:37
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	58,30	29/07/2020	11:07
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	43,60	30/07/2020	10:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	42,70	30/07/2020	11:00
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	40,90	30/07/2020	11:30
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	111,00	04/08/2020	10:15
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	52,20	04/08/2020	10:45
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	63,60	04/08/2020	11:15
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	63,90	04/08/2020	11:45
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	81,30	05/08/2020	9:50
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	33,90	05/08/2020	10:20
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	40,90	05/08/2020	10:50
TURBIDEZ	Esgoto Bruto	33,60	05/08/2020	11:20

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 – Gráfico Turbidez Esgoto Bruto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram analisadas a quantidade de coliformes do esgoto bruto para que fosse certificado a presença maciça dos mesmos e pudesse ser avaliada a eficiência do tratamento proposto. Para que a contagem fosse possível foi realizado a diluição da amostra cerca 10.000 vezes. Porém, essa técnica pode ter provocado o provável erro na amostra do dia 05/02/2020 zerando a contagem, pois é senso comum que os

efluentes tratados até o sistema secundário não são capazes de eliminar os coliformes termotolerantes (VON SPERLING, 2014).

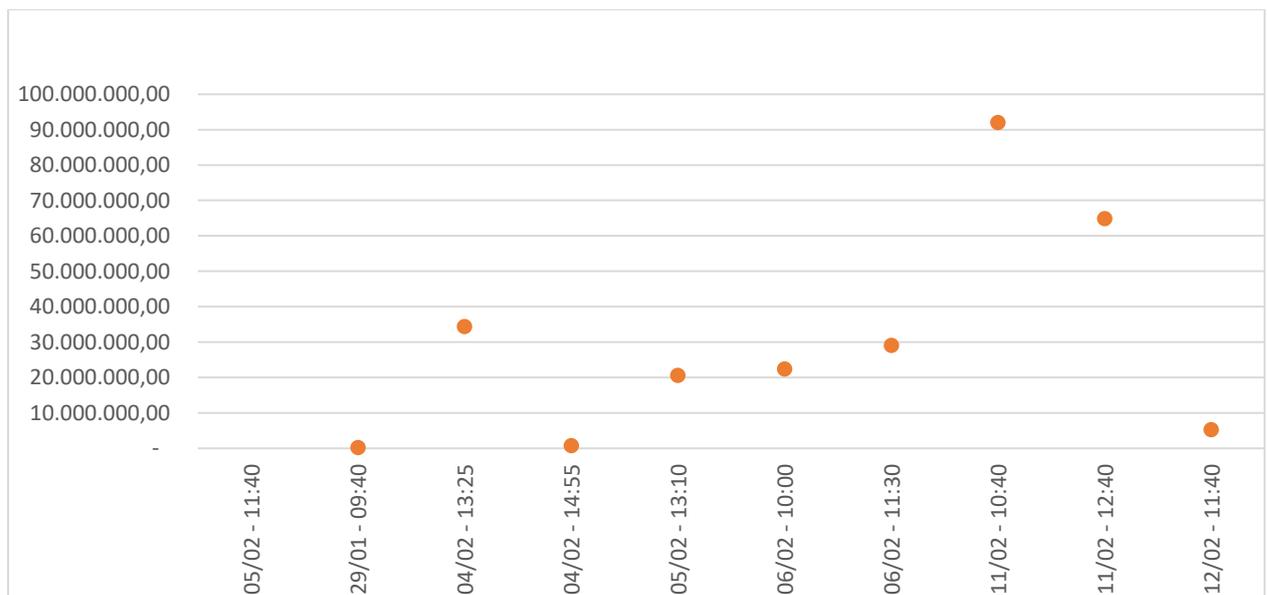
Tabela 15 – Coliformes Termotolerantes

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário	COLIFORMES> 5000CT
COLIFORMES	Esgoto Bruto	241.960,00	29/01/2020	9:40	1,00
COLIFORMES	Esgoto Bruto	34.480.000,00	04/02/2020	13:25	1,00
COLIFORMES	Esgoto Bruto	840000,00	04/02/2020	14:55	1,00
COLIFORMES	Esgoto Bruto		05/02/2020	11:40	0,00
COLIFORMES	Esgoto Bruto	20.640.000,00	05/02/2020	13:10	1,00
COLIFORMES	Esgoto Bruto	22470000,00	06/02/2020	10:00	1,00
COLIFORMES	Esgoto Bruto	29090000,00	06/02/2020	11:30	1,00
COLIFORMES	Esgoto Bruto	92080000,00	11/02/2020	10:40	1,00
COLIFORMES	Esgoto Bruto	64880000,00	11/02/2020	12:40	1,00
COLIFORMES	Esgoto Bruto	5290000,00	12/02/2020	11:40	1,00

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: 1,0 Amostra estourou a contagem da cartela; 0,0 Amostra abaixo de 5000 CT/100 ml

Figura 16 – Gráfico Coliformes termotolerantes Esgoto Bruto



Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 16 descreve os valores encontrado de DBO para as amostras de esgoto bruto. Pode-se observar que 75 % dos casos a DBO estava acima do limite de 120 mg/L para disposição do pós-tratamento em corpos receptores.

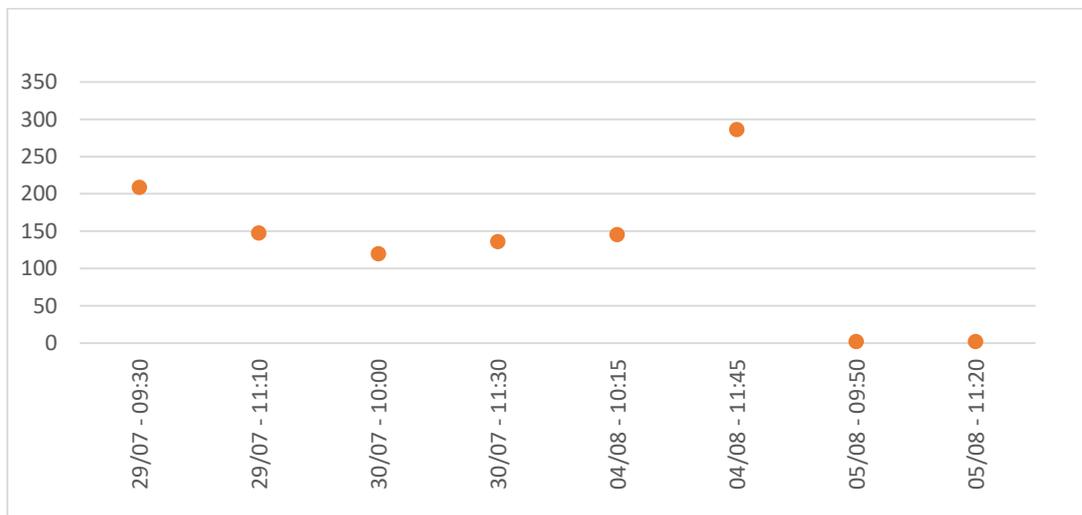
Tabela 16 - Demanda Bioquímica por Oxigênio - DBO

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário	DBO>120 mL
DBO	ESGOTO BRUTO	209	29/jul	09:30	1
DBO	ESGOTO BRUTO	147	29/jul	11:10	1
DBO	ESGOTO BRUTO	120	30/jul	10:00	1
DBO	ESGOTO BRUTO	136	30/jul	11:30	1
DBO	ESGOTO BRUTO	146	04/ago	10:15	1
DBO	ESGOTO BRUTO	286	04/ago	11:45	1
DBO	ESGOTO BRUTO	2	05/ago	09:50	0
DBO	ESGOTO BRUTO	2	05/ago	11:20	0

Legenda: 1,0 Amostra estourou a contagem da cartela; 0,0 Amostra abaixo de 5000 CT/100 ml

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 – Gráfico DBO Esgoto Bruto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Não foi detectada a presença de ovos de geohelmintos em nenhuma das amostras de esgoto bruto.

Tabela 17 – Ovos de Geohelmintos

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário	DBO>120mL
OVOS HELM	ESGOTO BRUTO	0	29/jul	09:30	0
OVOS HELM	ESGOTO BRUTO	0	29/jul	11:10	0
OVOS HELM	ESGOTO BRUTO	0	30/jul	10:00	0
OVOS HELM	ESGOTO BRUTO	0	30/jul	11:30	0
OVOS HELM	ESGOTO BRUTO	0	04/ago	10:15	0
OVOS HELM	ESGOTO BRUTO	0	04/ago	11:45	0
OVOS HELM	ESGOTO BRUTO	0	05/ago	09:50	0
OVOS HELM	ESGOTO BRUTO	0	05/ago	11:20	0

Legenda: 1,0 Amostra contém Ovos; 0,0 Amostra não contém Ovos

Fonte: Elaborado pelo autor.

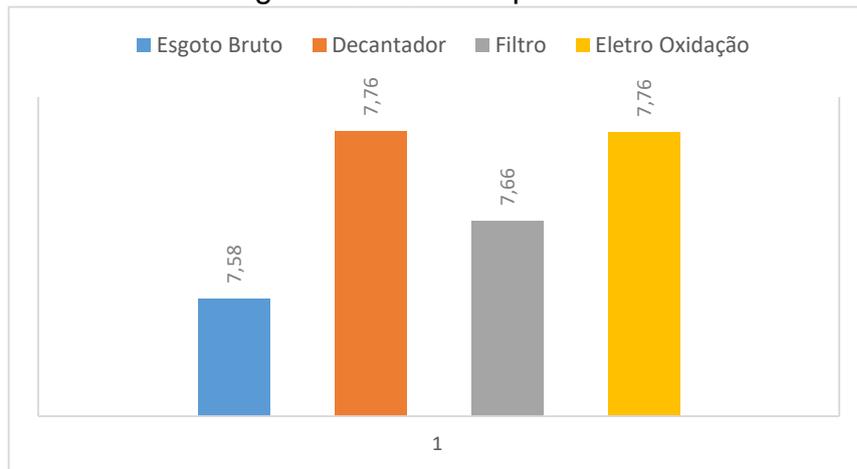
A tabela 18 demonstra elevação do pH ao longo do experimento o que é explicado pelo fato de que os processos eletrolíticos promovem a hidroxilação da solução liberando íons hidroxilas elevando consequentemente o pH do efluente. Contudo os valores médios verificados ficaram dentro dos limites mínimo e máximo especificados pela COEMA 02/2017 de 6,0 a 8,5 (CEARÁ, 2017a).

Tabela 18 – Valores médios das amostras do efluente do NAMI

Ponto de coleta	pH
Esgoto Bruto	7,58
Decantador	7,76
Filtro	7,66
Eletroxidação	7,76

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Gráfico pH médio



Fonte: Elaborado pelo autor.

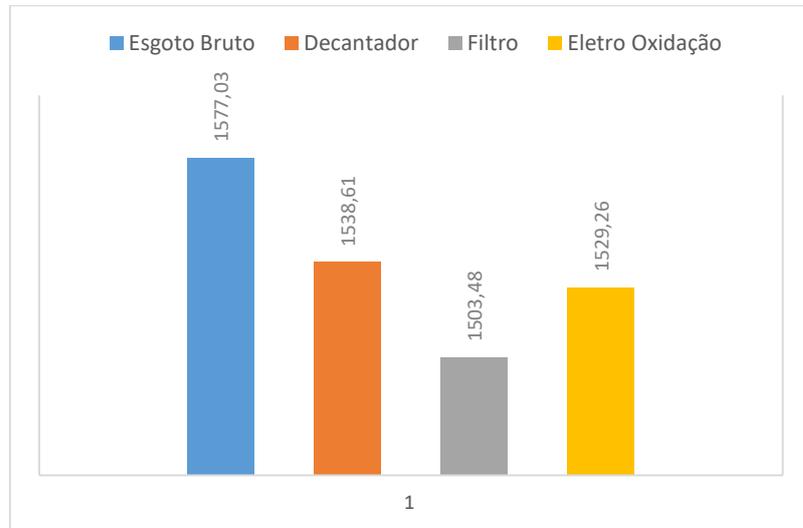
A tabela 19 apresenta os dados relativos a condutividade das amostras do efluente do NAMI. Como pode-se verificar os valores médios nos pontos de coleta demonstram decaimento deste parâmetro com elevação do ponto do filtro para a eletroxidação. Mesmo assim há uma queda dos valores do esgoto bruto para a eletroxidação. Estes valores estão dentro dos limites de 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , o que requer atenção para o manejo das culturas irrigadas com esse efluente tratado para obter-se o rendimento desejado.

Tabela 19 – Valores médios das amostras do efluente do NAMI

Ponto de coleta	Condutividade
Esgoto Bruto	1577,03
Decantador	1538,61
Filtro	1503,48
Eletroxidação	1529,26

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 – Gráfico Condutividade média



Fonte: Elaborado pelo autor.

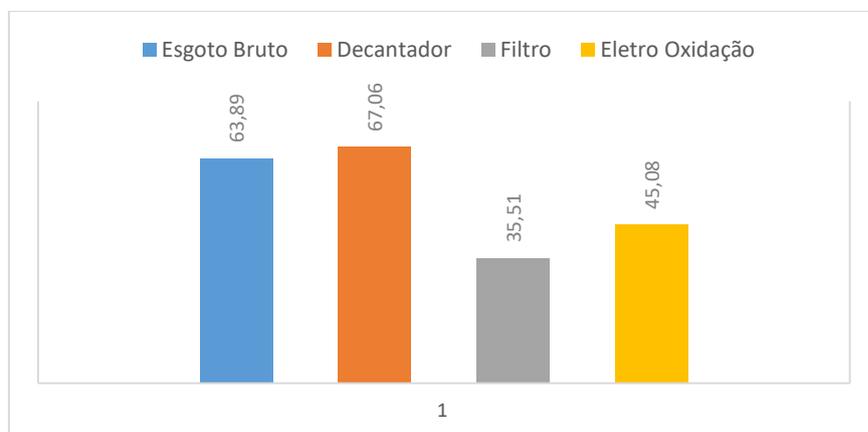
Os elevados valores encontrados nas amostras do efluente tratado e apresentados na tabela 20 indicam que o processo deve ser melhor calibrado para obtenção de um produto mais adequado ao reuso não potável em vasos sanitários.

Tabela 20 – Valores médios das amostras do efluente do NAMI

Ponto de coleta	Turbidez
Esgoto Bruto	63,89
Decantador	67,06
Filtro	35,51
Eletroxidação	45,08

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 20 – Gráfico da Turbidez média



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 21 mostra que em 18% dos casos o tratamento proposto decaiu a quantidade de coliformes termotolerantes para os níveis aceitáveis abaixo de 5.000 CT/100 ml determinados pelas COEMA 02/2017 para o reuso não potável.

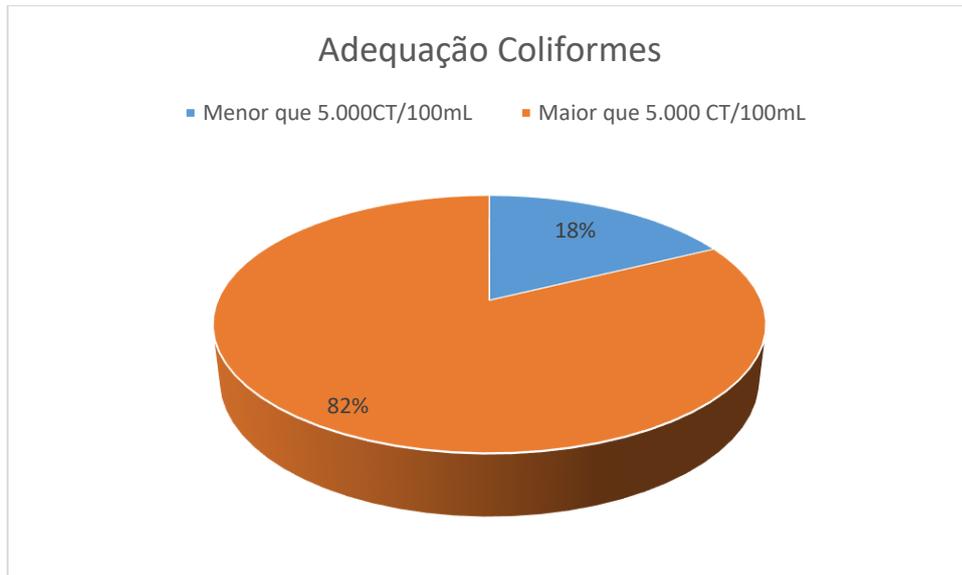
Tabela 21 – Coliformes Termotolerantes

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário	COLIFORMES > 5000CT
COLIFORMES	Eletro Oxidação	9.678,40	29/01/2020	11:45	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	0,00	29/01/2020	13:45	0,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	24.196,00	04/02/2020	14:25	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	24.196,60	04/02/2020	15:55	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	4.839,20	05/02/2020	12:40	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	4.839,20	05/02/2020	14:10	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	24.196,00	06/02/2020	11:00	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	24.196,00	06/02/2020	12:30	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	11/02/2020	12:10	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	11/02/2020	13:40	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	12/02/2020	11:10	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	12/02/2020	12:40	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	13/02/2020	11:00	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	13/02/2020	12:30	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	18/02/2020	11:50	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	18/02/2020	13:20	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	19/02/2020	11:30	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	19/02/2020	13:00	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	20/02/2020	11:50	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	20/02/2020	13:20	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	04/03/2020	11:30	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2.419,60	04/03/2020	13:00	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	179,30	10/03/2020	12:45	0,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	0,00	11/03/2020	11:30	0,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	391,20	29/07/2020	10:37	0,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	4.839,20	29/07/2020	12:07	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	4.839,20	30/07/2020	11:00	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	4.839,20	30/07/2020	12:30	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	4.839,20	04/08/2020	11:15	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	615,20	04/08/2020	12:45	0,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	4.839,20	05/08/2020	10:50	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	4.839,20	05/08/2020	12:20	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	2419,60	02/03/2020	11:30	1,00
COLIFORMES	Eletro Oxidação	0,00	02/03/2020	13:00	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Legenda: 1,0 Amostra estourou a contagem da cartela; 0,0 Amostra abaixo de 5000 CT/100ml

Figura 21 – Gráfico Adequação Coliformes Termotolerantes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme demonstrado na tabela 22, a Eletroxidação decaiu 100% das amostras de DBO para abaixo de 120 mL, permitindo a disposição em corpos hídrico segundo a resolução COEMA 02/2017 (CEARÁ, 2017a).

Tabela 22 - Demanda Bioquímica por Oxigênio - DBO

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário	DBO>120mL
DBO	ELETROXIDAÇÃO	88	29/jul	10:40	OK
DBO	ELETROXIDAÇÃO	75	29/jul	12:10	OK
DBO	ELETROXIDAÇÃO	84	30/jul	11:00	OK
DBO	ELETROXIDAÇÃO	67	30/jul	12:30	OK
DBO	ELETROXIDAÇÃO	50	04/ago	11:15	OK
DBO	ELETROXIDAÇÃO	7	04/ago	12:45	OK
DBO	ELETROXIDAÇÃO	2	05/ago	10:50	OK
DBO	ELETROXIDAÇÃO	2	05/ago	12:20	OK

Legenda: 1,0 Amostra estourou a contagem da cartela; 0,0 Amostra abaixo de 5000 CT/100ml

Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 23 apresenta contagem zerada para ovos de geohelmintos o que já era esperado pelo fato do esgoto bruto não ter apresentado também, ratificando que este efluente atenderia neste parâmetro aos requisitos da COEMA 02/2017. Contudo não ficou comprovada a eficiência do experimento para o tratamento deste Parâmetro.

Tabela 23 – Ovos de Helmintos

Parâmetro	Amostra	Resultado	Data	Horário	DBO>120mL
OVO HELM.	ELETROXIDAÇÃO	0	29/jul	10:40	0
OVO HELM.	ELETROXIDAÇÃO	0	29/jul	12:10	0
OVO HELM.	ELETROXIDAÇÃO	0	30/jul	11:00	0
OVO HELM.	ELETROXIDAÇÃO	0	30/jul	12:30	0
OVO HELM.	ELETROXIDAÇÃO	0	04/ago	11:15	0
OVO HELM.	ELETROXIDAÇÃO	0	04/ago	12:45	0
OVO HELM.	ELETROXIDAÇÃO	0	05/ago	10:50	0
OVO HELM.	ELETROXIDAÇÃO	0	05/ago	12:20	0
Legenda: 1,0 Amostra contém Ovos; 0,0 Amostra não contém Ovos					
Fonte: Elaborado pelo autor					

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A tabela 24 resume os dados encontrados no tratamento proposto neste trabalho:

Tabela 24 – Tabela Resumo

Parâmetros	COEMA 02/2017	Esgoto Bruto	Eletroxidação	Conclusão
Turbidez	5,0 NTU	63,89NTU	45NTU	Uma importante redução de 30% para fins de reuso em vasos sanitários.
DBO	<120mg/L	25%<120 mg/L	100%<120mg/L	Indica um baixo grau de poluição para a disposição em corpos hídricos
pH	6 a 8,5	7,58	7,76	Uso adequado para reuso não potável
Condutividade	<3.000 µS	1.577,03	1.529,23	Houve um decaimento de 3% permitindo o reuso para determinadas culturas de irrigação.
Coliformes	<5.000CT	100%>5.00 OCT	18%<5.000	Apenas 18% das amostras ficaram adequadas ao reuso
Ovos Geohelminhos	1und/L	ausência	ausência	Não foi detectada a presença de ovos geohelminhos

Fonte: Elaborada pelo autor

De acordo com os resultados encontrados nos ensaios das amostras do experimento e apresentados na tabela 24, conclui-se que:

- O tratamento eleva discretamente (cerca de 2,4%) o pH do efluente deixando-o um pouco mais alcalino, mas dentro dos limites especificados da COEMA 02/2017;
- O experimento decaiu aproximadamente 3% a condutividade do esgoto bruto deixando ainda dentro da faixa de aproveitamento para o reuso em irrigação, porém com restrições para determinadas culturas.
- A turbidez por sua vez foi diminuída em torno de 30% melhorando o aspecto estético do efluente. Uma importante redução para fins de reuso não potável em vasos sanitários, embora necessite de novos

estudos para melhorar esse parâmetro. Este parâmetro indica que existe ainda muita matéria em suspensão indicando que a etapa de decantação não clarificou o efluente. Um redimensionamento do decantador é uma possível hipótese para novos estudos;

- Os níveis de DBO ficaram abaixo do limite estipulado pela COEMA de 120 mg/L o que indica um baixo grau de poluição no caso da opção por uma disposição em um corpo d'água;
- Como não foi detectada a presença de ovos de helmintos nas amostras de esgoto bruto nem após o tratamento com eletroxidação, será necessário novos estudos para avaliação da eficácia deste tratamento para este parâmetro;
- O tratamento de eletrocoagulação combinado com a eletroxidação estudado neste trabalho obteve um índice de 18% de eficiência na desinfecção de coliformes termotolerantes para os requisitos de reuso não potável da COEMA 02/2017. Essa baixa eficiência sugere que novos estudos devem ser propostos para uma melhor calibração do processo de tratamento e adequação deste parâmetro conforme determinação do Conselho Estadual do Meio Ambiente.
- Os baixos custos operacionais tanto da eletrocoagulação quanto da eletroxidação motivam a ideia para novos estudos de aplicação destes processos avançados combinados.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington, DC: APHA, 2005.
- ANDRADE, D. E. **Pós-tratamento de efluentes sanitários através de membranas**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- BARRIOS, J. A. *et al.* Electrooxidation treatment for removal of emerging pollutants in wastewater sludge. **Fuel**, [s.l.], v. 149, p. 26-33, June 2015.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 4162, de 2019**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento; a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos e Saneamento Básico; a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal; a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País; a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões; e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2019. Disponível em: <http://abre.ai/bze9>. Acesso em: 22 jul. 2020.
- CAIXETA, C. E. T. **Avaliação do atual potencial de reúso de água no Estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- CAMILO Santana fala sobre políticas de combate à seca no Ceará. **O Povo**, Fortaleza, 3 mar. 2016. Disponível em: <http://abre.ai/bze7>. Acesso em: 24 jul. 2018.
- CARDOSO, R. P. L. **MASF: Modelo de Referência para Aplicação da Sequência Fedathi na formação profissional e na produção de conteúdo**. 2015. Tese (Doutorado em Educação Brasileira) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- CEARÁ. **Lei Nº 16.033, de 20.06.16**. Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do estado do Ceará. Fortaleza: Assembleia Legislativa do Ceará, 2016. Disponível em: <http://abre.ai/bze4>. Acesso em: 10 jul. 2019.
- CEARÁ. Resolução COEMA Nº02, de 02 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes

poluidoras, revoga as portarias Semace nº154, de 22 de julho de 2002 e nº111, de 05 de abril de 2011, e altera a portaria Semace nº151, de 25 de novembro de 2002. **Diário Oficial do Estado do Ceará**: seção 3, Fortaleza, ano 9, n. 37, p. 56, 21 fev. 2017a.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Instrução normativa Semace nº02, de 18 de setembro de 2017. Aprova as normas técnicas e os procedimentos relativos ao relatório de acompanhamento e monitoramento ambiental – rama, consoante previsão do art. 12, §2º da resolução coema nº 10, de 11 de junho de 2015. **Diário Oficial do Estado do Ceará**: seção 3, Fortaleza, ano 9, n. 189, 6 out. 2017b. Disponível em: <http://abre.ai/bzfa>. Acesso em: 10 maio 2019.

CEARÁ. Governo do Estado. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano de ações estratégicas de recursos hídricos do Ceará**. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2018. Disponível em: <http://abre.ai/bzfd>. Acesso em: 10 maio 2019.

CHEN, G. Electrochemical technologies in wastewater treatment. **Separation and Purification Technology**, [s.l.], v. 38, n. 1, p.11-41, 2004.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Reuso de Água**. São Paulo: CETESB, 2010. Disponível em: <http://abre.ai/bzfe>. Acesso em: 25 jan. 2019.

COMPANHIA DE BEBIDAS DAS AMÉRICAS (AMBEV). A disponibilidade de água no mundo e no Brasil. **Plataforma SAVEh**, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://abre.ai/bzfh>. Acesso em: 10 maio 2019.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (CNRH). **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. [Brasília, DF]: CNRH, 2005. Disponível em: <http://abre.ai/bzcl>. Acesso em: 10 maio 2019.

CRESPILHO, F. N.; REZENDE, M. O. O. **Eletroflotação**: princípios e aplicações. São Carlos, SP: RiMa, 2004.

CUNHA, A. H. N. *et al.* O Reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p.1225-1248, 2011.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP); AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo, SP: FIESP, 2005. Disponível em: <http://abre.ai/bzjf>. Acesso em: 10 maio 2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília, DF: FUNASA, 2013.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

HESPANHOL, I. **Reúso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes.** Revista USP, São Paulo, n. 106, p. 79–94, 2015.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento básico.** São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2020. Disponível em: <http://tratabrasil.com.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2020>. Acesso em: 01 nov. 2020.

KREUTZBERGER, B. *et al.* **Elaboração de proposta do plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil.** São Paulo: CH2M, 2018. Disponível em: <http://abre.ai/bzfl>. Acesso em: 10 maio 2019.

KUBLER, H.; FORIN, A.; MOLLETA, L. **Reúso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil.** [Rio de Janeiro]: ABES, 2015. Disponível em: <http://abre.ai/bzfk>. Acesso em: 10 maio 2019.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil.** 1987. Dissertação (Mestrado) – Escola politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (ed.). **Reúso de água.** São Paulo: Manole, 2002.

MOREIRA, M. Brasil ocupa a 112.<sup>a</sup> posição no ranking de saneamento. **Exame**, [s.l.], 20 mar. 2014. Disponível em: <http://abre.ai/bzfm>. Acesso em: 10 maio 2019.

MORENO, H. A. *et al.* Electrocoagulation: Cod removal mechanism. *In*: AICHE ANNUAL MEETING, 4., 2006, San Francisco. **Proceedings** [...]. [S.l.]: American Institute of Chemical Engineers, 2006.

MORUZZI, R. B. Reúso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. **OLAM: ciência & tecnologia**, Rio Claro, SP, ano 8, v. 8, n.3, p. 271-294, jul./dez. 2008.

NASCIMENTO, R. F. *et al* (org.). **Processos oxidativos avançados: fundamentos e aplicações em matrizes ambientais.** Fortaleza: Imprensa Universitária UFC, 2017. (Coleção de Estudos da Pós-graduação).

OLIVEIRA, G. L. **Processo de tratamento biológico e físico-químico combinados visando o reúso de esgoto sanitário.** 2012. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

PHALKORNKULE, C.; SUKKASEM, P.; MUTCHIMSATTHA, C. Hydrogen recovery from the electrocoagulation treatment of dye-containing wastewater. **International Journal of Hydrogen Energy**, [s.l.], v. 35, n. 20, p. 10934-10943, Oct. 2010.

REZENDE, C. C. S. **Reúso potável de esgoto sanitário: possibilidades e riscos.** São Carlos, SP: 2010.

RODRIGUES, R. S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005

ROLLEMBERG, S. L. S. **Avaliação do potencial de reúso dos efluentes dos efluentes gerados nas ETES operadas pela cagece em Fortaleza-CE**. 2017. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SILVA, M. A.; SANTANA, C. G. Reuso de água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. **Revista do CEDS**, São Luís, v. 1, ago./dez. 2014.

SIRÉS, I. *et al.* Electrochemical advanced oxidation processes: today and tomorrow. a review. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 21, p. 8336-8367, 2014.

TOSETTO, M. S. **Tratamento terciário de esgoto sanitário para fins de reúso urbano**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <http://abre.ai/bzfB>. Acesso em: 5 ago. 2019.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO); WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMM (WWAP). **Water, a shared responsibility**: the United Nations world water development report 2. New York: Berghahn Books, 2007.

VON SPERLING, M. **Introdução das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 1).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Methods of wastewater treatment and health safeguards**: report of a who meeting of experts. Genebra: WHO, 1973.





UNIVERSIDADE DE FORTALEZA  
 MESTRADO EM CIÊNCIAS DAS CIDADES  
 PROFESSOR: ANDRÉ GADELHA  
 ALUNO: EUCLIDES CASTELO  
 LOCAL: NAMI  
 DATA:

05/02  
 Euclides Castelo  
 TPH 30min

PROCESSO TERCIÁRIO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA REUSO NÃO POTÁVEL

PARÂMETRO: pH

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	7.56	11:40	7.61	12:40	7.67	12:40	7.70	13:40
DECANTADOR	7.79	12:40	7.82	12:40	7.87	13:40	7.91	13:40
ELETRO OXIDAÇÃO	7.97	12:40	7.85	13:40	7.94	13:40	7.95	14:10
FILTRO								

PARÂMETRO: CONDUTIVIDADE

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	1581	11:40	1563	12:40	1574	12:40	1602	13:40
DECANTADOR	1531	12:40	1522	12:40	1530	13:40	1539	13:40
ELETRO OXIDAÇÃO	1500	12:40	1479	13:40	1523	13:40	1518	14:10
FILTRO								

PARÂMETRO: TURBIDEZ

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	84.3	11:40	91.4	12:40	76.6	12:40	72.7	13:40
DECANTADOR	41.9	12:40	40.8	12:40	37.7	13:40	27.6	13:40
ELETRO OXIDAÇÃO	57.8	12:40	67.3	13:40	71.7	13:40	72.5	14:10
FILTRO								

PARÂMETRO: COLIFORMES

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	> 6880	11:40	20.640.000	13:10				
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO	> 4839,2	12:40	> 4839,2	14:10				
FILTRO								

PARÂMETRO: CGR E. COLI

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	> 6880	11:40	20.640.000	13:10				
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO	> 4839,2	12:40	> 4839,2	14:10				
FILTRO								

PARÂMETRO: DBO

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO								
FILTRO								

PARÂMETRO: OVOS HELMINTOS

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO								
FILTRO								

\* DITO AMOSTRA IMPOSSIBILIZANDO SE HOUVER CONTAGEM; PROVAVELMENTE RESULTADO < 100.000 NMP/100ml











UNIVERSIDADE DE FORTALEZA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS DAS CIDADES  
PROFESSOR: ANDRÉ GADELHA  
ALUNO: EUCLEDES CASTELO  
LOCAL: NAMI  
DATA:

19/02  
Quarta-feira

PROCESSO TERCIÁRIO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA REUSO NÃO POTÁVEL

PARÂMETRO: pH

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	7.46	10:30	7.43	11:00	7.48	11:30	7.55	12:00
DECANTADOR	7.70	11:00	7.75	11:30	7.78	12:00	7.85	12:30
ELETRO OXIDAÇÃO	7.95	11:30	7.76	12:00	7.81	12:30	7.89	13:00
FILTRO								

PARÂMETRO: CONDUTIVIDADE

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	1760	10:30	1747	11:00	1738	11:30	1748	12:00
DECANTADOR	1733	11:00	1702	11:30	1667	12:00	1691	12:30
ELETRO OXIDAÇÃO	1715	11:30	1713	12:00	1602	12:30	1671	13:00
FILTRO								

PARÂMETRO: TURBIDEZ

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	68.1	10:30	63.2	11:00	63.0	11:30	68.0	12:00
DECANTADOR	97.8	11:00	79.3	11:30	56.9	12:00	47.0	12:30
ELETRO OXIDAÇÃO	37.0	11:30	34.3	12:00	56.1	12:30	70.8	13:00
FILTRO								

PARÂMETRO: COLIFORMES

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	>2419,6	11:30	>2419,6	13:00				
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO								
FILTRO								

PARÂMETRO: COR

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO								
FILTRO								

PARÂMETRO: DBO

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO								
FILTRO								

PARÂMETRO: OVOS HELMINTOS

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO								
FILTRO								

Amostra extra, comparar com decantador 12:00 - 12:30  
pH - 7.98  
condutividade - 1690  
turbidez - 23.9







UNIVERSIDADE DE FORTALEZA  
 MESTRADO EM CIÊNCIAS DAS CIDADES  
 PROFESSOR: ANDRÉ GADELHA  
 ALUNO: EUCLIDES CASTELO  
 LOCAL: NAMI  
 DATA: 10/03/2020

PROCESSO TERCIÁRIO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA REUSO NÃO POTÁVEL

PARÂMETRO: pH

FILTRO  
EO

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	7.34	10:45	7.51	10:45	7.62	11:45	7.73	11:45
DECANTADOR	7.71	10:45	7.75	11:45	7.87	11:45	7.96	12:45
ELETRÓXIDAÇÃO	7.67	10:45	7.72	11:45	7.80	11:45	7.88	12:45
FILTRO	7.77	11:45	7.91	11:45	7.92	12:45	7.93	12:45

PARÂMETRO: CONDUTIVIDADE

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	158.2	10:45	164.4	10:45	164.7	11:45	167.6	11:45
DECANTADOR	153.8	10:45	154.3	11:45	156.9	11:45	159.6	12:45
ELETRÓXIDAÇÃO	148.3	10:45	155.4	11:45	157.2	11:45	159.4	12:45
FILTRO	148.6	11:45	154.2	11:45	155.4	12:45	155.6	12:45

PARÂMETRO: TURBIDÍF

FILTRO  
EO

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	70.5	10:45	70.5	10:45	68.9	11:45	71.1	11:45
DECANTADOR	69.7	10:45	76.0	11:45	98.4	11:45	112	12:45
ELETRÓXIDAÇÃO	22.9	10:45	15.6	11:45	22.9	11:45	34.9	12:45
FILTRO	41.6	11:45	16.2	11:45	37	12:45	49.6	12:45

PARÂMETRO: COLIFORMES *L.e.coli*

*E.coli*

COLIFORME

*E.coli*

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRÓXIDAÇÃO	>2419,6	11:45	>2419,6				179,3	12:45
FILTRO								48,7

PARÂMETRO: COR

11/03/2020

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	7.23	10:30	7.28	10:30				
DECANTADOR	7.52	11:00	7.54	11:30				
ELETRÓXIDAÇÃO	7.56	11:00	7.52	11:30				
FILTRO	7.62	11:30						

PARÂMETRO: DBO COND

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	16.78	10:30	16.63	11:00				
DECANTADOR	10.88	11:00	16.64	11:30				
ELETRÓXIDAÇÃO	16.97	11:00	16.29	11:30				
FILTRO	14.97	11:30						

PARÂMETRO: DQO METANÍFOS

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	85.4	10:30	93.9	11:00				
DECANTADOR	86.8	11:00	97.9	11:30				
ELETRÓXIDAÇÃO	14.6	11:00	11.6	11:30				
FILTRO	48.2	11:30						

COLIFORME / *E. coli* 11:30 ~ 0 NMP/100 ml

48,7  
179,3  
11/03  
60/03

UNIVERSIDADE DE FORTALEZA  
 MESTRADO EM CIÊNCIAS DAS CIDADES  
 PROFESSOR: ANDRÉ GADELHA  
 ALUNO: EUCLIDES CASTELO  
 LOCAL: NAMI  
 DATA:

29/07  
 EC6A  
 EO8A

PROCESSO TERCIÁRIO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA REUSO NÃO POTÁVEL

PARÂMETRO: pH

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	7,13	10:07	7,28	10:07	7,28	10:37	7,36	11:07
DECANTADOR	7,34	10:07	7,30	10:37	7,27	11:07	7,30	11:37
ELETRO OXIDAÇÃO	7,39	10:07	7,35	10:37	7,26	11:07	7,31	11:37
FILTRO	7,42	10:37	7,41	11:07	7,36	11:37	7,39	12:07

PARÂMETRO: CONDUTIVIDADE

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	1410	9:37	1400	10:07	1421	10:37	1408	11:07
DECANTADOR	1395	10:07	1399	10:37	1405	11:07	1403	11:37
ELETRO OXIDAÇÃO	1398	10:07	1407	10:37	1401	11:07	1401	11:37
FILTRO	1372	10:37	1388	11:07	1388	11:37	1394	12:07

PARÂMETRO: TURBIDEZ

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO	56,2	9:37	31,1	10:07	44,5	10:37	58,3	11:07
DECANTADOR	71,4	10:07	106	10:37	48,1	11:07	15,9	11:37
ELETRO OXIDAÇÃO	42,8	10:07	15	10:37	15,9	11:07	14,0	11:37
FILTRO	46,4	10:37	52,3	11:07	53,7	11:37	56,9	12:07

PARÂMETRO: COLIFORMES

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO	391,2	10:37	>4839,2	12:07				
FILTRO								

PARÂMETRO: CQB - E. COLI

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO	87,8	10:37	>4839,2	12:07				
FILTRO								

PARÂMETRO: DBO

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO								
FILTRO								

PARÂMETRO: OVOS HELMINTOS

AMOSTRA	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO	RESULTADO	HORÁRIO
ESGOTO BRUTO								
DECANTADOR								
ELETRO OXIDAÇÃO								
FILTRO								

6







## ANEXO A – RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ESGOTO



85 3120.6100 – 85 3120.7100  
 contato@hseambiental.com.br  
 www.hseambiental.com.br

## Relatório Analítico Nº: 2188.2020.B- V.0

<b>01. Dados Contratação:</b>	
<b>Solicitante:</b>	
<b>Razão Social:</b>	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
<b>CNPJ/CPF:</b>	468.243.163-34
<b>Endereço:</b>	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
<b>Contato:</b>	SR.EUCLIDES <b>E-mail:</b> euclides@unifor.br
<b>Proposta Comercial:</b>	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>			
<b>Descrição Ponto Coleta:</b>	ESGOTO BRUTO		
<b>Endereço Amostragem:</b>	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905		
<b>Matriz e Origem Amostra:</b>	Efluente - Água de Reuso		
<b>Característica da Amostra:</b>	Simples		
<b>Data de Amostragem:</b>	04/08/2020 10:15:00	<b>Responsável pela Amostragem:</b>	monaliza.julio
<b>Data Recebimento:</b>	04/08/2020 13:53:00		
<b>Data Início Amostra:</b>	19/08/2020 10:17:58	<b>Data Conclusão Amostra:</b>	19/08/2020 10:20:45
<b>Responsável pela Conferência:</b>	aurenivia.martins	<b>Data Conferência:</b>	19/08/2020 10:20:57

<b>03. Resultados:</b>					
<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>	<b>COEMA Nº 02, Art.38</b>	<b>Un</b>	<b>L.Q.</b>	<b>Início Ensaio</b>
Ovos de geohelmintos	0,0	até 1	ovos/L	-	19/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>		
<b>Parâmetros</b>	<b>Metodologia</b>	
Ovos de geohelmintos	EPA 832 B	

**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 38.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.38.

**Referência(s) Normativa(s):** - United States Environmental Protection Agency  
 Relatório de Ensaios tipo B

<b>Legenda</b>
----------------

ovos/L - Ovos por litro,  
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

*Aurenivia M. Cavalcante Martins*  
 Eng. Aurenivia Martins  
 CRQ 10.300.655

*Alan P. de Carvalho*  
 Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749659520202000000

**Relatório Analítico Nº: 2189.2020.B- V.1**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
Solicitante:	
Razão Social:	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
CNPJ/CPF:	468.243.163-34
Endereço:	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Contato:	SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br
Proposta Comercial:	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>			
Descrição Ponto Coleta:	ESGOTO BRUTO		
Endereço Amostragem:	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905		
Matriz e Origem Amostra:	Efluente - Efluente Sanitário		
Característica da Amostra:	Simplex		
Data de Amostragem:	04/08/2020 10:15:00	Responsável pela Amostragem:	monaliza.julio
Data Recebimento:	04/08/2020 13:53:00		
Data Início Amostra:	10/08/2020 11:03:00	Data Conclusão Amostra:	13/08/2020 16:17:34
Responsável pela Conferência:	aurenivia.martins	Data Conferência:	19/08/2020 12:25:41

<b>03. Resultados:</b>					
Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.12	Un	L.Q.	Início Ensaio
Demanda Bioquímica de Oxigênio	145,5	até 120,0	mg/L	2,0	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>	
Parâmetros	Metodologia
Demanda Bioquímica de Oxigênio,	SMWW, 22ª Edição, Método 5210 B

**Conclusão:** Os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio, apresentaram-se em desconformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 12.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.12.

**Referência(s) Normativa(s):** - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition

Este relatório substitui integralmente o relatório 2189.2020.B- V.0Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

mg/L - Miligrama por Litro,  
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

*Aurenivia M. Cavalante Martins*  
 Eng. Aurenivia Martins  
 CRQ 10.300.655

*Alan P. de Carvalho*  
 Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749659530202000001

**Relatório Analítico Nº: 2190.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
<b>Solicitante:</b>	
<b>Razão Social:</b>	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
<b>CNPJ/CPF:</b>	468.243.163-34
<b>Endereço:</b>	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
<b>Contato:</b>	SR.EUCLIDES <b>E-mail:</b> euclides@unifor.br
<b>Proposta Comercial:</b>	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>			
<b>Descrição Ponto Coleta:</b>	ELETRO OXIDAÇÃO		
<b>Endereço Amostragem:</b>	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905		
<b>Matriz e Origem Amostra:</b>	Efluente - Água de Reuso		
<b>Característica da Amostra:</b>	Simples		
<b>Data de Amostragem:</b>	04/08/2020 11:15:00	<b>Responsável pela Amostragem:</b>	monaliza.julio
<b>Data Recebimento:</b>	04/08/2020 13:53:00		
<b>Data Início Amostra:</b>	10/08/2020 11:03:14	<b>Data Conclusão Amostra:</b>	19/08/2020 10:12:44
<b>Responsável pela Conferência:</b>	aurenivia.martins	<b>Data Conferência:</b>	19/08/2020 10:14:30

<b>03. Resultados:</b>					
<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>	<b>COEMA Nº 02, Art.38</b>	<b>Un</b>	<b>L.Q.</b>	<b>Início Ensaio</b>
Ovos de geohelmintos	0,0	até 1	ovos/L	-	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>		
<b>Parâmetros</b>	<b>Metodologia</b>	
Ovos de geohelmintos	EPA 832 B	

**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 38.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidas conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.38.

**Referência(s) Normativa(s):** - United States Environmental Protection Agency  
 Relatório de Ensaio tipo B

<b>Legenda</b>
----------------

ovos/L - Ovos por litro,

L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

*Aurenivia M. Cavalari Martins*  
 Eng. Aurenivia Martins  
 CRQ 10.300.655

*Alan P. de Carvalho*  
 Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749659540202000000

**Relatório Analítico Nº: 2191.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
Solicitante:	
Razão Social:	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
CNPJ/CPF:	468.243.163-34
Endereço:	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Contato:	SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br
Proposta Comercial:	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>	
Descrição Ponto Coleta:	ELETRO OXIDAÇÃO
Endereço Amostragem:	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Matriz e Origem Amostra:	Efluente - Efluente Sanitário
Característica da Amostra:	Simplex
Data de Amostragem:	04/08/2020 11:15:00
Responsável pela Amostragem:	monaliza.julio
Data Recebimento:	04/08/2020 13:53:00
Data Início Amostra:	10/08/2020 11:03:00
Responsável pela Conferência:	aurenivia.martins
Data Conclusão Amostra:	13/08/2020 16:17:52
Data Conferência:	19/08/2020 10:11:39

<b>03. Resultados:</b>					
Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.12	Un	L.Q.	Início Ensaio
Demanda Bioquímica de Oxigênio	50,2	até 120,0	mg/L	2,0	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>	
Parâmetros	Metodologia
Demanda Bioquímica de Oxigênio,	SMWW, 22ª Edição, Método 5210 B

**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 12.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.12.

**Referência(s) Normativa(s):** - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition  
Relatório de Ensaio tipo B

<b>Legenda</b>
----------------

mg/L - Miligrama por Litro,  
L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

*Aurenivia M. Cavalante Martins*  
Eng. Aurenivia Martins  
CRQ 10.300.655

*Alan P. de Carvalho*  
Eng. Alan P. de Carvalho  
CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749659550202000000

**Relatório Analítico Nº: 2192.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
Solicitante:	
Razão Social:	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
CNPJ/CPF:	468.243.163-34
Endereço:	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Contato:	SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br
Proposta Comercial:	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>	
Descrição Ponto Coleta:	ESGOTO BRUTO
Endereço Amostragem:	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Matriz e Origem Amostra:	Efluente - Água de Reuso
Característica da Amostra:	Simplex
Data de Amostragem:	04/08/2020 11:45:00
Responsável pela Amostragem:	monaliza.julio
Data Recebimento:	04/08/2020 13:53:00
Data Início Amostra:	10/08/2020 11:03:14
Responsável pela Conferência:	aurenivia.martins
Data Conclusão Amostra:	19/08/2020 10:12:52
Data Conferência:	19/08/2020 10:14:43

<b>03. Resultados:</b>					
Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.38	Un	L.Q.	Início Ensaio
Ovos de geohelmintos	0,0	até 1	ovos/L	-	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>		
Parâmetros	Metodologia	
Ovos de geohelmintos	EPA 832 B	

**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 38.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.38.

**Referência(s) Normativa(s):** - United States Environmental Protection Agency  
Relatório de Ensaio tipo B

<b>Legenda</b>
----------------

ovos/L - Ovos por litro,

L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

*Aurenivia M. Laval Costa Martins*  
 Eng. Aurenivia Martins  
 CRQ 10.300.655

*Alan P. de Carvalho*  
 Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749660320202000000

**Relatório Analítico Nº: 2194.2020.B- V.0**
**01. Dados Contratação:**
**Solicitante:**

**Razão Social:** EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO  
**CNPJ/CPF:** 468.243.163-34  
**Endereço:** Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905  
**Contato:** SR.EUCLIDES **E-mail:** euclides@unifor.br  
**Proposta Comercial:** 710.2020.V0

**02. Dados da Amostragem:**

**Descrição Ponto Coleta:** ELETRO OXIDAÇÃO  
**Endereço Amostragem:** Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905  
**Matriz e Origem Amostra:** Efluente - Água de Reuso  
**Característica da Amostra:** Simples  
**Data de Amostragem:** 04/08/2020 12:45:00 **Responsável pela Amostragem:** monaliza.julio  
**Data Recebimento:** 04/08/2020 13:53:00  
**Data Início Amostra:** 10/08/2020 11:03:14 **Data Conclusão Amostra:** 19/08/2020 10:13:03  
**Responsável pela Conferência:** aurenivia.martins **Data Conferência:** 19/08/2020 10:13:14

**03. Resultados:**

Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.38	Un	L.Q.	Início Ensaio
Ovos de geohelmintos	0,0	até 1	ovos/L	-	10/08/2020

**04. Referência metodológica:**

Parâmetros	Metodologia
Ovos de geohelmintos	EPA 832 B

**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 38.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.38.

**Referência(s) Normativa(s):** - United States Environmental Protection Agency  
 Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

ovos/L - Ovos por litro,  
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

  
 Eng. Aurenivia Martins  
 CRQ 10.300.655

  
 Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749660450202000000

**Relatório Analítico Nº: 2195.2020.B- V.0**
**01. Dados Contratação:**
**Solicitante:**

**Razão Social:** EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO  
**CNPJ/CPF:** 468.243.163-34  
**Endereço:** Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905  
**Contato:** SR.EUCLIDES **E-mail:** euclides@unifor.br  
**Proposta Comercial:** 710.2020.V0

**02. Dados da Amostragem:**

**Descrição Ponto Coleta:** ELETRO OXIDAÇÃO  
**Endereço Amostragem:** Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905  
**Matriz e Origem Amostra:** Efluente - Efluente Sanitário  
**Característica da Amostra:** Simples  
**Data de Amostragem:** 04/08/2020 12:45:00 **Responsável pela Amostragem:** monaliza.julio  
**Data Recebimento:** 04/08/2020 13:53:00  
**Data Início Amostra:** 10/08/2020 11:03:00 **Data Conclusão Amostra:** 13/08/2020 16:18:18  
**Responsável pela Conferência:** aurenivia.martins **Data Conferência:** 19/08/2020 10:12:08

**03. Resultados:**

Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.12	Un	L.Q.	Início Ensaio
Demanda Bioquímica de Oxigênio	7,3	até 120,0	mg/L	2,0	10/08/2020

**04. Referência metodológica:**

Parâmetros	Metodologia
Demanda Bioquímica de Oxigênio,	SMWW, 22ª Edição, Método 5210 B

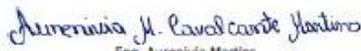
**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 12.

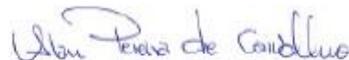
**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.12.

**Referência(s) Normativa(s):** - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition  
 Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

mg/L - Miligrama por Litro,  
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

  
 Eng. Aurenivia Martins  
 CRQ 10.300.655

  
 Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749660460202000000

**Relatório Analítico Nº: 2201.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
Solicitante:	
Razão Social:	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
CNPJ/CPF:	468.243.163-34
Endereço:	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Contato:	SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br
Proposta Comercial:	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>	
Descrição Ponto Coleta:	ESGOTO BRUTO
Endereço Amostragem:	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Matriz e Origem Amostra:	Efluente - Água de Reuso
Característica da Amostra:	Simples
Data de Amostragem:	05/08/2020 09:50:00
Responsável pela Amostragem:	monaliza.julio
Data Recebimento:	05/08/2020 13:56:00
Data Início Amostra:	10/08/2020 11:03:14
Responsável pela Conferência:	alan.carvalho
Data Conclusão Amostra:	19/08/2020 08:11:07
Data Conferência:	19/08/2020 08:51:47

<b>03. Resultados:</b>					
Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.38	Un	L.Q.	Início Ensaio
Ovos de geohelmintos	0,0	até 1	ovos/L	-	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>		
Parâmetros	Resultados	Metodologia
Ovos de geohelmintos	EPA 832 B	

**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 38.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.38.

**Referência(s) Normativa(s):** - United States Environmental Protection Agency  
 Relatório de Ensaios tipo B

**Legenda**

ovos/L - Ovos por litro,  
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável



Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749662440202000000

**Relatório Analítico Nº: 2202.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
Solicitante:	
Razão Social:	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
CNPJ/CPF:	468.243.163-34
Endereço:	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Contato:	SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br
Proposta Comercial:	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>	
Descrição Ponto Coleta:	ESGOTO BRUTO
Endereço Amostragem:	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Matriz e Origem Amostra:	Efluente - Efluente Sanitário
Característica da Amostra:	Simplex
Data de Amostragem:	05/08/2020 09:50:00
Responsável pela Amostragem:	monaliza.julio
Data Recebimento:	05/08/2020 13:56:00
Data Início Amostra:	10/08/2020 11:03:14
Responsável pela Conferência:	alan.carvalho
Data Conclusão Amostra:	14/08/2020 15:52:29
Data Conferência:	19/08/2020 08:43:36

<b>03. Resultados:</b>					
Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.12	Un	L.Q.	Início Ensaio
Demanda Bioquímica de Oxigênio	<2,0	até 120,0	mg/L	2,0	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>	
Parâmetros	Metodologia
Demanda Bioquímica de Oxigênio,	SMWW, 22ª Edição, Método 5210 B

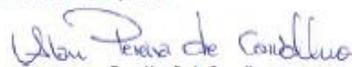
**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art. 12.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.12.

**Referência(s) Normativa(s):** - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition  
Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

mg/L - Miligrama por Litro,  
L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável



Eng. Alan P. de Carvalho  
CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749663150202000000

**Relatório Analítico Nº: 2203.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
Solicitante:	
Razão Social:	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
CNPJ/CPF:	468.243.163-34
Endereço:	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Contato:	SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br
Proposta Comercial:	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>	
Descrição Ponto Coleta:	ELETRO OXIDAÇÃO
Endereço Amostragem:	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Matriz e Origem Amostra:	Efluente - Água de Reuso
Característica da Amostra:	Simplex
Data de Amostragem:	05/08/2020 10:50:00
Responsável pela Amostragem:	monaliza.julio
Data Recebimento:	05/08/2020 13:56:00
Data Início Amostra:	10/08/2020 11:03:14
Responsável pela Conferência:	alan.carvalho
Data Conclusão Amostra:	19/08/2020 08:24:03
Data Conferência:	19/08/2020 08:53:45

<b>03. Resultados:</b>					
Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.38	Un	L.Q.	Início Ensaio
Ovos de geohelmintos	0,0	até 1	ovos/L	-	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>		
Parâmetros	Resultados	Metodologia
Ovos de geohelmintos	EPA 832 B	

**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 38.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.38.

**Referência(s) Normativa(s):** - United States Environmental Protection Agency  
 Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

ovos/L - Ovos por litro,  
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável



Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749663220202000000

**Relatório Analítico Nº: 2204.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
<b>Solicitante:</b>	
<b>Razão Social:</b>	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
<b>CNPJ/CPF:</b>	468.243.163-34
<b>Endereço:</b>	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
<b>Contato:</b>	SR.EUCLIDES <b>E-mail:</b> euclides@unifor.br
<b>Proposta Comercial:</b>	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>			
<b>Descrição Ponto Coleta:</b>	ELETRO OXIDAÇÃO		
<b>Endereço Amostragem:</b>	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905		
<b>Matriz e Origem Amostra:</b>	Efluente - Efluente Sanitário		
<b>Característica da Amostra:</b>	Simples		
<b>Data de Amostragem:</b>	05/08/2020 10:50:00	<b>Responsável pela Amostragem:</b>	monaliza.julio
<b>Data Recebimento:</b>	05/08/2020 13:56:00		
<b>Data Início Amostra:</b>	10/08/2020 11:03:14	<b>Data Conclusão Amostra:</b>	14/08/2020 15:52:41
<b>Responsável pela Conferência:</b>	alan.carvalho	<b>Data Conferência:</b>	19/08/2020 08:55:29

<b>03. Resultados:</b>					
<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>	<b>COEMA Nº 02, Art.12</b>	<b>Un</b>	<b>L.Q.</b>	<b>Início Ensaio</b>
Demanda Bioquímica de Oxigênio	<2,0	até 120,0	mg/L	2,0	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>	
<b>Parâmetros</b>	<b>Metodologia</b>
Demanda Bioquímica de Oxigênio,	SMWW, 22ª Edição, Método 5210 B

**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 12.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.12.

**Referência(s) Normativa(s):** - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition  
Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

mg/L - Miligrama por Litro,

L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável



Eng. Alan P. de Carvalho  
CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749663240202000000

**Relatório Analítico Nº: 2217.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
Solicitante:	
Razão Social:	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
CNPJ/CPF:	468.243.163-34
Endereço:	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Contato:	SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br
Proposta Comercial:	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>			
Descrição Ponto Coleta:	ESGOTO BRUTO		
Endereço Amostragem:	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905		
Matriz e Origem Amostra:	Efluente - Água de Reuso		
Característica da Amostra:	Simples		
Data de Amostragem:	05/08/2020 11:20:00	Responsável pela Amostragem:	monaliza.julio
Data Recebimento:	05/08/2020 13:56:00		
Data Início Amostra:	10/08/2020 11:03:14	Data Conclusão Amostra:	19/08/2020 08:58:50
Responsável pela Conferência:	alan.carvalho	Data Conferência:	19/08/2020 09:00:12

<b>03. Resultados:</b>					
Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.38	Un	L.Q.	Início Ensaio
Ovos de geohelmintos	0,0	até 1	ovos/L	-	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>		
Parâmetros	Metodologia	
Ovos de geohelmintos	EPA 832 B	

**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 38.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.38.

**Referência(s) Normativa(s):** - United States Environmental Protection Agency  
Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

ovos/L - Ovos por litro,

L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

  
Eng. Alan P. de Carvalho  
CRQ 10.300.328

  
Eng. Aurenivia Martins  
CRQ 10.300.655

Código de Verificação: 001051500749663540202000000

**Relatório Analítico Nº: 2218.2020.B- V.0**
**01. Dados Contratação:**
**Solicitante:**

**Razão Social:** EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO  
**CNPJ/CPF:** 468.243.163-34  
**Endereço:** Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905  
**Contato:** SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br  
**Proposta Comercial:** 710.2020.V0

**02. Dados da Amostragem:**

**Descrição Ponto Coleta:** ESGOTO BRUTO  
**Endereço Amostragem:** Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905  
**Matriz e Origem Amostra:** Efluente - Efluente Sanitário  
**Característica da Amostra:** Simples  
**Data de Amostragem:** 05/08/2020 11:20:00 **Responsável pela Amostragem:** monaliza.julio  
**Data Recebimento:** 05/08/2020 13:56:00  
**Data Início Amostra:** 10/08/2020 11:03:14 **Data Conclusão Amostra:** 14/08/2020 15:52:54  
**Responsável pela Conferência:** alan.carvalho **Data Conferência:** 19/08/2020 09:00:46

**03. Resultados:**

Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.12	Un	L.Q.	Início Ensaio
Demanda Bioquímica de Oxigênio	<2,0	até 120,0	mg/L	2,0	10/08/2020

**04. Referência metodológica:**

Parâmetros	Metodologia
Demanda Bioquímica de Oxigênio,	SMWW, 22ª Edição, Método 5210 B

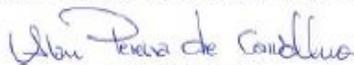
**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art.12.

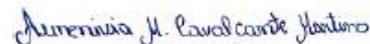
**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.12.

**Referência(s) Normativa(s):** - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition  
 Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

mg/L - Miligrama por Litro,  
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

  
 Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRO 10.300.328

  
 Eng. Aurenivia Martins  
 CRO 10.300.655

Código de Verificação: 001051500749663600202000000

**Relatório Analítico Nº: 2219.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
Solicitante:	
Razão Social:	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
CNPJ/CPF:	468.243.163-34
Endereço:	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Contato:	SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br
Proposta Comercial:	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>			
Descrição Ponto Coleta:	ELETRO OXIDAÇÃO		
Endereço Amostragem:	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905		
Matriz e Origem Amostra:	Efluente - Água de Reuso		
Característica da Amostra:	Simples		
Data de Amostragem:	05/08/2020 12:20:00	Responsável pela Amostragem:	monaliza.julio
Data Recebimento:	05/08/2020 13:56:00		
Data Início Amostra:	10/08/2020 11:03:14	Data Conclusão Amostra:	19/08/2020 08:30:01
Responsável pela Conferência:	alan.carvalho	Data Conferência:	19/08/2020 09:01:17

<b>03. Resultados:</b>					
Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.38	Un	L.Q.	Início Ensaio
Ovos de geohelmintos	0,0	até 1	ovos/L	-	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>		
Parâmetros	Metodologia	
Ovos de geohelmintos	EPA 832 B	

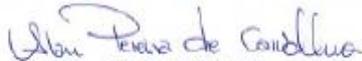
**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art. 38.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.38.

**Referência(s) Normativa(s):** - United States Environmental Protection Agency  
Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

ovos/L - Ovos por litro,  
L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

  
Eng. Alan P. de Carvalho  
CRQ 10.300.328

  
Eng. Aurenivia Martins  
CRQ 10.300.655

Código de Verificação: 001051500749663640202000000

**Relatório Analítico Nº: 2220.2020.B- V.0**
**01. Dados Contratação:**
**Solicitante:**

**Razão Social:** EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO  
**CNPJ/CPF:** 468.243.163-34  
**Endereço:** Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905  
**Contato:** SR.EUCLIDES **E-mail:** euclides@unifor.br  
**Proposta Comercial:** 710.2020.V0

**02. Dados da Amostragem:**

**Descrição Ponto Coleta:** ELETRO OXIDAÇÃO  
**Endereço Amostragem:** Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905  
**Matriz e Origem Amostra:** Efluente - Efluente Sanitário  
**Característica da Amostra:** Simples  
**Data de Amostragem:** 05/08/2020 12:20:00 **Responsável pela Amostragem:** monaliza.julio  
**Data Recebimento:** 05/08/2020 13:56:00  
**Data Início Amostra:** 10/08/2020 11:03:14 **Data Conclusão Amostra:** 14/08/2020 15:53:06  
**Responsável pela Conferência:** alan.carvalho **Data Conferência:** 19/08/2020 09:01:41

**03. Resultados:**

Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.12	Un	L.Q.	Início Ensaio
Demanda Bioquímica de Oxigênio	<2,0	até 120,0	mg/L	2,0	10/08/2020

**04. Referência metodológica:**

Parâmetros	Metodologia
Demanda Bioquímica de Oxigênio,	SMWW, 22ª Edição, Método 5210 B

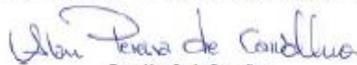
**Conclusão:** Os parâmetros apresentaram-se em conformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 12.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidas conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.12.

**Referência(s) Normativa(s):** - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition  
 Relatório de Ensaio tipo B

**Legenda**

mg/L - Miligrama por Litro,  
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

  
 Eng. Alan P. de Carvalho  
 CRQ 10.300.328

  
 Eng. Aurenivia Martins  
 CRQ 10.300.655

Código de Verificação: 001051500749663650202000000

**Relatório Analítico Nº: 2221.2020.B- V.0**

<b>01. Dados Contratação:</b>	
Solicitante:	
Razão Social:	EUCLIDES JOSÉ LEITE CASTELO
CNPJ/CPF:	468.243.163-34
Endereço:	Av. Washington Soares,1321 Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905
Contato:	SR.EUCLIDES E-mail: euclides@unifor.br
Proposta Comercial:	710.2020.V0

<b>02. Dados da Amostragem:</b>			
Descrição Ponto Coleta:	ESGOTO BRUTO		
Endereço Amostragem:	Av. Washington Soares,1321, Edson Queiroz - FORTALEZA /CE CEP: 60811905		
Matriz e Origem Amostra:	Efluente - Efluente Sanitário		
Característica da Amostra:	Simple		
Data de Amostragem:	04/08/2020 11:45:00	Responsável pela Amostragem:	monaliza.julio
Data Recebimento:	05/08/2020 13:56:00		
Data Início Amostra:	10/08/2020 11:03:00	Data Conclusão Amostra:	13/08/2020 16:16:58
Responsável pela Conferência:	aurenivia.martins	Data Conferência:	19/08/2020 12:24:46

<b>03. Resultados:</b>					
Parâmetros	Resultados	COEMA Nº 02, Art.12	Un	L.Q.	Início Ensaio
Demanda Bioquímica de Oxigênio	286,3	até 120,0	mg/L	2,0	10/08/2020

<b>04. Referência metodológica:</b>	
Parâmetros	Metodologia
Demanda Bioquímica de Oxigênio,	SMWW, 22ª Edição, Método 5210 B

**Conclusão:** Os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio, apresentaram-se em desconformidade com a COEMA 02 de 02 de fevereiro de 2007, Art 12.

**Legislação:** Valores de referência estabelecidos conforme RESOLUÇÃO COEMA Nº 02, Art.12.

**Referência(s) Normativa(s):** - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition  
Relatório de Ensaio tipo B

<b>Legenda</b>
mg/L - Miligrama por Litro, L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

*Aurenivia M. Cavalari Martins*  
Eng. Aurenivia Martins  
CRQ 10.300.655

*Alan P. de Carvalho*  
Eng. Alan P. de Carvalho  
CRQ 10.300.328

Código de Verificação: 001051500749664030202000000