



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

MARCOS VINÍCIUS MATOS BRITO

**EFICIÊNCIA DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA GRANDE
ARACAJU, SERGIPE**

SÃO CRISTÓVÃO, SERGIPE

2021.

MARCOS VINÍCIUS MATOS BRITO

**EFICIÊNCIA DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA GRANDE
ARACAJU, SERGIPE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe como pré-requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Daniel Moureira Fontes
Lima

SÃO CRISTÓVÃO, SERGIPE.

EFICIÊNCIA DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA GRANDE
ARACAJU, SERGIPE.

MARCOS VINICIUS MATOS BRITO

Aprovado em _____ de _____ de 2021

Banca Examinadora

_____	_____
Prof. Dr. Daniel Moureira Fontes Lima Universidade Federal de Sergipe (Orientador)	Nota
_____	_____
Prof. Dra. Luciana Coêlho Mendonça Universidade Federal de Sergipe (Examinador 1)	Nota
_____	_____
Prof. Msc. Taisa Andrade Barbosa Centro Universitário AGES (Examinador 2)	Nota

SÃO CRISTÓVÃO, SERGIPE.

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e por não deixar me desanimar nos momentos difíceis e me capacitar a superar todos os obstáculos encontrados nesta jornada de graduação.

Aos meus pais Jovino e Idaélia, por todo esforço para manter a nossa família bem, sem dúvidas são o meu maior orgulho. Agradeço pelo empenho de nunca me deixar faltar nada, além de todo amor, afeto e preocupação desprendidos a mim, vocês se fizeram presentes a apesar da distância.

Ao meu irmão Joelson, por ser um grande ser humano e exemplo próximo a mim, obrigado pelos conselhos.

A minha namorada Dayanara, pelo amor e companheirismo, você desperta o que há de melhor em mim.

Aos meus amigos que fiz aqui em Sergipe, também a esse estado que aprendi a amar, vou sempre levar um pouco de Sergipe comigo.

Aos meus amigos de infância Junio Carlos e Samuel Ribeiro, pelas experiências compartilhadas e o apoio mútuo.

Aos meus familiares pelo carinho, apoio e incentivo.

Ao professor Dr. Daniel Moureira Fontes Lima, pela oportunidade, apoio, correções e incentivos na elaboração deste trabalho.

Aos meus professores pelo conhecimento compartilhado durante todo a minha vivência acadêmica desde a Escola Prof. Dora Barbosa, IFNMG e UFS, especialmente aos professores do departamento de engenharia civil por me inspirarem e capacitar para a vida profissional.

À universidade pública, por proporcionar um ambiente diversificado e amplo, que fomenta o desenvolvimento e promove o conhecimento.

À DESO por disponibilizar os relatórios de automonitoramento das estações de tratamento de esgoto, com isso tornou possível o desenvolvimento da pesquisa.

Ao MPSE, a oportunidade de estagiar e qualificar profissionalmente, com pessoas de grande valor.

Enfim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para que esse sonho se tornasse realidade.

BRITO, M. V. M. **Eficiência das Estações de Tratamento de Esgoto de Aracaju, Sergipe.** Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, 49 p., 2021.

RESUMO

A qualidade dos esgotos varia de acordo com a atividade humana e com o tratamento administrado. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência de diferentes sistemas de tratamento de esgoto sanitário da grande Aracaju sobre a qualidade físico-química e microbiológica. Os dados de temperatura, sólidos sedimentáveis, pH, vazão, DBO, DQO, óleos e graxas, nitrogênio amoniacal, sulfetos e por fim coliformes termotolerantes (COT) foram obtidos a partir dos diagnósticos da qualidade dos esgotos elaborado pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), para as estações de tratamento de esgoto (ETE) do Rosa Elze, Barra dos Coqueiros, Sul, Norte, Oeste e Orlando Dantas, cujo o recorte espacial é de janeiro a dezembro de 2020, com isso foi feito a Análise de Variância (ANOVA) e teste de Scoot Knott considerando significância de 5%. Para os parâmetros temperatura, todas atendem a legislação, com destaque para ETE Rosa Elze, bem como para o parâmetro pH, sendo as com menores valores as ETES Orlando Dantas e Oeste. Não houve diferença significativa para sólidos sedimentáveis. Para DBO todas as estações atenderam a legislação, com diferença significativa para ETE Orlando Dantas, o mesmo ocorre para DQO, porém não existe limite federal e nem estadual para o parâmetro. O limite de concentração de N amoniacal estabelecido para lançamento de efluentes é de 20mg/L, sendo assim, apenas estações do Orlando Dantas e Norte apresentaram médias dentro do padrão da normativa. Para Sulfetos, apenas a ETE Norte descumpre o limite de 1,0mg/L. Em relação a Óleos e Graxas, a ETE Norte apresentou valor médio anual acima das demais, com 20mg/L. Em relação a COT, a ETE Oeste diferiu das outras, com níveis de COT maiores em relação as demais estações. Quanto a vazão, a ETE Orlando Dantas apresentou menor média, enquanto a Sul a maior, com variações sazonais. Com base nos dados citados anteriormente, a ETE Orlando Dantas se enquadrou dentro dos parâmetros de qualidade e com resultados mais satisfatórios para maioria dos parâmetros, adotando tratamento com lodos ativados associados ao processo de cloração. Enquanto as estações Norte e Oeste apresentaram valores acima do limite para algumas das variáveis, essas adotam como método de tratamento as lagoas facultativas + lagoas de maturação e DAFA associados aos lodos ativados e Cloração, respectivamente.

Palavras-Chave: esgoto sanitário; tratamento; qualidade ambiental.

ABSTRACT

The quality of sewage varies according to human activity and the treatment administered. Therefore, the objective of this work was to analyze the efficiency of different sanitary sewage treatment systems in the greater Aracaju region on the physicochemical and microbiological quality. Data on temperature, sedimentable solids, pH, flow, BOD, COD, oils and greases, ammoniacal nitrogen, sulfides and finally thermotolerant coliforms (TOC) were obtained from the sewage quality diagnoses prepared by the Sergipe Sanitation Company (DESO), for the Rosa Elze, Barra dos Coqueiros, Sul, Norte, Oeste and Orlando Dantas sewage treatment plants (ETE), whose spatial cutout is from January to December 2020, with this analysis of variance (ANOVA) and Scoot Knott test considering 5% significance. For the temperature parameters, all comply with the legislation, with emphasis on the ETE Rosa Elze, as well as for the pH parameter, with the ETES Orlando Dantas and Oeste being the ones with the lowest values. There was no significant difference for settleable solids. For BOD, all stations complied with the legislation, with a significant difference for ETE Orlando Dantas, the same occurs for DQO, but there is no federal or state limit for the parameter. The limit of ammoniacal N concentration established for effluent discharge is 20mg/L, therefore, only stations in Orlando Dantas and Norte presented averages within the normative standard. For Sulfides, only ETE Norte does not comply with the 1.0mg/L limit. In relation to Oils and Grease, ETE Norte presented an average annual value above the others, with 20mg/L. In relation to TOC, ETE Oeste differed from the others, with higher TOC levels compared to other stations. As for the flow, the ETE Orlando Dantas had the lowest average, while the South had the highest, with seasonal variations. Based on the data mentioned above, the ETE Orlando Dantas fit within the quality parameters and with more satisfactory results for most parameters, adopting treatment with activated sludge associated with the chlorination process. While the North and West stations presented values above the limit for some of the variables, they adopt as treatment method the facultative ponds + maturation ponds and DAFA associated with the activated sludge and chlorination ditches, respectively.

Key words: sanitary sewage; treatment; environmental quality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. Objetivo Geral	9
2.2. Específicos	9
3. REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1. Esgotamento Sanitário	9
3.2. Tratamento De Efluente	12
3.3. Legislação para Esgotamento Sanitário e as Classes de Qualidade de Água	15
3.4. Características Quantitativas e Qualitativas dos Esgotos, Limites e Parâmetros para Lançamento de Efluentes	16
4. METODOLOGIA	19
4.1. Caracterização da Área e Objeto de Estudo	21
4.2. Procedimentos Metodológicos	25
4.2.1. Coleta e Organização dos Dados de Qualidade dos Esgotos	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Temperatura °C	27
5.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)	28
5.3. Sólidos Sedimentáveis (SSed) ml/L	29
5.4. Vazão m³/h	31
5.5. Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L)	32
5.6. Demanda química de oxigênio (DQO) mg/L	34
5.7. Nitrogênio Amoniacal mg/L	36
5.9. Óleos e Graxas (TOG)	37
5.10. Coliformes Termotolerantes	38
5.11. Comparação Entre Estações Com Mesmo Tipo De Tratamento	39
5.11.1. Grupo 1 (Lodos ativados + DAFA + desinfecção).....	40
5.11.2. Grupo 2 (Lagoas facultativas e lagoas de maturação).....	43
5.11.3. Grupo 3 (Lodos ativados + cloração).....	45
6. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que com o aumento da densidade populacional, cresce também a demanda por recursos hídricos para produção de alimentos, geração de energia e abastecimento humano, visto que o uso para as atividades agropecuárias somam 60% de água, o abastecimento urbano consome 23,8%, o uso industrial contabiliza 9,1%, já 3,8% é destinado as termoelétricas, 1,7% para o abastecimento rural e 1,6% para a mineração, além das perdas por processos naturais como evaporação nos reservatórios e a evapotranspiração (ANA; ASCOM, 2019).

Dentro desta perspectiva e considerando a finitude dos recursos hídricos, bem como a quantidade de água doce disponível, em torno de 0,8%, se tornam cada vez mais essenciais o desenvolvimento de dispositivos que visem o aproveitamento eficiente desse insumo, bem como, o reaproveitamento e disposição adequados. Entre estes, uma das principais ferramentas é o tratamento dos esgotos, sendo que, os efluentes possuem alterações nas características físicas, químicas e biológicas durante seu ciclo, fruto de um processo natural ou por interferência humana e requerem algum tipo de tratamento antes de serem eliminados nos corpos de água (VON SPERLING, 1996).

Além dos aspectos relacionados ao racionamento de água potável e ajustes na compatibilidade dos efluentes com os corpos receptores, é preciso ressaltar a importância do saneamento básico como garantia de desenvolvimento socioeconômico, manutenção da qualidade ambiental, qualidade de vida e saúde humana (CHAVES et al., 2017).

Conforme o Sistema de Informação sobre Saneamento, cerca de 49% dos esgotos no Brasil são tratados, já para o Nordeste esse valor é de 33,7% (BRASIL, 2019a). Em Sergipe esse quantitativo em 2016 era de 29,08% e para o município de Aracaju, aproximadamente 48% do esgoto recebe algum processo de tratamento (BRASIL, 2016).

Os esgotos domésticos são constituídos por 99,9% de água e 0,01% de sólidos, no que se refere a esse último, é o responsável pela demanda por tratamento, no qual são definidos de acordo com os objetivos e composição dos efluentes, entre os principais sistemas utilizados no Brasil, estão as lagoas de estabilização, lodos ativos, sistemas aeróbicos com biofilme, sistemas anaeróbicos e disposição no solo (VON SPERLING, 1996).

Alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos são usualmente adotados para análise da qualidade dos esgotos domésticos, entre os físicos os usuais são temperatura, cor, turbidez, odores e vazão, os químicos, obtidos através do potencial hidrogeniônico (pH),

oxigênio dissolvido (OD), fósforo (P), nitrogênio (N), sólidos totais (ST), matéria orgânica (MO), alcalinidade, cloretos e graxas. Já os aspectos biológicos podem ser analisados a partir da presença de bactérias, vírus, protozoários, helmintos, tendo seus níveis estabelecidos nas resoluções 357 de 2005 e 430 de 2011 do CONAMA (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Para tanto, considerou-se como hipótese de estudo que há diferenças entre a qualidade dos efluentes antes e após o tratamento e entre a eficiência dos sistemas adotados na grande Aracaju, visto que, cada ETE apresenta características específicas ao seu funcionamento. Vale ressaltar que o não atendimento dos limites estabelecidos, pode provocar impactos ambientais altamente negativos nos rios receptores, portanto o presente estudo, bem como, outros que visem avaliar a qualidade desses efluentes, permite conhecer e fornecer subsídios para análise e busca pela salubridade ambiental, monitorando, avaliando e podendo servir de referência para estudos e tomada de decisão pelos gestores.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar a eficiência de diferentes sistemas de tratamento de esgoto sanitário nas estações da grande Aracaju sobre a qualidade físico-química e microbiológica.

2.2. Específicos

- Comparar os parâmetros de qualidade com os limites dispostos na resolução 430 do CONAMA;
- Analisar as diferenças estatísticas da qualidade do efluente das ETE's de Aracaju.
- Identificar as características dos efluentes de acordo com o sistema de tratamento.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Esgotamento Sanitário

Os esgotos sanitários são uma denominação para os despejos líquidos residenciais, comerciais, água de infiltração, e podem ainda conter parcelas de resíduos industriais e não domésticos (BRASIL, 2005). Esses resíduos implicam em poluição e degradam o ambiente, podendo de forma direta ou indireta causar danos à saúde, afetar o desenvolvimento econômico, as atividades sociais, condições estéticas, sanitárias e outros. Entre os principais problemas associados estão a transmissão de doenças vinculadas à água, contaminação do solo, da água, entre outros (BRASIL, 2015).

As cargas poluentes das águas interiores podem ser pontuais ou difusas, as pontuais são constituídas por efluentes da indústria, esgoto cloacal e pluvial, já as difusas se dão pelo escoamento rural e urbano distribuídos ao longo das bacias. Podem ser de origem orgânica ou inorgânicas, as primeiras se constituem dos dejetos humanos, animal e matéria orgânica vegetal e as inorgânicas derivadas de insumos como pesticidas, efluentes industriais e lavagem de superfícies contaminadas. Os resíduos pluviais, apesar de se apresentar como um problema de importância menor, quando comparado ao esgoto cloacal, pode constituir cerca de 80% da carga do esgoto doméstico durante as cheias urbana (TUCCI, HESPANHOL e CORDEIRO NETTO, 2001).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) define o sistema de esgotamento sanitário como um conjunto de infraestrutura, equipamentos e serviços com objetivo de coletar e tratar esgotos domésticos com fins de evitar poluição dos corpos de água pela disposição dos efluentes e a proliferação de doenças vinculadas a estes resíduos. O sistema convencional é composto por duas etapas, a coleta feita por rede de tubulações da rede geradora à uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), e a segunda com a remoção de maior parte dos poluentes, até que o resíduo apresente qualidade compatível com dos corpos receptores, os sistemas são caracterizados de acordo com os usuários atendidos em cada município, número de ligações, volume de esgoto coletado e tratado, investimentos no setor e condições socioeconômicas do prestador de serviços (BRASIL, 2019 b).

A ANA (2017) apresenta os dados relacionados aos serviços de esgotamento sanitário no Brasil, no qual, 43% se dá pelo sistema coletivo convencional, através de uma rede coletora e estação de tratamento, 12% ocorre por meio de solução individual, como por meio do uso de fossa séptica e em 18% os esgotos são coletados, mas não são tratados e 27% da população não é atendida por nenhum serviço. Destaca que, é um dos serviços de saneamento com maior demanda por atenção, reflexo dos baixos níveis de coleta e tratamento no Brasil, sendo necessário a consolidação das políticas de recursos hídricos e saneamento.

O autor supracitado ainda destaca que, apesar da legislação do 430 de 2011 apresentar determinações como redução de 60% da Demanda Bioquímica por Oxigênio (DBO) como limite para lançamento direto nos corpos receptores, maior parte dos municípios não atendem as especificações, principalmente no Norte e Nordeste. Deve-se considerar ainda, a capacidade desses recursos em diluírem os esgotos urbanos, em conformidades com as propostas de enquadramento conforme a Resolução 357 do CONAMA, destaca-se que, em metade dos municípios brasileiros os recursos hídricos possuem habilidade de diluir a carga poluidora, porém, considerando o contingente populacional, no qual 57% da população reside em áreas urbanas, não há vazão suficiente para que ocorra a diluição sem que ocorram os processos de tratamentos adequados.

Os sistemas de esgotamento sanitário podem ser individuais ou coletivos, afastar rapidamente e de forma segura os esgotos e possuir tratamento e disposição seguros e adequados. Os dejetos oriundos do processo de antropização demandam por coleta, transporte, tratamento e disposição adequados, evitando que estes escoem a céu aberto, poluindo solo, águas superficiais e subterrâneas ou mesmo se apresentem como fatores de risco a saúde (RECESA, 2008).

3.2. Tratamento De Efluente

No geral, o tratamento de esgotos sanitários no Brasil objetiva a remoção de matéria orgânica, microrganismos patogênicos, sólidos em suspensão, e/ou nutrientes, quando, isentos de substâncias tóxicas provenientes da indústria e outros. A determinação do sistema de tratamento é determinada pelas características dos corpos receptores e pelos limites estabelecidos pela legislação, de modo que os efluentes lançados não promovam condições de causar danos à saúde humana e ao meio ambiente. Além destes aspectos, são consideradas as condições socioeconômicas, operacionais, disponibilidade de área e demandas da comunidade (ANA, 2017).

Para Von Speling (1996) os métodos de tratamento se dividem em unitários e operações, ou mesmo integrados. Nas operações unitárias físicas predominam a aplicação como gradeamento, mistura floculação, sedimentação, flotação e filtração, nas operações químicas unitárias são usados principalmente dispositivos de remoção ou conversão de contaminantes pelo uso de produtos ou reações químicas como precipitação, adsorção e desinfecção. Já nos processos biológicos, se dão pela remoção da matéria orgânica carbonácea, desnitrificação e outros, ocorrendo de forma simultânea ou individual a depender do sistema.

Para a ANA (2017) as estações de tratamento de esgoto, ETEs, possuem como tratamento preliminar o uso de grades e desarenadores, para remoção de sólidos grosseiros e materiais sedimentáveis, conforme figura 1.

Figura 1. Tratamento Preliminar



Fonte: Von Speling (1996)

RECESA (2008) apresenta que o tratamento preliminar deve estar presente em todas as estações de tratamento, diferindo do tratamento primário, que é facultativo a depender da metodologia definida. No Brasil, maior parte das estações adotam o tratamento a nível secundário, já o terciário é o menos adotado, visto as especificidades destes e o objetivo e eficiência desejada, podendo essa ser determinada a partir da seguinte equação:

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \cdot 100$$

Onde:

E = eficiência de remoção (%) C_0 = concentração afluente do poluente (mg/L)
 C_e = concentração efluente do poluente (mg/L)

Os tratamentos secundários mais encontrados são: lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, reator anaeróbio, tanque séptico associado a filtro anaeróbio, reator anaeróbio seguido de filtro biológico, com objetivo de remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis e DBO em suspensão, sendo o primeiro mais utilizado na Região Sudeste, já os reatores anaeróbios são mais representativos nas regiões Nordeste, Sul e Centro-Oeste. O tratamento secundário pretende remover a DBO em suspensão e DBO solúvel e o último visa a retirada de nutrientes, patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos, sólidos em suspensões remanescentes (ANA, 2017; VON SPELING, 1996).

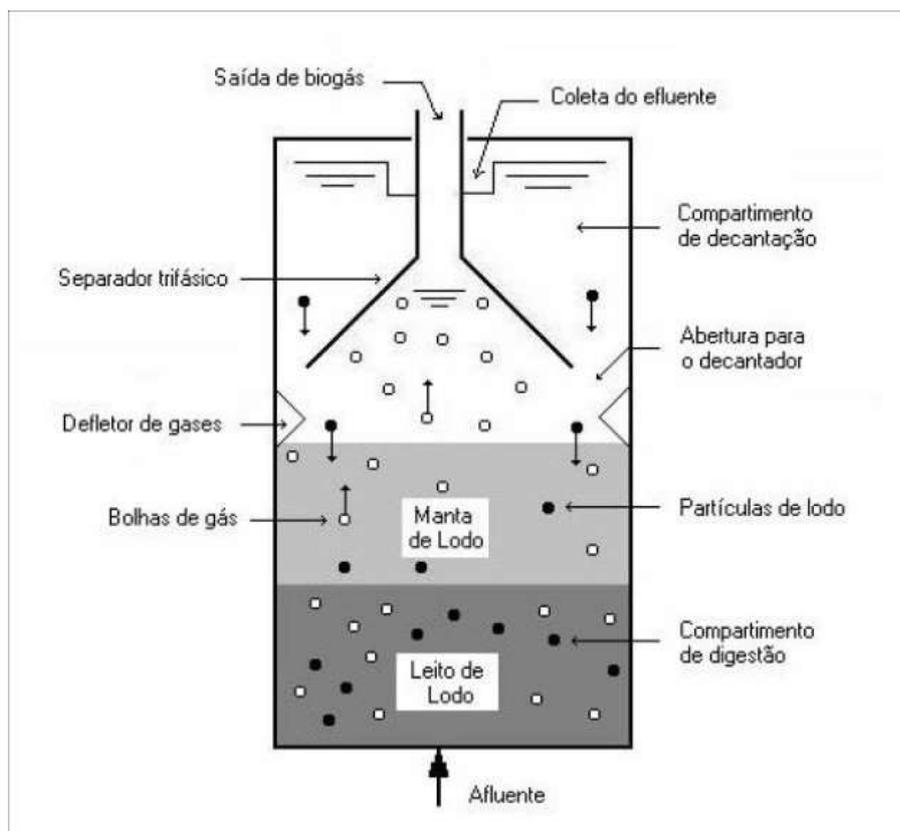
Oliveira e Von Sperling (2007) analisando a eficiência das tecnologias de tratamento de esgoto (fossas-filtro (FS+FA), lagoas facultativas (LF), lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas (LAN+LF), lodos ativados (LA), reatores UASB operando isoladamente (UASB) e reatores UASB seguidos de pós-tratamento (UASB+POS), identificou que, das 166 operações adotadas no Brasil investigadas, considerando as metas para concentrações de DBO, DQO, SST, NT, PT e CF, apresentam concentrações confiáveis no cumprimento das metas, porém, a qualidade dos efluentes encontradas variam de maneira significativa.

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a degradação de matéria orgânica ocorre de maneira natural como a autodepuração quando as condições físicas químicas e biológicas estão adequadas, principalmente devido à ação bacteriológica. As principais são as lagoas anaeróbicas, facultativas e de maturação e tem como faixa de eficiência de remoção de DBO entre 75 e 85%, as condições ambientais Brasileiras se adequam ao uso dessa tecnologia como região de clima tropical e com disponibilidade de áreas planas, entretanto demandam grande área o que pode ser um fator empecilho em grandes centros urbanos. (JORDÃO, PESSÔA, 2011; VON SPERLING, 2007)

Conforme os autores supracitados os reatores UASB também chamados de digestores anaeróbicos de fluxo ascendente (DAFA) é uma tecnologia de tratamento de esgotos que consiste de unidades em que se caracteriza pela entrada de esgoto na parte inferior onde se localiza a câmara de digestão composta por leito e manto de lodo, parte da matéria orgânica

fica alojada nesta zona de lodo e a digestão anaeróbica ocorre. O fluxo continua de forma ascendente e as partes sólida, líquida e gasosa são separadas, no topo da unidade o fluido clarificado é obtido e pode ser encaminhado para a próxima etapa, que pode ser um pós-tratamento, desinfecção ou já a disposição a depender das características de projeto da estação. A eficiência de remoção de DBO varia na faixa entre 45 e 85% conforme o tempo de detenção na unidade. Os compartimentos de uma unidade estão apresentados na figura 2.

Figura 2. Esquema de um digestor anaeróbico de fluxo ascendente



Fonte: Chernicharo (2007)

O processo de tratamento por lodos ativados é caracterizado pela digestão aeróbica de matéria orgânica onde mistura e aeração do esgoto afluente com os flocos de lodo presente na massa líquida ocorre nos tanques de aeração, normalmente um decantador secundário é usado para capturar o lodo presente na massa líquida para reinseri-lo posteriormente. Apesar de ter essas características principais, existem diversas variações quanto ao tipo e forma de aeração, quanto aos ciclos, quanto ao uso de membranas ou ao uso de oxigênio puro no processo. Esse tipo de tratamento tem como principais vantagens a alta eficiência de tratamento, menor área demandada e maior flexibilidade de operação, embora tenha como desvantagem o maior custo de operação. A eficiência típica de remoção de DBO varia entre 85 e 93%. (JORDÃO, PESSÔA, 2011).

Ainda conforme o autor anterior a desinfecção é a última etapa do tratamento de esgoto e tem como objetivo principal a proteção da saúde pública por meio da remoção de organismos patogênicos. A cloração tem sido o mecanismo mais comum utilizados pelas estações, o cloro penetra nas células dos microrganismos e reage com suas enzimas com isso ocorre a sua morte. Embora estudos recentes têm levantado atenções quanto a formação de compostos organoclorados e trihalometanos e suas eventuais consequências cancerígenas. Com isso alternativas como a radiação ultravioleta, ozonização e outros agentes químicos tem sido mais discutidas.

3.3. Legislação para Esgotamento Sanitário e as Classes de Qualidade de Água

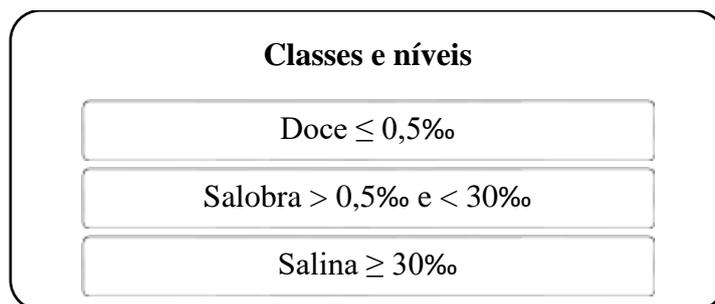
A política nacional de saneamento básico se instituiu através de diversos marcos regulatórios, os quais, pretendiam entre outros aspectos, estabelecerem diretrizes e responsabilidades relacionadas ao setor. Teve-se como instrumentos representativos no que diz respeito ao saneamento básico a lei 9.984 de 2000 que dispôs acerca da criação de entidades federais responsáveis pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e por normas referenciais relacionadas a prestação de serviços públicos de saneamento. Já a Lei 11.445 de 2007 vislumbra os serviços relacionados ao abastecimento, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, de forma que permitam a manutenção da salubridade dos recursos naturais e humanos (BRASIL, 2000; 2007).

Em 2020, através da Lei 14.026 de 2020, surge o marco legal de saneamento básico, que atribui a Agência Nacional de Águas a Competência de editar normas de referência para os serviços de saneamento, complementa e altera as leis anteriores, com fins de aprimorar a estrutura e os serviços de saneamento no país, incluindo a disposição final ambientalmente adequada de rejeitos (BRASIL, 2020).

É preciso ressaltar os instrumentos normativos que visam classificar e assegurar a qualidade dos recursos hídricos, bem como, considera os usos preponderantes a partir das classes de água, na resolução do CONAMA 357 de 2005. Já a Resolução 430 de 2011, com vistas em complementar e atualizar os padrões e parâmetros para lançamentos de efluentes nos corpos de água, considerando o enquadramento estabelecido anteriormente (BRASIL, 2005; 2011).

Quanto às classes de água, são definidas de acordo com a quantidade de sais presentes, seguindo a qualidade requerida para os usos preponderantes, seguindo da seguinte forma (Fig. 3).

Figura 3. Classes de água de acordo com os níveis de sais conforme Resolução 357 do CONAMA



Fonte: Adaptado de BRASIL (2005).

Visto que, organiza as classes de águas superiores aos usos mais exigentes, para isso, determina os limites de cada substância admitida, considerando a importância destes parâmetros para a manutenção da qualidade ambiental e segurança aos usuários. O enquadramento dos corpos de água é definido com base nos limites encontrados nos recursos hídricos, requerendo o monitoramento como garantias da salubridade da água.

Em 2011, através da Resolução 430 o CONAMA atualiza os padrões e parâmetros para lançamento de efluentes definidos na Resolução 357. Destaca ainda no Capítulo II, sessão III, os padrões e condições de lançamento de efluentes de sistemas de tratamento de esgoto sanitário, apresentados no quadro 2, em seu artigo 22 apresenta: “O lançamento de esgotos sanitários por meio de emissários submarinos deve atender aos padrões da classe do corpo receptor, após o limite da zona de mistura e ao padrão de balneabilidade, de acordo com as normas e legislação vigentes” (pg. 7). Ainda reflete que, novos estudos e inclusão de outros parâmetros destacados na normativa legal devem ser incluídos a partir da avaliação do potencial de contaminação e toxicidade aos ambientes aquáticos e comprometimento à segurança e qualidade dos recursos.

3.4. Características Quantitativas e Qualitativas dos Esgotos, limites e parâmetros para Lançamento de Efluentes.

Os diversos componentes da água alteram o seu grau de pureza, podem ser modificações físicas, químicas ou biológicas que se traduzem em parâmetros de qualidade da água. Os esgotos que chegam nas estações de tratamento são originários de três fontes distintas: domésticos, águas de infiltração e despejos industriais. No Brasil, é utilizado o sistema separador do esgotamento sanitário, o qual separa as águas pluviais em linhas de drenagem e essas não contribuem para a ETE. A caracterização quantitativa e qualitativa dos esgotos afluentes a ETE depende da análise individual de cada fonte (VON SPERLING, 1996).

Os esgotos estão sujeitos a fatores de variações na vazão similares as do consumo de água, considerando os padrões de consumo da população. Considera-se contribuição de esgoto típica de referência de 160 L/habitante.dia e para água de 200L/ habitante.dia, com coeficiente de retorno de 0,8. É utilizado coeficiente de K1 de 1,2 para dias com maior produção e de K2 igual a 1,5 para hora de maior contribuição (PIVELI, 2003).

Nesse sentido, Von Sperling (1996 p. 125) apresenta como características significativas aos estudos:

A vazão de esgotos considerada em estudos de autodepuração é usualmente a vazão média, sem coeficientes para a hora e o dia de maior consumo. A vazão de esgotos é obtida através dos procedimentos convencionais, utilizando-se dados de população, contribuição per capita, infiltração, contribuição específica (no caso de despejos industriais) etc. [...].

QUADRO 2. Limites dos parâmetros para efluentes de estações de tratamento de esgoto sanitário

Parâmetro	Limite
pH	Entre 5 a 9
Temperatura	Inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura
Materiais sedimentáveis	Até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
Substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas)	Até 100 mg/L
Materiais Flutuantes	Ausência
DBO	Máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Fonte: Brasil (2011)

Além destes, o texto da CONAMA 430 destaca definições e diretrizes para o lançamento com limites adequados as classes definidas para o corpo hídrico, considera nas condições a vazão de referência ou volume disponível para atendimento das exigências, sendo que, quando a vazão do corpo receptor estiver abaixo da de referência, cabe ao órgão ambiental local estabelecer restrições e medidas adicionais, considerando o potencial de efeitos tóxicos aos organismos aquáticos e a inviabilização do abastecimento público. Trata ainda, as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e finais aos recursos em processo de

recuperação, assim como das concentrações de substâncias e extensão da zona de mistura (BRASIL, 2011).

Para análise qualitativa dos esgotos Von Sperling (1996) apresenta as principais características físicas, químicas e biológicas dos esgotos sanitários, dispostas no Quadro 3.

QUADRO 3. Parâmetros de Qualidade de Esgotos Sanitários (continua)

Características físicas	Características químicas	Características biológicas
Temperatura: Superior à do abastecimento, varia com a estação. Influência na atividade microbiana, nos gases, na velocidade das reações químicas e na viscosidade dos líquidos.	Sólidos totais: Orgânicos e inorgânicos: suspensos (fixos e voláteis) e dissolvidos (fixos e voláteis); sedimentáveis.	Bactérias: Coliformes totais, coliformes fecais (termotolerantes), <i>E. Coli</i> , <i>Clorstridium perfringens</i> , <i>Streptococos fecais</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Shigella</i> , <i>Salmonela</i> .
Cor: Cinza (esgoto fresco), cinza escuro ou preto (esgoto séptico).	Matéria Orgânica: É a mistura heterogênea de compostos orgânicos. Entre estes: proteínas, carboidratos e lipídios. Obtidos por: - Determinação indireta -DBO; DQO; DBO última. - Determinação direta: COT	Protozoários: <i>Cryptosporium parvum</i> (oocistos), <i>Entemoaba histolytica</i> (cistos), <i>Giardia Lambia</i> (cistos)
Turbidez: esgotos frescos ou mais concentrados apresentam maior turbidez; associada a variedade de sólidos em suspensão.	Nitrogênio Total: O NT inclui o nitrogênio orgânico, Amônia, Nitrito, Nitrato. Nutriente indispensável ao desenvolvimento de microrganismos no tratamento biológico.	Helmintos: Helmintos (ovos), Ascaris Lumbricoides.
Odores: são causados pelos gases formados no processo de decomposição, esgoto fresco é relativamente desagradável e o séptico é desagradável, presença de gás sulfídrico e outros.	Fósforo: Nutriente indispensável ao tratamento biológico. Existe na forma de Fósforo orgânico, fósforo inorgânico	
	pH: Indicador de características básicas do esgoto, os processos e oxidação biológica tendem a reduzir o pH.	Vírus: Vírus entérico, colfagos.
	Alcalinidade: Indica a capacidade tampão do meio, devido à presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila.	
	Cloretos: Oriundos da água de abastecimento e dejetos humanos.	
	Óleos e Graxas: MO solúvel em hexanos, no esgoto doméstico são oriundos de óleos e gorduras das comidas.	

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996)

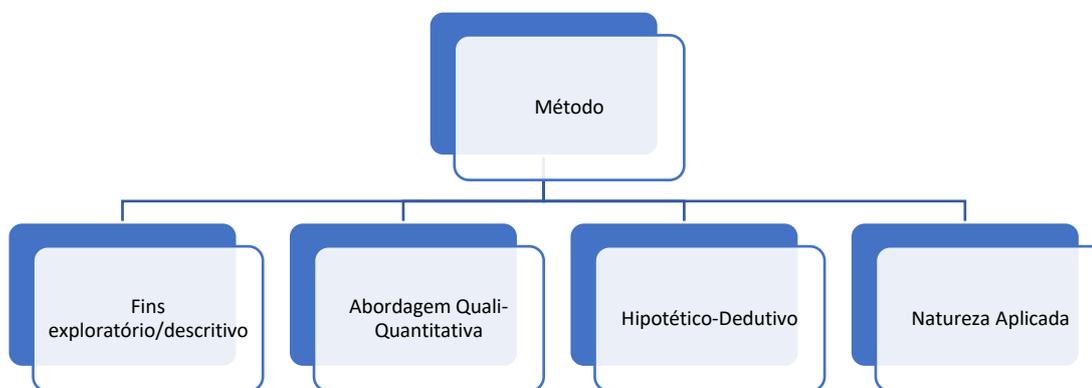
A qualidade dos efluentes, além de influírem na salubridade dos corpos de disposição, podem representar possibilidade de reuso, variando conforme o tratamento administrado, desde que não apresentem restrições para o uso definido, podem reduzir ainda o consumo de água doce de qualidade superior (BERTOSSO et al., 2019).

Cunha e Ferreira (2019) apresentam que a qualidade dos esgotos domésticos está associada a poluição de rios, especialmente, pela quantidade de matéria orgânica presente. O oxigênio dissolvido (OD) e a demanda bioquímica por oxigênio (DBO), associados a vazão podem incidir sobre a eficiência no lançamento após o tratamento. Tais fatores, junto a capacidade de autodepuração dos corpos d'água, incidem sobre a saúde pública, saneamento e conservação dos recursos hídricos.

4. METODOLOGIA

Considerando a conjuntura e procedimentos de pesquisa, bem como a hipótese formulada, o desenho da pesquisa é apresentado na Figura 4.

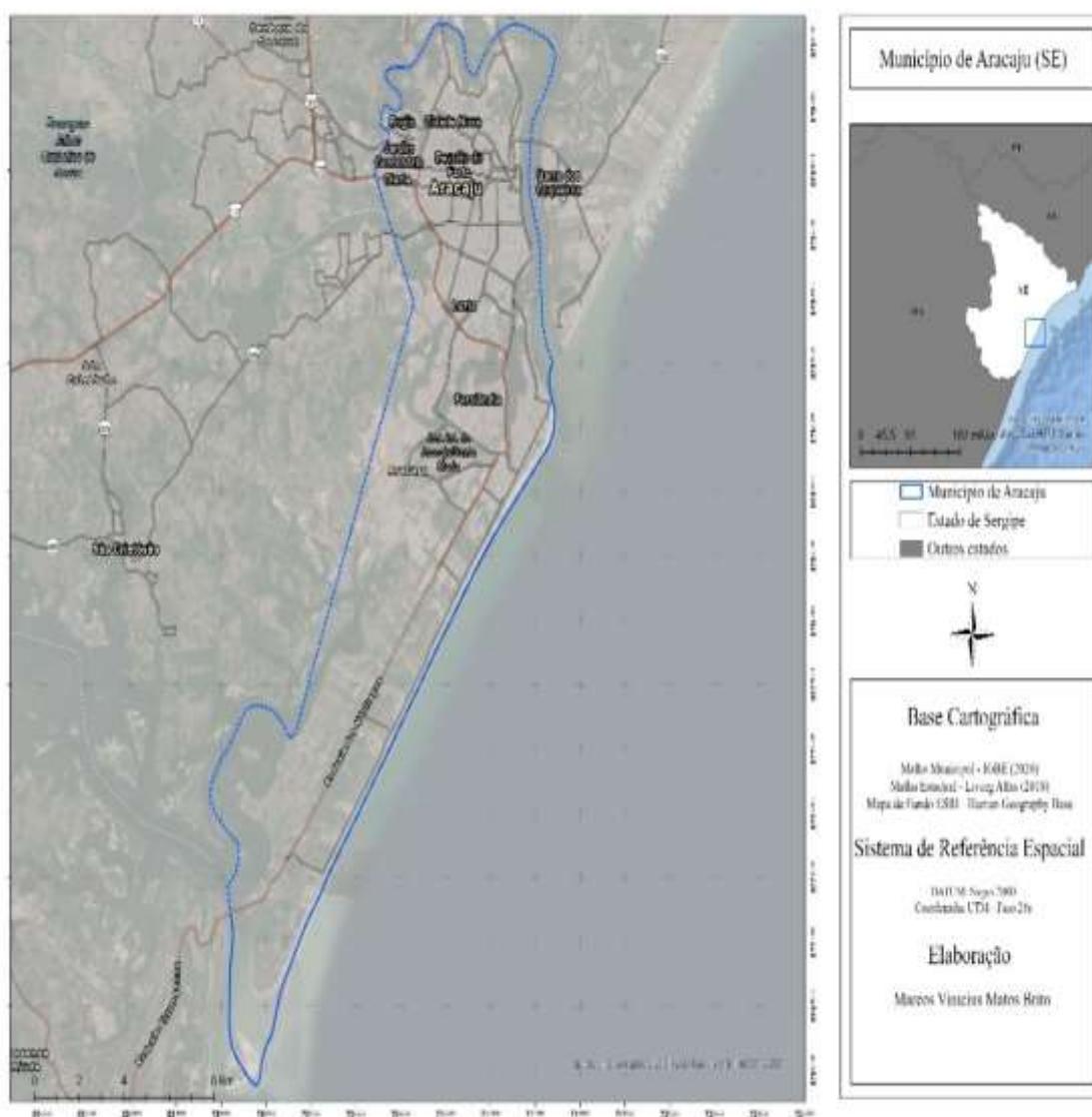
Figura 4. Caracterização do método da Pesquisa



Fonte: Adaptado de Marconi e Lakatos (2001)

4.1. Caracterização da Área e Objeto de Estudo

O recorte espacial da pesquisa é o município de Aracaju, no leste de Sergipe (Fig.5). Com área territorial de 182,163 Km², população estimada em 664.908 pessoas (IBGE, 2021)



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 5. Caracterização do Município da Pesquisa.

O objeto de estudo são as variações na qualidade do esgoto efluente de 6 das 7 estações de tratamento da grande Aracaju, com base nisso, as estações são descritas conforme os relatórios de automonitoramento disponibilizados pela DESO.

- ETE: Barra dos Coqueiros: Localizada na Barra dos Coqueiros. Possui pontos de coleta das amostras antes do gradeamento e vertedouro. O sistema de tratamento admitido são DAFA + Lodos Ativados + Cloração. Tem o Rio Sergipe como corpo receptor. A figura 6 apresenta uma imagem de satélite da estação

Figura 6. ETE Barra dos Coqueiros.



Fonte: Google Earth (2021)

- ETE: ERQ Norte: Localizada no Conjunto Marcos Freire II, em Nossa Senhora do Socorro. Possui pontos de coleta das amostras o gradeamento e calha parshall. Os tratamentos admitidos são as lagoas facultativas e lagoas de maturação. Tem o Rio Sal como corpo receptor. A figura 7 apresenta uma imagem de satélite da estação

Fig. 7. ERQ Norte



Fonte: Google Earth (2021)

- ETE: Rosa Elze: Localizada no Conjunto Eduardo Gomes, em São Cristóvão. Possui como pontos de coleta antes do gradeamento e no vertedouro. Os tratamentos utilizados são as Lagoas Anaeróbias + lagoas facultativas + lagoas de maturação. Tem o Rio Poxim como corpo receptor. A figura 8 apresenta uma imagem de satélite da estação.

Figura 8. ETE Rosa Elze



Fonte: Google Earth (2021)

- ETE: ERQ SUL: Localizada no Bairro Santa Maria em Aracaju. Possui como pontos de coleta o momento antes do gradeamento e o vertedouro. Já os tratamentos admitidos são DAFA + Lodos ativados + Lagoas de Maturação. Tem o Rio Pitanga como corpo receptor. A figura 9 apresenta uma imagem de satélite da estação

Figura 9. ERQ SUL



Fonte: Google Earth (2021)

- ETE: ERQ Oeste: Localizada no Bairro DIA em Aracaju, possui como pontos de coleta o gradeamento e vertedouro. O tratamento admitido são DAFA associados aos Lodos Ativados e Cloração. Tem o Rio Pitanga como corpo receptor. A figura 10 apresenta uma imagem de satélite da estação

Figura 10. ERQ Oeste



Fonte: Google Earth (2021)

- ETE: Orlando Dantas. No conjunto Orlando Dantas em Aracaju. Possui como pontos de coleta antes do gradeamento e calha parshall. Para os métodos de tratamento são utilizados os lodos ativados associados ao processo de cloração. Tem o Rio Pitanga como corpo receptor. A figura 11 apresenta uma imagem de satélite da estação

Figura 11. ETE Orlando Dantas



Fonte: Google Earth (2021)

4.2. Procedimentos Metodológicos

4.2.1. Coleta e Organização dos Dados de Qualidade dos Esgotos

Os dados de temperatura, sólidos sedimentáveis, ph, vazão, DBO, DQO, óleos e graxas, nitrogênio amoniacal, sulfetos e COT foram obtidos a partir dos relatórios de diagnósticos da qualidade dos esgotos elaborado pela Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO, através da Diretoria de Operação e Manutenção – DOM e Superintendência de Sistemas de Esgoto Sanitário -SUES. Com recorte espacial de janeiro a dezembro de 2020. Os dados foram dispostos em planilha em Excel.

4.2.2. Análise dos Dados de Qualidade dos Esgotos

Para análise dos dados foi realizada a Análise de Variância (ANOVA), que consiste em um método de testar igualdade entre três ou mais médias de grupos, de acordo com tratamento definido. Neste caso, considerou-se as estações de tratamento de esgoto como o fator. Para Silva (2007) os métodos de comparações múltiplas são definidos pelo agrupamento univariado, separando as médias por tratamento em grupos homogêneos ($a_1, a_2, a_3...$), minimiza variação dentro e maximiza a variação entre os grupos, após o uso da análise de variância, quando houver significância entre as variáveis, sendo o método Scott-Knott adequado para esse tipo de análise. O

software usado para realização das análises foi o SISVAR, para verificar diferenças por estações de tratamento.

Para verificar a conformidade com os limites normativos dispostos, a base utilizada foi a Resolução 430 do CONAMA.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentados os resultados comparativos antes e após o tratamento de efluentes, considerando os limites de lançamento de efluente para cada parâmetro.

5.1. Temperatura °C

Na tabela 1 estão dispostas as temperaturas de entrada do esgoto nas estações, considerando p: 5%, o teste estatístico realizado separou em 4 grupos de médias, sendo o primeiro o que apresentou as menores temperaturas e o último os maiores valores para a variável. A estação do Rosa Elze foi a que apresentou menor média para a variável, diferindo das demais, seguida pela do Orlando Dantas. As estações da Barra dos Coqueiros, Oeste e Sul, apresentaram médias significativamente iguais, por fim, a ETE Norte foi a que obteve maior média.

Tabela 1. Temperatura (°C) do afluente

Estação de Tratamento	Média
Rosa Elze	27,65 a1
Orlando Dantas	28,80 a2
Barra dos Coqueiros	29,64 a3
Oeste	30,17 a3
Sul	30,31 a3
Norte	31,72 a4
Erro padrão:	0,25

Já para a variável após o tratamento do esgoto, foram divididas em 3 grupos, sendo a ETE Orlando Dantas e Rosa Elze, com menores valores, seguidas pelas estações da Barra dos Coqueiros e Sul, posteriormente, aparecem as estações Oeste e Norte, com maiores temperaturas. A tabela 2 mostra os valores de temperatura do efluente de cada estação.

Tabela 2. Temperatura (°C) do efluente

Temperatura Efluente	
Estação de Tratamento	Média
Orlando Dantas	28,48 a1
Rosa Elze	29,00 a1
Barra dos Coqueiros	29,52 a2
Sul	29,75 a2
Oeste	30,48 a3
Norte	30,88 a3

Erro padrão:	0,25
--------------	------

Apesar da diferença significativa entre as médias, e apesar da leve elevação da temperatura na maioria das estações após o tratamento, vale destacar que, condições adequadas para o desenvolvimento das atividades bacterianas estão entre os 25°C e 35°C, pois o processo aeróbico e anaeróbico podem cessar em valores acima dos 50° e em temperaturas inferiores a 15°C pode ocorrer a inativação da atividade bacteriológica (METCALF; EDDY, 2003), sendo assim, todas as estações de tratamento apresentaram-se dentro da faixa ótima para temperatura. Para o efluente conforme o CONAMA 430 o limite indicado é menor 40°C, visto que, alguns processos físico-químicos possuem como agente catalizador a temperatura, a exemplo, os coliformes termotolerante, que associados a outros fatores e temperaturas entre 44°C e 45°C podem produzir ácidos, gases e aldeído (BRASIL, 2011).

5.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Quanto a variável pH, o estudo indica diferença estatística entre as estações quanto ao esgoto que entra, sendo que o esgoto do Rosa Elze, apresentou menor valor, seguido pela ETE Norte, posteriormente, sem diferenças significativas, as estações Oeste, Orlando Dantas, Sul e Barra dos Coqueiros. Todas as estações já recebem afluentes com características próximas a neutralidade conforme exposto na Tabela 3.

Tabela 3. pH do afluente

Ph Afluente	
Estação de Tratamento	Média
Rosa Elze	7,04 a1
Norte	7,14 a2
Oeste	7,23 a3
Orlando Dantas	7,24 a3
Sul	7,25 a3
Barra dos Coqueiros	7,28 a3
Erro padrão:	0,031

Após o tratamento, os níveis permanecem próximos a neutralidade, o que não prejudica o corpo hídrico receptor, atendendo o intervalo de pH de 5 a 9 conforme o CONAMA 430 (BRASIL,2011).

Apesar disto, houve alterações no nível de significância dos grupos estatísticos para a variável, no qual, a estação do Orlando Dantas e Oeste, apresentaram valores menores para o

pH após o tratamento se comparado com as demais estações. O segundo grupo foi composto pela ETE da Barra dos Coqueiros e Rosa Elze, o terceiro pela Sul e por fim a Norte, conforme tabela 4.

Tabela 4. pH do efluente

pH Efluente	
Estação de Tratamento	Média
Orlando Dantas	7,21 a1
Oeste	7,24 a1
Barra dos Coqueiros	7,32 a2
Rosa Elze	7,39 a2
Sul	7,65 a3
Norte	7,94 a4
Erro padrão:	0,045

5.3 Sólidos Sedimentáveis (SSed) mL/L

Estatisticamente, apenas a estação do Orlando Dantas diferiu das demais, apresentando média superior as demais (tabela 5). Após aplicação do tratamento, todas as estações apresentaram efluentes dentro do limite de 1 mL/L permitidos (tabela 6). Destaque na remoção dos sólidos para a ETE Orlando Dantas, que teve a maior eficiência de remoção, com 99,53%, seguida pela Norte 98,18%, a Oeste, foi a que apresentou menor valor para eficiência com 28,26%, conforme figura 12. (BRASIL, 2011).

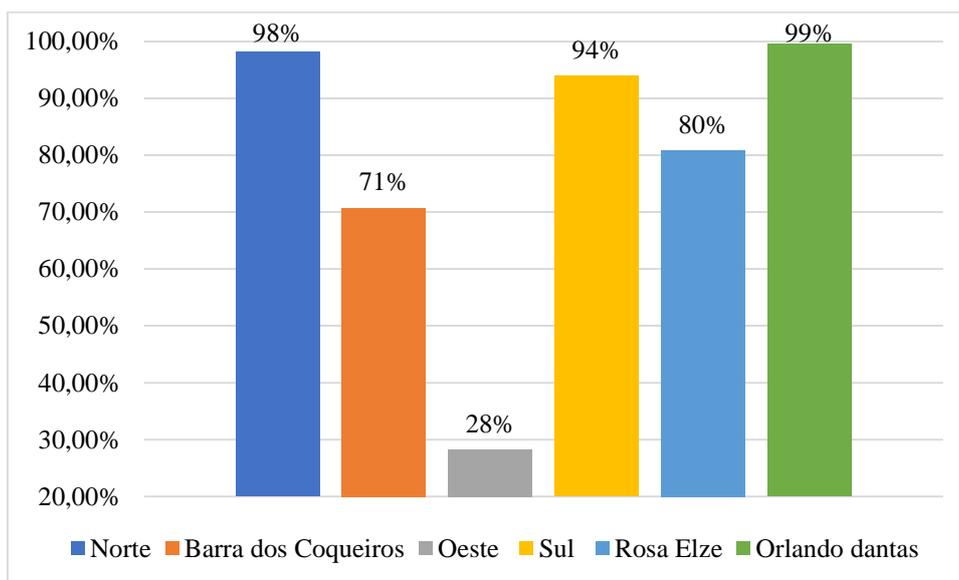


Figura 12. Eficiência de remoção de sólidos sedimentáveis das ETE's.

Tabela 5. Sólidos Sedimentáveis (mL/L) do Afluente

Sólidos Sedimentáveis Afluente (mL/L)	
Estação de Tratamento	Média
Barra dos Coqueiros	0,74 a1
Oeste	0,92 a1
Norte	1,10 a1
Rosa Elze	1,90 a1
Sul	1,95 a1
Orlando Dantas	4,23 a2
Erro padrão: 0,48	

Tabela 6. Sólidos sedimentáveis (ml/L) do efluente

Sólidos Sedimentáveis Efluente (ml/L)	
Estação de Tratamento	Média
Norte	0,20 a1
Orlando Dantas	0,02 a1
Sul	0,12 a1
Barra dos Coqueiros	0,22 a1
Rosa Elze	0,36 a1
Oeste	0,66 a1
Erro padrão: 0,24	

Lima (2016) analisando a estação do Orlando Dantas para a remoção de sólidos sedimentáveis indica que em 2013 houve o lançamento do efluente após tratamento com sete vezes o limite de sólidos sedimentáveis acima do que a legislação permite, com 8ml/L, porém indica a possibilidade de o fator estar associado a algum erro na apresentação dos dados, considerando os limites encontrados no afluente.

Em seu trabalho Orssatto, Boas e Eyeng (2015), apresentam que a eficiência da remoção de SSed pode estar relacionada com alguns fatores, entre os quais os picos na vazão, no qual também não encontraram resultados significativos para a variável, com valores finais que chegam a 1,8 ml/L e alto coeficiente de variação dos dados. Os autores indicam a possibilidade de arraste dos sólidos do decantador de tratamento físico-químico nos horários de pico, visto que, no teste de normalidade a hipótese de os dados serem normais foi rejeitada.

5.4. Vazão m³/h

As vazões variam de acordo com a estrutura e capacidade de tratamento das estações. Ainda, apresentam alterações dentro das estações do ano, porém sem diferenças significativas por mês, apesar disto, foi possível evidenciar diferença numérica nos meses de maio, junho e julho para a maioria dessas. Orlando Dantas, Barra dos Coqueiros e Rosa Elze apresentam volumes similares de vazão. A Oeste ficou separada das demais em um segundo grupo, seguida pela Norte e pôr fim a estação Sul, por possuir maior capacidade de vazão efluente com base na análise estatística considerando p 5%. Os resultados são apresentados na tabela 7.

Tabela 7. Vazão efluente (m³/h)

Vazão Efluente (m³/h)	
Estação de Tratamento	Média
Orlando Dantas	83,76 a1
Barra dos Coqueiros	91,96 a1
Rosa Elze	92,78 a1
Oeste	226,88 a2
Norte	884,87 a3
Sul	1143,68 a4
Erro padrão:	34,84

Conforme a figura 13, para a estação Sul no mês de dezembro há significativo decréscimo na vazão, a redução não é justificada no relatório de automonitoramento da DESO, então a sua causa é desconhecida. Mas algumas razões possíveis são manutenções na estação que teve que ter a sua vazão efluente reduzida ou mudança no tempo de detenção do esgoto na estação outra razão poderia ser erros de leitura, entretanto esta causa é improvável, pois a medição é feita diariamente e tamanha diferença seria notada.

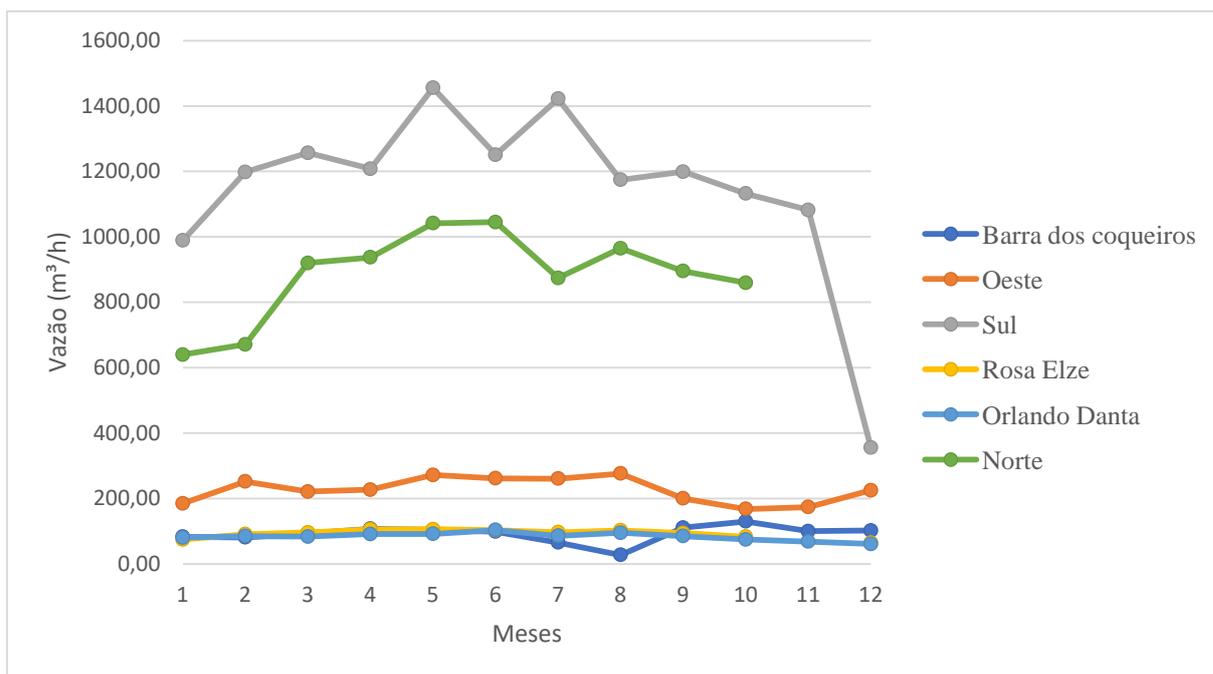


Figura 13. Variação mensal da vazão efluente (m³/h) por estação.

5.5. Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L)

Com base no CONAMA 430/11 os limites para lançamento de efluentes nos corpos hídricos é de 120mg/L, com base nisso, é possível afirmar que todas as estações recebem esgoto inapropriados para disposição em corpos hídricos e lançam dentro do que a legislação regulamenta. Conforme apresentado na tabela 8, as estações apresentam-se como iguais com 5% de significância, exceto a estação do Orlando Dantas, que recebe com níveis significativamente acima das demais. Porém, após o tratamento, a estação do Orlando Dantas apresenta o nível mais baixo para DBO, que além de estar dentro do limite estabelecido é significativamente melhor que as demais estações, estando todas as demais em um único grupo (tabela 9).

Tabela 8. Concentração de DBO (mg/L) no afluente.

DBO do Afluente (mg/L)	
Estação de Tratamento	Média
Norte	166,50 a1
Oeste	222,00 a1
Sul	256,54 a1
Barra dos Coqueiros	269,00 a1
Rosa Elze	273,62 a1
Orlando Dantas	384,00 a2
Erro padrão:	31,81

Tabela 9. Concentração de DBO (mg/L) no efluente.

DBO do Efluente (mg/L)	
Estação de Tratamento	Média
Orlando Dantas	20,83 a1
Rosa Elze	61,36 a2
Sul	77,18 a2
Oeste	80,80 a2
Norte	86,10 a2
Barra dos Coqueiros	89,36 a2
Erro padrão:	11,20

Comparando com os dados obtidos por Lima (2016), constatou que tanto o esgoto de entrada quanto o de **saída** para a estação do Orlando Dantas apresentam médias menores no ano de 2014, com efluente extrapolando os limites para os meses de fevereiro, março e junho. Diferindo do presente estudo, no qual, a ETE em questão, apresentou eficiência de remoção de 94,58%, conforme figura 14.

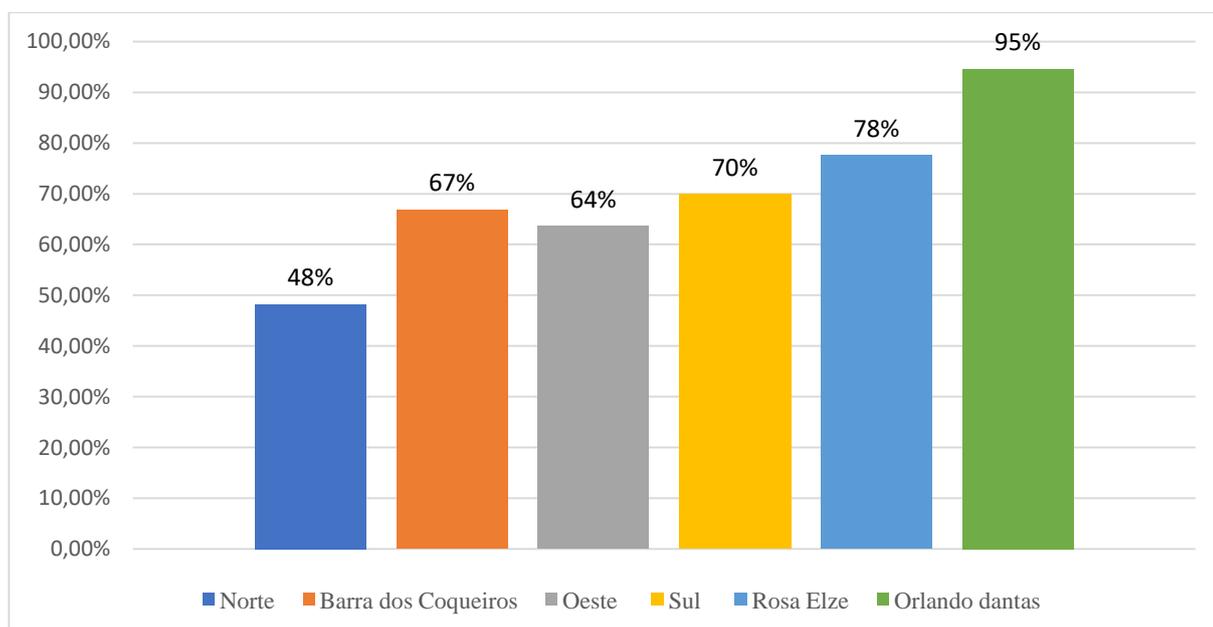


Figura 14. Eficiência de remoção de DBO.

Com base no gráfico da figura 15, foi possível constatar que algumas estações ultrapassaram o limite de 120mg/L de DBO no efluente e não atingem 60% de remoção, conforme estipula CONAMA 430/11, entre estas a ETE Sul no mês de janeiro, a Oeste para o mês de fevereiro, Norte e Barra dos Coqueiros no mês de outubro, Norte e Oeste em dezembro.

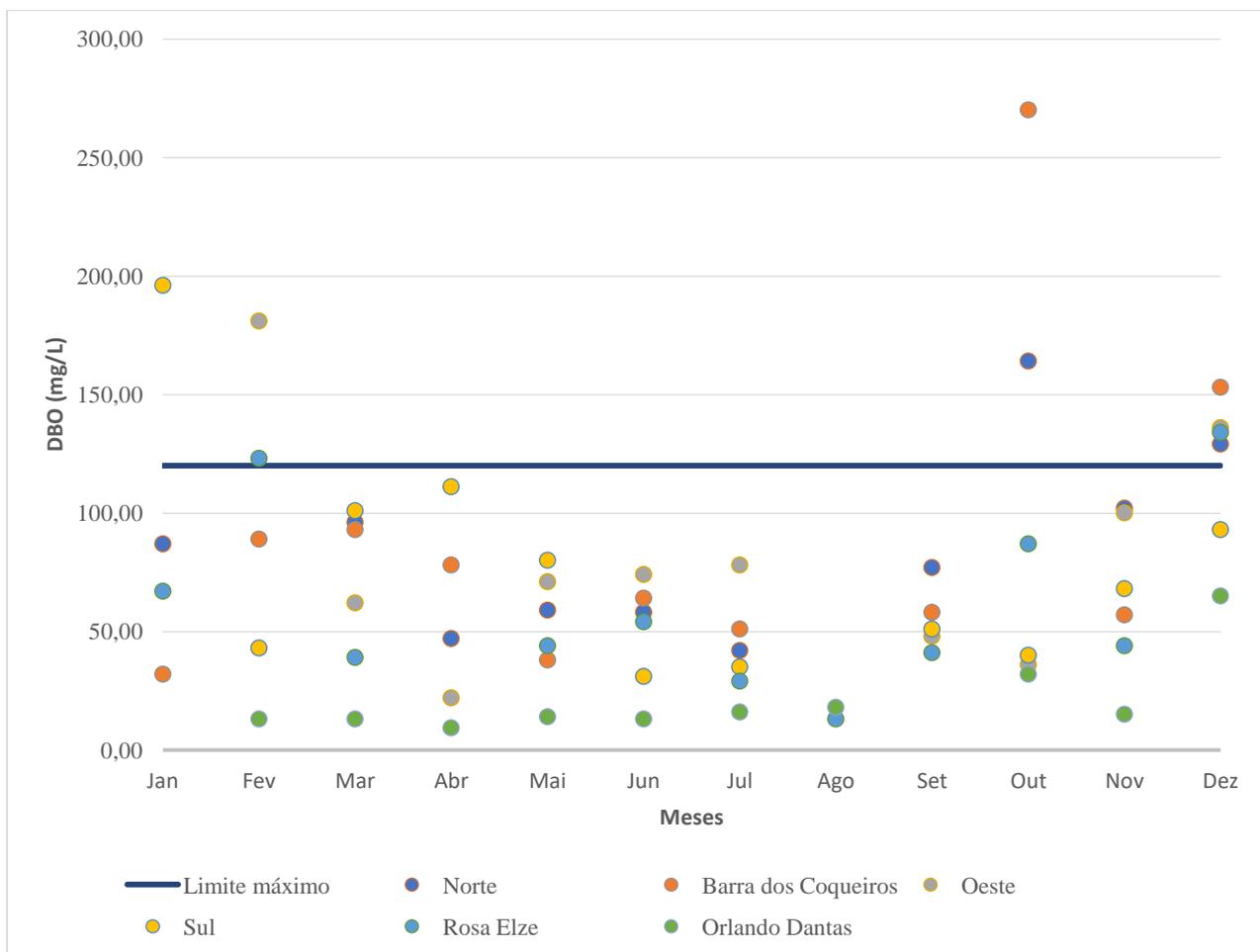


Figura 15. Variação de DBO efluente por mês, com base no limite de 120mg/L.

5.6. Demanda química de oxigênio (DQO) mg/L.

Com base nos dados apresentados na tabela 10, as estações Norte e Oeste apresentaram valores menores de DQO no esgoto afluente, diferindo estatisticamente das demais, que se apresentaram iguais para a variável.

Tabela 10. Demanda Química de Oxigênio do Afluente mg/L.

DQO do Afluente (mg/L)	
Estação de Tratamento	Média
Norte	339,10 a1
Oeste	400,00 a1
Rosa Elze	509,45 a2
Sul	519,18 a2
Barra dos Coqueiros	573,73 a2
Orlando Dantas	629,30 a2
Erro padrão:	53,81

Já no efluente após o tratamento, que consta na tabela 11, as estações ficaram separadas em 3 grupos de acordo com os menores valores para a variável, sendo que a ETE Orlando Dantas, apresentou-se DQO significativamente menor que as demais, indicando uma boa eficiência de remoção. Seguida pela ETE Oeste, Rosa Elze e Sul e em um outro grupo, Barra dos Coqueiros e Norte.

Tabela 11. Demanda Química de Oxigênio do Efluente (mg/L).

DQO do Efluente (mg/L)	
Estação de Tratamento	Média
Orlando Dantas	61,30 a1
Oeste	168,70 a2
Rosa Elze	176,56 a2
Sul	191,91 a2
Barra dos Coqueiros	246,36 a3
Norte	248,00 a3
Erro padrão:	23,40

A DQO dos efluentes apresentam valores maiores que a DBO, como o esperado por degradar tanto a matéria orgânica biodegradável como a não-biodegradável. Moraes e Santos (2019) apresentam que a legislação federal não apresenta valores limites para esta variável, deixando a critério do estado a adoção de padrões que se adequam ao contexto ambiental e econômico. O estado de Sergipe também não apresenta os limites permitidos, assim como a Bahia. Outro estado que faz limite com Sergipe é Alagoas, que adota os valores normativos através do Decreto 6.200/1985 de 150mg/L, valor similar a legislação aplicada em outros países. Com base nessa prerrogativa, caso fosse adotado tais limites, apenas a estação do Orlando Dantas atenderia para a variável. Apesar disto, alguns estados menos restritivos adotam limites superiores a 200mg/L

A figura 16 apresenta a variação de DQO efluente ao longo do ano, é possível observar altas concentrações nos meses de Fevereiro e Março na ETE Barra dos Coqueiros, apesar disso quando comparado com a figura 15 que trás os valores de DBO efluente a estação ainda não ultrapassa o limite de 120 mg/L. Os pontos ausentes nas linhas de cada estação são devido à ausência do dado, todas estações deixaram de fazer uma ou duas medições mensais ao longo do ano.

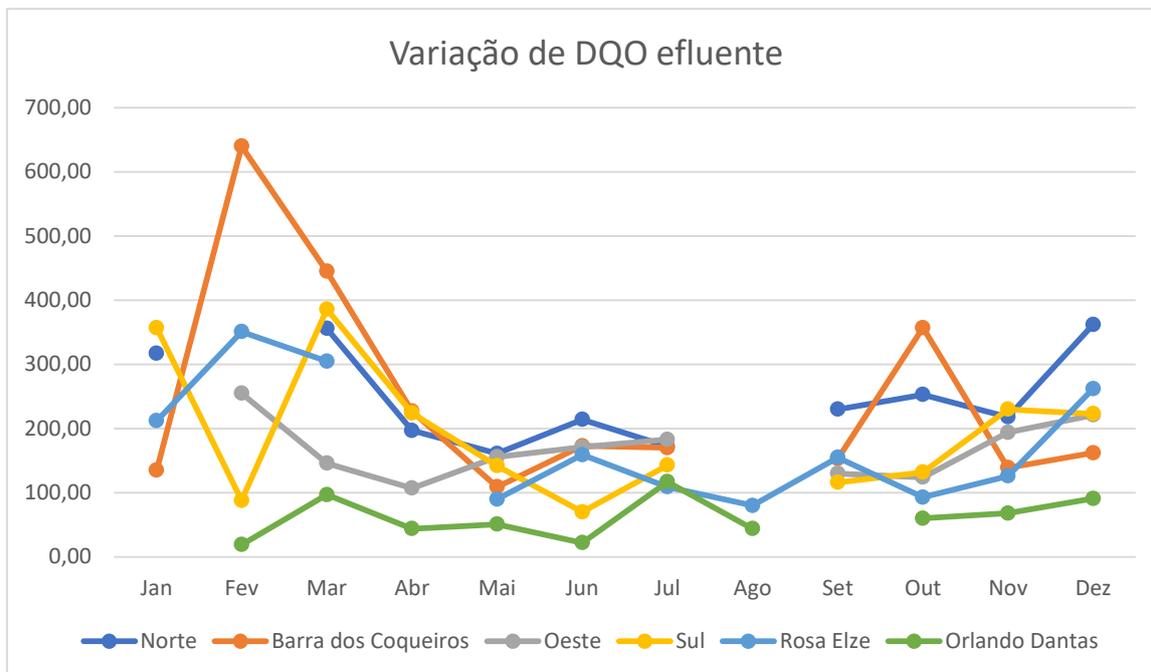


Figura 16. Variação de DQO efluente ao longo dos meses, por estação.

5.7 Nitrogênio Amoniacal mg/L

Com base na legislação do CONAMA 430/11, o limite de concentração de N amoniacal estabelecido para lançamento de efluentes é de 20mg/L, sendo assim, apenas estações do Orlando Dantas e Norte apresentaram médias dentro do padrão da normativa. Apesar disto, mesma legislação, no Capítulo II, seção III, art. 21 e inciso 1º, apresenta que:

§ 1o As condições e padrões de lançamento relacionados na Seção II, art. 16, incisos I e II desta Resolução, poderão ser aplicáveis aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários, a critério do órgão ambiental competente, em função das características locais, não sendo exigível o padrão de nitrogênio amoniacal total.

Considera-se que a concentração de nitrogênio amoniacal no efluente deve atender ao padrão de enquadramento do corpo receptor. Morais e Santos (2017) apresentam que essa é uma variável contraditória na legislação, alguns estados adotam limites próprios e até mais restritivos, os limites adotados em Alagoas, Ceará, Roraima, Mato Grosso do Sul, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Santa Catarina variam entre 5mg-N/L e 20mg-N/L, conforme a legislação estadual. Os autores destacam que esse é uma das variáveis mais utilizadas em detrimento do Nitrogênio Total, uma vez que pode apresentar a atuação da amônia no ambiente, principalmente por ser um elemento nocivo, principalmente em sua forma não ionizada.

Quanto a análise estatística, a ETE Orlando Dantas apresentou média de 2,38 mg/L, diferindo das demais, seguida pela Norte. Posteriormente, sem diferença estatística estão a

Rosa Elze e Oeste e por fim, as ETEs Sul e Barra dos Coqueiros.

Tabela 12. Concentração de Nitrogênio Amoniacal do Efluente (mg/L).

Nitrogênio Amoniacal do Efluente (mg/L)	
Estação de Tratamento	Média
Orlando Dantas	2,38 a1
Norte	17,23 a2
Rosa Elze	27,78 a3
Oeste	30,40 a3
Sul	34,39 a4
Barra dos Coqueiros	39,53 a4
Erro padrão:	1,79

5.8 Sulfetos

Para sulfetos, o CONAMA 430 estabelece limite aceitável de 1,0mg/L, com base nisso, a estação Norte foi a única que apresentou média anual que descumpra a normativa vigente para os padrões de lançamento de efluentes. Quanto a análise estatística, as estações do Orlando Dantas, Oeste, Barra dos Coqueiros e Sul, apresentaram resultados mais efetivos na remoção e valores significativamente superior em relação às estações do Rosa Elze e Norte.

Tabela 13. Concentração de Sulfetos no Efluente (mg/L)

Sulfetos Efluente (mg/L)	
Estação de Tratamento	Média
Orlando Dantas	0,22 a1
Oeste	0,57 a1
Barra dos Coqueiros	0,60 a1
Sul	0,64 a1
Rosa Elze	0,94 a2
Norte	1,07 a2
Erro padrão: 0,18	

5.9 Óleos e Graxas (TOG)

As estações Orlando Dantas, Rosa Elze, Oeste, Barra dos Coqueiro e Sul apresentaram resultados estatisticamente inferiores em relação a ETE Norte. Sendo que, a última, foi a única que apresentou valor médio anual acima de 20mg/L. O CONAMA 430 estabelece limite de 20mg/L para óleos minerais e 50mg/L para óleos de origem vegetal e gordura animal. Lima (2019) aponta que os óleos e graxas tem efeito na obstrução nas redes coletoras de

esgoto, de processos biológicos de tratamento. Nas águas, atuam limitando trocas gasosas entre a massa líquida e a atmosfera, quando reduzido, não inibe o tratamento biológico.

Tabela 14. Concentração de Óleos e Graxas no Efluente (mg/L)

Óleos e Graxas Efluente (mg/L)	
Estação de Tratamento	Média
Orlando Dantas	2,93 a1
Rosa Elze	5,89 a1
Oeste	6,33 a1
Barra dos Coqueiros	6,63 a1
Sul	9,92 a1
Norte	26,58 a2
Erro padrão: 2,16	

5.10 Coliformes Termotolerantes

Não houve diferença significativa para o esgoto anterior ao tratamento por estações. Enquanto para o efluente, apenas a estação Oeste diferiu das outras, com níveis de COT maiores em relação as demais estações, assim como a sua eficiência de redução foi consideravelmente menor com 93,84%, enquanto as outras tiveram eficiência acima ou por volta de 98%.

A legislação federal do CONAMA 430 e 357 não estabelecem valores máximos ou eficiência de redução para coliformes termotolerantes. Apenas quatro estados brasileiros adotam limites para COT, entre estes, Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Sul e Bahia. O limite mais restritivo ocorre no Ceará, que estabelece que os Coliformes termotolerantes não devem ultrapassar 10.000 NMP/100 ml, seguidos por Pernambuco e Rio Grande do Sul, que trazem valores entre 10.000 NMP/100 ml e 100.000 NMP/100 ml, sendo estes últimos moderadamente restritivos, para diretrizes menos restritivas. Aparecem também os estados da Bahia, Pernambuco e Rio Grande do Sul, que aceita limites acima de 100.000 NMP/100 ml. Sendo que estes variam de acordo com as regulamentações específicas, que podem estar ajustadas a atividade desenvolvida ou variam de acordo com o enquadramento do corpo hídrico receptor (MORAIS e SANTOS, 2017).

Com base nisso, vale destacar que, apesar de existirem diferenças significativas entre os tratamentos, o esgoto sanitário concentra elevadas cargas de coliformes termotolerantes, como no caso do esgoto que chega na estação Oeste, que apesar de apresentar diferença significativa para as demais, com efluente ainda com concentrações maiores, conseguiu uma

eficiência significativa para redução dos níveis. Em comparação com a legislação moderadamente restritiva, apenas a ETE Rosa Elze seria atendida.

Tabela 15. Concentração de Coliformes Termotolerantes no Afluente (NMP/100) mL

Coliformes termotolerantes afluente (NMP/100) ml	
Estação de Tratamento	Média
Sul	1,82E + 8 a1
Barra dos Coqueiros	3,51E + 8 a1
Norte	3,51E + 8 a1
Rosa Elze	3,51E + 8 a1
Orlando Dantas	3,51E + 8 a1
Oeste	4,60E + 8 a1
Erro padrão: 9,87E + 5	

Tabela 16. Concentração de Coliformes Termotolerantes no Efluente NMP/100) mL

Coliformes termotolerantes efluente (NMP/100) mL	
Estação de Tratamento	Média
Rosa Elze	1,18E + 5 a1
Norte	4,74E + 5 a1
Sul	3,00E + 6 a1
Orlando Dantas	4,89E + 6 a1
Barra dos Coqueiros	7,18E + 6 a1
Oeste	2,8E + 7 a2
Erro padrão: 5,05E + 6	

5.11 Comparação entre Estações com Mesmo Tipo de Tratamento

A solução mais adotada é **lodos ativados** em 4 ETE's, a segunda DAFA, seguido por lagoas de maturação e cloração em 3. As estações Norte e do Rosa Elze utilizam sistemas de lagoas sucessivas, sendo **elas** do tipo facultativas e maturação, no entanto a do **Rosa Elze complementa o tratamento com lagoas anaeróbicas**, sendo a única que utiliza esse tipo.

A fim de comparação as estações foram separadas em três grupos a depender do tipo de tratamento. O primeiro é formado pelas ETE's Barra dos Coqueiros, Oeste e Sul com tratamento utilizando DAFA + lodos ativados + desinfecção (cloração ou lagoas de maturação). O segundo é formado pelas ETE's Norte e Rosa Elze, que empregam o uso de lagoas facultativas e de maturação, para ETE Rosa Elze também lagoas anaeróbicas. E o terceiro é a ETE Orlando Dantas que adota, lodos ativados + desinfecção (cloração).

Todas as estações possuem tratamentos preliminares com gradeamento e desarenador seguidos de tratamentos secundários via ação biológica. Os tipos de tratamento adotado por cada estação estão apresentados no Quadro 4.

QUADRO 4. Tipo de tratamento secundário das ETE's.

ETE	Tipo de Tratamento
Norte	Lagoas facultativas + lagoas de maturação
Barra dos Coqueiros	DAFA + lodos Ativados + cloração
Oeste	DAFA + lodos Ativados + cloração
Sul	DAFA + lodos ativados + lagoas de maturação
Rosa Elze	Lagoas anaeróbias + lagoas facultativas + lagoas de maturação
Orlando Dantas	Lodos ativados + cloração

Todas as estações atendem satisfatoriamente as exigências do CONAMA 430 e com pequenas variações para os parâmetros: pH, temperatura e sólidos sedimentáveis. Dessa forma restringimos a comparação para a eficiência de remoção de: DBO, DQO, coliformes termotolerantes, concentração de nitrogênio amoniacal, sulfetos, óleos e graxas para os efluentes das estações.

5.11.1. Grupo 1 (**Lodos ativados** + DAFA + desinfecção)

As ETE's, Barra dos Coqueiros, Oeste e Sul que utilizam o tratamento DAFA + lodos ativados + desinfecção (cloração ou lagoas de maturação). As estações são de porte diferentes, variando significativamente o volume de esgoto tratado, destaca-se a ETE Sul que tem a maior capacidade de tratamento dentre todas as estações analisadas. Os valores de DBO do esgoto afluente das estações são próximos e variam dentro da faixa de valores típicos 200 a 400 mg/L para concentrações descritas como média a forte (JORDÃO; PESSÔA, 2011). O desempenho para a remoção de DBO foi próximo entre as três estações variando de 63,60% a 69,91% de remoção e os valores são menores que o limite de 120 mg/L (CONAMA, 2011). Para a remoção de DQO os resultados também foram próximos, variando de 57,06% a 63,04%.

A tabela 18, referente ao grupo 1 de estações de tratamento, apresenta os resultados para as variáveis DQO, DBO e coliformes. Considerando a primeira variável, todas ETEs

apresentaram eficiência média (60% a 80%). Já para DQO, a eficiência obtida para as ETEs Barra dos Coqueiros e Oeste foi considerada baixa (abaixo de 60%), e média (60% a 80%) para a ETE Sul, tendo como elemento diferencial dessa última, o uso de lagoas de maturação. Para a variável coliformes termotolerantes, todas as estações apresentaram altos índices de remoção (acima de 80%), valores referência disponibilizados pela ANA para os principais tratamentos de esgoto utilizados no Brasil (2017).

Para Chernicharo (2006), considerando como tratamento a associação de DAFA e Lodos ativados, eficiência de remoção mínima para remoção de DBO é de 83% e máxima de 93%, já para DQO o menor valor admitido é de 75% e maior de 88%. Para coliformes, a eficiência deve estar entre 1 e 2 unidades logarítmicas, com base nesta métrica, os resultados encontrados na presente pesquisa, indicam que apenas para coliformes termotolerantes estiveram adequados aos limites. Vale ressaltar que, apesar das três ETEs em questão utilizarem a associação de tratamentos, possuem ainda uma etapa adicional de desinfecção, duas por cloração e uma por lagoa de maturação.

Apesar de estarem dentro das normativas para as variáveis indicadas na tabela 18, os resultados se apresentam inferiores ao esperado para esse tipo de associação (DAFA + lodos ativados), visto que, Saliba (2016) com o mesmo sistema encontrou resultados acima de 90% os mesmos parâmetros.

Tabela 18. Eficiência de remoção de matéria orgânica e coliformes das ETE's do grupo 1.

ETE	Tipo de Tratamento	DBO	DQO	Coliformes
		Remoção	Remoção	Remoção
Barra dos Coqueiros	DAFA + Lodos Ativados + Cloração	66,78%	57,06%	97,95% (1 unid. Log.)
Oeste	DAFA + Lodos Ativados + Cloração	63,60%	57,83%	93,84% (1 unid. Log.)
Sul	DAFA + Lodos ativados + Lagoas de Maturação	69,91%	63,04%	98,35% (1 unid. Log.)

Tabela 19. Concentrações de nitrogênio amoniacal, sulfetos e óleos e graxas para as ETE's do grupo 1.

ETE	Tipo de Tratamento	Nit.	Sulfetos	Óleos e graxas
-----	--------------------	------	----------	----------------

		Amoniacal (mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Barra dos Coqueiros	DAFA + Lodos Ativados + Cloração	39,53	0,60	6,63
Oeste	DAFA + Lodos Ativados + Cloração	30,40	0,57	6,33
Sul	DAFA + Lodos ativados + Lagoas de Maturação	34,39	0,64	9,92

Ainda sobre as ETE's do grupo 1, comparando as concentrações dos parâmetros nitrogênio amoniacal, sulfetos, óleos e graxas no esgoto efluente, para esses parâmetros os relatórios disponibilizados pela DESO não contam com os valores para o esgoto afluente, o que impossibilita o cálculo de eficiência de remoção. Para sulfetos os valores médios das estações ficaram entre 0,57 e 0,64 mg/L, abaixo do limite 1 mg/L estabelecido pelo CONAMA 430/2011. Já para óleos e graxa os resultados apresentados variaram entre 6,33 e 9,92 mg/L e também foram inferiores ao limite de 100 mg/L da mesma resolução.

Sobre a concentração de nitrogênio amoniacal no efluente dessas estações, os valores médios tiveram baixa variação e ficaram entre 30,40 e 39,53 mg/L, estando esses acima do limite de 20 mg/L indicado pela resolução 430/2011 para efluentes de qualquer fonte poluidora, contudo, não há especificações para efluentes de estações de esgotamento sanitário no mesmo regulamento, ficando a critério dos órgãos ambientais e gestores locais indicação. Vale ressaltar que, conforme Chernicharo (2006), a combinação de DAFA e lodos ativados pode apresentar resultados insatisfatórios quando o objetivo principal é a remoção de tal elemento, bem como para fósforo, à medida que o processo anaeróbio não há a remoção significativa de nutrientes, apesar de remover matéria orgânica, fazendo com que se eleve a razão nutriente/matéria orgânica, o que prejudica a remoção biológica de nutrientes pelo tratamento por lodos ativados.

Em estudo com as ETEs Sul e Oeste, Lima (2016) apresentou que a primeira foi ligeiramente superior para eficiência considerando nitrogênio, fósforo e coliformes, porém, para DBO, a ETE Oeste, apresentou maior índice de eficiência de remoção no período estudado, visto que, no presente estudo a ETE Sul, atualmente se apresenta superior quanto à eficiência em todos os parâmetros analisados referentes ao estado atual de funcionamento das estações.

5.11.2. Grupo 2 (Lagoas facultativas e lagoas de maturação)

Analisando o desempenho do segundo grupo que é formado pelas ETE's Norte e Rosa Elze, que empregam o uso de lagoas facultativas e de maturação, a ETE Rosa Elze utiliza **também uma lagoa anaeróbica** no seu processo de tratamento. Estas estações recebem esgoto em quantidade e características diferentes, enquanto a ETE Norte tem concentração média de DBO dentro da faixa descrita como fraca a médio e vazão de 884,87 m³/h, já para a ETE Rosa Elze a concentração média de DBO está dentro da faixa descrita como média a forte e vazão de 92,55 m³/h, mais de nove vezes menor (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Tabela 20. Eficiência de remoção das ETE's do grupo 2.

ETE	Tipo de Tratamento	DBO	DQO	Col. Term.
		Remoção	Remoção	Remoção
Rosa Elze	Lagoas Anaeróbicas + lagoas facultativas + lagoas de maturação	77,57%	65,35%	99,97%
Norte	Lagoas facultativas + lagoas de maturação	48,29%	26,87%	99,86%

Tabela 21. Nitrogênio amoniacal e sulfetos e óleos e graxas para as ETE's do grupo 2.

ETE	Tipo de Tratamento	Nit. Amoniacal (mg/L)	Sulfetos (mg/l)	Óleos e graxas (mg/l)
Rosa Elze	Lagoas Anaeróbicas + lagoas facultativas + lagoas de maturação	27,78	0,94	6,43
Norte	Lagoas facultativas + lagoas de maturação	17,02	1,07	26,58

O desempenho para a remoção de DBO e DQO diferiu entre as estações, a ETE Rosa Elze obteve eficiência de remoção de 77,57% para DBO, enquanto a ETE Norte apenas 48,29%, embora ambas atendam ao limite de 120mg/L. Para DQO as estações seguiram o mesmo comportamento a ETE Rosa Elze obteve eficiência de remoção de 65,35%, já a ETE Norte apenas 26,87%. Dessa forma a ETE Norte se destaca negativamente como a estação analisada com menor eficiência de remoção de matéria orgânica. Os dados corroboram com o trabalho de Lima (2016) que apresentou maior concentração final de DBO no efluente

analisando também a ETE Norte entre 2013 e 2014, apesar de ter melhorado seus índices de eficiência remoção para DBO e coliformes termotolerantes.

Segundo Chaves (2017) a ETE Norte recebe contribuições de caminhões limpa-fossa e que não são contabilizadas pela DESO, pois o despejo ocorre direto nas lagoas fato que pode provocar assoreamento destas, com isso os dados não refletem a real eficiência da estação.

Conforme Jordão e Pessôa, (2011) a eficiência típica do tratamento com associação de lagoas facultativas e lagoas de maturação é de 83% para remoção mínima de DBO e máxima de 93%, já para DQO o menor valor admitido é de 70% e maior de 83%. Para coliformes, a eficiência deve estar entre 3 e 6 unidades logarítmicas, com base nesta métrica, os resultados encontrados na presente pesquisa, indicam que as estações estiveram fora dos valores de eficiência esperado. Vale ressaltar que, embora a ETE Rosa Elze não ter alcançado os valores mínimos de eficiência indicados como referência para o seu tipo de tratamento, obteve resultado significativamente superior a ETE Norte e com valores próximos ao mínimo esperado para o tipo de tratamento usado.

Seguindo a análise comparativa entre as estações foi analisado os parâmetros óleos e graxas, nitrogênio amoniacal e sulfetos. Assim como para o grupo 1 não é possível realizar os cálculos para eficiência de remoção, pois nos relatórios não constam os valores afluentes. As concentrações desses parâmetros são apresentadas na tabela 20.

Os dados obtidos para o grupo 2 indicam que a estação do Rosa Elze apresenta valores de nitrogênio amoniacal acima do limite de 20mg/L conforme CONAMA (2011). Já para ETE Norte, o valor encontra-se dentro dos limites indicados, o que corrobora com os dados apresentados por Cordero (2016) que reflete maior eficiência de remoção para Lagoas Facultativas associadas a lagoas de maturação, a média da combinação permitiu atender as metas mais exigentes, com média de 5ml/l e 81% de remoção, tendo como piores médias, a combinação de lagoas anaeróbias e lagoas facultativas. Sendo que os valores podem variar conforme o clima e tempo de detenção hidráulica.

Já para sulfetos, a ETE Rosa Elze apresentou média inferior a ETE Norte, sendo que a segunda, alcança média acima de 1mg/L, limite apresentado no CONANA 430. O uso do processo anaeróbio ou mesmo da combinação dos tratamentos pode incidir nas menores médias, como apresenta Peroti (2020) no qual, em seu estudo destaca a eficiência das lagoas anaeróbias na remoção de sulfetos, no qual, encontrou média de 0,67mg/L⁻¹.

Quanto a óleos e graxas, quando há presença de óleos minerais, os valores não podem exceder 20 mg/L e 50mg/L para óleos vegetais e gorduras animais, visto isso, na tabela 21, a ETE do Rosa Elze mostrou eficiência superior em relação a ETE Norte para as concentrações

de óleos e graxas, o fator pode estar associado tanto ao tratamento preliminar. Para Jordão e Pessôa (2011), a concentração típica de óleos e graxas em esgotos domésticos é de 100mg/L, visto que em ambos os casos o efluente ficou abaixo desse valor. Em seu estudo Passos (2012) apresenta que significativa redução após uso da associação de lagoas facultativas e de maturação, sendo mais representativos após o segundo passo.

Analisando as concentrações de óleos e graxas em seu estudo, Haddad (2013) dispõe que as maiores concentrações de óleos e graxas são encontradas nas lagoas anaeróbias, com reduções ao longo do processo em todas as etapas, sendo assim, apesar de não ser a única responsável pelas reduções, a existência de uma etapa adicional pode refletir nas reduções dos teores de óleos e graxas, justificando os resultados encontrados na presente pesquisa.

5.11.3. Grupo 3 (Lodos ativados + cloração)

A ETE Orlando Dantas utiliza o processo de tratamento por lodos ativados e desinfecção por cloração, que difere do grupo 1 por não utilizar digestor anaeróbico de fluxo ascendente (DAFA) antes do lodo ativado. O esgoto afluente é o com maior concentração de DBO e DQO entre todas estações analisadas com valores médios de 384 mg/L e 629,30mg/L respectivamente, dessa forma dentro da faixa 200 a 400 mg/L de valores típicos de DBO para concentrações descritas como média a forte (JORDÃO; PESSÔA, 2011).

Tabela 22. Eficiência de remoção da ETE' Orlando Dantas, grupo 3.

ETE	Tipo de Tratamento	DBO	DQO	Col. Term.
		Remoção	Remoção	Remoção
Orlando Dantas	Lodos Ativados + Cloração	94,58%	90,26%	98,68%

Tabela 23. Concentrações de óleos e graxas, nitrogênio amoniacal e sulfetos para a ETE Orlando Dantas, grupo 3.

ETE	Tipo de Tratamento	Nit. Amoniacal (mg/L)	SULFETOS (mg/L)	ÓLEOS E GRAXAS (mg/L)
Orlando Dantas	Lodos Ativados + Cloração	2,38	0,22	2,93

Na tabela 23 estão apresentadas eficiência de remoção de DBO e DQO, visto que, para o sistema lodos ativados, o valor de referência é de 85% a 93% de remoção dos compostos, estando os valores encontrados nesse estudo superiores em ambas as variáveis, estando acima

também dos demais sistemas de tratamento analisados neste estudo tratamentos. Já para coliformes termotolerantes, o valor referência é de 90%, sendo que no presente estudo foi encontrado valor de 98,68%. Sendo a etapa de desinfecção de significativa importância para esse parâmetro. (VON SPERLING, 1996; JORDÃO, PESSÔA, 2011).

A ETE do Orlando Dantas, com tratamento secundário por lodos ativados e etapa de desinfecção por cloração, apresentou efluente com os melhores índices de remoção e médias dentro dos padrões admitidos pela legislação. Os dados corroboram com os de Lima (2016) avaliando a mesma estação quanto à eficiência, porém, não concordam quanto aos parâmetros de qualidade, pois, sofreram significativa mudança de 2013/2014 até 2020, enquadrando todos os poluentes as normativas vigentes.

Para DBO, Lima (2016) afirma que os valores elevados estavam atribuídos principalmente à qualidade do esgoto que entrava nas estações, o que atualmente ainda ocorre, sendo essa diferenciada por grupo de qualidade como a ETE que recebe esgoto com as maiores cargas de DBO, conseguindo então reduzir para o grupo de melhor qualidade após o tratamento, a alteração se deu em função de melhora na eficiência de tratamento, passando de 80% para 94,58% nesse estudo.

Para nitrogênio amoniacal, sulfetos e óleos e graxas, a ETE Orlando Dantas não só apresentou normas significativamente inferiores aos limites normativos, quanto médias significativamente inferiores, apresentando qualidade ajustada as normativas vigentes, considerando o limite de 20mg/L, 1mg/L e 20mg/L a 50mg/L respectivamente, conforme CONAMA 430. Von Sperling (2001) apresenta valores típicos para tais compostos de 11mg/L, para Chernicharo (2000) esse limite deve ser de 5mg/L de esgoto tratado. Os sulfetos e óleos e graxas também refletiram no melhor desempenho da estação em questão.

Para Jordão e Pessôa (2016) o processo de mistura, agitação a aeração dos efluentes permitem decomposição da matéria orgânica em esgotos domésticos, com ótimos resultados de qualidade de efluente em função de elevadas taxas de remoção e ocupando menos espaço, porém, possuem sistema de operação mais delicado, ajustes na operação podem refletir na qualidade final do efluente, outro aspecto limitante é custo de implantação e operação superiores.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se com a presente pesquisa que as estações de tratamento de esgoto da grande Aracaju atendem para a maioria dos parâmetros os limites legislativos estabelecidos, com percentual de redução elevado, apresentando assim, eficientes para maioria das variáveis analisadas. Como variáveis críticas, considerando assim a CONAMA 357 DE 2005 e 430 DE 2011, Sulfetos, Nitrogênio Amoniacal e DBO mensal, no qual, houve excessos dos componentes nos efluentes lançados após o tratamento, porém, com valores pouco acima da média admitida, indicando necessidade de melhoria nas estações. Sendo que, apenas a Orlando Dantas e Norte atendem o primeiro e apenas a Norte descumpre o segundo e Norte, Barra dos Coqueiros e Oeste para o último em determinados meses.

Houve diferença significativa entre as estações para maioria das variáveis, com destaque para ETE Orlando Dantas, estando no grupo significativamente superior para temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, DBO, DQO, Nitrogênio Amoniacal, Sulfetos e coliformes termotolerantes, com a menor vazão, utilizando como método de tratamento lodos ativados associados ao processo de cloração.

As estações Barra dos Coqueiro, Sul e Oeste que possuem tratamento com DAFA associado a lodos ativados e desinfecção, apesar de atender o limite de 120 mg/L para DBO na maioria dos meses, as estações estão aquém do potencial do sistema de tratamento associado, havendo espaço para melhoria na operação, assim como aconteceu na estação Orlando Dantas.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas de Esgoto: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. Secretária Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: 2017. 88p. Disponível em:< https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf>. Acesso em 25 de maio de 2021.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. 2019a. 190 p. Brasília. Disponível em:< http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2021.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. 2019b. **Componentes do SNIS**. Disponível em:<<http://www.snis.gov.br/componentes/menu-snis-componente-agua-e-esgotos>>. Acesso em 15 de maio de 2021.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 357**, de 15 de junho de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. 2016. Disponível em:<<http://www.snis.gov.br/diagnostic-agua-esgoto-ae-2015>> Acesso em 20 de maio de 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual de Saneamento** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2015. 642 p. il.
- BRASIL. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília, 2011.
- BERTOSSI, Ana Paula Almeida; MILEN, Larissa Cabral; GARCIA, Giovanni de Oliveira; REIS, Edvaldo Fialho dos. Índice de qualidade de efluente tratado em rampas de escoamento superficial. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 6, p. 1221-1228, dez. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019140393>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/P4BBCzbdX8Wp4dgVnT7ZHQr/?lang=pt>. Acesso em: 16 maio 2021.
- CHAVES, Vanessa Silva; SCHNEIDER, Erwin Henrique Meneses; LIMA, Arthur Silva Passos; MENDONÇA, Luciana Coêlho. **Desempenho das estações de tratamento do esgoto de Aracaju**. **Revista Dae**, [S.L.], v. 66, n. 209, p. 51-58, 2018. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2017.014>. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_209_n_1699.pdf. Acesso em: 22 maio 2021.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Politécnica, 2007. 379 p

CORDERO, MF. **Avaliação do Desempenho e da Influência das Condições Ambientais e Operacionais de Lagoas de Estabilização, Com Base Em Um Banco De Dados Internacionais**. Dissertação (mestrado) Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia da UFMG Abril 2016. Disponível em:< <https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1205M.PDF>>. Acesso em: outubro de 2021.

CUNHA, Cynara de Lourdes da Nóbrega; FERREIRA, Aldo Pacheco. Análise crítica por comparação entre modelos de qualidade de água aplicados em rios poluídos: contribuições à saúde, água e saneamento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 473-480, maio 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019112332>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/GNW7NpmJPnGM8znsXCVMpDt/?lang=pt>. Acesso em: 16 maio 2021.

HADDAD, Kátia Bittar. **Avaliação da codisposição de resíduos de fossa e tanque sépticos em sistema de tratamento de esgoto composto por lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação**. 2013. 109 f. Orientador: Prof. Dr. Eraldo Henriques de Carvalho. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2013

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6a edição ed. Rio de Janeiro, 2011. 969p

LIMA, E.N.S. **Teor de Óleo e Graxa (TOG)**. Método gravimétrico – extração com hexano. 2019. Disponível em:> <https://limaens.paginas.ufsc.br/files/2019/01/%C3%93leos-e-graxas.pdf><. Acesso em Outubro de 2021.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4 ed. Revisado por George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. New York: McGraw -Hill, 2003.

MORAIS, Naassom Wagner Sales; SANTOS, André Bezerra dos. **Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reuso de águas residuárias de diversos estados do Brasil**. Revista Dae, [S.L.], v. 67, n. 215, p. 40-55, 2019. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2019.004>.

ORSSATTO, Fábio; BOAS, Marcio Vilas; EYNG, Eduardo. **Gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada: aplicação na operação e monitoramento de uma estação de tratamento de esgoto**. Engenharia Sanitária e Ambiental, [S.L.], v. 20, n. 4, p. 543-550, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522015020040093742>.

PASSOS, Ricardo Gomes. **Avaliação de Desempenho de Lagoas de Estabilização por Meio de Dados De Monitoramento e Modelagem em Fluidodinâmica Computacional (Cfd)**. 2012. 278 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em:

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-92RJ35/1/dissertacao_final.pdf. Acesso em: 29 out. 2021.

PEROTTI, Nathalia. **ESTUDO DA ATENUAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE POLUENTES EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO TRATANDO LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO**. 2020. 130 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/20218/Perotti_Nathalia_2020_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 29 out. 2021

PIVELI, R.P. **Tratamento de Esgotos Sanitários**. Apostila da disciplina. Faculdade de Saúde Pública/USP, 2003. Disponível em:< <https://ctec.ufal.br/professor/elca/APOSTILA%20-%20TRATAMENTO%20DE%20ESGOTOS.pdf>>. Acesso em junho de 2021.

TUCCI, C. E.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p.

RODRIGUES, C.M.S. **Uso do teste Scott-Knott e da Análise de agrupamentos, na obtenção de grupos de experimentos com cana-de-açúcar**. 2007. Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba – SP. 48p.

SALIBA, Pollyane Diniz. **Avaliação do Desempenho de Sistema de Tratamento de Esgoto Sanitário Composto de Reator Uasb Seguido de Lodo Ativado: Estudo de Caso da Ete Betim Central-Mg**. 2016. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-AC2G74>. Acesso em: 27 out. 2021.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte, UFMG. v.2. 1996.