



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

DANIELA PATRÍCIA DE MENDONÇA ANDRADE

**PROPOSTA DE MANUAL DE OPERAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Recife

2023

DANIELA PATRÍCIA DE MENDONÇA ANDRADE

**PROPOSTA DE MANUAL DE OPERAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador (a): Prof. Dr. Andrelina Maria Pinheiro Santos

Recife

2023

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

Andrade, Daniela Patrícia de Mendonça.

Proposta de manual de operação de uma estação de tratamento de esgoto para indústria de alimentos / Daniela Patrícia de Mendonça Andrade. - Recife, 2023. 42 : il., tab.

Orientador(a): Andrelina Maria Pinheiro Santos

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

1. efluentes. 2. carga orgânica. 3. modelo. 4. procedimentos operacionais. 5. parâmetros de controle. I. Santos, Andrelina Maria Pinheiro. (Orientação). II. Título.

660 CDD (22.ed.)

DANIELA PATRÍCIA DE MENDONÇA ANDRADE

**PROPOSTA DE MANUAL DE OPERAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO PARA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Alimentos da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro de
Alimentos.

Aprovado em: 11/05/2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 ANDRELINA MARIA PINHEIRO SANTOS
Data: 11/06/2023 16:05:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Andrelina Maria Pinheiro Santos (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 ELISA SOARES LEITE
Data: 07/06/2023 14:39:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Elisa Soares Leite (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 SAMARA ALVACHIAN CARDOSO ANDRADE
Data: 09/06/2023 20:28:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Samara Andrade (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela minha vida e por me permitir superar todos os obstáculos que encontrei na realização deste trabalho.

À minha família, por todo apoio e incentivo nos momentos difíceis, bem como toda a compreensão a minha ausência durante minha formação profissional.

Ao meu marido, obrigado pela paciência e cumplicidade nos meus momentos mais difíceis, por segurar minha mão em cada vitória e derrota, por me manter firme em meu propósito e me lembrar todos os dias que sou capaz.

Aos professores, coordenação do curso e chefia do Departamento de Engenharia Química da UFPE, pelos ensinamentos e correções que, por muitas vezes transcenderam a vida acadêmica.

À orientadora deste trabalho, Prof. Andreлина Maria Pinheiro Santos, por todos os conselhos, paciência e confiança com o qual guiaram o meu aprendizado. Minha eterna gratidão pelo compartilhamento de seu conhecimento e tempo, bem como sua amizade.

Aos meus amigos, com quem convivi intensamente nos últimos anos, pelo companheirismo e troca de experiências que me permitiram crescer como pessoa.

Não poderia deixar de agradecer aos professores do ensino médio e curso preparatório, por terem auxiliado na construção dos conhecimentos básicos que fundamentaram o ingresso para uma faculdade pública.

E finalmente, a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão do curso.

RESUMO

Saneamento básico é um conjunto de serviços públicos que englobam desde o abastecimento de água e esgotamento sanitário até a limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Com o aumento da urbanização e do crescimento industrial, a garantia de saneamento básico para todos não só vem sofrendo impactos, como também o meio ambiente com o aumento da carga de resíduos sólidos descartados de forma errada. Dessa forma, é importante que o Estado participe de forma ativa na preservação dos recursos naturais, bem como da universalização dos serviços essenciais, instituindo órgãos fiscalizadores que possam ajudar as grandes empresas a pensarem de forma mais sustentável em relação aos seus efluentes produzidos. Com isso, os investimentos em projetos de estação de tratamento de efluentes (ETE) por parte das empresas vem ganhando mais espaço, não apenas como uma necessidade para se encaixar dentro das normativas do Estado, mas também como uma oportunidade de obter receitas financeiras e melhoramento da imagem diante da sociedade. O objetivo de uma ETE é oferecer ao efluente coletado tratamentos adequados, de modo que as substâncias indesejáveis sejam removidas e assim não causem efeitos nocivos ao meio ambiente. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi propor a elaboração de um manual de operação de uma estação de tratamento de esgoto para uma empresa do segmento alimentício, a partir de um projeto inicial da construção da ETE. Por se tratar de uma ETE desativada, alguns procedimentos iniciais de segurança e padronização dos registros de controle foram desenvolvidos para reativar e manter o sistema em funcionamento. Além disso, a proposta orienta em relação à elaboração de procedimentos e instruções operacionais das unidades de tratamento da ETE, bem como as análises físico-químicas para monitoramento dos parâmetros de controle. Como resultado, foi possível assim estabelecer os parâmetros de controle da ETE e suas análises para desenvolvimento dentro da própria unidade, bem como desenvolver modelos de procedimentos operacionais que podem servir como padrão para futura construção do manual de operação oficial da empresa.

Palavras-chave: efluentes; carga orgânica; modelo; procedimentos operacionais; parâmetros de controle

ABSTRACT

Basic sanitation is a set of public services ranging from water supply and sewerage to urban cleaning and solid waste management. With the increase in urbanization and industrial growth, the guarantee of basic sanitation for all has not only suffered impacts, but also the environment with the increase in the load of solid waste disposed of in the wrong way. Thus, it is important that the State participates actively in the preservation of natural resources, as well as in the universalization of essential services, instituting inspection agencies that can help large companies to think in a more sustainable way in relation to their effluents. As a result, investments in wastewater treatment plant (WWTP) projects by companies have been gaining more space, not only as a necessity to fit within the State regulations, but also as an opportunity to obtain financial revenue and improve their image in society. The goal of a WWTP is to offer the collected effluent adequate treatment, so that undesirable substances are removed and thus do not cause harmful effects to the environment. Thus, the objective of this paper was to propose the development of an operation manual for a sewage treatment plant for a company in the food segment, from an initial project for the construction of the WWTP. Since it is a deactivated WWTP, some initial safety procedures and standardization of control records were developed to reactivate and keep the system running. In addition, the proposal provides guidance regarding the development of operational procedures and instructions for the treatment units of the WWTP, as well as the physical-chemical analyses for monitoring the control parameters. As a result, it was possible to establish the control parameters of the WWTP and its analyses for development within the unit itself, as well as to develop operational procedure models that could serve as a standard for future construction of the company's official operation manual.

Key-words: effluents; organic load; model; operational procedures; control parameters

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Composição da matéria sólida de esgotos	19
Figura 2 -	Concentrações e contribuições unitárias de $DBO_{5,20}$ de esgoto doméstico e efluentes industriais	22
Figura 3 -	Vista Geral da ETE	26
Figura 4 -	Fluxograma de tratamento da ETE	27
Figura 5 -	Sistema fossa-filtro	28
Figura 6 -	Peneira Fechada	29
Figura 7 -	Configuração de pré-desnitrificação de um reator anóxico em um tratamento aeróbio por lodos ativados	29
Figura 8 -	Reator Aeróbio	30
Figura 9 -	Decantador secundário	31
Figura 10 -	Tanque de contato	32
Figura 11 -	Modelo do manual de operação parte 1	35
Figura 12 -	Modelo do manual de operação parte 2	36
Figura 13 -	Modelo do manual de operação parte 3	36
Figura 14 -	Modelo de <i>tag</i> para equipamentos da ETE	37
Figura 15 -	QR CODE do modelo da instrução operacional	37
Figura 16 -	Modelo do Procedimento Operacional (POP)	38
Figura 17 -	Modelo da Instrução Operacional	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Distribuição setorial de funcionários da empresa alimentícia	26
Tabela 2 -	Legislações Brasileiras sobre estações de tratamento de efluentes	32
Tabela 3 -	Parâmetros de controle	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuárias
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO _{5,20}	Demanda Bioquímica de Oxigênio para incubação a 20°C durante 5 dias
DQO	Demanda Química de Oxigênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
CETESB	Companhia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
OD	Oxigênio Dissolvido
NBR	Norma Brasileira
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
POP	Procedimento Operacional Padrão

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
g	Gramas
hab	Habitantes
mg	Miligramas
L	Litro
kg	Quilograma
H ⁺	Íon hidrogênio
cm	Centímetro
mL	Mililitro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	EFLUENTE	17
3.2	TRATAMENTO DE EFLUENTES	17
3.2.1	Processos Físicos	18
3.2.2	Processos Químicos	18
3.2.3	Processos Biológicos	18
3.3	ESGOTO	18
3.3.1	Características Físicas	19
3.3.1.1	Sólidos	19
3.3.1.2	Temperatura	20
3.3.1.3	Odor	20
3.3.1.4	Cor e Turbidez	20
3.3.1.5	pH	21
3.3.2	Características Químicas	21
3.3.2.1	Demanda Bioquímica de Oxigênio	21
3.3.2.2	Demanda Química de Oxigênio	22
3.3.2.3	Oxigênio Dissolvido	23
3.3.3	Características Biológicas	23
3.4	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	23
3.4.1	Tratamento Preliminar	24
3.4.2	Tratamento Primário	24
3.4.3	Tratamento Secundário	24
3.4.4	Tratamento Terciário	25
4	METODOLOGIA	26
4.1	DESCRIÇÃO DA ETE	26
4.2	FLUXOGRAMA DE TRATAMENTO DA ETE	27
4.3	DESCRIÇÃO DETALHADA DAS UNIDADES DE TRATAMENTO	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32

5.1	MANUAL DE OPERAÇÃO DA ETE	32
5.2	PROCEDIMENTOS INICIAIS	33
5.3	PARÂMETROS DE CONTROLE	34
5.4	ESTRUTURAÇÃO DO MANUAL	35
6	CONCLUSÃO	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Com o progresso da sociedade, o conceito de saneamento vem evoluindo e sofrendo modificações paralelo às políticas públicas de um país. No Brasil, segundo a Lei Nº 14.026, “saneamento básico caracteriza-se por um conjunto de serviços públicos e operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem que garantem à promoção da saúde humana” (BRASIL, 2020). Entretanto, a garantia do saneamento básico vem sofrendo grandes impactos devido, principalmente, à urbanização e ao crescimento industrial. Portanto, é importante que o Estado tenha um grande empenho para investir em medidas para garantir a universalização dos serviços essenciais.

Apesar das atividades industriais beneficiarem economicamente um país, por outro lado pode gerar impactos negativos a respeito do meio ambiente. A descarga de efluentes com altos níveis de carga orgânica pode, ao longo do tempo, prejudicar os corpos hídricos e, conseqüentemente a distribuição de água potável (SANTOS, 2022). Diante disso, como forma de garantir a saúde coletiva, o Estado instituiu órgãos fiscalizadores, como o CONAMA, para propor normas e diretrizes para manter o meio ambiente mais equilibrado.

Além disso, como forma de incentivo, no Brasil existem algumas certificações como a ESG, ou também chamados “selos verdes”, que servem como uma forma de reconhecimento para o mundo corporativo que as empresas certificadas prezam pela sustentabilidade e geração de resíduos com menor impacto ambiental (SANTOS, 2022). Logo, os investimentos em projetos de estação de tratamento de efluente estão cada vez mais sendo feitas, não só como uma necessidade, mas também como uma oportunidade de obtenção de receitas financeiras e melhoramento da imagem da empresa diante da sociedade.

O termo “esgoto” costumava ser usado para definir os tubos condutores que forneciam água às comunidades e os líquidos que fluíam por eles. Atualmente, o mesmo termo é usado quase que exclusivamente para descrever descargas de diferentes tipos de uso de água e fontes, como doméstico, industrial, pluviais e outros esgotos sanitários. Existe uma significativa aversão irracional à palavra “esgoto” que levou alguns autores a usarem o termo “águas residuárias”, que expressa uma tradução literal à palavra inglesa “wastewater”, para substituir o termo rejeitado “sewage”. Nesse sentido, essa aversão fez conflitar com a utilização da sigla ETAR

(Estação de Tratamento de Águas Residuárias), com o termo ETE (Estação de Tratamento de Efluentes), tradicionalmente usado e recomendado pela ABNT (JORDÃO & PESSOA, 2017).

De acordo com a NBR 9648/86, pode-se definir o esgoto sanitário como um despejo líquido de esgotos domésticos e industriais, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária, na qual a maior parcela é composta por água e sua minoria por substâncias inorgânicas, orgânicas e microrganismos (ABNT, 1986). Diferentemente do esgoto industrial, que concentra os despejos provenientes de processos industriais particulares que variam de acordo com o tipo de indústria, o esgoto doméstico trata-se do resultado do uso da água para saneamento e atendimento das necessidades fisiológicas do corpo humano, provenientes de qualquer instituição que contenha banheiros, cozinhas ou outros tipos de instalações domésticas (BOAS, 2019).

Todo sistema de tratamento de esgoto doméstico conduz de forma direta ou indiretamente seus efluentes para receptores de águas subterrâneas ou corpos hídricos. A capacidade de recepção dessas águas determina o grau de condicionamento que o efluente sanitário deve atingir para que os parâmetros de qualidade dos receptores não sofram mudanças. Tal condicionamento aplicado ao esgoto é frequentemente referido como um processo de tratamento, no qual consiste em uma série de operações unitárias que transformam as substâncias indesejáveis em outras aceitáveis (JORDÃO & PESSOA, 2017).

O principal objetivo de uma ETE é receber o esgoto coletado e oferecer um tratamento adequado, permitindo assim que as substâncias indesejáveis sejam removidas, bem como retornar a água potável para o ambiente sem causar efeitos prejudiciais ao meio ambiente. Vale salientar que, dependendo do tipo de indústria, o não tratamento dos seus efluentes, sejam eles industriais ou domésticos, bem como o não cumprimento dos requisitos legais formalizados por órgãos fiscalizadores (CONAMA), pode ocorrer aplicações de multas ou mesmo o cancelamento da licença de operação.

Diante deste cenário, o presente trabalho teve como enfoque desenvolver um manual de operação e manutenção de uma estação de tratamento de esgoto sanitário em uma indústria alimentícia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como enfoque o desenvolvimento de uma proposta de manual de funcionamento de uma estação de tratamento de esgoto, inicialmente desativada, em uma indústria alimentícia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o projeto da estação de tratamento de esgoto (ETE) já implementada na indústria em estudo.
- Descrever as unidades constituintes de uma ETE.
- Elaborar os procedimentos iniciais para operação de uma ETE.
- Propor o desenvolvimento de um manual de operação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 EFLUENTE

Efluente é todo resíduo líquido ou sólido lançado no meio ambiente proveniente das atividades humanas, que podem advir das indústrias, atividades agrícolas ou mesmo do esgoto sanitário. As águas residuárias, ou neste caso esgoto, podem assim ser entendidas como águas produzidas pelo contato humano e/ou utilizadas para diversos fins. O lançamento dos efluentes sem tratamento em receptores de água pode levar à degradação do ambiente natural, bem como a morte da fauna em rios e lagos. Portanto, é necessário o uso de tecnologias de tratamento de efluentes para minimizar seu impacto no meio ambiente (PUTTIN *et al.*, 2015).

As classificações dos efluentes podem ser de três tipos: domésticos, industriais e efluentes gerados por atividades hospitalares. Os efluentes de origem doméstica destacam-se por serem rejeitos gerados por cozinhas, atividades de limpeza e/ou higiene pessoal. Os efluentes industriais e seus volumes são despejos líquidos provenientes das áreas de processamento, que incluem águas de limpeza e de operação, que variam de acordo com o segmento. Por sua vez, os efluentes hospitalares podem conter produtos químicos, biológicos, radioativos, além de resíduos de medicamentos. Logo, a geração desses efluentes precisa ser controlada, mas nem sempre consegue-se evitar que ocorram e, nesse caso, é necessário que proporcionem tratamentos adequados para cada efluente gerado (BELTRAME *et al.*, 2016).

Dessa forma, ao tomar conhecimento do tipo de efluente é preciso que o mesmo seja tratado, logo é de suma importância que alguns parâmetros estejam bem estabelecidos. Os parâmetros físico-químicos destacam-se por serem realizados para analisar e caracterizar o efluente a ser tratado. Os principais parâmetros a serem avaliados são: sólidos totais, fixos, voláteis, em suspensão, dissolvidos, temperatura, cor, odor, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), pH, metais pesados, carga orgânica e vazão do efluente (BELTRAME *et al.*, 2016).

3.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES

Todo sistema de tratamento de efluentes consiste em um conjunto de processos usados para remover ou transformar as substâncias indesejadas em outra forma mais

aceitável, sempre respeitando a legislação ambiental vigente em cada país. Os principais processos de tratamento são classificados como processos físicos, químicos e biológicos.

3.2.1 Processos Físicos

Caracterizam-se por serem métodos de separação de fases sólido/líquido que removem substâncias visivelmente separáveis. Basicamente tem como finalidade separar substâncias em suspensão. Destaca-se nesse processo o gradeamento, sedimentação ou decantação, flotação e peneiramento (JORDÃO & PESSOA, 2017).

3.2.2 Processos Químicos

Nesses processos, se faz presente a utilização de produtos químicos no tratamento de efluentes para aumentar a eficiência de degradação, entretanto são raramente utilizados isoladamente. O fato de utilizar agentes químicos no processo faz com que sua aplicação seja reduzida, sendo assim utilizados complementando os processos biológicos e físicos no tratamento. São comumente adotadas no tratamento de esgoto os processos de: coagulação, floculação, precipitação química, ozonização e dentre outras (JORDÃO & PESSOA, 2017).

3.2.3 Processos Biológicos

Há o uso intensivo de microrganismos aeróbios ou anaeróbios para transformação da matéria orgânica. Os principais processos biológicos de tratamento são: oxidação biológica (lodos ativados, filtros biológicos, lagoas de estabilização, reatores, tanques sépticos e entre outros) e a digestão do lodo (aeróbia e anaeróbia, fossas sépticas) (JORDÃO & PESSOA, 2017).

3.3 ESGOTO

Fundamentalmente, esgoto é a água de abastecimento de uma comunidade depois de ter sido utilizada em atividades humanas e advindas de diversas fontes. Por conter uma grande quantidade de matéria orgânica, o processo de decomposição acaba gerando formação de gases, ocasionando condições desagradáveis quando o esgoto é acumulado sem o devido tratamento. Além disso, por conter também

organismos patogênicos que se multiplicam nos intestinos humanos, impede com que haja a garantia da saúde coletiva. Logo, a remoção imediata e segura dos esgotos de suas fontes de produção, seguida de tratamento, reutilização ou disposição final, é necessária para proteger a saúde pública e o meio ambiente (METCALF, 2016).

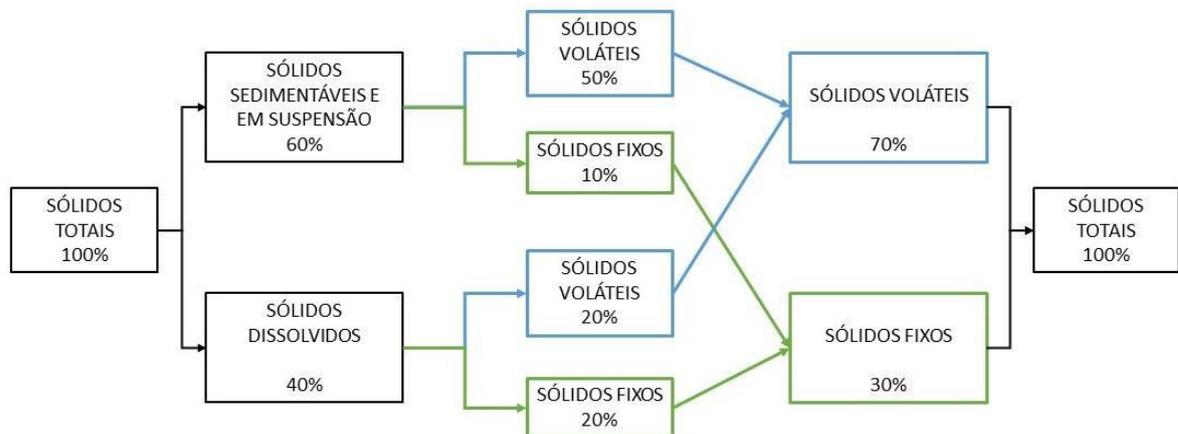
3.3.1 Características físicas

3.3.1.1 Sólidos

O teor de sólidos é considerado a característica física mais importante para dimensionar e controlar as operações das estações de tratamento. Apesar de representar um pouco mais de 0,08% do esgoto, os sólidos são submetidos a uma série de operações unitárias de tratamento.

Conforme JORDÃO & PESSOA (2017), a matéria sólida pode ser classificada quanto ao tamanho, características químicas e pela sedimentabilidade. A Figura 1 mostra a composição dos sólidos dos esgotos.

Figura 1 - Composição da matéria sólida de esgotos



Fonte: Adaptado de Jordão & Pessoa (2017).

De acordo com a Figura 1, a classificação por tamanho pode ser subdividida em sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão, sendo possível ser classificado através do método do cone de Imhoff (ABNT, 1998), no qual a partícula retida no papel filtro corresponderá aos sólidos em suspensão, parâmetro relevante para formação do lodo. Quanto às características químicas, a matéria sólida ao ser submetida a altas

temperaturas consistirá em uma fração orgânica volatilizada (sólidos voláteis) e outra fixa (sólidos fixos), estimando-se assim a fração inorgânica. Quanto à classificação por sedimentabilidade, através de um cone de Imhoff de 40 cm de altura e 1 L de capacidade, é possível verificar quantitativamente os sólidos que sedimentam. Em média, um período de sedimentação de uma hora corresponde aos sólidos sedimentáveis e serve como parâmetro para determinar o índice volumétrico do lodo (MAESTRI, 2017).

3.3.1.2 Temperatura

Em geral, a temperatura dos esgotos é superior à das águas de abastecimento, sendo assim um grande fator que impacta na velocidade da decomposição do esgoto. Logo, quanto maior for a temperatura, maior é a velocidade de decomposição. Em média, a temperatura do esgoto pode variar entre 20 a 25°C e sua influência pode afetar viscosidade, atividade microbiana e solubilidade do oxigênio (MAESTRI, 2017).

3.3.1.3 Odor

Os odores dos esgotos podem ser caracterizados a partir do processo de decomposição da matéria orgânica que produzirá gases. A depender do tipo de gás produzido, os odores podem se manifestar como: odor de mofo ou ovo podre, podendo ser odores suportáveis ou não. Logo, é importante atentar-se nas estações de tratamento maneiras de controlar o odor, tanto do esgoto em si, mas também dos depósitos de material gradeado (MAESTRI, 2017).

3.3.1.4 Cor e Turbidez

Basicamente, a cor e a turbidez do esgoto sinalizam o estado de decomposição do mesmo, porém a tonalidade pode se manifestar em diferentes tons a depender do efluente a ser tratado e o tipo de indústria. Geralmente a tonalidade escura, próxima do preto, pode sinalizar um esgoto velho, porém indústrias como a têxtil podem apresentar despejos industriais com cores distintas (MAESTRI, 2017).

Por sua vez, a turbidez é medida para verificar, principalmente, a eficiência do tratamento secundário, a partir da concentração dos sólidos em suspensão.

3.3.1.5 pH

O pH é um parâmetro de controle importante nas estações de tratamento, principalmente em processos anaeróbicos, pois afeta a taxa do processo de nitrificação, substancialmente inibido em valores de pH abaixo de 5,0 (BOAS, 2019). O pH para favorecer a diversidade biológica é um valor que varia entre 6,0 a 9,0, sendo assim mais neutro, com possibilidade de criar um ambiente mais favorável para o desenvolvimento dos microrganismos, uma vez que a quantidade de íon hidrogênio (H^+) dificulta no tratamento biológico (LOPES, 2015).

3.3.2 Características Químicas

As características químicas podem ser classificadas em dois grandes grupos: matéria inorgânica e orgânica. Esta última representa boa parte do esgoto médio e sua determinação pode ser feita através da $DBO_{5,20}$ e DQO.

3.3.2.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

É a quantidade de oxigênio necessária para transformar substâncias orgânicas em substâncias estáveis através da decomposição microbiana aeróbica. A DBO é geralmente entendida como a quantidade de oxigênio consumida em um determinado período de tempo e temperatura de uma cultura de microrganismos. Em geral, é utilizado um período de 5 dias a uma temperatura de 20°C, referido como $DBO_{5,20}$ (CETESB, 2017).

Em corpos d'água, os maiores aumentos de DBO são causados por emissões de fontes predominantemente orgânicas. Ou seja, quanto maior forem os níveis de matéria orgânica na água, maior será o consumo de oxigênio, o que pode ocasionar um desequilíbrio ambiental quando descartado erroneamente. Nesse caso, nas estações de tratamento, a DBO é um dos parâmetros de controle para medir a eficiência das estações, tanto de tratamentos biológicos, bem como físico-químicos (CETESB, 2017).

A carga de DBO é expressa em kg/dia e dela resulta as principais características do sistema de tratamento, como definição de áreas e volumes dos tanques e potências dos aeradores. Essa carga pode ser determinada a partir do produto da vazão do efluente pela concentração de DBO. No Brasil, no caso de esgotos sanitários, tradicionalmente é

adotada uma contribuição “per capita” de $DBO_{5,20}$ de $54 \text{ g.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$. Entretanto, no caso dos efluentes industriais, costuma-se estabelecer contribuições unitárias de $DBO_{5,20}$ em função das unidades de massa ou de volume de produto processado por cada tipo de segmento industrial. Na Figura 2, são apresentados alguns valores de concentração de contribuição unitária de $DBO_{5,20}$ para diferentes indústrias (CETESB, 2017).

Figura 2 - Concentrações e contribuições unitárias de $DBO_{5,20}$ de esgoto doméstico e efluentes industriais.

TIPO DE EFLUENTE	CONCENTRAÇÃO $DBO_{5,20}$ (mg/L)		CONTRIBUIÇÃO UNITÁRIA DE $DBO_{5,20}$ (kg/dia)	
	FAIXA	VALOR TÍPICO	FAIXA	VALOR TÍPICO
Esgoto sanitário	110-400	220	---	54 g/hab.dia
Celulose branqueada (processo Kraft)		300	29,2 a 42,7 kg/t	
Têxtil	250-600			
Laticínio	1.000-1.500		1,5-1,8 kg/m ³ leite	
Abatedouro bovino		1.125		6,3 kg/1.000 kg peso vivo
curtume (ao cromo)		2.500		88 kg/t pele salgada
Cervejaria	1.611-1.784	1.718		10,4 kg/m ³ cerveja
Refrigerante	940-1.335	1.188		4,8 kg/m ³ refrigerante
suco cítrico concentrado	2.100-3.000			2,0 kg/1000 kg laranja
açúcar e álcool		25.000		

Fonte: CETESB (2017).

3.3.2.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por meio de um agente químico, como o dicromato de potássio. Normalmente, os valores de DQO são maiores que os da $DBO_{5,20}$, devido ao esgoto sanitário possuir microrganismos não suscetível à degradação biológica, sendo assim um teste realizado em um prazo menor. Paralelo ao DBO, a DQO é um parâmetro indispensável na caracterização de esgotos sanitários e industriais, sendo muito útil quando utilizada em conjunto com a DBO para analisar a biodegradabilidade da matéria orgânica. Dessa forma, como na DBO mede-se

apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais biodegradável será o efluente (LOPES, 2015).

3.3.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

De forma natural, os corpos hídricos realizam um processo natural de recuperação chamado autodepuração para reestabelecer o equilíbrio aquático, conforme o lançamento de excesso de matéria orgânica. Porém, para que possibilite a oxidação biológica é necessário que haja OD em quantidades suficientes. Diante disso, o parâmetro de OD é imprescindível ser determinado em sistemas aerados (FIN, 2018).

Nos processos aeróbios, os microrganismos demandam de OD toda vez que precisam oxidar a matéria orgânica em excesso nas águas residuais e, nesse caso, quanto maior for a carga orgânica existente, mais OD será consumido ao longo do tempo, logo, em sistemas de tratamento secundários é importante sempre buscar manter o nível de OD em valores aceitáveis (FIN, 2018).

3.3.3 Características Biológicas

As principais características biológicas do esgoto doméstico são os microrganismos e os indicadores de poluição hídrica (oxigênio dissolvido, DQO e DBO). As bactérias, fungos, protozoários e tantos outros organismos estão presentes em águas residuárias, porém as bactérias são os microrganismos mais importantes, pois desempenham os principais processos de decomposição e estabilização da matéria orgânica. Entretanto, boa parte desses microrganismos são patógenos e, nesse caso, podem causar doenças. Logo, para identificar a poluição hídrica ocasionada por organismos patogênicos o grupo coliformes são bons indicadores para verificar a contribuição humana ou animal na contaminação do esgoto (MAESTRI, 2017).

3.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Uma estação de tratamento de esgoto é um conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, acessórios e sistemas de abastecimento cujo objetivo é reduzir a carga orgânica existente nas águas residuais e condicionar os resíduos resultantes do tratamento (ABNT, 2011). Nesse caso, os projetos de ETE ajudam a

simular, em condições controladas, os processos de degradação do esgoto.

Nos processos de tratamento, alguns métodos podem remover contaminantes pelo uso de forças físicas (operações unitárias) e por meio de reações químicas ou biológicas (processos unitários). Essas operações e processos são o que constituem os diferentes níveis de tratamento que podem existir em uma estação de tratamento. Os principais níveis de tratamento são: preliminar, primário, secundário e terciário ou avançado (LOPES, 2015).

3.4.1 Tratamento Preliminar

Uma das principais funções dessa etapa do tratamento é remover os sólidos grosseiros, porém a principal finalidade é garantir que mantenha íntegras as outras unidades de tratamento subsequentes. Nessa etapa, todas as substâncias impróprias que entraram no sistema de esgoto e podem reduzir a eficiência do processamento, como obstruções, são removidas aqui, bem como partículas mais densas, como argila, areia, entre outros (LINS & SILVA, 2022).

3.4.2 Tratamento Primário

É usada principalmente para remover sólidos em suspensão e parte da matéria orgânica (DBO suspensa). Em ambos os casos, através da sedimentação acontece a remoção dos contaminantes contidos nas águas residuais sanitárias. Processos químicos podem ser usados nessa etapa para remover sólidos suspensos e dissolvidos. As principais operações e processos químicos básicos do tratamento primário incluem floculação, mistura, sedimentação e flotação (LOPES, 2015).

3.4.3 Tratamento Secundário

Também chamado de tratamento biológico, essa etapa permite a estabilização das águas residuais com o uso de microorganismos. Entretanto, para o desenvolvimento deles é necessário que o sistema ofereça um meio ideal e, assim aconteça a conversão dos resíduos orgânicos em fonte de energia para as células microbianas (LOPES, 2015).

Os processos biológicos podem ser divididos em processos anaeróbios e

aeróbios. No processo aeróbio, com a presença do oxigênio, torna-se um processo rápido e eficiente na retirada de nutrientes das águas residuais, comparado com o processo anaeróbio. Entretanto, este último não apenas consegue ser eficiente na remoção da carga orgânica, como também consegue produzir menos lodo, ter um menor custo energético, bem como possibilitar a produção de biogás (OLIVEIRA; AZEVEDO; CAVALCANTI, 2021).

Nas estações de tratamento essa etapa consegue simular o que os corpos hídricos naturalmente realizam quando recebem uma grande carga orgânica. Esse processo é denominado autodepuração, definido como um processo natural de recuperação da água. Logo, com o auxílio da tecnologia, a estação de tratamento consegue simular essa autodepuração, porém de forma controlada e em taxas mais elevadas, aumentando assim a eficiência do processo (KUEHN, 2015).

3.4.3 Tratamento Terciário

Comumente é utilizada para complementar o tratamento biológico na remoção de matéria orgânica e compostos não biodegradáveis, como metais pesados, sólidos em suspensão remanescentes e microrganismos patogênicos. As principais tecnologias utilizadas nessa etapa são: precipitação química, filtração por membrana, ozonização, carvão ativado e microfiltração, podendo ser utilizadas para permitir o reúso. Além disso, essas etapas muitas vezes são realizadas por exigências dos órgãos ambientais e da legislação vigente (KUEHN, 2015).

Diante do exposto, o cenário mundial tem revelado uma necessidade de construir um mundo mais sustentável fazendo com que as empresas tenham uma visão mais madura quanto ao tratamento de seus respectivos efluentes. Além disso, os investimentos permitem oportunidades de obtenções de receitas financeiras com o melhoramento de imagem frente à sociedade.

Contudo, todas as estações de tratamento requerem cuidados para conseguir realizar sua função com máxima eficiência e segurança. Logo, a elaboração de um manual de funcionamento de uma ETE tem sua devida importância para estabelecer uma padronização na realização das atividades de manutenção

4 METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO DA ETE

A estação de tratamento de efluentes em estudo (Figura 3) atualmente encontra-se desativada em uma empresa do segmento alimentício, tem sido projetada para tratar o esgoto sanitário gerado pela unidade e atender os protocolos ambientais exigidos pela própria empresa.

Figura 3 – Vista Geral da ETE.



Fonte: Pensamento Verde (2013).

Atualmente, os esgotos sanitários da unidade não estão sendo tratados de forma adequada, apresentando como destino final um coletor geral, recolhido por uma empresa terceira duas vezes por semana.

O processo de tratamento idealizada pela empresa para atender às suas necessidades foi lodos ativados com pré-desnitrificação, com pré-tratamento do esgoto utilizando fossas sépticas. A captação do esgoto segue a distribuição setorial de funcionários conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição setorial de funcionários da empresa alimentícia.

Setores da unidade	Contribuintes
--------------------	---------------

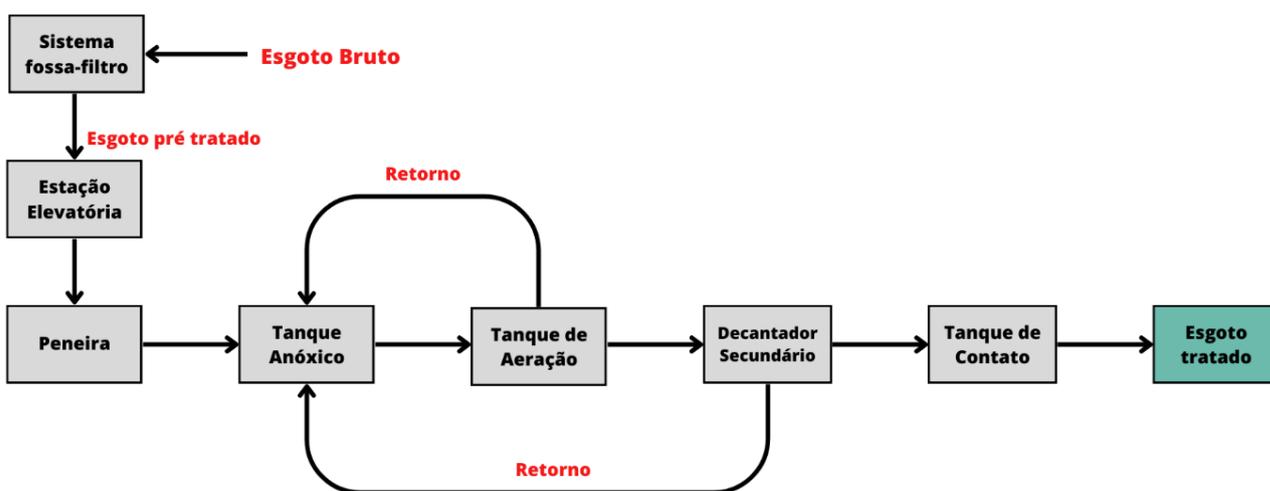
Fábrica	350
Terceiros Fixos	60
Administrativo	30
Total	440

Fonte: A Autora (2023).

4.2 FLUXOGRAMA DE TRATAMENTO DA ETE

O sistema de tratamento foi dimensionado para tratar os esgotos sanitários provenientes de banheiros e refeitórios da empresa, coletados independentemente dos efluentes industriais e previamente tratados por três sistemas de fossas sépticas, onde cada sistema é distribuída conforme a distribuição setorial de funcionários (Tabela 1). O processo de tratamento da empresa pode ser representado a partir do fluxograma de tratamento da ETE descrita pela Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma de tratamento da ETE.



Fonte: A autora (2023).

4.3 DESCRIÇÃO DETALHADA DAS UNIDADES DE TRATAMENTO

a. Pré-tratamento (Sistema Fossa-filtro)

O esgoto sanitário proveniente de banheiros e refeitório são previamente tratados por três sistemas de fossa-filtro (Figura 5), onde cada sistema é distribuído conforme a Tabela 1, no qual atuam como um sistema complementar no tratamento. São de forma cilíndrica em PVC pré-moldadas para atender a demanda de

contribuições, no qual o efluente pré-tratado é direcionado para a estação de ETE através de uma bomba de recalque para finalizar o processo de tratamento.

Figura 5 – Sistema fossa-filtro.



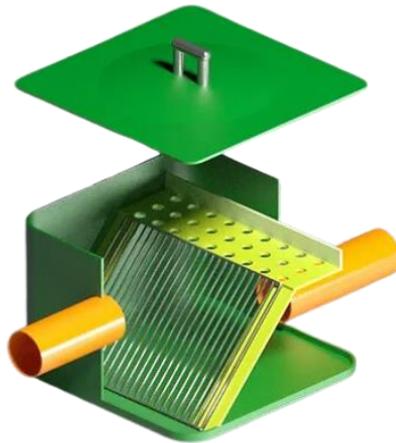
Fonte: Águas Claras Engenharia (sem ano)

De forma resumida, dentro das fossas sépticas realiza-se a decomposição da parte sólida do esgoto através de bactérias anaeróbias. Com a ajuda da gravidade a matéria orgânica é depositada no fundo do tanque, formando um lodo, e a parte líquida é enviada então para um segundo tanque contendo um filtro anaeróbio. Neste tanque, um material filtrante irá estabilizar a matéria orgânica, retendo os sólidos. Apesar de aumentar a eficiência na remoção de sólidos sedimentáveis, o filtro não consegue remover alguns nutrientes, como nitrogênio. Sendo assim, faz-se necessário haver um pós-tratamento.

b. Peneira Fechada

É um equipamento dotado de uma tela que tem por finalidade separar os sólidos grosseiros do efluente (Figura 6). Os sólidos retidos na peneira são encaminhados para um reservatório apropriado de tal forma que possam ser enviados para empresas de coleta de resíduos sólidos contratual.

Figura 6 – Peneira Fechada.

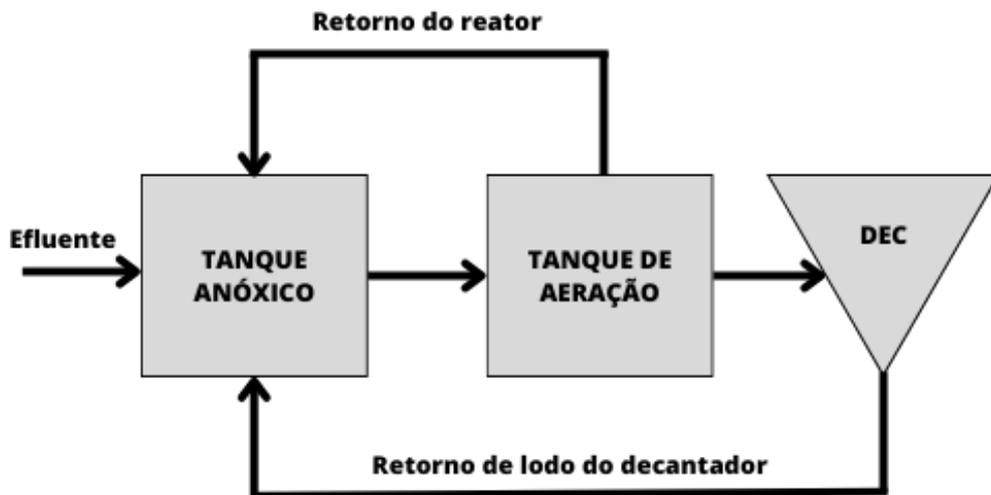


Fonte: Reviva (2023).

c. Tanque Anóxico

Tanque dotado de um agitador lento, com finalidade de pré-desnitrificação dos esgotos sanitários, ou seja, a redução biológica do nitrato a nitrogênio molecular. Nesta configuração, a pré-desnitrificação antecede a zona de aeração e procede-se uma recirculação do conteúdo da câmara aerada. Logo, o tanque anóxico recebe o efluente bruto, o retorno do reator aeróbio (fonte de nitrato) e retorno de lodo do decantador secundário (Figura 7).

Figura 7 – Configuração de pré-desnitrificação de um reator anóxico em um tratamento aeróbio por lodos ativados.



Fonte: A autora (2023).

d. Tanque de Aeração

É constituído por um tanque fabricado em fibra e equipado com um sistema de aeração artificial para fornecimento de oxigênio aos microrganismos (Figura 8). Esse sistema permite que o oxigênio seja dissolvido no meio líquido e com isso impeça que os sólidos em suspensão se depositem no fundo do tanque.

Figura 8 – Reator Aeróbio.



Fonte: Reviva (2023).

Com um ambiente rico em matéria orgânica e condições ideais de pH, temperatura e oxigênio dissolvido (OD), os microrganismos existentes conseguem se desenvolver, utilizando a matéria orgânica como fonte de energia, reduzindo assim a carga orgânica do efluente a ser tratado. Essa condição propícia para o desenvolvimento microbiano permitirá que os mesmos formem colônias, ou também chamado de flocos do lodo ativado, que permanecerão suspensos no tanque de aeração.

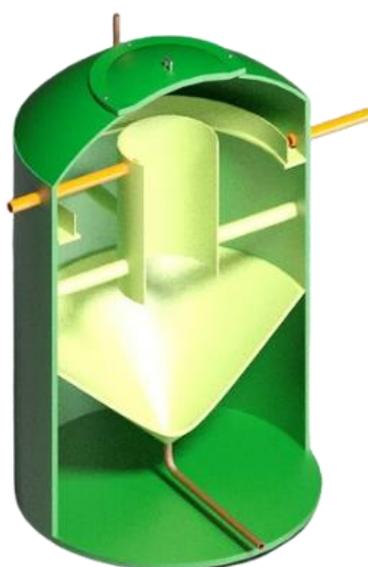
O lodo ativado em questão é, portanto, constituído por colônias de microrganismos em suspensão que contém em solução um substrato (matéria orgânica) que lhes serve de alimento e que ajudam a promover a estabilização do meio. Nesse caso, o efluente do tanque de aeração não pode ser descartado em corpos receptores por duas razões: existem organismos que, ao não encontrarem condições favoráveis para o seu desenvolvimento nos corpos receptores, não sobreviverão, passando para condições de matéria orgânica devido a morte celular.

Além disso, os organismos responsáveis por permitirem a estabilização do esgoto podem ser extremamente úteis para o processo, e nesse caso é indesejável removê-los do sistema.

e. Decantador Secundário

É um tanque fabricado em fibra (Figura 9), com finalidade de sedimentar o lodo formado no tanque de aeração.

Figura 9 – Decantador secundário.



Fonte: Reviva (2023).

Nesse processo, o efluente do tanque de aeração é submetido à decantação, no qual os flocos do lodo ativado em suspensão serão separados por sedimentação, dirigindo-se para o fundo do tanque onde poderão retornar ao tanque de anóxico ou serem descartados. O líquido removido junto à superfície do decantador secundário trata-se do esgoto tratado, que é transportado para a última etapa de tratamento antes de serem descartados sem inconvenientes ao corpo receptor.

f. Tanque de Contato

Após a etapa do decantador secundário, o efluente tratado é direcionado para um tanque fabricado em fibra (Figura 10), dotado de chicanas, com a finalidade de promover uma maior área de contato do efluente tratado com o cloro ativo, completando assim sua desinfecção, antes do lançamento final ao corpo receptor.

Figura 10 – Tanque de contato.



Fonte: Reviva (2023).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MANUAL DE OPERAÇÃO DA ETE

A elaboração do manual de funcionamento da ETE teve por finalidade apresentar de forma sistêmica as instruções para os executores das atividades sobre a funcionalidade correta dos equipamentos, sendo possível assim executar manutenções preventivas e corretivas para assegurar a eficiência da ETE. Os procedimentos desenvolvidos seguiram as diretrizes preconizadas nas Resoluções, Normas e Leis (Tabela 2).

Tabela 2 – Legislações Brasileiras sobre estações de tratamento de efluentes.

Legislação	Descrição
ABNT NBR 7229/1993	Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos
ABNT NBR 13969/1997	Tanques sépticos – Projeto, construção e operação
ABNT NBR 12208/1992	Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário
ABNT NBR	Elaboração de projeto hidráulico-sanitários de estações de

12209/2011	tratamento de esgotos
Resolução CONAMA n° 430/11	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes
Resolução CONAMA n° 397/08	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento
Lei Federal n° 9605/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências

Fonte: A autora (2023).

5.2 PROCEDIMENTOS INICIAIS

Com o objetivo de manter os cuidados necessários e monitorar o funcionamento correto da ETE, na empresa deverá existir um técnico responsável por supervisionar e treinar a operação para garantir que todas as atividades de rotina estejam sendo executadas adequadamente. Além disso, os operadores responsáveis por executarem as rotinas diárias de operação e manutenção da ETE deverão estar aptos para observar os problemas encontrados e saná-los para evitar transtornos e danos no sistema.

Em se tratando da operação, todos os operadores deverão higienizar diariamente todas as ferramentas e estarem cientes da necessidade do uso de equipamentos de proteção individual (EPI), como luvas, botas, capacetes, máscaras e uniformes, que objetivam proteger a saúde e a segurança física do trabalhador. Além disso, deverão estar imunizados e com a vacinação regularizada contra tétano, hepatite e difteria.

Em relação a ETE, na área deverá conter cadernos de controle para registrar anomalias/ocorrências e paradas de manutenção, bem como os manuais de rotinas que descrevem todas as atividades que os operadores executarão na ETE, como uma forma de guiá-los e tirar possíveis dúvidas. Toda área deverá ser cercada, conter placas de identificação e uma porta de entrada com um sistema de segurança ideal para impedir integralmente a entrada de pessoas não autorizadas.

De forma obrigatória, todos os procedimentos iniciais são importantes para um

adequado funcionamento da ETE e, dessa forma, deverão ser seguidas com total rigor.

5.3 PARÂMETROS DE CONTROLE

No início de qualquer operação é de suma importância o conhecimento básico de alguns parâmetros de controle indispensáveis nas estações de tratamento de esgoto, onde podem ser determinados a partir de análises físico-químicas e microbiológicas em amostras. O monitoramento desses parâmetros permite obter um histórico da unidade, bem como avaliar se o desempenho da ETE está conforme o projeto e legislação ambiental. A vantagem desse monitoramento permitirá estabelecer medidas preventivas e corretivas, caso comprove o baixo desempenho do processo, uma vez que o desempenho de uma ETE deve atender, no mínimo, aos requisitos das legislações vigentes sobre a temática.

Os principais parâmetros de controle descritos na Tabela 3 devem ser realizados pelo laboratório de qualidade localizado na própria empresa ou, se necessário, por laboratórios externos. No manual, as análises devem estar descritas de forma simplificada, sempre focando maior atenção aos processos da ETE.

Tabela 3 – Parâmetros de controle

Parâmetro de Controle	Padrões*	Teste	Frequência	Metodologia
Temperatura	Possui efeito sobre a decantação e atividade biológica e aumenta à medida que a temperatura aumenta. A temperatura deve estar na faixa de 25 a 35°C	Tanque de aeração	Diariamente	Termômetro de mercúrio
pH	O pH de entrada do tanque de aeração deverá estar situado na faixa de 5,0 a 9,0	Tanque de aeração	Diariamente	pHmetro com eletrodo de pH para tratamento de efluentes
Oxigênio dissolvido (OD)	Valor de oxigênio dissolvido em torno de 1 a 3 mg/L.	Tanque de aeração	Diariamente	Medidor de oxigênio dissolvido

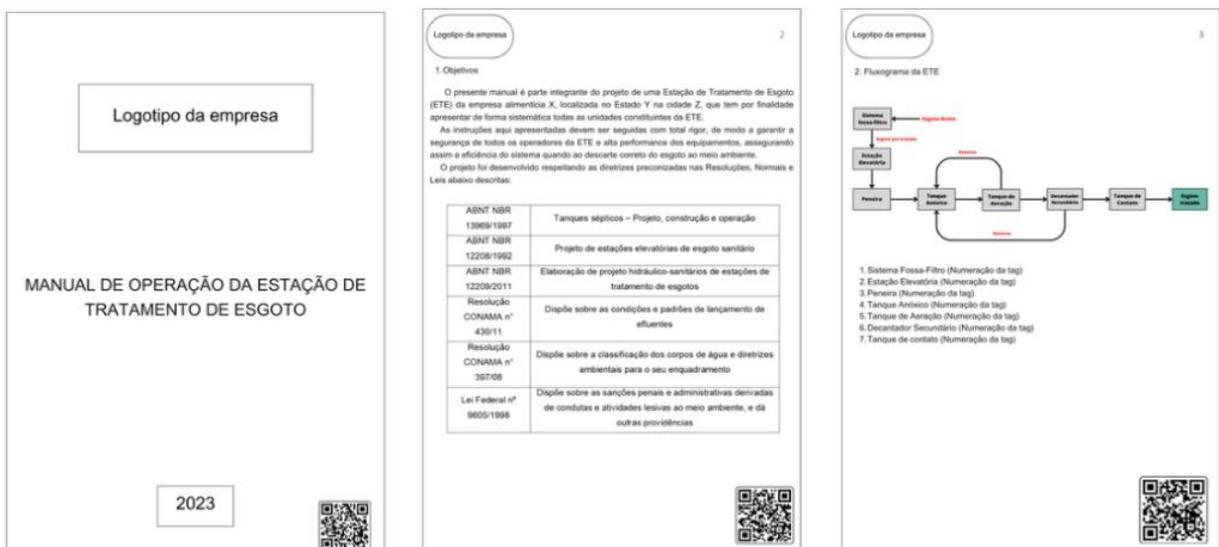
Sólidos sedimentáveis	≤ 1,0 mL/L em teste de 1 (uma) hora em Cone Imhoff	Decantador Secundário	Diariamente	Método de Imhoff
Sólidos suspensos	Abaixo de 30 mg/L	Decantador Secundário	Diariamente	Método gravimétrico
Relação alimento-microrganismos	0,3 a 0,8 kg DBO ₅ /kgSSTVA.dia	Tanque de aeração	Diariamente	Método gravimétrico
DQO	Média de 400 mg/L	Tanque Anóxico	2x por semana	Método titulométrico
DBO	Concentração máxima de 120 mg/L ou eficiência mínima de remoção de 60%	Tanque Anóxico	2x por semana	Medidor de DBO

* Valores encontrados mediante legislação (CONAMA)
Fonte: A Autora (2023).

5.4 ESTRUTURAÇÃO DO MANUAL

O modelo proposto do manual deverá possuir uma estrutura simplificada, de fácil entendimento para o operador e com rápido acesso. O conteúdo do manual conteve: objetivos, legislação, fluxograma da ETE, lista de equipamentos, parâmetros de controle, lista de equipamentos de proteção individual (EPI), procedimentos operacionais padrão (POP) e instruções operacionais das unidades da ETE (Figuras 11 a 13).

Figura 11 – Modelo do manual de operação parte 1.



Fonte: A autora (2023).

Figura 12 - Modelo do manual de operação parte 2.

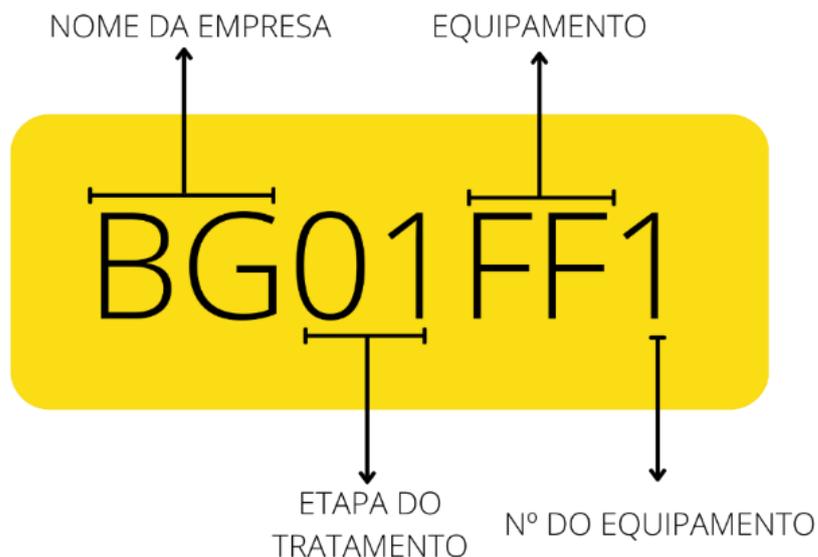
Fonte: A autora (2023).

Figura 13 - Modelo do manual de operação parte 3.

Fonte: A autora (2023).

Em se tratando dos equipamentos, para fins de controle, todos deverão ser identificados por tags (Figura 14) para facilitar o rastreamento e catalogação de peças.

Figura 14 – Modelo de *tag* para equipamentos da ETE.



Fonte: A autora (2023).

Em relação aos procedimentos operacionais padrão, serão usadas restritivamente para análises laboratoriais dos parâmetros de controle. Enquanto, a instrução operacional servirá para descrever as principais atividades que a equipe responsável pela ETE executará. Nela, constituirá o título, nome do equipamento/local, breve descrição da atividade a ser executada, listagem de EPI e principais atividades de operação, bem como a criação de QR CODE (Figura 15) para cada POP (Figura 16) e instrução operacional (Figura 17) como forma de compartilhar informações com facilidade em qualquer lugar da unidade, através de meios eletrônicos, como *tablets*.

Figura 15 – QR CODE do modelo da instrução operacional.



Fonte: A autora (2023).

Figura 16 – Modelo do Procedimento Operacional (POP).

Logotipo de Empresa	Procedimento Operacional	
Nome do procedimento	Data de Emissão	
	Data de Revisão	
Responsável:		
Objetivo:		
Materiais e Equipamentos:		
Procedimento:		
Observações:		

Fonte: A autora (2023).

Figura 17 – Modelo da Instrução Operacional.

Logotipo de Empresa	Instrução Operacional	
Atividade	Data de Emissão	
	Data de Revisão	
Responsável:		
Descrição da operação:		
Listagem de EPI:		
<input type="text" value="EPI 1"/>	<input type="text" value="EPI 2"/>	<input type="text" value="EPI 3"/>
<input type="text" value="EPI 4"/>	<input type="text" value="EPI 5"/>	
Principais Atividades:		
Observações:		

Fonte: A autora (2023).

6 CONCLUSÃO

Por meio da elaboração de uma proposta de manual de operação de uma estação de tratamento de esgoto para uma indústria alimentícia, o presente trabalho buscou solucionar uma problemática de uma empresa que possui uma ETE desativada, e que atualmente preconiza reativá-la para atender normas públicas e internas da empresa.

A principal dificuldade encontrada na elaboração da proposta foi a análise do projeto da ETE, que consistia na explicação detalhada de cada unidade de tratamento e sua funcionalidade. O processo de tratamento adotado pela empresa foi lodos ativados com pré-desnitrificação, logo fez-se necessário visitar o local e realizar algumas análises quanto a estrutura da ETE (integridade dos equipamentos) e o sistema de segurança.

A partir desta dificuldade foi possível desenvolver alguns procedimentos iniciais primordiais para reativar e manter a ETE em funcionamento. A padronização do processo e, principalmente dos registros de controle, foram pontos-chave para desenvolver o manual de operação.

Além disso, como base no acompanhamento com os gestores, foi possível verificar algumas falhas operacionais e gerenciais das atividades de operação da ETE, criando assim oportunidades de desenvolver sugestões quanto aos procedimentos básicos de segurança, como limitação da área de instalação da ETE, bem como estabelecimento de restrições à entrada de pessoas no local.

Com base na compilação dos dados, foi possível estabelecer os parâmetros de controle da ETE, com sugestões de padronização de documentos e análises físico-químicas que o laboratório local deverá realizar para monitorar o desempenho do processo. Paralelamente, quanto às instruções operacionais também foram pré-estabelecidos um modelo que pode servir como padrão para futura construção no manual de operação oficial da empresa.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10561**: Águas – Determinação de resíduo Sedimentável (sólidos sedimentáveis) – Método do cone de Imhoff. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 2 p. Disponível em: <https://dokumen.tips/documents/nbr-10561-1988-aguas-determinacao-de-residuo-sedimentavel-solidos-sedimentaveis-metodo-d.html?page=1>. Acesso em: 02 mai. 2023.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 12208**: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 5 p. Disponível em: <https://salatecnica.com.br/cursos/Arquivos/NBRs/NBR%2012208%20-%201992%20-%20Projeto%20de%20Esta%C3%A7%C3%B5es%20Elevat%C3%B3rias%20de%20Esgoto%20Sanit%C3%A1rio.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulicos-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 53 p. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/documentos-e-publicacoes/outros-sites/122092011Elaboraodeprojetoshidraulicossanitriosdeestaesdetratamentodeesgotossanitrios.pdf>. Acesso em 02 fev. 2023.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60 p. Disponível em: https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf. Acesso em: 14 mar. 2023.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15 p. Disponível em: https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf. Acesso em: 14 mar. 2023.
- BELTRAME, T. F. *et al.* Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: Uma discussão sobre o tema. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 283-294, jan./abr. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341529746_Efluentes_residuos_solidos_e_educacao_ambiental_Uma_discussao_sobre_o_tema. Acesso em: 29 jan. 2023.
- BOAS, I. C. V. **Análise da eficiência da estação de tratamento de esgoto do município de Itauçu – Goiás**. 2019. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/861>. Acesso em: 29 jan. 2023.
- BRASIL. Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Imprensa Nacional**, 16 jul 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>. Acesso em: 29 Janeiro 2023.

BRASIL. Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Casa Civil**, 17 fev 1998e.

Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.605%2C%20DE%2012%20DE%20FEVEREIRO%20DE%201998.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20as%20san%C3%A7%C3%B5es%20penais,ambiente%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs. Acesso em: 14 mar 2023.

BRASIL. Resolução Nº 397, de 03 de abril de 2008. **Imprensa Nacional**, 07 abr 2008. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=108783>. Acesso em: 14 mar 2023.

BRASIL. Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011. **Imprensa Nacional**, 16 mai 2011. Disponível em:

https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA_n.430.2011.pdf. Acesso em: 14 mar 2023.

CETESB. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. **Série Relatórios /ISBN 0103-410**, São Paulo, v. 1, n. 24, p. 301, 2018. Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf> . Acesso em: 12 fev. 2023.

FIN, W. L. G. **Avaliação da eficiência do sistema de lodos ativados da estação de tratamento de efluentes de uma empresa de batatas chips expostos a diferentes vazões de ar**. 2018. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade do Vale do Taquari, Lajeado. Disponível em:

<https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/5c0e4b5e-5ae9-4f85-bee8-831382ee4717/content>. Acesso em: 13 mar.2023.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 8 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2017.

KUEHN, G. **Programa de operação e manutenção de estações de tratamento de esgotos sanitários**. 2015. 34 f. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22506/1/MD_GAMUNI_I_2014_45.pdf f. Acesso em: 25 fev. 2023.

LINS, T. C.; LIMA, A. S. T. Lodo de Esgoto como alternativa de fertilização agrícola para o município de Igaci - AL. **Revista Research, Society and Development**, v.11, n. 8. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/30461/26344/351215>. Acesso em: 15 mar. 2023.

LOPES, T. R. **Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbio e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes**. 2015. 123 f. Dissertação (Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, 2015. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1285/1/MD_PPGTAMB_M_Lopes%2

C%20Thiara%20Reis_2015.pdf . Acesso em: 12 fev. 2023.

MAESTRI, A. B. **Manual de operação de uma estação de tratamento de esgoto**. 2017. 136 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/188424>. Acesso em: 2 fev. 2023.

METCALF, L; EDDY, H. P. **Tratamento de Efluentes e recuperação de recursos**. Tradução: Ivanildo Hespanhol e José C. Mierzwa. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. 2003 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10561: Águas - Determinação de Resíduo Sedimentável (Sólidos Sedimentáveis - Método do cone de Imhoff**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. 2 p. Disponível em: <https://document.onl/documents/nbr-10561-1988-aguas-determinacao-de-residuo-sedimentavel-solidos-sedimentaveis-metodo-d.html?page=1>. Acesso em: 29 jan. 2023.

OLIVEIRA, D. C.; AZEVEDO, P. G. F.; CAVALCANTI, L. A. P. Processos biológicos para o tratamento de efluentes: uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 8, n. 18, p. 397-415, 2021. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v8n18/v08n18a26a.html>. Acesso em: 15 mar. 2023.

PENSAMENTO VERDE. Pensamento Verde: A importância do tratamento dos efluentes industriais. Sustentabilidade. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/sustentabilidade/a-importancia-do-tratamento-dos-efluentes-industriais/>. Acesso em: 14 mar. 2023.

PUTTIN *et al.* UTILIZAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA PARA FINS AGRONÔMICOS. In: ARAÚJO, Renata Ribeiro; DIAS, Leonice Seolin; BENINI, Sandra Medina. **Água: tratamento, efluentes e lodos**. 1. ed. Tupã-SP: ANAP, 2015. v. 1, cap. 2, p. 25-41. ISBN 978-85-68242-14-8. Disponível em: https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/Comite%20Rio%20Chapeco/Irani/Publicacoes/LIVRO---Agua-tratamento-efluentes-e-lodos.pdf. Acesso em: 29 jan. 2023.

REVIVA. Reviva: soluções ambientais, 2023. Disponível em: <https://reviva2.webcreators.com.br/produtos>. Acesso em: 18 abr. 2023.

SANTOS, A. G. P. **Água na indústria de alimentos: estimativa da demanda hídrica e potencial de reuso de efluentes líquidos**. 2022. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/2441>. Acesso em: 29 jan. 2023.