



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

MARIA JÚLIA DE MORAES VIANA

**ANÁLISE QUALITATIVA DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE POLUENTES
EM TRÊS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LOCALIZADAS
NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Recife

2023

MARIA JÚLIA DE MORAES VIANA

**ANÁLISE QUALITATIVA DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE POLUENTES
EM TRÊS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LOCALIZADAS
NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia química.

Orientador (a): Antônio Demóstenes De Sobral

Recife
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Viana, Maria Júlia De Moraes.

Análise qualitativa da eficiência de remoção de poluentes em três estações de tratamento de efluentes localizadas no estado de Pernambuco / Maria Júlia De Moraes Viana. - Recife, 2023.

69 : il., tab.

Orientador(a): Antônio Demóstenes De Sobral

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Química - Bacharelado, 2023.

Inclui referências, anexos.

1. Carga orgânica. 2. Efluentes . 3. Estação de tratamento . I. De Sobral, Antônio Demóstenes . (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)


MARIA JÚLIA DE MORAES VIANA

**ANÁLISE QUALITATIVA DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE POLUENTES
EM TRÊS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LOCALIZADAS
NO ESTADO DE PERNAMBUCO**


Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia química.

Aprovado em: 15/09/2023.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIO DEMOSTENES DE SOBRAL**
Data: 19/09/2023 15:19:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antônio Demóstenes De Sobral (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **JORGE VINICIUS FERNANDES LIMA CAVALCANTI**
Data: 19/09/2023 17:03:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jorge Vinicius Fernandes Lima Cavalcanti (1º Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **ALAN GOMES DA CAMARA**
Data: 20/09/2023 15:07:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Alan Gomes Câmara (2º Examinador)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, Alberto, Andréa e Maria Eduarda, os quais sempre se mostraram presente na minha vida em todos os aspectos, me dando suporte e apoiando todas minhas decisões.

Aos professores que tive em toda minha jornada acadêmica, cada conhecimento transmitido por cada um de vocês foi essencial para que eu conseguisse chegar aonde estou hoje.

Aos meus amigos, os que já vem de muito tempo e em especial aos que fiz durante meu trajeto acadêmico. Especialmente a Dennys, Paulo, Emilly, Saulo e Pedro. A universidade sem vocês não seria a mesma coisa.

A toda a equipe do laboratório de controle de qualidade de efluente da Companhia Pernambucana de Saneamento, pelos dois anos de estágio onde eu tive espaço para desenvolver meus conhecimentos na prática em um ambiente de trabalho saudável. Em especial à Francisco, Nathalia, Edyjane, Joseilda e Angelita por todos os conhecimentos trocados e pelo prazer em ensinar.

À equipe da Agência Estadual do Meio Ambiente, Ademilson e Heven, pela oportunidade de conhecer na prática locais pertinentes desse trabalho e pelos conhecimentos trocados pelo caminho.

RESUMO

O tratamento de efluentes é todo o processo que envolve a remoção de poluentes presente em águas residuais e é de extrema importância no controle da poluição hídrica. O efluente pode ser de fonte doméstica ou industrial, sendo o doméstico o foco deste estudo. O trabalho foi desenvolvido a partir de um estudo comparativo e minucioso entre três estações de tratamento localizadas no interior do estado de Pernambuco. Cada estação utilizou tipos de tratamentos diferentes. A ETE Rio Formoso apresenta reator UASB e lagoa de polimento como etapas principais do processo, a ETE Sirinhaém é um sistema de lagoas em série, dentre elas duas lagoas anaeróbias, quatro lagoas facultativas e quatro lagoas de maturação, e a ETE Santa cruz dispõe de lodos ativados, reatores aeróbios, decantadores e tanque de contato como processo de desinfecção. Foi realizada uma visita técnica em cada uma das estações. Foram realizadas análises em um laboratório de controle de qualidade de efluentes os parâmetros: pH, alcalinidade, cloretos, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, sólidos suspensos totais e óleos e graxas. A análise bacteriológica analisou a presença de coliformes termotolerantes. As três estações de tratamento de efluentes apresentaram resultados satisfatórios ao final de seu processo. A ETE Sirinhaém mostrou uma maior eficiência ao longo dos meses, enquanto a ETE Santa Cruz mostrou maiores variações nos valores de eficiência de remoção de DBO. Houve diminuição considerável de microrganismos patogênicos nas três estações de tratamento de efluentes, mas a etapa de desinfecção por cloro no tanque de contato da ETE Santa cruz se mostrou ser mais eficiente, com remoção de 100% em vários meses.

Palavras-chave: Carga orgânica; efluentes; estação de tratamento.

ABSTRACT

Effluent treatment is the entire process that involves removing pollutants present in wastewater and is extremely important in controlling water pollution. The effluent can be from a domestic or industrial source, with domestic being the focus of this study. The work was developed based on a comparative and detailed study between three treatment plants located in the interior of the state of Pernambuco. Each season used different types of treatments. ETE Rio Formoso has a UASB reactor and polishing lagoon as the main stages of the process, ETE Sirinhaém is a system of lagoons in series, including two anaerobic lagoons, four optional lagoons and four maturation lagoons, and ETE Santa Cruz has activated sludge, aerobic reactors, clarifiers and contact tanks as a disinfection process. A technical visit was carried out at each of the stations. Analyzes were carried out in an effluent quality control laboratory for the following parameters: pH, alkalinity, chlorides, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, settleable solids, total solids, total suspended solids and oils and greases. Bacteriological analysis analyzed the presence of thermotolerant coliforms. The three effluent treatment plants presented satisfactory results at the end of their process. ETE Sirinhaém showed greater efficiency over the months, while ETE Santa Cruz showed greater variations in BOD removal efficiency values. There was a considerable reduction in pathogenic microorganisms in the three effluent treatment plants, but the chlorine disinfection stage in the Santa Cruz ETE contact tank proved to be more efficient, with 100% removal in several months.

Keywords: Organic load; effluents; treatment station.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| Figura 1 – | Caixa de areia e calha Parshall de Rio Formoso | 22 |
| Figura 2 – | Três módulos do reator de Rio Formoso | 23 |
| Figura 3 – | Esquema reator anaeróbio | 24 |
| Figura 4 – | Lagoa de polimento Rio Formoso | 25 |
| Figura 5 – | Filtros de pedra Rio Formoso | 26 |
| Figura 6 – | Leitos de secagem Rio Formoso | 27 |
| Figura 7 – | Caixa de areia e calha Parshall de Sirinhaém | 28 |
| Figura 8 – | Lagoa anaeróbia Sirinhaém | 29 |
| Figura 9 – | Lagoas facultativas Sirinhaém | 30 |
| Figura 10 – | Lagoas de maturação Sirinhaém | 30 |
| Figura 11 – | Caixa de areia e calha Parshall de Santa Cruz | 32 |
| Figura 12 – | Lodos ativados Santa Cruz | 33 |
| Figura 13 – | Tubulação de oxigênio | 34 |
| Figura 14 – | Decantadores Santa Cruz | 34 |
| Figura 15 – | Tanque de contato Santa Cruz | 35 |
| Figura 16 – | Efluente industrial Santa Cruz | 43 |
| Figura 17 – | Entrada acumulada Santa Cruz | 47 |
| Figura 18 – | Corpo receptor Rio Formoso | 54 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| Tabela 1 – | Resultados obtidos na análise físico-química da ETE Rio Formoso | 40 |
| Tabela 2 – | Resultados obtidos na análise físico-química da ETE Sirinhaém | 41 |
| Tabela 3 – | Resultados obtidos na análise físico-química da ETE Santa Cruz | 41 |
| Tabela 4 – | Resultados obtidos na análise dos sólidos da ETE Rio Formoso | 45 |
| Tabela 5 – | Resultados obtidos na análise dos sólidos da ETE Sirinhaém | 45 |
| Tabela 6 – | Resultados obtidos na análise dos sólidos da ETE Santa Cruz | 46 |
| Tabela 7 – | Resultados obtidos na análise dos sólidos Suspensos da ETE Rio Formoso | 49 |
| Tabela 8 – | Resultados obtidos na análise dos sólidos Suspensos da ETE Sirinhaém | 49 |
| Tabela 9 – | Resultados obtidos na análise dos sólidos Suspensos da ETE Santa Cruz | 50 |
| Tabela 10 – | Resultados obtidos na análise de oxigênio dissolvido das três ETE's | 51 |
| Tabela 11 – | Resultados obtidos na análise de DBO da ETE Rio Formoso | 52 |
| Tabela 12 – | Resultados obtidos na análise de DBO da ETE Sirinhaém | 53 |
| Tabela 13 – | Resultados obtidos na análise de DBO da ETE Santa Cruz | 53 |
| Tabela 14 – | Resultados obtidos na análise de DQO da ETE Rio Formoso | 55 |
| Tabela 15 – | Resultados obtidos na análise de DQO da ETE Sirinhaém | 56 |
| Tabela 16 – | Resultados obtidos na análise de DQO da ETE Santa Cruz | 56 |
| Tabela 17 – | Resultados obtidos na análise microbiológica da ETE Rio Formoso | 57 |
| Tabela 18 – | Resultados obtidos na análise microbiológica da ETE Sirinhaém | 58 |
| Tabela 19 – | Resultados obtidos na análise microbiológica da ETE Santa Cruz | 58 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------|---|
| BNH | Banco Nacional De Desenvolvimento |
| COMPESA | Companhia Pernambucana de Saneamento |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| CPRH | Agência Estadual do Meio Ambiente |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigênio |
| DQO | Demanda Química de Oxigênio |
| EEE | Estação Elevatória de Esgoto |
| ETE | Estação de Tratamento de Efluentes |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| NBR | Norma Brasileira |
| OD | Oxigênio Dissolvido |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| PEAD | Polietileno de Alta Densidade |
| PLANASA | Plano Nacional de Saneamento |
| PLANSAB | Plano Nacional de Saneamento Básico |
| PPP | Parceria Pública-Privada |
| PSA | Programa de Saneamento Ambiental |
| RAFA | Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente |
| SES | Sistema de Esgotamento Sanitário |
| SESP | Serviço Nacional De Saúde Pública |
| UASB | Upflow Anaerobic Sludge Blanket |
| U.S EPA | U. S. Environmental Protection Agency |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 | OBJETIVOS GERAIS | 15 |
| 1.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 15 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 16 |
| 2.1 | ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DO PROJETO | 21 |
| 2.1.1 | ETE Rio Formoso | 21 |
| 2.1.2 | ETE Sirinhaém | 27 |
| 2.1.3 | ETE Santa Cruz | 31 |
| 3 | METODOLOGIA | 36 |
| 3.1 | ANÁLISE PH E ALCALINIDADE | 37 |
| 3.2 | CLORETO | 37 |
| 3.3 | DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO E DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO | 38 |
| 3.4 | OXIGÊNIO DISSOLVIDO | 38 |
| 3.5 | SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS | 38 |
| 3.6 | SÓLIDOS TOTAIS | 38 |
| 3.7 | SÓLIDOS SUSPENSOS | 38 |
| 3.8 | ÓLEOS E GRAXAS | 39 |
| 3.9 | BACTERIOLOGIA | 39 |
| 4 | RESULTADOS | 40 |
| 4.1 | PH, ALCALINIDADE, CLORETOS E ÓLEOS E GRAXAS | 40 |
| 4.2 | SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS, SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS | 44 |
| 4.3 | SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS | 48 |
| 4.4 | OXIGÊNIO DISSOLVIDO | 50 |
| 4.5 | DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO | 52 |
| 4.6 | DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO | 55 |
| 4.7 | BACTERIOLOGIA | 57 |
| 5 | CONCLUSÃO | 59 |
| | REFERÊNCIAS | 60 |

ANEXO A – RIO FORMOSO

ANEXO B – SIRINHAÉM

ANEXO C – SANTA CRUZ

ANEXO D – FÍSICO QUÍMICA RIO FORMOSO

ANEXO E – FÍSICO-QUÍMICA SIRINHAÉM

ANEXO F – FÍSICO-QUÍMICA SANTA CRUZ

1 INTRODUÇÃO

Com o início do capitalismo não havia uma grande preocupação com o meio ambiente e sustentabilidade, houve uma expansão exacerbada tanto da produção quanto do consumo, acarretando com isso uma produção enorme de lixo (Cavalcante; Silva, 2011). Foi surgindo cada vez mais a preocupação com o tratamento dado a toda essa quantidade de lixo e matéria orgânica produzida, pois o lançamento inadequado dos resíduos acarreta sérios problemas ambientais.

O controle da poluição hídrica é uma preocupação que foi aumentando na mesma proporção do aumento da urbanização e industrialização. Os esgotos produzidos são constituídos por uma enorme quantidade de carga orgânica e inorgânica muito acima do que o corpo receptor suporta (Santos, 2003). Para as cidades a melhor opção é o sistema coletivo de esgoto, onde o esgoto doméstico é direcionado a uma estação de tratamento de efluentes (ETE). Cada ETE antes de ser construída precisa necessariamente passar por um estudo minucioso para avaliar alguns fatores bastante importantes.

Um dos fatores primordiais é discriminar que tipo de efluente é gerado: doméstico ou industrial (Von Sperlling, 2005). A partir disso, é feita uma avaliação do melhor tipo de tratamento para aquele local e para a respectiva quantidade de pessoas a quem a ETE atende. Um efluente doméstico é basicamente resíduo de água produzidos em residências pessoais nas ações cotidianas de um indivíduo.

Esse esgoto sanitário contém uma grande quantidade de matéria orgânica. Possui também bactérias, gorduras, sólidos dissolvidos e ainda material inorgânico (Andreoli *et al.*, 1998). Já o efluente industrial é mais complexo pois muitas vezes traz uma carga orgânica muito mais alta em conjunto com outras substâncias muito prejudiciais ao meio ambiente. Todas as estações de tratamento possuem etapas básicas que servem como suporte na escolha dos processos.

O processo inicia já nas residências com a rede coletora, onde poderá ser direcionada diretamente a uma estação de tratamento ou a uma estação elevatória para posteriormente serem bombeadas às estações (Nuvolari, 2011). Este direcionamento após a saída das residências dependerá da distância até a estação, das declividades do trajeto e de outros fatores de engenharia. Na estação elevatória,

o efluente fica armazenado em um poço, onde será enviado as estações por bombeamento.

Na estação, inicialmente é feito um pré-tratamento, que na maioria dos casos é um tratamento físico, onde é feita a separação dos sólidos grosseiros por um gradeamento ou desarenação. A caracterização do esgoto é primeiro passo para que se obtenha uma eficiência considerável. Os tratamentos podem ser divididos em tratamentos físicos, químicos e biológicos. O primeiro, envolve métodos diretos que envolvem processos unitários físicos, como separação, caixa de areia, peneiramento, sedimentação, floculação e filtração (Silva *et al.*, 2019).

Os processos químicos são os processos unitários químicos que envolvem a remoção através de produtos químicos ou reações químicas envolvidas. É o que acontece nos processos de precipitação, desinfecção ou adsorção. O precipitado é removido por processos como sedimentação ou filtração. O tratamento biológico costuma ser um dos últimos a serem feitos antes da disposição final do poluente, onde ocorre a degradação biológica da matéria orgânica (Freire *et al.*, 2000).

Dentre eles podem ser citados os reatores aeróbios e anaeróbios, lodo ativado e lagoas de estabilização que aceleram a decomposição da carga orgânica ali presente (Sperling, 2002). A depender do efluente ao final do tratamento secundário, ele pode já ser direcionado ao corpo receptor ou pode ainda passar por uma etapa de desinfecção, que consiste em pequenas doses de hipoclorito de sódio adicionado continuamente ao efluente por um bombeamento automático.

É esperado que ao final do procedimento, o efluente esteja de acordo com a regulamentação exigida nas normas ambientais do estado, seguindo a resolução do Conselho Nacional De Meio Ambiente (CONAMA). No estado de Pernambuco, é necessário seguir em conjunto com o CONAMA os critérios da Agência Estadual De Meio Ambiente (CPRH). A empresa responsável pelos serviços prestados à população no estado de Pernambuco é a Companhia Pernambucana De Saneamento (COMPESA), em conjunto com a empresa privada BRK Ambiental.

Este projeto consiste em realizar um estudo teórico de dados referentes a três estações de tratamento de efluentes (ETE's): Rio Formoso, Sirinhaém e Santa Cruz. Serão analisados os critérios exigidos pelo CONAMA referentes aos procedimentos

realizados no laboratório central de controle de qualidade da Companhia Pernambucana De Saneamento.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a importância de algumas ETEs do estado de Pernambuco, comparando três ETEs que apresentam processos diferentes de remoção de carga poluidora.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os parâmetros: pH, alcalinidade, cloreto, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos sedimentáveis, sólidos totais, óleos e graxas e coliformes termotolerantes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O desenvolvimento de sistemas sanitários foi marcado por avanços significativos ao longo dos séculos (Nunes; Diaz, 2020). Cada região foi se desenvolvendo de maneira diferente, tendo suas dificuldades específicas em diversos aspectos como região, população e do próprio entendimento do que era de fato o problema sanitário de esgotamento. Por muito tempo isso não era visto como uma problemática pois ainda não se tinha noção de que o efluente líquido poderia gerar doenças e outras questões de saúde.

Contudo eram estruturas rudimentares e arcaicas que não conseguiam atender grandes regiões. Há vestígios arqueológicos que datam de 3000 a.C. que indicam a presença de alguns sistemas de esgotamento sanitário como drenagem nas ruas, banheiros nas residências e ruas asfaltadas. Desde os povos mais antigos como os romanos e os egípcios, houve determinada cautela e preocupação em relação a como a falta de tratamento é um risco à saúde (Silva, 1998).

Somente muito tempo depois, por volta de 500 a.C. as doenças começaram a ser relacionadas com as condições ambientais. O pontapé mais significativo foi a revolução industrial, onde houve um crescimento desenfreado de tecnologias tornando algumas cidades ao redor do mundo densamente povoadas de maneira desordenada, sem estrutura e planejamento, em um curto período de tempo (Leoneti; Prado; Oliveira, 2011). O intercâmbio comercial da época forçou países menos desenvolvidos que não conseguiam acompanhar, a tomar atitudes e colocar em práticas pequenas obras de engenharia civil que envolviam recolher águas pluviais e efluentes domésticos.

Na transição do século XVI até século XVIII houve mudanças drásticas no entendimento do mundo e das relações do homem com a natureza. Avanços de engenharia e de medicina foram cruciais para a mudança de mentalidade. Doenças passaram a ser relacionadas com falta de higiene e de condições básicas, o que teve como consequência um grande avanço ambiental. Foram promovidas ações de meio ambiente como parte de política de saúde por meio de entidades políticas que tentavam promover uma melhor qualidade de vida (Ribeiro; Rooke, 2010).

Mais adiante no século XIX, o cientista Edwin Chadwick desenvolveu uma pesquisa onde ele reafirmava a importante relação entre as péssimas condições

encontradas na cidade e as doenças que acometiam a sociedade. Ele afirmava que países com grandes polos industriais como França, Inglaterra e Alemanha possuíam bairros mais densamente habitados, apresentavam maior acúmulo de lixo. A reforma sanitária previa uma melhora significativa no recebimento de água nas residências, locais específicos para disposição de lixo, resíduos e esgotos (Ribeiro, 2004).

Um avanço importante da ciência ocorreu em 1840, que foi teoria do organismo microscópico vivo. A ideia de que doenças poderiam ser transmitidas por seres microscópicos serviu de estímulo para outras descobertas na ciência. O desenvolvimento de diversas coisas como a teoria dos germes de Pasteur que é aplicada em parte de processos industriais até os dias atuais e o desenvolvimento de medicações para doenças infecciosas. Isso serviu de base para o estabelecimento dos conhecimentos do que hoje se conhece por microbiologia (Silva; Aires, 2016).

Simultaneamente na França, o estudioso Jean Louis Mouras desenvolveu pesquisas sobre a importância do lodo em recuperação de efluentes (Nuvolari, 2011). Foi a partir dessas ideias que surgiram as primeiras concepções de tanque séptico, onde o uso de lodo foi visto como uma vantagem. Após a revolução industrial e das diversas epidemias por qual passou, a Inglaterra começou a investir em saneamento e nos anos seguintes foi desenvolvendo alguns projetos.

A grande preocupação com o rio Tâmesa se deu devido aos anos anteriores da implementação do sistema de esgotos na cidade, onde as casas, estábulos e comércio possuíam fossas que eram direcionadas diretamente ao rio (Bento, 2021). Essa decisão do governo causou uma intensa poluição ao corpo receptor, que não conseguiu dar conta de tamanha carga poluidora de uma só vez, gerando o que ficou conhecido na história da cidade como o “Grande Fedor”.

Em meados do século XIX, foram legalizadas as primeiras diretrizes para a construção de um sistema de esgoto na cidade. Construída a mais de 150 anos e que perdura até hoje, o sistema conta com túneis que servem para captar esgoto e água de chuva (Parisi, 2012). A partir do avanço da Inglaterra, outros países começaram a investir também em projetos de saneamento básico. Segundo a literatura, a partir de 1914 as primeiras estações de tratamento de efluentes começaram a ser construídas.

Comparativamente com a Inglaterra e o Rio Tâmsa, no Brasil o Rio Tietê foi um caso importante que gerou avanço no ramo, aproximadamente em 1970 (Nuvolari, 2011). Antes disso o saneamento foi tratado em casos pontuais em alguns estados do país. O Rio Tietê em São Paulo era um enorme ponto turístico e de lazer entre a população pois era um local onde existia a prática de remo.

Entre as décadas de 1950 a 1970, foi realizado um acompanhamento do aumento populacional nas periferias do estado de São Paulo (Oliveira, 2014). Na época, as moradias não eram muito próximas e não tinham rede de abastecimento de água e nem sistemas de coleta de esgoto. Os efluentes gerados eram colocados em fossas negras, ou seja, buracos em terrenos onde os dejetos eram depositados diretamente no solo, sem nenhum tipo de proteção, causando contaminação do lençol freático, resultando em doenças oriundas do consumo de água de poços contaminados.

Com o aumento populacional, a distância entre as residências foi diminuindo. Como as fossas negras e os poços eram construídos próximos, o risco à saúde pública aumentava consideravelmente. Inicialmente o governo investiu em distribuição de água para a população, não tratando o efluente gerado (Nuvolari, 2011). O pouco efluente que era coletado, era direcionado diretamente em rios e mananciais, prejudicando a natureza e diminuindo ainda mais as opções de coleta de água para a cidade.

Em determinadas épocas do ano, o nível da água do Rio Tietê ficava muito baixo e os níveis de oxigênio dissolvido se reduziam a valores próximos a zero, prejudicando completamente a biota aquática, pois o rio não conseguia se recuperar sozinho devido à carga poluidora. Um maior adensamento da população nas grandes cidades ao invés das localidades rurais gerou atraso no desenvolvimento de sistemas de esgotos sanitários pois o governo não conseguia acompanhar a demanda.

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) é todo o processo que envolve as etapas de coleta, recebimento e tratamento do efluente gerado pela população ou indústria. A maior parte do efluente doméstico é composto por água (cerca de 99,9%) e o restante (carga orgânica e inorgânica), mesmo em menor proporção, é bastante

prejudicial ao meio ambiente, poluindo demasiadamente a rede hídrica receptora caso não receba os tratamentos adequados (Inácio, 2017).

Para um bom funcionamento das redes de esgoto se faz necessário uma lista de normas que devem ser seguidas. No Brasil, a NBR 9648, normatiza o despejo de efluente líquido, podendo ele ser classificado como doméstico, pluvial e industrial. Outra importante ação do governo é o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) que tem como meta entre 2014-2033 fazer um avanço integrado no país dos quatro alicerces base: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana (Costa; Pierobon; Soares, 2018).

Com o passar do tempo os países foram melhorando e aperfeiçoando seus sistemas de esgotamento sanitário (Saiani, 2011). Esse sistema envolve melhorias e adaptações em tudo que diz respeito às ruas pavimentadas, sistemas de drenagem da cidade, sistemas de coleta, recebimento e tratamento de efluente, de maneira a melhorar a qualidade de vida e diminuir as taxas de doenças relacionadas a isto. O avanço da tecnologia possibilita que cada região avance de uma forma, desde que de antemão seja feito um estudo da região e população que será atendida pelo serviço.

Até hoje estima-se que pouco mais de 2 bilhões de pessoas no planeta tem rede de saneamento segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS). Isso ainda é um problema crescente na atualidade, pois ao longo do tempo não foram realizados projetos visando o longo prazo pois o saneamento básico não era visto como um direito social. Como cada país teve seu crescimento de maneira diferente, isso foi gerando diferentes interesses econômicos e políticos, mas um ponto em comum foi o descaso com fatores relacionados ao meio ambiente, incluindo aspectos básicos de condições humanas, como é o caso do saneamento básico. A ideia de saneamento básico foi um conceito criado aos poucos, com práticas inicialmente grosseiras e arcaicas, mas que demonstravam a preocupação com os dejetos no cotidiano (Athaydes; Parolin; Crispim, 2020).

Em 2000, foi criada uma agenda para os Objetivos De Desenvolvimento do Milênio pela Organização das Nações Unidas (ONU) e uma das importantes demandas foi a expansão dos serviços de saneamento básico e acesso a água

potável para a população (Ribeiro, 2015). Contudo, o acesso ao saneamento básico nem sempre é sinônimo de saneamento seguro, pois a qualidade do tratamento não garante um serviço livre de perigo. Muitas das instalações são bastante precárias, sendo uma das causas que pode gerar uma quantidade enorme de doenças e outros problemas no cotidiano dessa população.

O saneamento está intimamente ligado à saúde pública, mas nem sempre essa problemática foi vista dessa maneira. Devido ao histórico do Brasil colônia, os primeiros investimentos na área foram feitos por empresas estrangeiras. Porém, com um serviço de má qualidade, devido a isto o país decidiu trocar o serviço estrangeiro e investir em estatais desse ramo no final do século XX, dando início, logo em seguida o processo de comercialização do serviço de saneamento. Com o passar dos anos foi se criando alguns projetos na tentativa de tornar o saneamento um serviço mais presente para uma maior quantidade de indivíduos. A proporção de residências com água encanada e sistemas de esgotamento sanitário no Brasil aumentaram significativamente a partir dos anos 1970 (Saiani; Toneto Júnior, 2010).

Os projetos de financiamento foram essenciais para que fosse feita essa transição entre empresa privada e empresa pública, e alguns financiamentos que valem a pena serem citados foram os Serviço Nacional De Saúde Pública (SESP), e posteriormente o Plano Nacional De Saneamento (PLANASA), a qual focava nos financiamentos com recursos retornáveis, separando as instituições de saúde e saneamento. Porém, desde a extinção da PLANASA e do Banco Nacional De Desenvolvimento (BNH), o tema de saneamento básico foi praticamente extinto das prioridades estaduais até que, em 2004 foi criada a Parceria Pública-Privada (PPP), realizando concessões às empresas privadas e dando início a uma nova fase no que diz respeito ao saneamento básico (Sousa; Costa, 2016).

A cidade do Recife conta com aproximadamente 1,5 milhões de habitantes segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e devido à má distribuição de renda, a população ao longo dos anos foi se instalando em regiões denominadas “áreas de risco” e bastante precárias. Em decorrência do aumento desorganizado populacional, com o passar do tempo foi se criando regiões periféricas que são desprovidas do mínimo de infraestrutura e outras condições mínimas de habitabilidade.

Um desses problemas é o saneamento básico, que na cidade acaba sendo voltada majoritariamente para a parte da população com maior poder aquisitivo (Saiani, 2006). É de interesse social que se obtenha condições dignas de saneamento para todos os habitantes do estado. Com uma melhoria nas condições de vida dos indivíduos, diminui o número de doenças relacionadas à falta de saneamento e melhora a qualidade de vida.

2.1 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DO PROJETO

Das três estações de tratamento de efluentes deste estudo, duas delas apresentam lagoas de estabilização ao final do processo. Rio Formoso e Sirinhaém possuem diferenças em partes anteriores do tratamento, porém ambas possuem lagoas em seu tratamento antes do despejo ao corpo receptor. As lagoas são etapas bastante usadas pois ajudam a diminuir bastante a carga poluidora, ajudando na remoção de DBO. Foram escolhidas três estações de tratamento do estado de Pernambuco, sendo duas localizadas na mata sul do estado e outra no agreste, sendo respectivamente Rio Formoso, Sirinhaém e Santa Cruz Do Capibaribe.

2.1.1 ETE Rio Formoso

A ETE Rio Formoso apresenta um clima que se caracteriza por ser tropical chuvoso, pois localiza-se numa região de mata úmida sul de Pernambuco. Conforme informado no ANEXO A – Rio Formoso, a cidade atende uma população aproximada de 20.472 mil habitantes, contando com duas estações elevatórias de esgoto (EEE), enviando o emissário final ao Rio Formoso.

Apresenta na entrada gradeamento, seguido por uma calha Parshall e depois caixa de areia. Em seguida, o efluente parte para o RAFA, reator anaeróbio de fluxo ascendente, de onde será direcionado para a lagoa de polimento. Um rendimento alto ao final do processo depende diretamente do bom funcionamento de cada etapa individualmente.

A caixa de areia é um processo em que ocorre a retenção de sólidos inorgânicos sedimentáveis, fazendo com que estes não interfiram no processo biológico que ocorrerá mais adiante. Os sólidos ali retidos são retirados em média a

cada 15 dias (a depender da vazão) e direcionados à um container. Na figura 1 é possível ver a chegada do esgoto bruto na parte superior da imagem. Seguindo o fluxo, o efluente passa pela caixa de areia e logo depois pela calha Parshall, o medidor de vazão mais utilizado no tratamento de esgotos.

Figura 1 – Calha Parshall de Rio Formoso.



Fonte: A autora (2023)

O gradeamento funciona como um tratamento primário e é utilizado nesta etapa do procedimento para a remoção de sólidos grosseiros que interferem nas etapas subsequentes. A espessura do gradeamento ajuda a diminuir a velocidade do efluente que chega. O gradeamento também evita que equipamentos como bombas, tubulações e outros dispositivos sejam danificados pela presença excessiva de sólidos.

O reator anaeróbio é utilizado na etapa de tratamento secundário. No reator é realizado o tratamento biológico da matéria orgânica, decompondo a maior parcela da carga poluidora. Em Rio Formoso, o projeto tem um reator com três módulos (figura 2), e cada um deles apresenta um tempo de detenção de 6,75h. Os cálculos do projeto preveem uma remoção de até 81,5% na DQO, mas adotou-se uma eficiência de remoção de 70%. Um reator anaeróbio é um equipamento utilizado em

estações de tratamento de efluentes que consiste em um fluxo que chega diretamente na parte inferior, o leito de lodo, e através de um fluxo ascensional, faz o movimento reacional pela manta de lodo, formando gás metano e outros subprodutos.

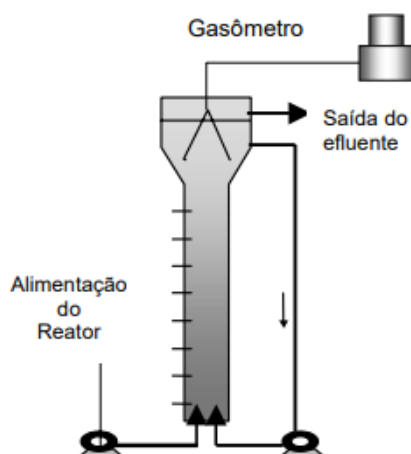
Figura 2 – Reator UASB de Rio Formoso.



Fonte: A autora (2023).

Ao atravessar a manta de lodo, o efluente tem contato direto com microrganismos que vão agir física e bioquimicamente, produzindo metano, gás carbônico e outros substratos. Para isso, todo o efluente que chega ao reator deve ser distribuído igualmente em seu interior. É nesta etapa que a demanda química de oxigênio apresenta diminuição drástica. Na parte superior do reator o efluente pronto para a próxima etapa vai ser separado do gás gerado ao longo do processo, como pode ser visto na figura 3.

Figura 3 – Esquema reator anaeróbio.



Fonte: Pereira-Ramirez (2012, p.2).

É importante salientar que diversos fatores podem afetar a eficiência de remoção em um reator do tipo UASB, não apenas sua estrutura. Para que exista uma biota propícia aos microrganismos, é necessário um controle constante do pH e alcalinidade do meio, pois um meio ácido facilita o crescimento de substratos prejudiciais as bactérias, como a produção de ácidos orgânicos, por exemplo. O desbalanceamento do equilíbrio pode resultar em bactérias e fungos resistentes (Gonçalves; Araújo; Chernicharo, 1997).

Uma das maiores dificuldades em processos de remoção de poluentes, é a produção de lodo que acontece ao longo do processo. Em grande parte das ocasiões, o lodo presente possui tempo de vida útil antes de perder sua função como fonte de microrganismos. O tempo de retenção é um parâmetro importante pois define quanto tempo o lodo deve permanecer em contato com o efluente para que tenha uma boa quantidade de carga poluidora retirada. Vários fatores influenciam nesse tempo, como é o caso da quantidade de efluente, tamanho da lagoa que o recebe e temperatura (Bezerra *et al.*, 1998).

Em ETE's que possuem formação de lodo ao longo do processo, é comum que seja feita a sua desidratação. Esta etapa pode ser feita através de equipamentos que separam mecanicamente a água do lodo ou através de leitos de secagem. Como ao decorrer do procedimento já existem etapas que precisam de manutenção constante, é mais comum que se use a segunda opção, o leito de

secagem, por ser uma opção mais barata. O volume diminui drasticamente, facilitando o transporte ao destino.

Seguindo o tratamento, após o reator, o efluente vai para a lagoa de estabilização. O uso de lagoas está diretamente ligado à geolocalização da estação que será construída. É um processo utilizado em regiões onde o terreno é de baixo custo e uma grande área pode ser utilizada. Por ser um processo natural, as lagoas apresentam taxas de estabilização da matéria orgânica mais longas, com períodos usualmente maior que 20 dias. Ao mesmo tempo em que precisa de uma maior área para o processo todo, não apresenta custos elevados de manutenção, energia e outros fatores operacionais.

Como pode ser observado na figura 4, a lagoa de maturação de Rio Formoso é bastante extensa e é a penúltima etapa antes do despejo no corpo receptor. A descarga do reator na lagoa entra em contato direto com as algas. Os sólidos remanescentes que passam para esta fase assentam no fundo da lagoa, formando uma camada de lodo. Em temperaturas superiores a 22°C, ocorre reação do metano com o lodo e partículas sobem até a parte superior da lagoa (Sperling, 2005). Lagoas de polimento são utilizadas sempre após um reator, onde o objetivo principal é a desinfecção do efluente.

Figura 4 – Lagoa de polimento Rio Formoso.



Fonte: A autora (2023).

O trabalho biológico ocorre naturalmente através do contato com o ar atmosférico. Antes do efluente partir para o corpo receptor, este passa por um filtro de pedras (Figura 5) que tem como objetivo reter parte das algas. A ETE possui ao total três filtros.

Figura 5 – Filtros de pedra Rio Formoso



Fonte: A autora (2023)

O crescimento de algas acontece porque o projeto de Rio Formoso possui uma falha na construção da lagoa de maturação, a qual não foi construída de maneira regular, possuindo assim zonas mortas onde acontece acúmulos, como pode ser visto no lado direito da imagem acima. Por fim, o lodo velho que é formado no reator é retirado e despejado em leitos de secagem (Figura 6), onde fica por um período que varia de acordo com a vazão recebida.

Figura 6 – Leitos de secagem Rio Formoso.



Fonte: A autora (2023).

2.1.2 ETE Sirinhaém

A ETE Sirinhaém apresenta algumas similaridades no tratamento. Localizada também na mata sul do estado de Pernambuco, apresenta em suas etapas caixa de areia, calha Parshall e lagoas de estabilização em série. O arranjo de lagoas em Sirinhaém foi de suma importância na implementação do projeto. Conforme o ANEXO B – Sirinhaém, a cidade consta com uma população estimada de 8.988 mil habitantes e possui cinco estações elevatórias de esgoto.

Segundo Sperling (2002), um sistema em série é indicado em casos em que se deseja uma maior eficiência com uma menor área utilizada se comparado com um sistema de lagoa única, desde que seja estabelecido um bom tempo de detenção total. Como as primeiras lagoas do sistema em série ficam sobrecarregadas por receber diretamente o efluente bruto, é indicado que as lagoas primárias sejam anaeróbias para que não ocorra sobrecarga de matéria orgânica.

O projeto inicial da ETE Sirinhaém trouxe três opções de projeto, os quais eram três tipos de tratamento diferentes para a remoção de 90% da carga de DBO. Essas opções contavam com lagoas em série, reator anaeróbio com filtro biológico e lagoa de polimento e por último lodos ativados em mistura completa e aeração

prolongada. Atendendo às diretrizes mínimas solicitadas pela CPRH, o efluente partiria com níveis compatíveis ao corpo receptor, o Riacho Agrovila, tributário ao Rio Sirinhaém.

De modo geral, as lagoas podem ser primárias, secundárias, terciárias, quaternárias etc. Existe um equilíbrio nas lagoas que possibilita um bom tratamento: as bactérias consomem oxigênio e produzem gás carbônico, enquanto as algas, através da fotossíntese, consomem gás carbônico e produzem oxigênio. Assim, nas partes inferiores, existe um maior consumo de oxigênio e menor produção de algas, com ausência de oxigênio dissolvido

A estação conta com dois módulos, e o processo da estação conta com uma lagoa anaeróbia, duas lagoas facultativas e duas lagoas de maturação em cada um desses módulos, totalizando 10 lagoas. O efluente chega à estação por recalque, por onde passa inicialmente por uma caixa de areia (Figura 7). Na parte inferior da imagem é a chegada do efluente bruto, que segue para a caixa de areia, passando em seguida pelo medidor de vazão. Em seguida, a água residuária é dividida igualmente entre os dois módulos de lagoas em série.

Figura 7 – Caixa de areia e calha Parshall de Sirinhaém



Fonte: A autora (2023)

A lagoa anaeróbia (Figura 8) é a primeira etapa do processo propriamente dito. Recebe esse nome pois possui uma profundidade considerável se comparada com as demais, de maneira que o consumo de matéria ocorre na parte mais profunda, onde não tem a incidência de raios solares e sem presença de oxigênio.

Figura 8 – Lagoa anaeróbia Sirinhaém



Fonte: A autora (2023)

Lagoas anaeróbias são aquelas que são construídas com uma certa profundidade. Na etapa de tratamento anaeróbio, a matéria orgânica particulada bruta do efluente entra em contato com os microrganismos. É possível notar pela imagem que o nível da lagoa está bem cheio. Apresenta uma cor mais escura se comparadas as etapas seguintes, pois apresenta uma maior carga orgânica.

As lagoas anaeróbias comumente são chamadas de lagoas facultativas pois são regiões onde o consumo e estabilização da matéria orgânica pode ocorrer de maneira aeróbia ou anaeróbia. A imagem é referente apenas a lagoa anaeróbia do módulo da esquerda e na parte inferior é possível notar três diferentes locais por onde as tubulações chegam. Tem como objetivo distribuir o efluente de forma menos desigual.

Após um determinado tempo, a matéria não biodegradável sedimenta no fundo, e a matéria orgânica finamente particulada passa para a etapa seguinte. O esgoto parte para as lagoas facultativas (Figura 9) por gravidade e apresenta profundidade menor do que a anterior, sendo a etapa que possui o maior tempo de

detenção do processo e onde ocorre maior retirada de poluentes, gerando maior estabilização de matéria orgânica e maior remoção da carga.

Figura 9 – Lagoas facultativas Sirinhaém



Fonte: A autora (2023)

As lagoas secundárias sucedem normalmente lagoas anaeróbias, recebendo o efluente a montante. Na imagem é possível ver as duas primeiras lagoas facultativas do processo, com uma cor mais esverdeada do que a anterior. Em seguida o efluente parte para uma lagoa terciária (Figura 10), sendo comumente denominada lagoa de maturação.

Figura 10 – Lagoas de maturação Sirinhaém.



Fonte: A autora (2023).

Referente aos aspectos funcionais e hidráulicos da estação, procurou-se construir um local em que a gravidade ajudasse no processo de curso natural do efluente. Foi construída em formato retangular de forma a evitar zonas mortas de acúmulo. As lagoas são interligadas entre si de maneira onde o efluente vai por gravidade de uma lagoa à outra, sequencialmente. Pelas imagens é possível notar que a ETE Sirinhaém não possui nenhum tipo de proteção em seu entorno, o que pode influenciar em sólidos grosseiros jogados pela população, animais presentes e outras coisas que podem alterar a biota das lagoas.

2.1.3 ETE Santa Cruz

Diferentemente de Rio Formoso e Sirinhaém, a ETE de Santa Cruz do Capibaribe é localizada no agreste de Pernambuco. Esta estação foi fruto do Programa de Saneamento Ambiental (PSA) da bacia hidrográfica do Rio Ipojuca, que contou com investimentos do Banco Mundial e que tinha como foco diminuir a poluição do Rio Capibaribe, focando em locais onde o nível de poluição do rio era mais elevado. Com isso, Santa Cruz do Capibaribe foi uma das cidades escolhidas, recebendo um alto investimento.

Por ser uma estação de tratamento de efluentes relativamente mais nova e com um grande investimento, a ETE adotou a variação de tratamento por lodos ativados com aeração prolongada, o qual é um tratamento bastante utilizado na Europa e prevê uma diminuição da nitrificação nesta etapa, diminuindo a formação de lodo. Na etapa de lodo ativado, o lodo é recirculado mecanicamente e a aeração pode ser de maneira natural ou mecanizada. A presença de oxigênio faz com que as bactérias degradem bioquimicamente o efluente orgânico, produzindo substratos, dentre eles, o CO₂. Conforme ANEXO C – Santa Cruz, a cidade atende 196.455 habitantes, possuindo quatro estações elevatórias de esgoto.

O esgoto captado chega à última estação elevatória de esgoto que está localizada dentro da própria ETE. O projeto inicial da estação pretendia coletar apenas efluente domésticos, possuindo uma rede coletora de 17,86 km. O efluente passa por um gradeamento simples, indo em seguida para uma caixa de areia seguido de um medidor de vazão (Figura 12).

Figura 11 – Caixa de areia e calha Parshall de Santa Cruz.



Fonte: A autora (2023).

É importante salientar que o esgoto presente na caixa de areia apresentava aspectos de esgoto séptico, pois a vazão estava pequena e o elevado tempo em que estava parado na elevatória foi suficiente para que o esgoto ficasse velho, fazendo com que perdesse suas características. Após o tratamento preliminar, o esgoto parte diretamente para a etapa de lodos ativados, que possui três módulos que podem operar separadamente (Figura 13).

Figura 12 – Lodos ativados Santa Cruz.



Fonte: A autora (2023).

O esgoto que chega na etapa de lodos ativados é separado igualmente nos três módulos, cada módulo possui chicanas que tem como objetivo a diminuição da pressão do efluente, tornando o fluxo menos turbulento. Após a etapa de lodos ativados, o esgoto parte para os reatores aeróbios antes de ser bombeado aos decantadores. Cada uma dessas etapas possui um tempo de detenção próprio. Nesses módulos o oxigênio é injetado automaticamente por tubulações (Figura 14). São feitas análises diárias do nível de oxigênio dissolvido nessas etapas para que não ocorra proliferação de algas nas etapas subsequentes.

Figura 13 – Tubulação de oxigênio.



Fonte: A autora (2023).

A estação conta com três decantadores ao total (Figura 15).

Figura 14 – Decantadores Santa Cruz



Fonte: A autora (2023)

Os decantadores tem como função decantar a matéria orgânica que ainda está presente no efluente. Parte dessa matéria orgânica é direcionada a recirculação de lodo do sistema, e parte dela é levada a adensador de lodo, que tem como função diminuir o volume de lodo.

O adensador possui um desodorizador para diminuir o mal cheiro de lodo. O lodo remanescente parte para uma sala de centrífugas, onde ocorre o desaguamento para posterior descarte. Ao lodo das centrífugas, é adicionado mecanicamente cal na intenção de estabilizar o mesmo e torná-lo inerte. Por fim, o efluente que sai dos decantadores vai para um tanque de contato (Figura 17) em que será adicionado cloro gasoso. Este processo também é feito automaticamente.

Figura 15 – Tanque de contato Santa Cruz.



Fonte: A autora (2023).

O efluente deverá permanecer no tanque de contato por pelo menos 30 minutos. Após ser feita a desinfecção, parte do efluente tratado é reutilizado na própria estação como água de reuso e o restante vai para o corpo receptor, o Rio Capibaribe.

3 METODOLOGIA

As análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas no laboratório central de controle de qualidade da COMPESA. Inicialmente para a obtenção das amostras, é necessário que o operador/coletor seja treinado e esteja fazendo uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), que são indispensáveis a sua segurança e à qualidade das amostras que serão coletadas. EPI's fundamentais são: bata, luvas, óculos de proteção e sapatos de segurança. Ao chegar nas estações de tratamento de efluentes, o coletor define os pontos em que deverá extrair as amostras. Neste presente trabalho, foram analisados os pontos de entrada, no reator UASB e de saída.

As amostras foram recolhidas em recipientes que podem ser de plástico ou de vidro, a depender da análise a qual está destinada. A preparação para a coleta começou já no laboratório, onde os frascos foram separados por tipo de amostra (esgoto ou lodo) e tipo de análise (físico-químicos ou bacteriológica). Para as amostras de análise físico-química foram utilizados corda, termômetro, caderno de anotações e frascos de coleta devidamente indicados com o respectivo ponto de amostragem. Os tipos e tamanhos dos recipientes variam em tamanho e aspecto, dependendo da análise a ser feita, visto que amostras precisavam ser acidificadas ou entraram em contato com reagentes no momento da coleta. As amostras de análise bacteriológica foram coletadas em frascos de plástico de 200 mL esterilizados e marcados com os pontos de amostragem.

No momento da coleta é preciso atenção para evitar contato com folhas, pedaços de madeira, pedras ou demais objetos que podem estar presentes. O frasco deve ser enxaguado com a própria amostra antes de ser feita a coleta final, além de que não pode ser coletado diretamente do fundo dos canais ou muito próximo as paredes pois não seria um ponto representativo. Para cada ponto coletado, foi anotado sua respectiva temperatura e as condições climáticas do ambiente das últimas 24h. Ao final da coleta, as amostras foram armazenadas em caixas térmicas com gelo para preservar suas características até ser feita a análise em laboratório.

As coletas realizadas em campo e as análises realizadas no laboratório seguiram o padrão exigido pelos órgãos reguladores seguindo a resolução dos atos

normativos do CONAMA. Todo procedimento laboratorial seguiram o manual de procedimentos de análises físico-químicas e microbiológicas nos esgotos, elaborado e aprovado pela gerência de controle de qualidade e coordenação de controle de qualidade da COMPESA, regido pelas normas do Standard Methods 2005, 22ª edição.

Foram analisadas amostras das três estações de tratamento de efluentes que são da responsabilidade apenas da COMPESA. A primeira delas foi a ETE de Rio Formoso composta por reator UASB, filtro, lagoa e leitos de secagem; a ETE de Sirinhaém, que é composta por lagoas em série; a ETE de Santa Cruz, que apresenta nas etapas principais lodo ativado, reator anaeróbio, decantador e tanque de contato. O trabalho contou com uma visita técnica em cada uma das estações supracitadas, realizadas por intermédio da CPRH.

As análises foco deste estudo são o pH, alcalinidade, cloreto, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, oxigênio dissolvido, sólidos sedimentados, sólidos totais, sólidos suspensos, óleos e graxas e bacteriologia. A preparação do material consiste em separar a vidraria necessária para análise e seus respectivos reagentes.

3.1 ANÁLISE DE PH E ALCALINIDADE

O pH é medido através de um pHmetro, que contém um eletrodo que realiza a medição e mostra o valor lido na tela do equipamento. Analisa o pH de uma amostra de 100mL, em repouso. A alcalinidade de um efluente avalia a capacidade do meio reagir com um ácido forte até um determinado valor de pH e avalia a presença de íons hidróxido, carbonato e bicarbonato. É utilizado um ácido forte (ácido sulfúrico) para neutralizar uma determinada quantidade de amostra até atingir o valor 4,3.

3.2 CLORETO

O íon cloreto é um ânion inorgânico presente nos efluentes e é determinado pelo método de Mohr. A amostra é titulada com nitrato de prata usando-se cromato de potássio como indicador.

3.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO E DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A DBO e a DQO são análises correlatas que avaliam o quanto a amostra de esgoto está apta a oxidar. A DQO foi realizada através do método de refluxo com dicromato, utilizando um forte agente oxidante, uma solução catalisadora e um volume da amostra. A DBO utilizou o método respirométrico que se baseia na diferença de pressão efetuada e medida através de sensores eletrônicos. A DQO avaliou a quantidade de oxigênio necessária para decompor a matéria orgânica quimicamente, enquanto a DBO avaliou a decomposição de microrganismos biologicamente. As análises que são realizadas dos pontos referentes a lagoas foram filtradas, como manda a legislação.

3.4 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Utilizou-se o método iodométrico. Consiste em adicionar pequenos volumes de uma solução de manganês divalente e um forte álcali na amostra. Forma-se um precipitado de hidróxido que em presença de ácido forte. O manganês retorna ao estado divalente com uma quantidade equivalente ao oxigênio presente na amostra inicialmente.

3.5 SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS

Fração de sólidos presentes em 1L de amostra, que foi sedimentado durante o período de 1 hora. Utilizou-se o cone Imhoff para medição.

3.6 SÓLIDOS TOTAIS

Avaliou a presença de sólidos contidos em um volume pré-determinado de amostra, 100mL, que permanece dentro de uma estufa a 103°C até total evaporação.

3.7 SÓLIDOS SUSPENSOS

Avaliou a presença de sólidos suspensos em 100mL da amostra, através de filtração em papel de fibra previamente pesado, por intermédio de uma bomba a vácuo.

3.8 ÓLEOS E GRAXAS

A análise de óleos e graxas utilizou o método de extração por solvente, o qual o hexano é o mais amplamente utilizado. O método consiste em extrair a parte não volátil de uma amostra acidificada e que não volatiliza em contato com o solvente, mas sim que é solúvel nele.

3.9 BACTERIOLOGIA

Utilizou-se o método de Quanti-Tray para determinação de coliformes termotolerantes. Usou-se o reagente Colilert para identificação e quantificação dos microrganismos patogênicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabelas deste tópico são referentes às análises feitas em laboratório dos meses de janeiro a junho, com exceção da ETE Santa Cruz, a qual não foi realizada a coleta do mês de abril. As primeiras análises a serem feitas no momento que a amostra chega ao laboratório, são as análises físico-químicas do efluente. O pH, alcalinidade, cloretos e óleos e graxas são algumas dessas análises que ajudam a estudar a qualidade do efluente de saída.

4.1 PH, ALCALINIDADE, CLORETOS E ÓLEOS E GRAXAS

Os valores de pH e óleos e graxas são regulamentados pelo CONAMA, mas a alcalinidade e os cloretos não, servindo como apoio e parâmetros de controle que ajudam a entender se o funcionamento do processo está funcionando de maneira adequada. Essas quatro análises são vistas em conjunto pois uma pode ser indicativo para outra. A seguir estão as Tabelas 1, 2 e 3 referentes aos resultados de Rio Formoso, Sirinhaém e Santa Cruz, respectivamente.

Tabela 1 – Resultados obtidos na análise físico-química da ETE Rio Formoso.

| Rio Formoso | Pontos | pH | Alcalinidade (mg.L⁻¹ CaCO₃) | Cloreto (mg/l Cl) | Óleos e graxas (mg/l) |
|--------------------|---------------|-----------|--|------------------------------|--------------------------------------|
| Janeiro | Entrada | 7,1 | 259 | 250 | - |
| | Reator | 7,1 | 199 | 400 | - |
| | Saída | 7,5 | 148 | 50 | 6,0 |
| Fevereiro | Entrada | 6,7 | 212 | 95 | - |
| | Reator | 6,7 | 215 | 95 | - |
| | Saída | 8,4 | 500 | 295 | 10,4 |
| Março | Entrada | 7,0 | 250 | 775 | - |
| | Reator | 6,7 | 233 | 50 | - |
| | Saída | 6,2 | 62 | 370 | 3,5 |
| Abril | Entrada | 7,5 | 122 | 50 | - |
| | Reator | 7,0 | 163 | 100 | - |
| | Saída | 8,2 | 72 | 200 | 14,6 |
| Maio | Entrada | 6,7 | 186 | 120 | - |
| | Reator | 6,6 | 172 | 135 | - |
| | Saída | 7,1 | 87 | 145 | 13,5 |
| Junho | Entrada | 6,9 | 201 | 0 | - |
| | Reator | 7,0 | 186 | 0 | - |
| | Saída | 8,2 | 78 | 0 | - |

Fonte: COMPESA (2023).

Tabela 2 – Resultados obtidos na análise físico-química da ETE Sirinhaém

| Sirinhaém | Pontos | pH | Alcalinidade (mg.L⁻¹ CaCO₃) | Cloreto (mg/l Cl) | Óleos e graxas (mg/l) |
|------------------|---------------|-----------|--|------------------------------|--------------------------------------|
| Janeiro | Entrada | 7,0 | 195 | 650 | - |
| | Saída | 9,0 | 190 | 550 | 10,5 |
| Fevereiro | Entrada | 6,8 | 203 | 50 | - |
| | Saída | 7,8 | 155 | 170 | 12,3 |
| Março | Entrada | 6,7 | 206 | 200 | - |
| | Saída | 8,1 | 192 | 190 | 7,8 |
| Abril | Entrada | 6,5 | 144 | 115 | - |
| | Saída | 7,3 | 75 | 90 | 5,6 |
| Maio | Entrada | 7,0 | 285 | 170 | - |
| | Saída | 8,4 | 95 | 195 | 3,4 |
| Junho | Entrada | 7,0 | 220 | 220 | - |
| | Saída | 9,6 | 56 | 50 | 49,3 |

Fonte: COMPESA (2023)

Tabela 3 – Resultados obtidos na análise físico-química da ETE Santa Cruz.

| Santa Cruz | Pontos | pH | Alcalinidade (mg.L⁻¹ CaCO₃) | Cloreto (mg/l Cl) | Óleos e graxas (mg/l) |
|-------------------|---------------|-----------|--|------------------------------|--------------------------------------|
| Janeiro | Entrada | 8,3 | 855 | 3150 | - |
| | Saída | 8,1 | 511 | 3400 | 4,9 |
| Fevereiro | Entrada | 7,4 | 555 | 275 | - |
| | Saída | 6,6 | 343 | 475 | 3,9 |
| Março | Entrada | 7,1 | 268 | 70 | - |
| | Saída | 6,8 | 147 | 85 | 5,8 |
| Maio | Entrada | 8,2 | 679 | 710 | - |
| | Saída | 8,5 | 344 | 575 | 0,2 |
| Junho | Entrada | 8,1 | 570 | 450 | - |
| | Saída | 7,6 | 242 | 350 | - |

Fonte: COMPESA (2023).

Em ecossistemas em que existe tratamento biológico envolvido, que é o caso das três estações em questão, o pH é de suma importância pois seu decaimento é um indicativo de que o procedimento não está certo ou pode até mesmo ser a causa de algum problema em parte específica do processo, como pode acontecer nos reatores, por exemplo. Nestes casos, uma acidez exacerbada contribui para a formação de ácidos orgânicos voláteis, que quando não são consumidos afetam o

pH do meio. O pH deve manter-se numa faixa entre 6 e 9 para não ultrapassar os limites da resolução N° 430 do CONAMA.

O projeto inicial da ETE Rio Formoso não constava com os filtros no último processo. Isso foi algo implementado após anos de uso na estação quando a comunidade começou a notar mudança na biota no rio e diminuição de vida aquática. Parte desse problema se deu em função das zonas mortas na lagoa de polimento, como pôde ser visto anteriormente na figura 4, em que existe uma grande presença de algas. As algas afetam diretamente a vida aquática do corpo receptor.

As principais características observadas na saída do efluente de uma lagoa é a cor esverdeada devido as algas. Avaliando os dados de pH das três ETE's é possível notar que todos, com a exceção da saída de Sirinhaém no mês de junho, encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA, os quais devem estar dentro da faixa entre 5,0 e 9,0. É esperado que o pH seja mais elevado nos filtros de pedra em Rio Formoso visto que ele recebe o efluente direto da lagoa e em Sirinhaém, onde a coleta do efluente de saída é realizada diretamente da lagoa de maturação.

Avaliando a alcalinidade, é possível notar que em Rio Formoso e Sirinhaém os valores não apresentam números altos, o que resulta em um sistema estável e controlado em carbonatos e bicarbonatos. Uma faixa de pH entre 4,4 e 8,4 indica uma maior facilidade do sistema em formar bicarbonatos (Quadro, 2004). Porém, os valores de alcalinidade no sistema de Santa Cruz apresentam valores mais elevados. Uma alta alcalinidade indica há provável presença de quantidades de íons hidróxido, carbonato ou bicarbonato. Sendo necessário uma maior quantidade de ácido para conseguir neutralizar os íons presentes.

O projeto inicial de Santa Cruz foi planejado para receber apenas efluentes domésticos, no entanto, no dia da realização da visita com a CPRH, pôde ser observado um efluente com características industriais (Figura 16).

Figura 16 – Efluente industrial Santa Cruz.



Fonte: A autora (2023).

A cidade de Santa Cruz é conhecida por ter um ramo têxtil bem desenvolvido, o que pode ser um indicativo de que esse tipo de efluente pode ser encontrado diretamente no sistema coletor. Este tipo de efluente industrial possui uma maior carga poluidora, visto que é composto em maior parte por corantes sintéticos. Esse efluente vai diretamente para a etapa de lodos ativados sem passar por nenhum tipo de pré-tratamento adequado. Um efluente com pH inadequado necessita de um pré-tratamento antes de ser enviado as etapas posteriores. No dia da visita, apenas o módulo da esquerda do reator estava operando em alta capacidade.

Juntamente com a alcalinidade, outro parâmetro analisado como indicativo de problemas em sistemas é a avaliação de cloretos. Em estações de tratamento de esgoto, a presença de elevadas concentrações de cloreto pode causar problemas nas etapas de tratamento anaeróbio de efluentes. Isso se dá devido ao efluente de entrada não ser apenas sanitário, como ocorre em Santa Cruz, e pode ser explicado pelo mesmo motivo visto anteriormente.

Os valores das análises de óleos e graxas apresentaram pouca variação durante os meses, o que indica um efluente com mais características domésticas do que industrial. O ponto que destoa dos demais é o mês de junho de Sirinhaém. Isso pode ser explicado como um erro de análise ou mais provavelmente pela presença

de algas no sistema. O decorrer da análise apresenta pontos que podem ser fontes de erros, como um funil de decantação e papel de fibra, que podem ter deixado passar algas durante o processo de filtração.

4.2 SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS, SÓLIDOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS

Continuando a físico-química do efluente, tem-se as análises de sólidos sedimentáveis, sólidos totais, sólidos totais fixos e sólidos voláteis. Elas servem de apoio na determinação da parte dos sólidos que participam da digestão anaeróbia (Hasan *et al.*, 2019), sendo feitas em conjunto e avaliam a quantidade de resíduos presentes em um determinado volume após ser evaporado a 103°C. Os sólidos sedimentáveis são a parte do efluente que pode ficar em suspensão na amostra ou que pode sedimentar.

Os sólidos totais, fixos e voláteis são características físicas que servem também como um guia para avaliar o controle de dimensionamento e qualidade do tratamento da estação de tratamento. Essas três análises são correlatas e feitas de maneira subsequente. A legislação para sólidos sedimentáveis apresenta limite máximo de 1,0 mg.L⁻¹ e pode indicar que algum dos procedimentos da estação não estão suportando a quantidade recebida e por isso existe um acúmulo além do esperado. Tem-se a seguir as Tabelas 4, 5 e 6 referentes aos sólidos sedimentáveis, sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis referentes as ETE's de Rio Formoso, Sirinhaém e Santa Cruz, respectivamente.

Tabela 4 – Resultados obtidos na análise dos sólidos da ETE Rio Formoso.

| Rio Formoso | Pontos | Sól. Sed. (mg/l) | Sól. Tot. (mg/l) | Sól. Fixos (mg/l) | Sól. Vol. (mg/l) |
|--------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Janeiro | Entrada | 5,0 | 526 | 252 | 274 |
| | Reator | 0,2 | 303 | 211 | 92 |
| | Saída | 0,0 | 313 | 264 | 49 |
| Fevereiro | Entrada | 1,0 | 488 | 259 | 229 |
| | Reator | 0,1 | 298 | 162 | 136 |
| | Saída | 0,0 | 556 | 436 | 120 |
| Março | Entrada | 2,0 | 2515 | 1986 | 529 |
| | Reator | 0,0 | 1957 | 1568 | 389 |
| | Saída | 0,0 | 867 | 701 | 166 |
| Abril | Entrada | 0,8 | 340 | 197 | 143 |
| | Reator | 0,2 | 370 | 300 | 70 |
| | Saída | 0,0 | 386 | 325 | 61 |
| Maio | Entrada | 1,5 | 445 | 273 | 172 |
| | Reator | 0,1 | 338 | 270 | 68 |
| | Saída | 0,0 | 314 | 264 | 50 |
| Junho | Entrada | 7,5 | 629 | 339 | 290 |
| | Reator | 0,8 | 346 | 248 | 98 |
| | Saída | 0,0 | 233 | 180 | 53 |

Fonte: COMPESA (2023).

Tabela 5 – Resultados obtidos na análise dos sólidos da ETE Sirinhaém.

| Sirinhaém | Pontos | Sól. Sed. (mg/l) | Sól. Tot. (mg/l) | Sól. Fixos (mg/l) | Sól. Vol. (mg/l) |
|------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Janeiro | Entrada | 1,1 | 472 | 243 | 229 |
| | Saída | 0,2 | 437 | 238 | 199 |
| Fevereiro | Entrada | 2,5 | 572 | 308 | 264 |
| | Saída | 0,1 | 341 | 220 | 121 |
| Março | Entrada | 2,5 | 602 | 271 | 331 |
| | Saída | 0,1 | 366 | 208 | 158 |
| Abril | Entrada | 3,0 | 639 | 322 | 317 |
| | Saída | 0,0 | 223 | 146 | 77 |
| Maio | Entrada | 1,8 | 501 | 314 | 277 |
| | Saída | 0,0 | 269 | 175 | 94 |
| Junho | Entrada | 7,5 | 1002 | 418 | 584 |
| | Saída | 0,5 | 305 | 157 | 148 |

Fonte: COMPESA (2023).

Tabela 6 – Resultados obtidos na análise dos sólidos da ETE Santa Cruz.

| Santa Cruz | Pontos | Sól. Sed. (mg/l) | Sól. Tot. (mg/l) | Sól. Fixos (mg/l) | Sól. Vol. (mg/l) |
|-------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Janeiro | Entrada | 0,1 | 1562 | 1329 | 233 |
| | Saída | 0,0 | 1848 | 1581 | 267 |
| Fevereiro | Entrada | 0,0 | 1070 | 896 | 174 |
| | Saída | 0,0 | 1832 | 1568 | 264 |
| Março | Entrada | 0,4 | 1311 | 1112 | 199 |
| | Saída | 0,0 | 1968 | 1391 | 577 |
| Maio | Entrada | 0,0 | 2240 | 1938 | 257 |
| | Saída | 0,0 | 1892 | 1548 | 344 |
| Junho | Entrada | 1,0 | 2305 | 2056 | 249 |
| | Saída | 0,0 | 1810 | 1445 | 365 |

Fonte: COMPESA (2023).

É possível notar que as maiores variações observadas estão nos sólidos sedimentáveis de Rio Formoso e Sirinhaém, onde diversas vezes o valor obtido foi maior do que o da legislação. A ETE Santa Cruz não apresentou valores fora da legislação. Os valores dos sólidos sedimentáveis são um importante indicativo das características do esgoto no que diz respeito a formação de lodo. Um esgoto fresco apresenta certa turbidez e maiores valores neste parâmetro.

Este é um fator que não foi observado na ETE Santa Cruz, o qual apresentava características de esgoto séptico, como já comentado anteriormente. Isso pode ser explicado devido à ETE apresentar uma vazão pequena para sua grande capacidade, o que faz com que as elevatórias retenham o efluente por mais tempo, o que os caracteriza como um esgoto séptico. Esse tipo de efluente se caracteriza justamente por criar uma camada de sólidos no fundo, formando uma cor mais escura, como pode ser visto na Figura 17.

Figura 17 – Entrada acumulada Santa Cruz.



Fonte: A autora (2023).

Esses pontos fora da curva podem ser indicativos de diversos fatores, e o principal é a provável demanda populacional maior do que a esperada pelo projeto. As coletas de ambas as estações são feitas diretamente pela equipe do laboratório de esgoto da COMPESA, sendo analisada ainda quando está fresca, enquanto a coleta de Santa Cruz é realizada através de outra gerência até chegar em laboratório. Além disso, é uma ETE localizada mais distante do local onde é feita a análise. Outros fatores que ainda podem afetar esses valores são que as duas primeiras ETE's são menores em tamanho do que Santa Cruz e possuem tratamentos mais antigos, além de instalações mais precárias e manutenção menos constantes.

Em contrapartida, os sólidos totais e fixos de Santa Cruz apresentam valores mais elevados. O reator de Santa Cruz apresenta uma quantidade de sólidos alta, o que indica a falha em algum processo. Em lodos ativados é normal que se formem camadas de lodos, por isso é de suma importância que o sistema tenha recirculação adequada e/ou leitos de secagem. Neste caso em específico, a ETE conta com um

adensador e uma centrífuga para o lodo que não é recirculado. De toda forma, como os valores dos sólidos ainda permanecem mais elevados, é correto afirmar que a descarga está sendo insuficiente ou que a etapa de lodos ativados apresenta algum parâmetro que necessita de melhoria.

Devido à uma vazão mais coerente com o projeto tanto em Rio Formoso como em Sirinhaém, os sólidos totais e fixos não apresentam valores elevados nem muitas variações ao longo dos meses. As etapas envolvendo lagoas possuem um grande tempo de detenção, o que faz com que as algas produzam uma quantidade de oxigênio maior do que as bactérias conseguem produzir microrganismos, o que é um ponto positivo desse processo pois evita a formação de matéria inorgânica.

4.3 SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS, FIXOS E VOLÁTEIS

Em conjunto com os sólidos vistos acima, tem-se também os sólidos suspensos totais, sólidos suspensos fixos e sólidos suspensos voláteis. Eles apresentam procedimentos de análise semelhantes ao visto no tópico anterior. Analisam-se a quantidade de sólidos presentes em 100 mL da amostra após passar por uma filtração a vácuo em papel de fibra previamente pesado. Estão representados nas Tabelas 7, 8 e 9 a seguir os sólidos de Rio Formoso, Sirinhaém e Santa Cruz, respectivamente.

Tabela 7 – Resultados obtidos na análise dos sólidos suspensos da ETE Rio Formoso.

| Rio Formoso | Pontos | Sól. Susp. Tot. (mg/l) | Sól. Susp. Fixos (mg/l) | Sól. Susp. Vol. (mg/l) |
|--------------------|---------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Janeiro | Entrada | 295 | 110 | 185 |
| | Reator | 58 | 34 | 24 |
| | Saída | 13 | 11 | 2 |
| Fevereiro | Entrada | 172 | 61 | 111 |
| | Reator | 48 | 16 | 32 |
| | Saída | 44 | 18 | 26 |
| Março | Entrada | 151 | 52 | 99 |
| | Reator | 34 | 18 | 16 |
| | Saída | 35 | 20 | 15 |
| Abril | Entrada | 123 | 57 | 66 |
| | Reator | 50 | 35 | 15 |
| | Saída | 16 | 8 | 8 |
| Maio | Entrada | 141 | 60 | 81 |
| | Reator | 24 | 3 | 21 |
| | Saída | 54 | 24 | 30 |
| Junho | Entrada | 370 | 188 | 182 |
| | Reator | 117 | 77 | 40 |
| | Saída | 18 | 5 | 13 |

Fonte: COMPESA (2023).

Tabela 8 – Resultados obtidos na análise dos sólidos suspensos da ETE Sirinhaém

| Sirinhaém | Pontos | Sól. Susp. Totais (mg/l) | Sól. Susp. Fixos (mg/l) | Sól. Susp. Voláteis (mg/l) |
|------------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Janeiro | Entrada | 161 | 46 | 115 |
| | Saída | 126 | 61 | 65 |
| Fevereiro | Entrada | 127 | 25 | 102 |
| | Saída | 72 | 23 | 49 |
| Março | Entrada | 285 | 70 | 215 |
| | Saída | 98 | 21 | 77 |
| Abril | Entrada | 166 | 60 | 106 |
| | Saída | 33 | 7 | 26 |
| Maio | Entrada | 190 | 46 | 144 |
| | Saída | 55 | 17 | 38 |
| Junho | Entrada | 541 | 218 | 323 |
| | Saída | 104 | 50 | 54 |

Fonte: COMPESA (2023).

Tabela 9 – Resultados obtidos na análise dos sólidos suspensos da ETE Santa Cruz

| Santa Cruz | Pontos | Sól. Susp. Totais (mg/l) | Sól. Susp. Fixos (mg/l) | Sól. Susp. Voláteis (mg/l) |
|-------------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Janeiro | Entrada | 67 | 29 | 38 |
| | Saída | 27 | 18 | 9 |
| Fevereiro | Entrada | 38 | 29 | 9 |
| | Saída | 11 | 9 | 2 |
| Março | Entrada | 101 | 75 | 26 |
| | Saída | 16 | 5 | 11 |
| Maio | Entrada | 33 | 13 | 20 |
| | Saída | 7 | 3 | 4 |
| Junho | Entrada | 68 | 41 | 27 |
| | Saída | 9 | 3 | 6 |

Fonte: COMPESA (2023)

Tibbetts *et al.*, (1992) afirma que os valores esperados na análise de sólidos suspensos totais deve ficar na faixa entre 1,2 e 1000 mg.L⁻¹, logo nota-se que as três estações apresentam valores coerentes e sem muitas variações ao longo dos meses. Isso indica que as etapas iniciais de pré-tratamento estão funcionando corretamente. Como visto nos sólidos sedimentáveis, as entradas de Rio Formoso e Sirinhaém apresentam valores mais elevados, pois os sólidos ali presentes ainda não foram expostos a decomposição, enquanto os de Santa Cruz, sim. Novamente, as lagoas não apresentam valores altos e a resolução CONAMA afirma que para lançamentos em lagos e lagoas onde a velocidade de circulação é praticamente nula, os sólidos devem estar virtualmente ausentes, ou seja, não devem ser vistos a olho nu.

4.4 OXIGÊNIO DISSOLVIDO

Outra análise pertinente é a do oxigênio dissolvido, pois a ausência de oxigênio nos cursos de água abre caminho para o crescimento de espécies anaeróbias (Scalizer *et al.*, 2004). No laboratório de qualidade de efluentes da COMPESA, o método utilizado é o método iodométrico. Lembrando que essa análise tal como a de óleos e graxas, é feita apenas com a amostra referente a saída do tratamento. O oxigênio dissolvido é medido no primeiro dia em mg O₂/L. Na Tabela 10 estão listados os valores respectivos das ETE's de Rio Formoso, Sirinhaém e Santa Cruz, respectivamente.

Tabela 10 – Resultados obtidos na análise de oxigênio dissolvido das três ETE's

| Mês | Rio Formoso | Sirinhaém | Santa Cruz |
|------------|--------------------|------------------|-------------------|
| Janeiro | 6,6 | 11,0 | 7,6 |
| Fevereiro | 1,2 | 4,8 | 1,9 |
| Março | 3,0 | 9,9 | 2,4 |
| Abril | 10,0 | 6,6 | - |
| Maio | 5,1 | 8,7 | 0,0 |
| Junho | 9,4 | 10,8 | 4,2 |

Fonte: COMPESA (2023)

O OD, DBO e DQO são as principais análises que avaliam o grau de depuração do corpo receptor. A eficiência do tratamento traduz o quanto de remoção de poluentes ocorreu. Um baixo nível de OD implica em um elevado valor de DBO, pois é uma substância essencial na decomposição de matéria orgânica (Melo Júnior *et al.*, 2018).

Em Rio Formoso e Sirinhaém o processo ocorre de maneira praticamente toda aeróbia, com exceção das lagoas anaeróbias no início do tratamento de Sirinhaém. No entanto, Santa Cruz conta com uma parte do procedimento com aeração contínua 24h de forma automatizada, o que requer um maior controle na medição desta taxa.

A taxa de controle considerada nesta ETE possui um limite mínimo de 2 mg O₂/L e limite máximo de 4 mg O₂/L. Qualquer medida fora deste intervalo pode interferir o desempenho das bactérias no processo e influenciar nas etapas subsequentes. Em caso de variações fora deste intervalo, o painel de controle envia um aviso para os operadores controlarem.

O processo de autodepuração do corpo receptor ocorre de maneira natural pelo ecossistema, contanto que a quantidade de poluentes ali presentes não seja exacerbada (Costa; Teixeira, 2010). O controle do OD mede diretamente o nível de oxigênio presente, pois este é um fator que altera a biota do corpo receptor. É esperado que o valor máximo obtido seja de 10 mg O₂/L, sendo o valor de 5 mg O₂/L estabelecido pelo CONAMA como o valor ideal. Valores inferiores a isso podem causar hipoxia (falta de oxigênio) necessário a vida de algumas espécies.

Analizando a Tabela 10 é possível notar que os valores de oxigênio dissolvido variam bastante de mês para mês para as três estações, não seguindo nenhum tipo

de padrão ou constância. O método utilizado para análise de OD depende das interferências envolvidas e precisão necessária.

4.5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO

Finalizando a parte físico-química das análises, tem-se os parâmetros que são os mais importantes e fundamentais que ajudam a controlar se o efluente tratado está em condições de ser direcionado ao corpo hídrico receptor, pois avalia diretamente a eficiência de remoção da carga orgânica da estação de tratamento em questão (Leite *et al.*, 2010).

A demanda bioquímica de oxigênio é uma análise correlacionada com a demanda química de oxigênio. A DBO analisa a degradação de matéria orgânica em um período pré-estabelecido de 5 dias através do consumo de microrganismos, enquanto a DQO faz uso de um agente oxidante forte que estuda o quanto a matéria orgânica da amostra é apta a oxidação. Os valores referentes as ETE's de Rio Formoso, Sirinhaém e Santa Cruz estão representados nas Tabelas 11, 12 e 13 a seguir, respectivamente.

Tabela 11 – Resultados obtidos na análise de DBO da ETE Rio Formoso

| Rio Formoso | Pontos | DBO (mg O₂/l) | Ef. remoção DBO (%) |
|--------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------|
| Janeiro | Entrada | 320 | - |
| | Reator | 38 | - |
| | Saída | 15 | 95% |
| Fevereiro | Entrada | 240 | - |
| | Reator | 28 | - |
| | Saída | 18 | 93% |
| Março | Entrada | 20 | - |
| | Reator | 43 | - |
| | Saída | 13 | 35% |
| Abril | Entrada | 120 | - |
| | Reator | 30 | - |
| | Saída | 5 | 96% |
| Maio | Entrada | 185 | - |
| | Reator | 23 | - |
| | Saída | 11 | 94% |
| Junho | Entrada | 250 | - |
| | Reator | 30 | - |
| | Saída | 12 | 95% |

Fonte: COMPESA (2023)

Tabela 12 – Resultados obtidos na análise de DBO da ETE Sirinhaém

| Sirinhaém | Pontos | DBO (mg O₂/l) | Ef. remoção DBO (%) |
|------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------|
| Janeiro | Entrada | 280 | - |
| | Saída | 17 | 94% |
| Fevereiro | Entrada | 28 | - |
| | Saída | 120 | - |
| Março | Entrada | 280 | - |
| | Saída | 29 | 90% |
| Abril | Entrada | 250 | - |
| | Saída | 26 | 90% |
| Maio | Entrada | 330 | - |
| | Saída | 9 | 97% |
| Junho | Entrada | 280 | - |
| | Saída | 9 | 97% |

Fonte: COMPESA (2023)

Tabela 13 – Resultados obtidos na análise de DBO da ETE Santa Cruz

| Santa Cruz | Pontos | DBO (mg O₂/l) | Ef. remoção DBO (%) |
|-------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------|
| Janeiro | Entrada | 360 | - |
| | Saída | 20 | 94% |
| Fevereiro | Entrada | 60 | - |
| | Saída | 22 | 63% |
| Março | Entrada | 24 | - |
| | Saída | 9 | 63% |
| Maio | Entrada | 46 | - |
| | Saída | 19 | 59% |
| Junho | Entrada | 34 | - |
| | Saída | 2 | 94% |

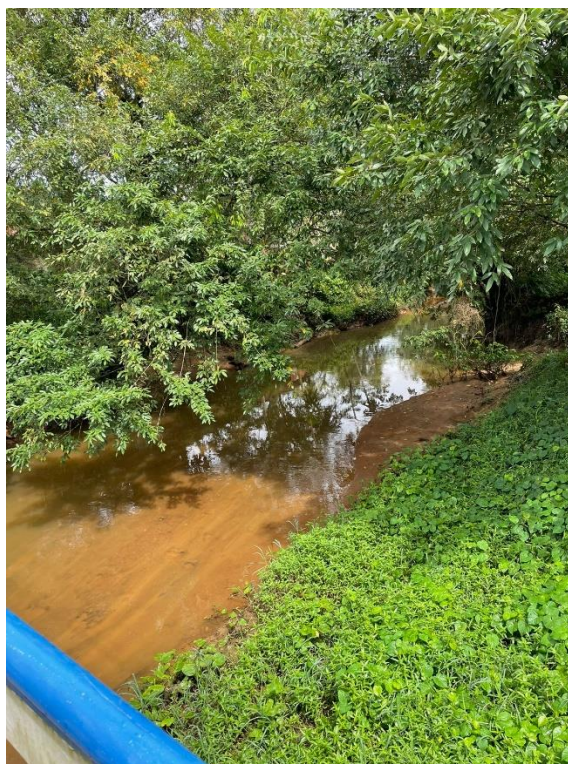
Fonte: COMPESA (2023)

A quantidade de microrganismos é analisada nos pontos de coleta. Sirinhaém e Santa Cruz na entrada e na saída, em Rio Formoso é analisado também o reator, podendo assim ser realizado um cálculo da eficiência de remoção. É um parâmetro importantíssimo pois a quantidade de microrganismos (como bactérias anaeróbias e aeróbias) direcionadas ao corpo receptor pode alterar bastante o ecossistema do local, visto que uma DBO alta significa uma maior decomposição da matéria orgânica ali presente. A legislação exige que no mínimo 60% da carga poluidora seja removida no tratamento.

A estação que apresentou uma maior constância na eficiência de remoção foi Sirinhaém, onde cinco dos seis meses permaneceram acima do valor mínimo de

remoção estabelecido pela legislação. A ETE Rio Formoso apresentou um ponto com remoção bem abaixo do esperado, o mês de março. Isso pode ser explicado por algum mal funcionamento de processo, muito provavelmente no reator que estava operando sem descarga do lodo, pois uma baixa remoção de DBO significa que muita matéria orgânica não foi consumida. Porém, quanto mais baixo o valor da DBO, menos matéria orgânica está presente. Os três pontos analisados de março apresentaram variações pequenas entre si, o que pode ser um indicativo de que a amostra estava diluída, ou seja, período de chuva naquela região. Na Figura 18 está o Rio Formoso, o corpo receptor da ETE, onde é possível notar a cor transparente do rio e uma flora bem desenvolvida em seu entorno.

Figura 18 – Corpo receptor Rio Formoso



Fonte: A autora (2023)

A ETE Sirinhaém, com exceção do mês de fevereiro, apresentou os melhores resultados. O mês de fevereiro mostra que a carga orgânica na saída foi maior do que na entrada, o que indica um perigo grave a biota aquática. Isso se dá devido a alguma alteração biológica em alguma das lagoas facultativas, que é onde deve ocorrer a maior parte da remoção da matéria orgânica. Em suma, é esperado uma

remoção elevada pois todas as etapas das lagoas em série apresentam um alto tempo de detenção e uma vazão regular.

A ETE Santa Cruz foi a que apresentou maior flutuação dos resultados, incluindo um valor abaixo do permitido pela legislação no mês de maio. É a instalação mais nova entre as três e que apresenta um sistema mais completo, mas que visivelmente ainda necessita de ajustes, como por exemplo, o descarte de lodo estar sendo feito no tempo correto. Outro indicativo importantíssimo, como visto na figura 17, é a presença de algas no tanque de contato, que mostra que naquela etapa ainda está presente quantidades consideráveis de matéria orgânica.

4.6 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO

A DQO não é regulamentada pelo CONAMA, mas serve como intermédio para o valor de volume da amostra que será incubado na análise de DBO. O método de DQO utilizado é o método de refluxo aberto pois ele abrange uma quantidade grande de tipos de amostras que podem ser analisadas. Os valores referentes as ETE's de Rio Formoso, Sirinhaém e Santa Cruz estão representados nas Tabelas 14, 15 e 16 respectivamente.

Tabela 14 – Resultados obtidos na análise de DQO da ETE Rio Formoso

| Rio Formoso | Pontos | DQO (mg O₂/l) | Ef. remoção DQO (%) |
|--------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------|
| Janeiro | Entrada | 945 | - |
| | Reator | 97 | - |
| | Saída | 54 | 94% |
| Fevereiro | Entrada | 745 | - |
| | Reator | 134 | - |
| | Saída | 94 | 87% |
| Março | Entrada | 141 | - |
| | Reator | 54 | - |
| | Saída | 59 | 58% |
| Abril | Entrada | 214 | - |
| | Reator | 134 | - |
| | Saída | 64 | 70% |
| Maio | Entrada | 387 | - |
| | Reator | 55 | - |
| | Saída | 55 | 86% |
| Junho | Entrada | 509 | - |
| | Reator | 132 | - |
| | Saída | 99 | 81% |

Fonte: COMPESA (2023)

Tabela 15 – Resultados obtidos na análise de DQO da ETE Sirinhaém

| Sirinhaém | Pontos | DQO (mg O₂/l) | Ef. remoção DQO (%) |
|------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------|
| Janeiro | Entrada | 774 | - |
| | Saída | 69 | 91% |
| Fevereiro | Entrada | 57 | - |
| | Saída | 226 | - |
| Março | Entrada | 582 | - |
| | Saída | 49 | 92% |
| Abril | Entrada | 294 | - |
| | Saída | 30 | 90% |
| Maio | Entrada | 721 | - |
| | Saída | 50 | 93% |
| Junho | Entrada | 793 | - |
| | Saída | 30 | 96% |

Fonte: COMPESA (2023)

Tabela 16 – Resultados obtidos na análise de DQO da ETE Santa Cruz

| Santa Cruz | Pontos | DQO (mg O₂/l) | Ef. remoção DQO (%) |
|-------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------|
| Janeiro | Entrada | 739 | - |
| | Saída | 114 | 85% |
| Fevereiro | Entrada | 100 | - |
| | Saída | 47 | 53% |
| Março | Entrada | 130 | - |
| | Saída | 37 | 72% |
| Maio | Entrada | 118 | - |
| | Saída | 53 | 55% |
| Junho | Entrada | 150 | - |
| | Saída | 65 | 57% |

Fonte: COMPESA (2023)

A análise é bastante semelhante com a do tópico anterior, pois a DBO depende diretamente dos valores de DQO. Outros parâmetros solicitados pela legislação é a presença de material flutuante, as temperaturas dos pontos de coleta e as condições climáticas. A ETE Sirinhaém apresentou valores constantes de eficiência de remoção em comparação à Rio Formoso e Santa Cruz. Com exceção de fevereiro, Sirinhaém apresentou remoção superior a 90%. Santa Cruz teve maiores variações na remoção de DQO, apresentando valores abaixo de 60% nos meses de fevereiro, maio e junho.

Conforme ANEXO D – Físico-Química Rio Formoso, as coletas realizadas de janeiro a março foram realizadas em época de sol e as coletas de abril a junho foram

realizadas com chuva, todas abaixo da temperatura limite de 40°C e com ausência de material flutuante. Conforme ANEXO E – Físico-Química Sirinhaém, as coletas de janeiro e abril foram realizadas com sol, a de março foi realizada com clima nublado e as de fevereiro, maio e junho realizadas com chuva, todas abaixo da temperatura limite de 40°C e com ausência de material flutuante. Conforme ANEXO F – Físico-Química Rio Formoso, não foi possível obter as informações de condições climáticas nem de temperatura, mas todas apresentaram ausência de material flutuante.

4.7 BACTERIOLOGIA

A análise bacteriológica é um importante indicativo de possíveis microrganismos patogênicos que podem ser encontrados (Pessoa *et al.*, 2013). O controle de microrganismos é importante pois avalia a eficiência do tratamento que está sendo aplicado, monitorando a eficiência de remoção das bactérias pois em diversos casos o efluente tratado faz reuso da água residuária. A não eliminação de microrganismos patogênicos pode vir a se tornar uma questão de saúde pública. Os resultados obtidos da análise de coliformes termotolerantes das estações de Rio Formoso, Sirinhaém e Santa Cruz estão mostrados nas Tabelas 17, 18 e 19, respectivamente.

Tabela 17 – Resultados obtidos na análise microbiológica da ETE Rio Formoso

| Mês | Esgoto bruto (NPM/100mL) | Esgoto tratado (NPM/100mL) | Remoção (%) |
|------------|-------------------------------------|---|------------------------|
| Janeiro | 1,086.10 ⁶ | 2,83.10 ³ | 99,7 |
| Fevereiro | 2,63.10 ⁶ | 2,77.10 ³ | 99,9 |
| Março | 1,43.10 ⁶ | 5,10.10 ² | 100,0 |
| Abril | 2,08.10 ⁶ | 3,00.10 ² | 100,0 |
| Maio | 2,65.10 ⁵ | 3,10.10 ³ | 98,8 |
| Junho | 4,99.10 ⁵ | 6,10.10 ² | 99,9 |

Fonte: COMPESA (2023)

Tabela 18 – Resultados obtidos na análise microbiológica da ETE Sirinhaém

| Mês | Esgoto bruto (NPM/100mL) | Esgoto tratado (NPM/100mL) | Remoção (%) |
|------------|-------------------------------------|---|------------------------|
| Janeiro | $7,82.10^5$ | <100 | 100,0 |
| Fevereiro | $2,58.10^5$ | <100 | 100,0 |
| Março | $1,19.10^6$ | $1,00.10^2$ | 100,0 |
| Abril | $2,16.10^6$ | $3,10.10^2$ | 100,0 |
| Maio | $1,83.10^6$ | <100 | 100,0 |
| Junho | $2,91.10^6$ | <100 | 100,0 |

Fonte: COMPESA (2023)

Tabela 19 – Resultados obtidos na análise microbiológica da ETE Santa Cruz

| Mês | Esgoto bruto (NPM/100mL) | Esgoto tratado (NPM/100mL) | Remoção (%) |
|------------|-------------------------------------|---|------------------------|
| Janeiro | $7,67.10^5$ | <100 | 100,0 |
| Fevereiro | $1,13.10^6$ | $3,38.10^3$ | 99,7 |
| Março | $3,10.10^4$ | $1,00.10^2$ | 99,7 |
| Abril | - | - | - |
| Maio | $3,10.10^4$ | $1,00.10^2$ | 99,7 |
| Junho | $7,89.10^5$ | <100 | 100,0 |

Fonte: COMPESA (2023)

As três estações ao final de seus respectivos processos apresentaram elevada eficiência, removendo praticamente todos os microrganismos patogênicos. Fatores que influenciam na eficiência do processo podem estar relacionadas a quantidade de carga poluidora que recebe, a quantidade de população atendida ser coerente com o projeto, o tipo de tratamento aplicado àquele tipo de efluente recebido (doméstico ou industrial) e se todas as etapas do processo estão operando corretamente. É importante salientar que a ETE Santa Cruz apresenta ao final de seu procedimento um tanque de contato, o qual é adicionado continuamente cloro gasoso como agente desinfetante, o que garante que o efluente final não apresente bactérias em sua composição.

5 CONCLUSÃO

As três estações de tratamento de efluentes apresentaram boa eficiência de remoção de DBO ao longo do intervalo de tempo analisados, com poucas flutuações em análises específicas, o que pode ser atribuído a alguma falha do processo ou alguma falha durante a realização da análise. Cada estação possui tipos de tratamentos de remoção de poluentes diferentes, o que permitiu uma análise ampla sobre os diferentes tipos de procedimentos aplicáveis à remoção do esgoto doméstico.

A maior parte das análises são físico-químicas, e todas apresentaram valores constantes ao longo dos meses com poucas variações em casos isolados, como os óleos e graxas da ETE Sirinhaém e principalmente os cloretos da ETE Santa Cruz. Este segundo pode ser atribuído as ligações diretas feitas pela população, em que é feito o despejo direto de efluente possivelmente industrial, o que influencia nos altos níveis de cloretos. Nenhuma das estações apresentou material flutuante, o que indica uma boa remoção dos sólidos suspensos e sólidos totais. Um ponto fora da curva foi também a remoção de DQO de Rio Formoso no mês de março, que foi bem abaixo do permitido pela legislação.

As análises bacteriológicas foram as que apresentaram menos variações ao longo dos meses. A ETE Santa Cruz apresentou a maior eficiência de remoção de microrganismos patogênicos e isso se dá devido ao uso de desinfecção por cloro, que elimina praticamente todos os coliformes presentes. Lagoas de estabilização são processos mais simples, mas que apresentaram boa remoção desses microrganismos. Levando em conta a baixa vazão de efluente recebido e a população atendida, são procedimentos com boa eficiência.

Erros que podem acontecer em análises podem ser de origem do operador ou do equipamento. A falta de calibração resulta em erros sistemáticos em análises recorrentes, vidrarias arranhadas ou quebradas influenciam a visão durante os processos, podendo influenciar nos resultados. Fontes de erro podem vir também do analista durante o processo, com a não realização de alguma etapa do procedimento, a utilização de reagentes fora do período de validade ou desatenção.

REFERÊNCIAS

- Andreoli, C. V. *et al.* A gestão dos biossólidos gerados em estações de tratamento de esgoto doméstico. **Engenharia e Construção**, v. 24, p. 18-22, 1998.
- Athaydes, T. V. S., Parolin, M., Crispim, J. de Q. **Análise histórica sobre práticas de saneamento básico no mundo**. In: XVI Fórum ambiental alta paulista, 2020, São Paulo. Anais eletrônicos, 2020. Disponível em <https://www.eventoanap.org.br/data/inscricoes/5421/form3049191469.pdf>. Acesso em 23 de janeiro de 2023.
- Bento, C. B. Despoluição de rios Londres-São Paulo: insights para a recuperação e reintegração dos rios paulistas ao ambiente urbano. 2021. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005**.
- Bezerra, Stella Maris da Cruz *et al.* Influência do tempo de detenção hidráulica sobre a autoinoculação na partida de um reator UASB tratando esgoto sanitário. 1998.
- Cavalcante, Z. V., Silva, M. L. S. **A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia**. In: Encontro Internacional De Produção Científica, VII Edição, 2011, Paraná. Anais eletrônicos. UniCesumar, 2011.
- Costa, I. G., Pierobon, F., Soares, E. C. A Efetivação do direito ao saneamento básico no Brasil: do PLANASA ao PLANASB. **Meritum**, v. 13, n. 2, p. 335-358, 2018.
- Costa, D. J. L.; Teixeira, D. Aplicação de modelo de autodepuração para avaliação da qualidade da água do Ribeirão do Ouro, Araraquara-SP. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 13, n. 1, p. 49-62, 2010.
- Freire, R. S. *et al.* Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. **Química Nova**, v. 23, p. 504-511, 2000.
- Gonçalves, R. F.; Araújo, V. L.; Chernicharo, C. A. Tratamento secundário de esgoto sanitário através da associação em série de reatores UASB e biofiltros aerados submersos. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 1997. p. 450-61.
- Hasan, C., Feitosa, A. K., Silva, M. C. A., Konrad, O. Produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais: Análise dos teores de sólidos totais, voláteis e fixos em amostras pré e pós digestão anaeróbia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, p. 257-273, 2019.
- Júnior, Ariston Silva Melo *et al.* Avaliação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em uma lagoa facultativa. **INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)**, v. 6, p. 300-319, 2018.
- Leite, G. S., Afonso, R. J. C. F., Aquino, S. F. Caracterização dos Contaminantes Presentes em Sistemas de Tratamento de Esgotos, por Cromatografia Líquida Acoplada à Espectrometria de Massas Tendem em Alta Resolução. **Química Nova**, v. 33, n. 3, 734-738, 2010.

Leoneti, A. B., Prado, E. L.; Oliveira, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de administração pública**, v. 45, p. 331 - 348, 2011.et

Nunes, L. R., Diaz, R. R. L. A evolução do saneamento básico na história e o debate de sua privatização no Brasil. **Revista de Direito da Faculdade Guanambi**, v. 7, n. 2, p. 1, 2020.

Nuvolari, A. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola**. 2ª Ed. São Paulo: Blucher, 2011.

Oliveira, A. B. K. **O rio Tietê: O processo histórico e sua importância para São Paulo**. I Simpósio Mineiro de Geografia. Universidade Federal de Alfenas – MG. 2014.

Parisi, C. M. **Avaliação dos danos às edificações causados por águas de inundações e estudo de alternativas de proteção para tornar as edificações mais resilientes**. Tese de doutorado apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. MG. 2012.

Pessoa, J. D., Macêdo, C. R., Santos, T. S. S., França, K. B. **Análise bacteriológica da água de esgoto tratada por um sistema de membrana cerâmica de microfiltração para fins de reúso**. III Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. São Paulo – SP. 2013.

Quadro, Maurizio *et al.* Influência da recirculação e da alcalinidade no desempenho de um reator UASB no tratamento de efluente de suinocultura. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 10, n. 1, 2004.

Ribeiro, H. Saúde pública e meio ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. **Saúde e Sociedade**, v. 13, p. 70-80, 2004.

Ribeiro, J. W., Rooke, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Juiz de Fora, MG, v. 13, 2010.

Ribeiro, Wladimir Antônio. O saneamento básico como um direito social. **Revista de Direito Público da Economia – RDPE**, Belo Horizonte, ano 13, n. 52, p. 229-251, out./dez. 2015.

Saiani, C. C. S. **Déficit de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil**. Prêmio IPEA-CAIXA 2006, Brasília, 2006.

Saiani, C. C. S., Toneto Júnior, R. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 19, n. 1 (38), p. 79-106, abr. 2010.

Saiani, C. C. S.; Galvão, G. C. **Evolução das desigualdades regionais do déficit de acesso a serviços de saneamento básico no Brasil: evidências de um incentivo adverso dos objetivos de desenvolvimento do milênio**. Encontro Nacional de Economia, v. 39, 2011.

Santos, A. D. **Estudos das Possibilidades de Reciclagem dos Resíduos de Tratamento da Região Metropolitana de São Paulo**. 2003. 265 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Scalize, P. S. *et al.* **Avaliação da autodepuração do Ribeirão das Cruzes através da depressão do oxigênio dissolvido após receber efluente da ETE-Araraquara**. 2015.

Silva, E. C. C.; Aires, J. A. Panorama histórico da teoria celular. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 14, p. 1-18, 2016.

Silva, E. R. **O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro – RJ. 1998.

Silva, L. D., Dantas, P. R., Neto, L. M. P., Arruda, V. C. M. de, Tavares, R. G., Silva, V. P. Eficiência da coagulação, floculação e decantação como tratamento primário de efluente têxtil. **Revista Geama**, v.5, n.1, p. 36 – 40. 2019.

Sousa, A. C. A.; Costa, N. R. Política de saneamento básico no Brasil: discussão de uma trajetória. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.23, n.3, jul.-set. 2016, p.615-634.

Tibbetts, P.J.C.; Buchanan, I.T.; Gawel, L.J.; Large, R. (1992) **A comprehensive determination of produced water composition**. In: Ray, J.P. & Engelhardt, F.R. (ed.). Produced water: technological/ environmental issues and solutions. New York: Plenum Publishing Corp. p. 97-113.

Sperling, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2005.

Sperling, M. **Lagoas de Estabilização**. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2ª Edição. Editora da UFMG, 2002.

ANEXO A – RIO FORMOSO

| RENOVAÇÃO DA LICENÇA DE OPERAÇÃO | |
|--|---|
| Nº 05.21.02.000369-2 | VALIDADE 09/02/2025 |
| Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH, com base na legislação ambiental e demais normas pertinentes, e tendo em vista o contido no expediente protocolado sob o nº 016665/2019 expedir a presente RENOVAÇÃO DA LICENÇA DE OPERAÇÃO (RLO). | |
| 1 - Nº Empreendimento 00000037671 | 2 - Razão Social COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA |
| 3 - Endereço AV CRUZ CABUGÁ, 1387 - SANTO AMARO | |
| 4 - Município Recife - PE | 5 - CEP 50040000 |
| 6 - CNPJ / CPF 09.769.035/0001-64 | 7 - RG / Inscrição Estadual |
| 8 - Caracterização do Empreendimento O empreendimento enquadra-se na Tipologia de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário 4.2 - N do Anexo I, da Lei Estadual nº 14.249/10 e suas alterações, cuja atividade consiste na operação do Sistema de Esgotamento Sanitário do município de Rio Formoso/PE. O sistema atende atualmente aproximadamente uma população total de 20.472 (Vinte mil, quatrocentos e setenta e dois) habitantes. Possui 02 (Duas) Estações Elevatórias de Esgotos: EEEB 1 localizada nas Coordenadas Geográficas: 8°39'44.02"S 35°8'58.71"O e EEEB 2 localizada nas Coordenadas Geográficas: 8°39'32.32"S 35°9'9.37"O com seus respectivos emissários de recalque e 01 (uma) Estação de Tratamento de Esgotos - ETE, localizada nas Coordenadas Geográficas: 8°39'31.9"S 35°08'34.8"O, composta por grade de barras, caixa de areia, reatores UASB, lagoa de polimento, leitos de secagem e filtro de pedra, além da Estação Elevatória de Esgotos Tratados - EEET 1 localizada nas Coordenadas Geográficas: 8°39'18.63"S 35°8'52.30"O e emissário final. Os efluentes tratados são lançados no Rio Formoso - Coordenadas Geográficas: 8°39'34.5"S 35°09'22.1"O. Localizado no seguinte endereço: PE 60 Rodovia Arminio Guilherme, sr, Vila Conceição, 55570000, Rio Formoso - PE | |
| 9 - Exigências 1. Deverá a Compesa adequar a Estação de Tratamento de Esgoto a que se refere esta Licença de Operação, à Instrução Normativa CPRH nº 003/2018, conforme o prazo estabelecido no quadro do Anexo Único do Termo de Compromisso nº 30/2020; 2. A Compesa deverá operar o sistema, até o prazo estipulado no item 1, obedecendo, no mínimo, aos parâmetros previstos na Resolução Conama nº 430/2011 e Instrução Normativa CPRH nº 003/2018; 3. Deverá a Compesa apresentar diagnóstico situacional contendo projeto de melhorias físicas progressivas e cronograma de execução das obras visando o atendimento ao item 1, no prazo previsto no quadro do Anexo Único do Termo de Compromisso nº 30/2020, a contar da data de expedição da licença; 4. Fica proibido o uso de tubulação extravasora ou by pass sem a presença de válvula de segurança com lacre numerado da CPRH, que só pode ser rompido em caso de condições anormais de intempéries ambientais. A necessidade de utilização obriga a Compesa a comunicar a CPRH do rompimento do lacre em até 24h; 5. A empresa deverá operar e manter adequadamente a Estação de Tratamento de Efluentes, realizando manutenção periódica a fim de garantir a eficiência no tratamento; 6. Os equipamentos da EEE - Estação Elevatória de Esgoto devem ser inspecionados periodicamente, de acordo com as recomendações dos fabricantes, e do manual de operação e manutenção, de forma a manterem o adequado funcionamento de forma contínua e ininterrupta; 7. Deverá ter prévio Licenciamento da CPRH, qualquer alteração ou modificação nos projetos aprovados; 8. A destinação do lodo e demais resíduos sólidos deverá ser realizada por empresa devidamente licenciada e em local licenciado ambientalmente para recebimento destes resíduos. | |
| 12 - DATA EMISSÃO 10/02/2021 | Pag. 1/2 |

Documento assinado digitalmente

Assinado em 16/03/2021 10:04:01 - Assinado anteriormente em 01/03/2021 14:38:11 - Licença assinada 3 vezes

Código de Autenticação : VZ/20V/KJ

Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH

Autenticidade em <http://www.cprh.pe.gov.br/assinadigital/assinadigital.php?id=05.21.02.000369-2&co=VZ/20V/KJ>

Documento assinado por meio digital, assinatura NP (2001.3 de 24/08/2011), que inclui o código de verificação de Classe, Política, Sistema - ICP Brasil, em vigor conforme E.C. nº 2 de 1/09/2001 - Art. 2º

Papel Reciclado não clorado, com menor custo ambiental.

ANEXO B – SIRINHAÉM



| LICENÇA DE OPERAÇÃO | |
|---|---|
| Nº 18.21.08.003053-9 | VALIDADE 09/08/2025 |
| Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH, com base na legislação ambiental e demais normas pertinentes, e tendo em vista o contido no expediente protocolado sob o nº 004319/2019 expedir a presente LICENÇA DE OPERAÇÃO (LO). | |
| 1 - Nº Empreendimento 00000035418 | 2 - Razão Social COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA |
| 3 - Endereço AV CRUZ CABUGÁ, 1387 - SANTO AMARO | |
| 4 - Município Recife - PE | 5 - CEP 50040000 |
| 6 - CNPJ / CPF 09.769.035/0001-64 | 7 - RG / Inscrição Estadual |
| 8 - Caracterização do Empreendimento O empreendimento enquadra-se na Tipologia de Esgotamento Sanitário, Código 4.2 - Q do Anexo I, da Lei Estadual nº 14.249/10 e suas alterações, cuja atividade consiste na operação do Sistema de Esgotamento Sanitário do município de Sirinhaém/PE. O sistema atende aproximadamente uma população total de 8.988 (oito mil, novecentos e oitenta e oito) habitantes, possuindo 9,47 km de rede coletora. Dispõe de 05 (cinco) Estações Elevatórias de Esgotos: EEEB 1 localizada nas Coordenadas Geográficas: 8o35'54.80"S 35o8'36.36"O, EEEB 2 localizada nas Coordenadas Geográficas: 8o35'25.83"S 35o8'46.99"O, EEEB 3 localizada nas Coordenadas Geográficas: 8o35'19.32"S 35o7'0.94"O, EEEB 4 localizada nas Coordenadas Geográficas: 8o35'27.53"S 35o7'18.48"O e EEEB 5 localizada nas Coordenadas Geográficas: 8o35'48.16"S 35o7'22.63"O com seus respectivos emissários de recalque, e 01 (uma) Estação de Tratamento de Esgotos - ETE localizada nas Coordenadas Geográficas: 8o35'51.3"S 35o06'24.1"O, composta por 02 (duas) Lagoas Anaeróbicas, 04 (quatro) Lagoas Facultativas e 04 (quatro) Lagoas de Maturação. Os efluentes tratados são lançados no Riacho Agrovila (Tributário do Rio Sirinhaém) - Coordenadas Geográficas: 8o35'48.8"S 35o8'14.6"O. Rua Doutor Jose Mariano, 65, Centro, 50000000, Recife - PE | |
| 9 - Exigências 1. Deverá a Compesa adequar a Estação de Tratamento de Esgoto a que se refere esta Licença de Operação, à Instrução Normativa CPRH nº 003/2018, conforme o prazo estabelecido no quadro do Anexo Único do Termo de Compromisso nº 30/2020; 2. A Compesa deverá operar o sistema, até o prazo estipulado no item 1, obedecendo, no mínimo, aos parâmetros previstos na Resolução Conama nº 430/2011 e Instrução Normativa CPRH nº 003/2018; 3. Deverá a Compesa apresentar diagnóstico situacional contendo projeto de melhorias físicas progressivas e cronograma de execução das obras visando o atendimento ao item 1, no prazo previsto no quadro do Anexo Único do Termo de Compromisso nº 30/2020, a contar da data de expedição da licença; 4. Fica proibido o uso de tubulação extravasora ou by pass sem a presença de válvula de segurança com lacre numerado da CPRH, que só pode ser rompido em caso de condições anormais de intempéries ambientais. A necessidade de utilização obriga a Compesa a comunicar a CPRH do rompimento do lacre em até 24h; 5. No prazo de até 150 (cento e cinquenta) dias, a Compesa deverá passar a manter na Gerência Regional de Petrolina, no mínimo, 02 (dois) geradores de energia volantes, para eventuais necessidades de utilização por falta de energia, nos sistemas de sua competência; 6. A empresa deverá operar e manter adequadamente a Estação de Tratamento de Efluentes, realizando manutenção periódica a fim de garantir a eficiência no tratamento; 7. Os equipamentos da EEE - Estação Elevatória de Esgoto devem ser inspecionados periodicamente, de acordo com as recomendações dos fabricantes, e do manual de operação e manutenção, de forma a manterem o adequado funcionamento de forma contínua e ininterrupta; 8. Deverá ter prévio Licenciamento da CPRH, qualquer alteração ou modificação nos projetos aprovados; | |
| 12 - DATA EMISSÃO 10/08/2021 | Pag. 1/2 |

Documento approvato dall'assemblea

Acessado em 10/08/2021 11:34:37


Código de Autenticación : YF3131N8

Agência Estadual de Meio Ambiente - CIMA

Autenticidade em: <http://www.cpf.gov.br/assinatura/digitalizar/charleadedokai.chc?id=16.21.00.000055-8&co=YD13TH>

Documenta fornita per via digitale, conforme SP2000/3 del 24/08/2017, con tutti i diritti riservati da Gianni Pulitis. Evidenza: KPF 8x12 cm, ogni documento E.C. n°20 di 10000001. Art.20

Pag.1/2

 Papel Reciclado não clorado, com menor custo ambiental.

ANEXO C – SANTA CRUZ

| LICENÇA DE OPERAÇÃO | | |
|---|--|---|
| Nº 03.20.04.001542-1 | | VALIDADE 27/04/2024 |
| Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH, com base na legislação ambiental e demais normas pertinentes, e tendo em vista o contido no expediente protocolado sob o nº 012323/2019 expede a presente LICENÇA DE OPERAÇÃO (LO). | | |
| 1 - Nº Empreendimento 00000031755 | 2 - Razão Social COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA | |
| 3 - Endereço AV CRUZ CABUGÁ, 1387 - SANTO AMARO | | |
| 4 - Município Recife - PE | 5 - CEP 50040000 | 6 - Código de Georreferenciamento 28122018GTWJ |
| 7 - CNPJ / CPF 09.769.035/0001-64 | | 8 - RG / Inscrição Estadual |
| 9 - Caracterização do Empreendimento O empreendimento enquadra-se na Tipologia de Esgotamento Sanitário, Código 4.2 (Q) do Anexo I da Lei Estadual nº 14.249/2010 e suas alterações, cuja atividade consiste na operação do Sistema de Esgotamento Sanitário - SES do município de Santa Cruz do Capibaribe - PE. O referido sistema atenderá uma população de final estimada em 196.455 habitantes e será composta pelos seguintes dispositivos: 08 (oito) Interceptores de 17,86 km no total; serão coletados esgotos juntamente com água de chuva provenientes das galerias de água pluvial; 4 (quatro) Estações Elevatórias de Esgoto; 01 (uma) Estação de Tratamento de Esgoto (Qméd = 345 L/s), localizada nas coordenadas geográficas UTM 24 811093.00 m E, 9118438.00 m S e o processo selecionado é uma variação de lodos ativados com aeração prolongada visando atingir maior grau de nitrificação e consequente diminuição da produção de lodo e de necessidade de aeração contendo: SES Santa Cruz do Capibaribe, s/n, UTM 248111093.00 E 9118438 S, 55000000, Santa Cruz do Capibaribe/PE. O ponto de lançamento tem como corpo receptor o rio Capibaribe SES Santa Cruz do Capibaribe, s/n, UTM 248111093.00 E e 9118438 S, 55000000, Santa Cruz do Capibaribe - PE | | |
| 10 - Exigências 1. Apresentar em 30 dias projeto das ligações das casas que estão lançando seus esgotos diretamente no rio Capibaribe. Apresentar também prazo de execução das obras informando data de conclusão; 2. O uso dos extravasores se limitam as caixas extravasoras que devem ser utilizadas apenas em dias de chuva onde ocorrerá um volume na rede de uso unitário superior a sua capacidade; 3. Deverá ser apresentado trimestralmente Relatório Operacional, contendo: 3.1. Resultados das análises laboratoriais, medição de vazões e livro diário onde conste o registro de todas as manobras/operações e serviços efetuados na ETE; 3.2. Análises mensais na entrada e saída da ETE com os seguintes parâmetros: - Entrada: PH, OD, DBO, DQO, Coliformes termotolerantes, Nitrogênios: Amoniacal, Nitrato e Nitrato, Sólidos; - Saída: PH, OD, DBO, DQO, coliformes termotolerantes, Nitrogênios: Amoniacal, Nitrato e Nitrato, sólidos; 3.3. Análises semestrais no corpo receptor (Montante e Jusante) com os seguintes parâmetros: - PH, OD, DBO, DQO, Coliformes termotolerantes, Nitrogênios: Amoniacal, Nitrato e Nitrato; 4. A empresa deverá operar e manter adequadamente a Estação de Tratamento de efluentes, realizando manutenção periódica a fim de garantir a eficiência no tratamento dos Efluentes; 5. Os equipamentos da ETE - Estação Elevatória de Esgoto devem ser inspecionados periodicamente, de acordo com as recomendações dos fabricantes, e do manual de operação e manutenção, de forma a manterem o adequado funcionamento de forma contínua e ininterrupta; 6. Qualquer problema que vier a ocorrer no sistema de tratamento de efluentes sanitários, inclusive geração de maus odores, será de responsabilidade do Empreendedor/Responsável Técnico. | | |
| 12 - DATA EMISSÃO 28/04/2020 | | Pág. 1/2 |

Documento assinado digitalmente.
 Assinado em 28/04/2020 15:13:43
 Código de Autenticação : 8L575H9B
 Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH
 Autenticidade em <http://www.cprh.pe.gov.br/assinatura/digital/validar.php?sig=03.20.04.001542-1&cd=8L575H9B>
 Documento assinado por meio digital, conforme MP 2200-2 de 24/09/2011, que institui a Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira - ICP-Brasil em vigor conforme o Decreto nº 7.082/2011 - Art. 2º

ANEXO D – FÍSICO-QUÍMICA RIO FORMOSO



GQL - GERÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE LABORATÓRIO DE ESGOTO

| AMOSTRA | Data | Hora | Tempo | Temp °C | pH | Alcal mg/l CaCO ₃ | Cloretos mg/l Cl | OD 1º dia mg O ₂ /l | DBO mg O ₂ /l | Ef. Rem. DBO (%) | DQO mg O ₂ /l | Ef. Rem. DQO (%) | Sól. Sed. ml/l | Sól. Tot. mg/l | Sól. Fixos mg/l | Sól. Voláteis mg/l | Sól. Susp. Totais mg/l | Sól. Susp. fixos mg/l | Sól. Susp. Vol mg/l | P mg/l | Óleos e graxas | Material flutuante |
|------------------------------|----------|-------|-------|---------|-----|------------------------------------|---------------------|---|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------|-------------------|-----------------------|
| ETE Rio Formoso (E.B) | 09/01/23 | 11:00 | sol | 29 | 7,1 | 259 | 250 | * | 320 | * | 945 | * | 5,0 | 526 | 252 | 274 | 295 | 110 | 185 | * | * | * |
| Saída do Reator | 09/01/23 | 11:20 | sol | 28 | 7,1 | 199 | 400 | * | 38 | * | 97 | * | 0,2 | 303 | 211 | 92 | 58 | 34 | 24 | * | * | * |
| Saída do Filtro | 09/01/23 | 10:30 | sol | 27 | 7,5 | 148 | 50 | 6,6 | 15 | 95% | 54 | 94% | 0,0 | 313 | 264 | 49 | 13 | 11 | 2 | 13,3 | 6,0 | ausente |
| ETE Rio Formoso (E.B) | 16/02/23 | 12:40 | sol | 29 | 6,7 | 212 | 95 | * | 240 | * | 745 | * | 1,0 | 488 | 259 | 229 | 172 | 61 | 111 | * | * | * |
| Saída do Reator | 16/02/23 | 12:30 | sol | 29 | 6,7 | 215 | 95 | * | 28 | * | 134 | * | 0,1 | 298 | 162 | 136 | 48 | 16 | 32 | * | * | * |
| Saída do Filtro | 16/02/23 | 11:55 | sol | 30 | 8,4 | 500 | 295 | 1,2 | 18 | 93% | 94 | 87% | 0,0 | 556 | 436 | 120 | 44 | 18 | 26 | 1,4 | 10,4 | ausente |
| ETE Rio Formoso (E.B) | 08/03/23 | 12:00 | sol | 29 | 7,0 | 250 | 775 | * | 20 | * | 141 | * | 2,0 | 2515 | 1986 | 529 | 151 | 52 | 99 | * | * | * |
| Saída do Reator | 08/03/23 | 11:35 | sol | 30 | 6,7 | 233 | 50 | * | 43 | * | 54 | * | 0,0 | 1957 | 1568 | 389 | 34 | 18 | 16 | * | * | * |
| Saída do Filtro | 08/03/23 | 10:50 | sol | 29 | 6,2 | 62 | 370 | 3,0 | 13 | 35% | 59 | 58% | 0,0 | 867 | 701 | 166 | 35 | 20 | 15 | 1,1 | 3,5 | ausente |
| ETE Rio Formoso (E.B) | 24/04/23 | 11:20 | chuva | 28 | 7,5 | 122 | 50 | * | 120 | * | 214 | * | 0,8 | 340 | 197 | 143 | 123 | 57 | 66 | * | * | * |
| Saída do Reator | 24/04/23 | 11:35 | chuva | 29 | 7,0 | 163 | 100 | * | 30 | * | 134 | * | 0,2 | 370 | 300 | 70 | 50 | 35 | 15 | * | * | * |
| Saída do Filtro | 24/04/23 | 11:40 | chuva | 29 | 8,2 | 72 | 200 | 10,0 | 5 | 96% | 64 | 70% | 0,0 | 386 | 325 | 61 | 16 | 8 | 8 | 1,1 | 14,6 | ausente |
| ETE Rio Formoso (E.B) | 17/05/23 | 11:45 | chuva | 28 | 6,7 | 186 | 120 | * | 185 | * | 387 | * | 1,5 | 445 | 273 | 172 | 141 | 60 | 81 | * | * | * |
| Saída do Reator | 17/05/23 | 11:30 | chuva | 29 | 6,6 | 172 | 135 | * | 23 | * | 55 | * | 0,1 | 338 | 270 | 68 | 24 | 3 | 21 | * | * | * |
| Saída do Filtro | 17/05/23 | 10:50 | chuva | 29 | 7,1 | 87 | 145 | 5,1 | 11 | 94% | 55 | 86% | 0,0 | 314 | 264 | 50 | 54 | 24 | 30 | 1,4 | 13,5 | ausente |
| ETE Rio Formoso (E.B) | 19/06/23 | 12:35 | chuva | 28 | 6,9 | 201 | 0 | * | 250 | * | 509 | * | 7,5 | 629 | 339 | 290 | 370 | 188 | 182 | * | * | * |
| Saída do Reator | 19/06/23 | 12:25 | chuva | 28 | 7,0 | 186 | 0 | * | 30 | * | 132 | * | 0,8 | 346 | 248 | 98 | 117 | 77 | 40 | * | * | * |
| Saída do Filtro | 19/06/23 | 12:00 | chuva | 29 | 8,2 | 78 | 0 | 9,4 | 12 | 95% | 99 | 81% | 0,0 | 233 | 180 | 53 | 18 | 5 | 13 | 0,8 | * | ausente |

Observação

As análises de DBO e DQO das lagoas estão sendo filtradas

CONAMA 430:

Seção III - Das Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários

Art. 21. Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas

as seguintes condições e padrões específicos:

I - Condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 e 9;

b) 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;

c) 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;

d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado

Fonte: COMPESA (2023, p1)

ANEXO E – FÍSICO-QUÍMICA SIRINHAÉM



GQL - GERÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE LABORATÓRIO DE ESGOTO

| AMOSTRA | Data | Hora | Tempo | Temp °C | pH | Alcal mg CaCO ₃ | Cloretos mg/l Cl | OD 1º dia mg O ₂ /L | DBO mg O ₂ /l | Ef. Rem. DBO (%) | DQO mg O ₂ /l | Ef. Rem. DQO (%) | Sól. Sed. ml/l | Sól. Tot. mg/l | Sól. Fixos mg/l | Sól. Voláteis mg/l | Sól. Susp. Totais mg/l | Sól. Susp. fixos mg/l | Sól. Susp. Vol mg/l | P mg/l | Oleos e graxas | Material flutuante |
|----------------|----------|-------|---------|---------|-----|----------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|--------|----------------|--------------------|
| ETE Sirinhaém | 16/01/23 | 11:40 | sol | 27 | 7,0 | 195 | 650 | * | 280 | * | 774 | * | 1,1 | 472 | 243 | 229 | 161 | 46 | 115 | * | * | * |
| Saída da Lagoa | 16/01/23 | 12:10 | sol | 28 | 9,0 | 190 | 550 | 11 | 17 | 94% | 69 | 91% | 0,2 | 437 | 238 | 199 | 126 | 61 | 65 | 15,6 | 10,5 | ausente |
| ETE Sirinhaém | 13/02/23 | 12:35 | chuva | 30 | 6,8 | 203 | 50 | * | 28 | * | 57 | * | 2,5 | 572 | 308 | 264 | 127 | 25 | 102 | * | * | * |
| Saída da Lagoa | 13/02/23 | 11:55 | chuva | 30 | 7,8 | 155 | 170 | 4,8 | 120 | * | 226 | * | 0,1 | 341 | 220 | 121 | 72 | 23 | 49 | 8,0 | 12,3 | ausente |
| ETE Sirinhaém | 02/03/23 | 12:25 | nublado | 30 | 6,7 | 206 | 206 | * | 280 | * | 582 | * | 2,5 | 602 | 271 | 331 | 285 | 70 | 215 | * | * | * |
| Saída da Lagoa | 02/03/23 | 12:15 | nublado | 31 | 8,1 | 192 | 192 | 9,9 | 29 | 90% | 49 | 92% | 0,1 | 366 | 208 | 158 | 98 | 21 | 77 | 8,0 | 7,8 | ausente |
| ETE Sirinhaém | 11/04/23 | 11:45 | sol | 29 | 6,5 | 144 | 115 | * | 250 | * | 294 | * | 3,0 | 639 | 322 | 317 | 166 | 60 | 106 | * | * | * |
| Saída da Lagoa | 11/04/23 | 11:20 | sol | 30 | 7,3 | 75 | 90 | 6,6 | 26 | 90% | 30 | 90% | 0,0 | 223 | 146 | 77 | 33 | 7 | 26 | 0,1 | 5,6 | ausente |
| ETE Sirinhaém | 15/05/23 | 12:15 | chuva | 29 | 7,0 | 285 | 170 | * | 330 | * | 721 | * | 1,8 | 591 | 314 | 277 | 190 | 46 | 144 | * | * | * |
| Saída da Lagoa | 15/05/23 | 11:40 | chuva | 30 | 8,4 | 95 | 195 | 8,7 | 9 | 97% | 50 | 93% | 0,0 | 269 | 175 | 94 | 55 | 17 | 38 | * | 3,4 | ausente |
| ETE Sirinhaém | 01/06/23 | 11:40 | chuva | 28 | 7,0 | 220 | 220 | * | 280 | * | 793 | * | 7,5 | 1002 | 418 | 584 | 541 | 218 | 323 | * | * | * |
| Saída da Lagoa | 01/06/23 | 11:05 | chuva | 30 | 9,6 | 56 | 56 | 10,8 | 9 | 97% | 30 | 96% | 0,5 | 305 | 157 | 148 | 104 | 50 | 54 | 2,5 | 49,3 | ausente |

Observação

As análises de DBO e DQO das lagoas estão sendo filtradas

CONAMA 430:

Seção III - Das Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários

Art. 21. Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas

as seguintes condições e padrões específicos:

I - Condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 e 9;

b) 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;

c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas,

cujas velocidades de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: 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.

e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e

f) ausência de materiais flutuantes.

Fonte: COMPESA (2023, p1)

ANEXO F – FÍSICO-QUÍMICA SANTA CRUZ



GQL - GERÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE LABORATÓRIO DE ESGOTO

| AMOSTRA | Data | Hora | Temp °C | pH | Alcal mg CaCO ₃ | Cloretos mg/l Cl | OD 1º dia mg O ₂ /L | DBO mg O ₂ /l | Ef. Rem. DBO (%) | DQO mg O ₂ /l | Ef. Rem. DQO (%) | Sól. Sed. ml/l | Sól. Tot. mg/l | Sól. Fixos mg/l | Sól. Voláteis mg/l | Sól. Susp. Totais mg/l | Sól. Susp. fixos mg/l | Sól. Susp. Vol mg/l | P mg/l | Oleos e graxas | Material flutuante | Ovos de Helmintos (contagem) Ovos/L |
|----------------------|----------|------|---------|-----|----------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|--------|----------------|--------------------|-------------------------------------|
| ETE Santa Cruz (E.B) | 10/01/23 | * | * | 8,3 | 855 | 3150 | * | 360 | * | 739 | * | 0,1 | 1562 | 1329 | 233 | 67 | 29 | 38 | * | * | * | * |
| Saída do tratamento | 10/01/23 | * | * | 8,1 | 511 | 3400 | 7,6 | 20 | 94% | 114 | 85% | 0,0 | 1848 | 1581 | 267 | 27 | 18 | 9 | 3,0 | 4,9 | ausente | 0,0 |
| ETE Santa Cruz (E.B) | 28/02/23 | * | * | 7,4 | 555 | 275 | * | 60 | * | 100 | * | 0,0 | 1070 | 896 | 174 | 38 | 29 | 9 | * | * | * | * |
| Saída do tratamento | 28/02/23 | * | * | 6,6 | 343 | 475 | 1,9 | 22 | 63% | 47 | 53% | 0,0 | 1832 | 1568 | 264 | 11 | 9 | 2 | 4,1 | 3,9 | ausente | * |
| ETE Santa Cruz (E.B) | 30/03/23 | * | * | 7,1 | 268 | 70 | * | 24 | * | 130 | * | 0,4 | 1311 | 1112 | 199 | 101 | 75 | 26 | * | * | * | * |
| Saída do tratamento | 30/03/23 | * | * | 6,8 | 147 | 85 | 2,4 | 9 | 63% | 37 | 72% | 0,0 | 1968 | 1391 | 577 | 16 | 5 | 11 | 2,4 | 5,8 | ausente | 0,0 |
| ETE Santa Cruz (E.B) | 30/05/23 | * | * | 8,2 | 679 | 710 | * | 46 | * | 118 | * | 0,0 | 2240 | 1983 | 257 | 33 | 13 | 20 | * | * | * | * |
| Saída do tratamento | 30/05/23 | * | * | 8,5 | 344 | 575 | 0,0 | 19 | 59% | 53 | 55% | 0,0 | 1892 | 1548 | 344 | 7 | 3 | 4 | 6,5 | 0,2 | ausente | |
| ETE Santa Cruz (E.B) | 28/06/23 | * | * | 8,1 | 570 | 450 | * | 34 | * | 150 | * | 1,0 | 2305 | 2056 | 249 | 68 | 41 | 27 | * | * | * | * |
| Saída do tratamento | 28/06/23 | * | * | 7,6 | 242 | 350 | 4,2 | 2 | 94% | 65 | 57% | 0,0 | 1810 | 1445 | 365 | 9 | 3 | 6 | 3,5 | * | ausente | * |

Observação

CONAMA 430:

Seção III - Das Condições e Padrões para Efluentes de Sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários

Art. 21. Para o lançamento direto de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deverão ser obedecidas as seguintes condições e padrões específicos:

- I - Condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 e 9;
- b) 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;
- c) 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;
- d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: 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.
- e) substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- f) ausência de materiais flutuantes.

Fonte: COMPESA (2023, p1)