



Halison Salis Eustáquio

**OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: Estudo de caso da oficina de  
manutenção de equipamentos ferroviários da empresa Valor da Logística Integrada em  
Divinópolis-MG**

**Bambuí**

**2022**

HALISON SALIS EUSTÁQUIO

**OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: estudo de caso da oficina de manutenção  
de equipamentos ferroviários da empresa Valor da Logística Integrada em Divinópolis  
MG**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) *Campus Bambuí/MG*, como requisito para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Linha de Pesquisa: Gestão e Planejamento Ambiental.

Projeto Estruturante: Gestão de Águas, Efluentes e Resíduos Sólidos.

Orientador: Prof. Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni.

**Bambuí**

**2022**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
Campus Bambuí  
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação  
Seção de Pós-Graduação  
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG  
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

## PARECER Nº 11

### FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada “**OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: Estudo de Caso da Oficina de Manutenção de Equipamentos Ferroviários da Empresa Valor da Logística Integrada em Divinópolis-MG**”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Halison Salis Eustáquio**, sob a orientação do prof. Dr. **Hygor Aristides Victor Rossoni**, aprovado pela Banca Examinadora de Defesa, em 15/12/2022, com a média de **95,0 pontos**.

A análise das correções finais da dissertação sugeridas pela Banca Examinadora será feita pelo professor orientador.

Divinópolis (MG), 15 de dezembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Carolina Oliveira Duarte, Usuário Externo**, em 16/12/2022, às 11:11, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Hygor Aristides Victor Rossoni, Usuário Externo**, em 16/12/2022, às 11:16, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Guimaraes Parreira, Usuário Externo**, em 16/12/2022, às 12:15, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Halison Salis Eustáquio, Usuário Externo**, em 03/01/2023, às 09:50, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1409409** e o código CRC **FB46BB51**.

## Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

E91o Eustáquio, Halison Salis.

Otimização operacional das atividades da estação de tratamento de águas residuárias: estudo de caso da oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da empresa Valor da Logística Integrada em Divinópolis-MG. / Halison Salis Eustáquio. – Bambuí, 2022.

226 f.: il.; color.

Orientador: Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2022.

1. Padronização. 2. Estações de tratamento de águas residuárias. 3. Otimização. I. Rossoni, Hygor Aristides Victor. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

Elaborada por Douglas Bernardes de Castro- CRB-6/2802

## BIOGRAFIA

**Discente:** Halison Salis Eustaquio

**Filiação:** Nerceli Eustáquio e Edite Ribeiro do Santos

**Naturalidade:** Divinópolis - Estado: Minas Gerais - Data de nascimento: 14/11/1984.

### Informações acadêmicas:

- **Ensino Médio:** Escola Estadual Antonio da Costa Pereira – Divinópolis / MG.
- **Curso Técnico:** Técnico em Meio Ambiente – Escola Técnica de Carmo do Cajuru, Brasil. (2005 / 2006)
- **Curso Técnico:** Técnico em Química – Escola Técnica CECOM, Brasil. (2007 / 2008)
- **Curso Superior:** Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária – Faculdade Pitágoras, Brasil. Trabalho de conclusão de curso: Mapeamento das Redes de drenagens da Oficina de Manutenção de Locomotivas de Divinópolis. Orientador: Wilson Vargas. (2013 / 2015).
- **Curso Superior:** Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho – Faculdade Pitágoras, Brasil. Trabalho de conclusão de curso: Estruturação da Brigada de Emergência da Oficina de Manutenção de Locomotivas de Divinópolis. (2016 / 2018).

### Experiência profissional:

- Entre 2008 e 2010 atuei como Operador de ETE na Haztec do Brasil, prestadora de serviço da Ferrovia Centro Atlântico, sendo responsável pela operação da ETE e análise dos efluentes.
- Entre 2010 e 2011 atuei como Técnico em Análise Química na VLI, sendo responsável pela operação da ETE e análise dos efluentes.
- Entre 2011 e 2017 atuei como Técnico em Meio Ambiente na gestão ambiental Oficina de Manutenção de Locomotivas de Divinópolis.
- A partir de 2017 atuo como Analista de Meio Ambiente na VLI, sendo responsável pelos processos ambientais do Corredor Centro Leste, entre as cidades de Araguari MG e Cariacica ES.

Dedico a todas as empresas que trabalham e tem como princípios o cuidado com o Meio Ambiente e especial aos corpos hídricos no Brasil e no mundo, buscando soluções sustentáveis para a sociedade em geral.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar cumprindo mais uma etapa da minha vida e por todos os momentos de aprendizado.

À minha família, em especial a minha esposa Erika e meus filhos Gustavo e Murilo, aos meus Irmão Harley e Marcia e aos pais Nerceli e Edite, que foram extremamente sacrificados pela minha ausência em determinados momentos e mesmo assim permaneceram ao meu lado com uma palavra de incentivo e carinho.

Ao professor Hygor Rossoni por toda orientação e incentivo nessa difícil caminhada. Tenho certeza de que por causa do seus ensinamentos e humildade saio domestrado um ser humano melhor.

Ao meu amigo Rodolfo Luis Tercetti, que foi o meu grande incentivador, sem ele não tinha se quer começado o mestrado e agora juntos estamos terminando esse desafio. Além dos meus líderes Alex e atualmente Polyana que sempre estiveram do meu lado durante essa caminhada. Em especial agradeço imensamente meus amigos de trabalho da VLI Rafael, Walisson e Sergio que contribuíram de forma fundamental para o andamento do projeto.

À empresa VLI por ter me dado a oportunidade de me desenvolver profissionalmente e pessoalmente com a aplicação do projeto in loco.

“Deus nos concede, a cada dia, uma página de vida nova no livro do tempo. Aquilo que colocarmos nela, corre por nossa conta.”

Chico Xavier

## RESUMO

Em busca do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental por meio do programa de Pós-graduação em Sustentabilidade de Tecnologia Ambiental, apresento este estudo como atendimento a um dos critérios básicos exigidos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), campus Bambuí. O objetivo do projeto foi otimizar e padronizar as atividades da estação de tratamento de águas residuárias da Oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da VLI em Divinópolis. Como estratégia o trabalho foi dividido em capítulos para atender cada um dos objetivos específicos. O Capítulo I - Revisão sistemática de literatura sobre otimização operacional e padronização das atividades das estações de tratamento de águas residuárias. A Revisão Sistemática constitui um produto acadêmico, em formato de um artigo científico submetido à Brazilian Journals Publicações de Periódicos Ltda. No Capítulo II - Otimização Operacional das Atividades da Estação de Tratamento de Águas Residuárias, onde é demonstrado através de um planejamento o quanto a gestão aplicada no dia a dia gera ganhos. O Capítulo III - Produto Técnico: Manual de Operação da Estação de Tratamento de Efluentes de Divinópolis – MG.

**Palavras-chave:** Padronização; Estações de Tratamento de Águas Residuárias; e Otimização.

## **ABSTRACT**

In pursuit of the title of Master in Sustainability and Environmental Technology through the Postgraduate Program in Sustainability of Environmental Technology, I present this study as fulfillment of one of the basic criteria required by the Federal Institute of Education, Science and Technology of Minas Gerais (IFMG), Bambuí campus. The objective of the project was to optimize and standardize the activities of the wastewater treatment plant of the VLI railway equipment maintenance workshop in Divinópolis. As a strategy, the work was divided into chapters to meet each of the specific objectives. Chapter I - Systematic Review of Literature on operational optimization and standardization of activities in wastewater treatment plants. The Systematic Review constitutes an academic product, in the format of a scientific article submitted to Brazilian Journals Publicações de Periódicos Ltda. In Chapter II - Operational Optimization of the Activities of the Wastewater Treatment Plant, where it is demonstrated through a planning how much the management applied on a daily basis generates gains. Chapter III - Technical Product: Operation Manual for the Wastewater Treatment Plant in Divinópolis - MG

**Key-words:** Standardizing, Wastewater Treatment Plants and Optimizing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### **CAPÍTULO I - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E PADRONIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**

Figura 1 - Fluxograma PRISMA realizado para a elaboração do presente estudo.....33

### **CAPÍTULO II - OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: Estudo de caso da oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da empresa Valor da Logística Integrada em Divinópolis MG**

Figura 1- Fluxograma descritivo .....	51
Figura 2 - Matriz de priorização .....	54
Figura 3 - Treinamento teórico / Treinamento prático .....	57
Figura 4 - Medição do tempo e distância A.....	58
Figura 5 - Medição do tempo e distância B.....	59
Figura 6 - Sistema de automação.....	60
Figura 7 - Fluxograma de manutenção dos ativos .....	63
Figura 8 - Ordem de serviço .....	64
Figura 9 - <i>Checklist</i> .....	64
Figura 10 - Volume de efluente tratado (m <sup>3</sup> ) em 2016.....	66
Figura 11 - Volume de efluente tratado (m <sup>3</sup> ) em 2017.....	66
Figura 12 - Volume de efluente tratado (m <sup>3</sup> ) em 2018.....	67
Figura 13 - Volume de efluente tratado (m <sup>3</sup> ) em 2019.....	67
Figura 14 - Análises diárias de automonitoramento .....	71
Figura 15- Análises semanais de automonitoramento.....	73
Figura 16 - Análises mensais de automonitoramento.....	74
Figura 17 - Diagrama de Ishikawa .....	75
Figura 18 - Espaço FMDS .....	75
Figura 19 - Reunião de indicadores .....	76
Figura 20 - Organograma .....	77
Figura 21 - Organograma atual.....	79
Figura 22 - Placa de requisição de produtos e reagentes .....	83
Figura 23 - Fotos do local das placas de requisição de produtos e reagentes.....	84

Figura 24 - IT coleta de efluente / IT retro lavagem do filtro de areia / IT troca do filtro UV .....	88
---	----

### **CAPÍTULO III - PRODUTO TÉCNICO: MANUAL DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE DIVINÓPOLIS - MG**

Figura 1 – Balanço Hídrico .....	100
Figura 2 - Fluxograma do sistema de drenagem de efluente industrial .....	102
Figura 3 - Fluxograma do sistema de drenagem de efluente sanitário .....	103
Figura 4 - Fluxograma do sistema de tratamento de efluente industrial e sanitário .....	104
Figura 5 - Fluxograma do sistema de drenagem de água de reuso .....	105
Figura 6 – Separador água e óleo .....	106
Figura 7 – Peneira rotativa.....	107
Figura 8 - Reações químicas da formação dos íons metálicos responsáveis pelo processo de coagulação .....	108
Figura 9 - Reações químicas das moléculas poliméricas responsáveis pelo processo de floculação.....	109
Figura 10 – Sistema de lodo ativado.....	110
Figura 11 – Microrganismos presentes no lodo biológico.....	111
Figura 12 - Floco microscópico de lodo ativado .....	112
Figura 13 – Sistema de reuso.....	114
Figura 14 – Painel do supervisor da automação .....	115
Figura 15 – Elevatórias de efluentes.....	116
Figura 16 – Gradeamento .....	118
Figura 17 - Tanque pulmão industrial .....	119
Figura 28 – Separador água e óleo (SAO).....	120
Figura 39 – Caixa de transferência de óleo da SAO.....	121
Figura 204 – Caixa de transferência de óleo da SAO.....	122
Figura 51 – Caixa de transferência do efluente bruto.....	123
Figura 62 – Tanque de equalização .....	124
Figura 23 – Tanque de neutralização.....	125
Figura 24 – Tanque de coagulação .....	126
Figura 25 – Inversor de frequência do pHmetro de linha.....	127
Figura 26 – Tanque de floculação .....	128
Figura 27 – Tanque de flotação e raspagem de lodo físico-químico.....	129

Figura 28 – Tanque de efluente primário .....	130
Figura 29 – Tanque de lodo físico-químico.....	132
Figura 30 – Armazenamento de lodo físico-químico .....	132
Figura 31 – Peneira rotativa.....	133
Figura 32 – Tanque pulmão sanitário .....	135
Figura 33 – Tanque de aeração (lodo biológico).....	136
Figura 34 – Sopradores de ar .....	136
Figura 35 – Decantador secundário.....	137
Figura 36 – Tanque de lodo biológico.....	138
Figura 37 – Filtro de areia.....	140
Figura 38 – Sistema de reúso.....	141
Figura 39 – Reservatório de água de reúso.....	141
Figura 40 – Reservatórios de produtos químicos.....	143

## LISTA DE QUADROS

### **CAPÍTULO I - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E PADRONIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**

Quadro 1 – Referências selecionadas para compor a presente revisão sistemática.....	34
Quadro 2 - Custo do metro cúbico de efluente tratado das Oficinas de Manutenção de Locomotivas e Vagões da FCA / VLI .....	39
Quadro 3 – Descrição dos parâmetros de qualidade dos efluentes tratados .....	41

### **CAPÍTULO II - OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: Estudo de caso da oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da empresa Valor da Logística Integrada em Divinópolis MG**

Quadro 1 - Plano de ação A.....	55
Quadro 2 - Plano de ação B .....	55
Quadro 3 - Lista de procedimentos.....	56
Quadro 4 - Plano de ação C .....	57
Quadro 5 - Contabilização tempo x distância A.....	58
Quadro 6 - Contabilização tempo x distância B .....	59
Quadro 7 - Medição do tempo e distância A .....	60
Quadro 8 - Plano de manutenção.....	62
Quadro 9 - Medição do tempo e distância B .....	65
Quadro 10 - Plano de ação D.....	65
Quadro 11 - Capacidade operacional.....	68
Quadro 12 - Plano de ação E .....	68
Quadro 13 - Padrão de tratamento .....	70
Quadro 14 - Plano de ação F .....	70
Quadro 15 - Plano de ação G.....	74
Quadro 16 - Plano de ação H.....	76
Quadro 17 - Valor por região .....	77
Quadro 18 - Rotina diária .....	78
Quadro 19 - Custo fixo anual .....	78

Quadro 20 - Encarreamento .....	79
Quadro 21 - Custo anualizado de insumos .....	80
Quadro 22 - Planilha de controle de reagente químico .....	81
Quadro 23 - Planilha de controle de produto químico.....	82
Quadro 24 - Custo anual com produto/reagentes utilizados na ETE.....	85
Quadro 25 - Valor por região .....	85
Quadro 26 - Plano de ação.....	85
Quadro 27 - Lista dos processos.....	86
Quadro 28 - Modelo de uma instrução de trabalho .....	87

### **CAPÍTULO III - PRODUTO TÉCNICO: MANUAL DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE DIVINÓPOLIS - MG**

Quadro 1 – Quantitativo do público-alvo .....	93
Quadro 2 – Controle de revisões .....	94
Quadro 3- Etapas de tratamento de efluentes da ETE / FCA Divinópolis – MG.....	105
Quadro 4 - Elevatórias de efluentes industriais e sanitários da FCA Divinópolis – MG .....	117
Quadro 5 - Planilha de análises e pontos de coleta.....	145
Quadro 6 - Relatório de turno.....	150
Quadro 7 – Plano de reação .....	154
Quadro 8 – Equipe técnica responsável.....	154

## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO I - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E PADRONIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas na pesquisa .....	32
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

°C - grau centígrado

CAR – Central de Armazenamento de Resíduos

CERH-MG - Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

EPC - Equipamento de Proteção Coletiva

EPI - Equipamento de Proteção Individual

*et al.* - et alia: e outros

ETA - Estação de Tratamento de Água

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

FISPQ - Ficha de inspeção de segurança de produtos químicos

FMDS – *Floor Management Deleopment System*: Gerenciamento de chão de fábrica

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – Peróxido de Oxigênio

HCl – Ácido clorídrico

IBC – *Intermediate Bulk Container*

ISO - Organização Internacional para Padronização

IT- Instrução de trabalho

IVL - Índice Volumétrico de Lodo

Kg - Quilograma

m<sup>3</sup> - metro cúbico

mg/L – miligrama por litro

MIR - Manifesto interno de resíduos

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

O<sub>2</sub> - dióxigênio

PAC – Policloreto de Alumínio

PDCA - *Plan, Do, Check, Action*: Planejar, Executar, Verificar, Agir

PGR – Programa de Gestão de Resíduos

pH - potencial hidrogeniônico

POA – Processo oxidativo avançado

RH – Recursos Humanos

SABESP – Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SAO – Separador de água e óleo

SAP – *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*: Sistema de Gestão Empresarial

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

UV – Ultravioleta

VLI - Valor da Logística Integrada

VMP - Valor máximo permitido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>1.1 Relevância e Justificativa .....</b>	<b>22</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 Geral.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Específicos .....</b>	<b>24</b>
<b>3 ESTRATÉGIAS DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO...</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Classificação da Pesquisa.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>26</b>

### **CAPÍTULO I - REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E PADRONIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS .....**

<b>RESUMO.....</b>	<b>27</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>28</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>44</b>

### **CAPÍTULO II - OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: Estudo de caso da oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da empresa Valor da Logística Integrada em Divinópolis MG .....**

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>50</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>3.1 Tratamento das ações.....</b>	<b>55</b>
<b>3.1.1 Padronização das análises de automonitoramento .....</b>	<b>55</b>
<b>3.1.2 Eliminação de desperdício de tempo.....</b>	<b>57</b>
<b>3.1.3 Avaliação da capacidade de tratamento da ETE.....</b>	<b>65</b>

<i>3.1.4 Avaliação da necessidade de o sistema de tratamento funcionar 24 horas</i> .....	68
<i>3.1.5 Implantação de FMDS</i> .....	70
<i>3.1.6 Avaliação do custo operacional</i> .....	76
<b>3.2 Controle de estoque</b> .....	80
<b>3.3 Padronização do fluxo de requisições</b> .....	83
<b>3.4 Criação de instruções de trabalho</b> .....	85
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	89
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	91

<b>CAPÍTULO III - PRODUTO TÉCNICO: MANUAL DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE DIVINÓPOLIS – MG</b> .....	93
<b>MANUAL TÉCNICO DE OPERAÇÃO</b> .....	94
<b>1 PÚBLICO-ALVO</b> .....	94
<b>2 APLICAÇÃO</b> .....	94
<b>3 CONTROLE DE REVISÕES</b> .....	95
<b>4 OBJETIVO / RESULTADOS ESPERADOS</b> .....	95
<b>5 DOCUMENTOS INTERNOS DE REFERÊNCIAS</b> .....	95
<b>6 DEFINIÇÕES</b> .....	96
<b>7 BALANÇO HÍDRICO - UNIDADE DIVINÓPOLIS</b> .....	100
<b>7.1 Sistema de abastecimento de água nova</b> .....	100
<b>7.2 Sistema de drenagem de efluente industrial</b> .....	102
<b>7.3 Sistema de drenagem de efluente sanitário</b> .....	103
<b>7.4 Sistema de tratamento de efluente industrial e sanitário (ETE)</b> .....	104
<b>7.5 Sistema de drenagem de água de reúso</b> .....	105
<b>8 ETAPAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA ETE</b> .....	106
<b>8.1 Etapa de tratamento preliminar (físico)</b> .....	107
<i>8.1.1 Efluente industrial</i> .....	107
<i>8.1.2 Efluente sanitário</i> .....	108
<b>8.2 Etapa de tratamento primário (físico-químico)</b> .....	109
<i>8.2.1 Efluente industrial</i> .....	109
<i>8.2.2 Efluente sanitário</i> .....	110
<b>8.3 Etapa de tratamento secundário (biológico)</b> .....	110
<b>8.4 Etapa de tratamento terciário (desinfecção)</b> .....	113
<b>9 OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE</b> .....	114

<b>9.1 Controle operacional</b> .....	114
<b>9.2 Elevatórias de efluentes industriais e sanitários</b> .....	116
<b>9.2.1 Procedimento operacional</b> .....	117
<b>9.3 Etapa de tratamento preliminar (físico) – efluente industrial</b> .....	118
<b>9.3.1 Gradeamento</b> .....	118
9.3.1.1 Procedimento operacional .....	118
<b>9.3.2 Tanque pulmão</b> .....	118
9.3.2.1 Procedimento operacional .....	119
<b>9.3.3 Separador água e óleo (SAO)</b> .....	119
9.3.3.1 Procedimento operacional .....	120
<b>9.3.4 Caixa de transferência de óleo da SAO</b> .....	120
9.3.4.1 Procedimento operacional .....	121
<b>9.3.5 Reservatório de óleo recuperado da SAO</b> .....	121
9.3.5.1 Procedimento operacional .....	122
<b>9.3.6 Caixa de transferência de efluente bruto</b> .....	122
9.3.6.1 Procedimento operacional .....	123
<b>9.3.7 Tanque de equalização</b> .....	123
9.3.7.1 Procedimento operacional .....	124
<b>9.4 Etapa de tratamento primário (físico-químico) – efluente industrial</b> .....	124
<b>9.4.1 Tanque de neutralização</b> .....	124
9.4.1.1 Procedimento operacional .....	125
<b>9.4.2 Tanque de coagulação</b> .....	126
9.4.2.1 Procedimento operacional .....	127
<b>9.4.3 Tanque de floculação</b> .....	128
9.4.3.1 Procedimento operacional .....	128
<b>9.4.4 Tanque de flotação</b> .....	129
9.4.4.1 Procedimento operacional .....	129
<b>9.5.1 Tanque de efluente primário</b> .....	130
9.5.1.1 Procedimento operacional .....	131
<b>9.6.1 Tanque de lodo físico-químico</b> .....	131
9.6.1.1 Procedimento operacional .....	132
<b>9.7 Etapa de tratamento preliminar (físico) – efluente sanitário</b> .....	133
<b>9.7.1 Peneira rotativa</b> .....	133
9.7.1.1 Procedimento operacional .....	134
<b>9.7.2 Tanque pulmão sanitário</b> .....	134

9.7.2.1 Procedimento operacional .....	135
<b>9.8 Etapa de tratamento secundário (biológico) – efluente industrial e sanitário .....</b>	<b>135</b>
<b>9.8.1 Tanque de aeração (lodo biológico).....</b>	<b>135</b>
9.8.1.1 Procedimento operacional .....	136
<b>9.8.2 Decantador secundário.....</b>	<b>137</b>
9.8.2.1 Procedimento operacional .....	137
<b>9.8.3 Tanque de lodo biológico.....</b>	<b>138</b>
9.8.3.1 Procedimento operacional .....	139
<b>9.9 Etapa de tratamento terciário (desinfecção) – efluente industrial e sanitário .....</b>	<b>139</b>
<b>9.9.1 Filtro de areia .....</b>	<b>139</b>
9.9.1.1 Procedimento operacional .....	140
<b>9.9.2 Sistema de reúso .....</b>	<b>141</b>
9.9.2.1 Procedimento operacional .....	142
<b>9.10 Produtos químicos .....</b>	<b>142</b>
<b>9.10.1 Procedimento operacional.....</b>	<b>143</b>
<b>9.10.2 Preparo de solução de ácido clorídrico (HCl) .....</b>	<b>144</b>
9.10.2.1 Procedimento de preparo .....	144
<b>9.10.3 Preparo de solução de hidróxido de sódio (NaOH).....</b>	<b>144</b>
9.10.3.1 Procedimento de preparo .....	144
<b>9.10.4 Preparo de solução de policloreto de alumínio (PAC).....</b>	<b>144</b>
9.10.4.1 Procedimento de preparo .....	145
<b>9.10.5 Preparo de solução de polieletrólito (polímero catiônico) .....</b>	<b>145</b>
9.10.5.1 Procedimento de preparo .....	145
<b>9.10.6 Preparo de solução de ácido fosfórico (P).....</b>	<b>145</b>
9.10.6.1 Procedimento de preparo .....	146
<b>9.10.7 Preparo de solução de ureia (N) .....</b>	<b>146</b>
9.10.7.1 Procedimento de preparo .....	146
<b>9.10.8 Preparo de solução de hipoclorito de sódio (Cl).....</b>	<b>146</b>
9.10.8.1 Procedimento de preparo .....	146
<b>9.11 Rotina operacional.....</b>	<b>147</b>
<b>9.11.1 Rotina diária .....</b>	<b>147</b>
<b>9.11.2 Rotina semanal .....</b>	<b>147</b>
<b>9.11.3 Rotina mensal .....</b>	<b>148</b>
<b>9.12 Acompanhamento analítico .....</b>	<b>148</b>

<b>9.12.1 Coleta de amostras de efluentes</b> .....	148
<b>9.12.2 Determinação das análises</b> .....	149
9.12.2.1 Análises e ponto de coleta .....	149
<b>9.13 Relatório de turno</b> .....	149
<b>9.14 Saúde, segurança e meio ambiente</b> .....	151
<b>9.14.1 Equipamentos de proteção individual (EPI)</b> .....	152
<b>9.14.2 Normas de segurança na operação da ETE</b> .....	152
<b>9.14.3 Normas de segurança no laboratório da ETE</b> .....	152
<b>9.14.4 Providências de controle ambiental</b> .....	153
<b>10 PLANO DE REAÇÃO</b> .....	154
<b>11 EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL</b> .....	154
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	155
<b>ANEXO A – TERMO DE PARECERIA</b> .....	157
<b>ANEXO B – APROVAÇÃO DE PUBLICAÇÃO DE ARTIGO</b> .....	158

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Relevância e Justificativa

A oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da empresa Valor da Logística Integrada (VLI), em Divinópolis MG, é a maior do gênero da América Latina, empregando cerca de 1.150 funcionários, incluindo os terceirizados que trabalham na manutenção e na recuperação de materiais rodantes (locomotivas e vagões). A área do complexo operacional engloba o abastecimento de óleo diesel, área de tancagem, manutenção preventiva e corretiva, inspeção de locomotivas, vagões e máquinas de vias para o atendimento da demanda da malha ferroviária.

Todos os equipamentos em alguma das fases de manutenção geram efluentes com níveis de contaminação acima dos limites permitidos pelo Art. 29 VMP da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes” (BRASIL, 2008) juntamente com a Resolução CONAMA nº 430 de 13/05/2011 (BRASIL, 2011). Dispõem também sobre a classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para enquadramento, bem como, estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

Oliveira (2020) afirma que, para cumprir a legislação e garantir que os processos de tratamento de efluentes atendam as demandas impostas, é preciso um sistema de tratamento adequado, bem como uma correta operação e manutenção desse sistema. Nesse contexto, é sempre importante buscar as características dos efluentes gerados, por meio de análises, medições e realização do monitoramento periódico.

Os efluentes do complexo operacional apresentam algumas características, devido às diferentes atividades existentes. Segundo Braile (2007), nos despejos industriais é fácil de ser observada uma grande variabilidade do efluente gerado, mesmo sendo a mesma tipologia industrial. Existem fatores dentro das indústrias que podem alterar e assim explicar tamanha variação: as práticas de trabalho adotadas, a idade dos equipamentos, os tipos de matéria-prima utilizada, entre outros.

Devido ao nível de contaminação dos efluentes e ao número de análises necessárias com o intuito de garantir a qualidade dos efluentes tratados e assim evitar a poluição dos corpos receptores, faz-se necessária a gestão dos resultados de forma confiável. Para Braga *et al.* (2005), águas residuárias é o termo utilizado para caracterizar todo e

qualquer tipo de despejo resultante dos usos da água. Entre os principais estão o doméstico, o comercial, o industrial e o agrícola. O resíduo líquido industrial é o esgoto resultante de algum processo operacional, podendo conter características muito específicas, de acordo com o tipo de atividade, sendo importante a confiabilidade dos resultados analíticos para conservar os corpos hídricos onde eles são descartados.

Cantidio (2009) cita que o caminho da busca pela melhoria de produtividade e qualidade se divide em dois: o primeiro, em que se procuram e analisam os desperdícios do processo e se utilizam ferramentas para a sua solução; e o segundo, em que se procura melhorar o que já existe, podendo ser a disponibilidade de equipamentos, o seu desempenho ou o índice de qualidade, melhorias estas localizadas, mas que podem influenciar no processo como um todo.

Com a crescente necessidade de buscar oportunidades de aumento de qualidade, produtividade e redução de despesas nos processos, devido à grande crise financeira vivenciada pelo país, visto o alto custo operacional para tratar o efluente gerado no complexo operacional de manutenção, faz-se necessário a busca pela redução de custo.

A empresa que não procurar reduzir os desperdícios, aproveitando melhor os recursos dos quais dispõe, terá maiores dificuldades em enfrentar uma crise financeira mundial.

Portanto, este estudo se justifica pelo fato de que, visando ter um controle ambiental eficiente deve-se ter uma visão ampla dos diversos estágios existentes no ciclo de vida de um produto industrial. Dessa forma, faz-se necessário identificar, entre outros, quais são as unidades dentro das indústrias, que precisam ser monitoradas e/ou ter os efluentes tratados antes de seu lançamento em meio atmosférico e/ou hídrico.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.3 Geral**

Otimizar a estação de tratamento de águas residuárias da Oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da VLI, aplicando a metodologia *Lean Manufacturing*.

### **2.4 Específicos**

- Realizar o levantamento bibliográfico, por meio da revisão sistemática de literatura, buscando a elucidação da forma de otimização e padronização do sistema de tratamento de águas residuárias;
- Avaliar a rotina operacional da estação de tratamento, a fim de eliminar ou reduzir o tempo por atividade e deslocamento para execução da tarefa, além de analisar a necessidade de realizar atividades que se repetem ao longo do dia, eliminando o retrabalho;
- Elaborar um produto técnico baseado em manual de operação técnica para a estação de tratamento de águas residuárias da oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da VLI.

### 3 ESTRATÉGIAS DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

Especificaram-se nesse segmento as estratégias experimentais de apresentação dos procedimentos metodológicos que contribuíram para a elaboração desta pesquisa. Foram estipulados parâmetros de seleção, exclusão e análise dos documentos. Para a composição do segundo artigo, explanou-se acerca do desenvolvimento do estudo de caso, bem como da categorização do objeto de estudo. Foi apresentada uma sucinta descrição sobre as propostas de ações corretivas para possíveis desvios dentro dos procedimentos na ETE da Ferrovia.

Optou-se por elaborar o trabalho de dissertação no formato de capítulos com o intuito de potencializar futuras publicações científicas. Dessa forma, os capítulos buscam elucidar cada um dos objetivos específicos do presente trabalho, visando a formatação futura de artigos individualizados.

#### 3.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa é considerada do tipo aplicada, visto que o resultado dela é destinado à utilização prática para o setor industrial. É também considerada exploratória, pois é realizado levantamento de informações e conteúdo para estudo mais detalhado.

É considerada, ainda, uma pesquisa qualitativa, quando trata da parte de revisão, e quantitativa para os demais, utiliza de metodologia estatística e investigativa para elaboração dos resultados. Para isso, realizou-se levantamento de campo.

A pesquisa foi elaborada por capítulos, que estão divididos de forma a apresentar a metodologia de cada artigo da dissertação, como demonstrado a seguir:

- **Capítulo I:** Revisão sistemática de literatura sobre redução do custo operacional e padronização das atividades do sistema de tratamento de efluentes.

Cabe destacar que, o artigo foi submetido e considerado apto para a publicação (ANEXO A) na Revista Brazilian Journal of Development (BJD) (ISSN: 2525 - 8761; Avaliação Qualis/Capes: B2).

- **Capítulo II** - Estudo de caso: Otimizar a estação de tratamento de águas residuárias da Oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da VLI, aplicando a metodologia *Lean Manufacturing*.

- **Capítulo III - Produto Técnico:** Manual de operação da estação de tratamento de efluentes de Divinópolis – MG.

## REFERÊNCIAS

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRAILE, P. M. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 2007.

BRASIL. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1**, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo – MG, 13 maio 2008.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, 2011.

CANTIDIO, S. **Reduzir os desperdícios para melhorar a produtividade**. 2009. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/reduzir-os-desperdicios-para-melhorar-a-produtividade/29947/>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

OLIVEIRA, Patrícia Pimenta de; MOL, Marcos Paulo Gomes. Proposta de um *checklist* à luz da ISO 14.001:2015 para favorecer a implantação de um sistema de gestão ambiental na operação de estação de tratamento de esgotos. **INOVAE – Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**. v. 8, n.1, 2020.

## CAPÍTULO I

### REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA SOBRE OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E PADRONIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

#### SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW ON OPERATIONAL OPTIMIZATION AND STANDARDIZING THE ACTIVITIES OF THE EFFLUENT TREATMENT SYSTEM

**Halison Salis Eustáquio<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental (MPSTA). – *Campus* Bambuí. Endereço: Fazenda Varginha – Rodovia Bambuí/Medeiros, Km 05. Caixa Postal 05 Bambuí - MG, Brasil (CEP 38.900-000). \*E-mail: halison.salis@hotmail.com  
ORCID: 0000-0001-7778-4673.

**Hygor Aristides Victor Rossoni**

Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Florestal. Orientador e Membro Permanente do MPSTA do IFMG – *Campus* Bambuí. Endereço: Rodovia LMG 818, km 06, s/n, Campus Universitário, Florestal - MG, 35690-000\*E-mail: [rossoni@ufv.br](mailto:rossoni@ufv.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6088-6144>

## RESUMO

O setor industrial influencia diretamente na poluição dos recursos hídricos por meio de descarte de resíduos. Uma forma de amenizar os impactos dessa poluição é o tratamento dos efluentes dentro das indústrias. O presente trabalho tem como objetivo averiguar e avaliar a metodologia de padronização de mão de obra, a fim de melhorar a gestão e execução de cada processo dentro das estações de tratamento de efluentes. Esta pesquisa foi realizada a partir de uma revisão sistemática com trabalhos selecionados dentro das plataformas Google Acadêmico, Scielo, Portal Periódicos Capes e Science Direct, visto que as plataformas são bastante utilizadas e são algumas das mais importantes bases de dados de publicações científicas. Obteve-se como resultado o uso da padronização dos processos nas estações de tratamento de efluentes industriais, sendo utilizados para a elaboração desta pesquisa 14 artigos encontrados e compatíveis com o objetivo deste estudo. Foram considerados artigos de

acordo com sua classificação Qualis Capes Sucupira, no período de 2004 a 2020, com classificação no mínimo B3 nas áreas Ciências Ambientais ou Interdisciplinar, tendo parecer positivo quando se refere ao aumento da produtividade, utilização de recursos e melhoria da qualidade do produto e/ou serviço, como palavras-chave foram utilizadas as seguintes: estações de tratamento, padronização, efluentes.

**Palavras-chave:** Estações de tratamento; padronização; efluentes.

### **ABSTRACT**

The industrial sector directly influences the pollution of water resources through waste disposal. One way to mitigate the impacts of this pollution is the treatment of effluents within industries. The present work aimed to investigate and evaluate the methodology of standardization of labor, in order to improve the management and execution of each process within the effluent treatment plants. This research was carried out from a systematic review with selected works within the Google Scholar, Scielo, Portal Periódicos Capes and Science Direct platforms, since the platforms are widely used and are some of the most important databases of scientific publications. As a result, the use of standardization of processes in industrial effluent treatment plants being used for the preparation of this research 14 articles found and compatible with the objective of this study, having a positive opinion when referring to increased productivity, use of resources and improvement of the quality of the product and/or service, the following keywords were used: treatment plants, standardization, effluents.

**Keywords:** Treatment stations; standardization; effluents.

## **1 INTRODUÇÃO**

A água é recurso essencial não só para a sobrevivência de animais e plantas, como também para a manutenção e sobrevivência do nosso planeta. Diante das preocupações relacionadas à degradação e escassez dos recursos hídricos em várias regiões, questões relativas à preservação da qualidade das águas ganham, atualmente, um significativo investimento em pesquisas com vista a identificar fontes de água alternativas, de modo a preservar os recursos hídricos e todos os setores que dependem de água para o seu

desenvolvimento (NETO *et al.*, 2020). Mais que insumo indispensável à produção e recurso estratégico para o desenvolvimento econômico, ela é vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos que mantêm em equilíbrio os ecossistemas (VASCONCELOS; GOMES, 2009; LISBOA; KNOECCHELMANN, 2010). É, ainda, referência cultural e bem social indispensável à adequada qualidade de vida da população.

Mesmo apresentando grande volume *in natura*, a disponibilidade de recursos hídricos acessíveis ao consumo humano<sup>1</sup> gera preocupações, visto que se há crescimento populacional e industrial, conseqüentemente, há aumento do consumo de água. A indústria, em especial, influencia diretamente na poluição dos recursos hídricos, por meio do descarte de resíduos que possuem potencial tóxico e, em alguns casos, são compostos não recalcitrantes (NETO; SOUZA; ALMEIDA, 2020)

Em decorrência de uma relativa abundância de água, nunca houve grande preocupação por parte das empresas, com exceção dos setores que utilizam de água como matéria-prima ou com influência direta sobre o produto (FIESP/CIESP, 2006). Frente à escassez dos recursos de água, surgiu a preocupação com o meio ambiente, em especial, com a utilização dos recursos hídricos resultando na valorização da água potável como bem de consumo. Em vista desses problemas, a tarifa de água potável vem sofrendo aumentos progressivos, especialmente para consumidores de maiores quantidades (TABOSA, 2003).

Dentre os meios industriais que influenciam na poluição dos recursos hídricos, existe a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de Ferrovia, na qual os principais poluentes são Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), fósforo, nitrato, nitrogênio amoniacal, benzeno, boro total, etilbenzeno, fenóis totais, materiais flutuantes, óleos e graxas minerais, óleos e graxas vegetais e animais, sólidos sedimentares, sólidos suspensos totais, surfactantes, tolueno, xilenos e sulfato (MAZZER; CAVALCANTI, 2004).

Ao voltar para seu ambiente natural, depois de ter sido manuseada, a água residuária tratada não pode comprometer a qualidade ecológica do corpo receptor. Quando contaminada, a mesma passa a ser inapta ou danosa ao consumo humano, seja ele doméstico ou industrial. Tais contaminações ocorrem comumente pela utilização de atividades antrópicas, em suas diversas formas.

---

<sup>1</sup> O que resta são cerca de 100 mil km<sup>3</sup> ou, aproximadamente, 0,3% do total de água doce disponível, para serem utilizados pelos habitantes do planeta, hoje estimados em mais de 6 bilhões de pessoas (70% desse volume são destinados à irrigação, 20% à indústria e somente 10% ao consumo humano) (NETO; SOUZA; ALMEIDA, 2020).

Segundo Marchini *et al.* (2011), a questão da escassez da água tornou-se um problema ambiental mundial, em muitas regiões o controle do consumo de água é uma realidade, principalmente em função dos condicionantes legais sobre a gestão de recursos hídricos.

Oliveira e Mol (2020) afirmam que para atender a legislação e garantir que os processos de tratamento de efluentes atendam as demandas impostas, é preciso um sistema de tratamento adequado, bem como uma correta operação e manutenção desse modelo. Com base nisso, é sempre importante avaliar as características dos efluentes gerados, por meio de análises e medições.

Diante desse contexto, gestores das estações de tratamento de efluentes devem possuir maior conhecimento sobre a importância de manter seus processos definidos e com maior controle, o que pode auxiliar na eliminação de diversos problemas internos organizacionais, que se somados podem promover impactos negativos para toda a organização, dificultando a melhoria da qualidade de seus produtos e/ou serviços, dificultando o alcance dos resultados desejados (OLIVEIRA; MOL, 2020).

Atualmente a principal tendência nas empresas é a implementação de sistemas para reúso da água gerada em seus processos.

A conservação de água (uso racional) pode ser determinada como os exercícios, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficácia do seu uso. Economizar água expressa agir de maneira sistêmica na questão e na oferta de água. Expandir a eficácia do uso da água representa, de forma direta, ampliação da disponibilidade para os demais usuários, flexibilizando os suprimentos existentes para outros fins, bem como atendendo ao crescimento populacional, à implantação de novas indústrias e à preservação e conservação do meio ambiente. Assim sendo, as ações de racionalização de uso e de reúso de água se formam como elementos essenciais em qualquer iniciativa de conservação (FIESP, 2004).

A padronização de processos passou a ser caracterizada como a ferramenta mais adequada para promover maior efetividade nas organizações e melhorar a qualidade de seus produtos e/ou serviços. Pressupõe-se que esse instrumento pode auxiliar as empresas em produtividade superior, além de criar maior segurança e controle sobre os processos que a compõem, possibilitando a obtenção de resultados mais assertivos (OLIVEIRA; MOL, 2020).

Dentro da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de Ferrovia, a padronização dos processos auxiliaria no desenvolvimento de cada etapa, pois todos os trabalhadores seguiriam um mesmo modelo, o que facilitaria o desempenho e a análise de dados obtidos, sendo todos diretrizes.

Considerando um processo de tratamento padronizado e com qualidade dos efluentes finais, o mesmo pode trazer vantagens na gestão dos recursos hídricos da empresa, uma vez que pode ser reutilizado para fins menos nobres, possibilitando fontes de água de boa qualidade para fornecimento público e outros usos prioritários.

No Brasil, começam a aparecer os primeiros trabalhos sobre o assunto. A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) está agenciando estudos para venda, via caminhões-tanque, dos efluentes tratados por suas estações de tratamento de esgotos para empresas transportadoras ou postos lava-rápido que se encontrem interessados. Para isso estão sendo pesquisadas as variáveis de qualidade da água a ser fornecida, de forma que não acarrete danos aos veículos, nem lesões nos operadores dos sistemas, com preço atrativo aos empresários. Ainda em São Paulo, sabe-se da existência de alguns poucos postos de serviços e de empresas transportadoras de cargas e de passageiros que possuem sistemas que geram a recirculação da água aproveitada na lavagem de seus veículos (SABESP, 2020).

Com base nesse contexto, o objetivo do presente estudo consiste em averiguar o uso de padronizações em estações de tratamento, por meio da revisão sistemática de literatura, para avaliar potencialidades e limitações dessa ferramenta, a fim de possíveis potencialidades e limitações nas Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) de Ferrovia.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

A partir da definição do objetivo descrito neste trabalho, foram realizados levantamentos de artigos científicos, que abordam a temática da padronização de tratamentos de efluentes industriais. Foram realizadas buscas de referencial teórico utilizando as Plataformas Google Scholar<sup>2</sup>, Scielo<sup>3</sup>, Portal Periódicos Capes, Google Acadêmico e Science Direct, visto que essas plataformas são bastante utilizadas e são algumas das mais importantes bases de dados de publicações científicas.

Para a busca, utilizaram-se os termos “estações de tratamento”, “padronização” e “efluentes” em língua portuguesa e inglesa, conforme observa-se na Tabela 1 a seguir:

---

<sup>2</sup> Google Scholar: Arquivo digital de periódicos online. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/>

<sup>3</sup> Scielo: Arquivo digital de periódicos online. Disponível em: <https://www.scielo.br/>

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas na pesquisa

<b>Língua</b>	<b>Palavras-chave</b>		
<b>Português</b>	Estações de tratamento	Padronização	Efluentes
<b>Inglês</b>	Treatment stations	Standardizaion	Effluents

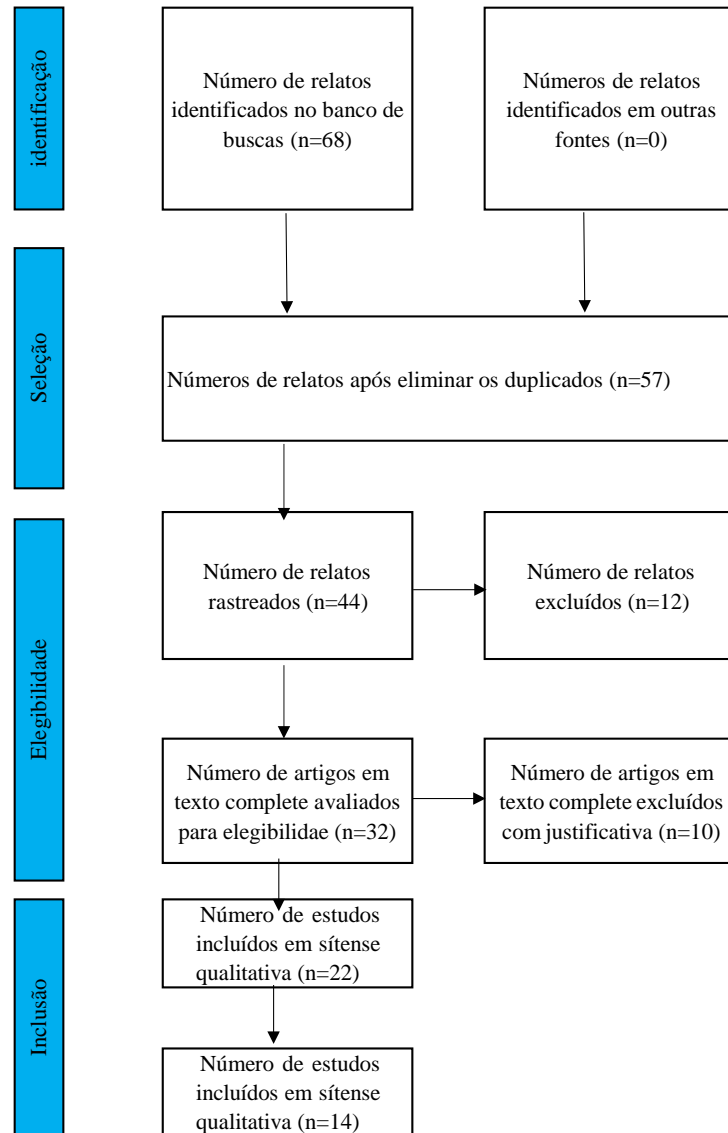
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

O processo de seleção de artigos seguiu as diretrizes propostas no fluxograma de análises das diferentes fases de elaboração de uma revisão PRISMA. Na Figura 1, apresenta-se o fluxograma de PRISMA, conforme modelo proposto por Moher *et al.* (2009), contendo o fluxo de informações nas diferentes fases de elaboração e seleção dos artigos utilizados no presente trabalho.

Foram considerados artigos de acordo com sua classificação Qualis Capes Sucupira, no período de 2004 a 2020, com classificação no mínimo B3 nas áreas Ciências Ambientais ou Interdisciplinar. A busca foi realizada no período de junho de 2021 a junho de 2022, concomitantemente, nas suas bases de dados. A classificação Qualis/Capes dos artigos utilizados foram: A2/Ciência Ambiental, B1/ Ciências Ambientais, B3/ Interdisciplinar, B4/Interdisciplinar, B5/Interdisciplinar, C1/Interdisciplinar. Os critérios de inclusão foram: estudos publicados em periódicos nacionais ou internacionais que fossem experimentais e descritivos. Cabe destacar que as publicações incompletas ou fora do período estabelecido foram desconsideradas para este estudo, bem como teses, dissertações e artigos de eventos científicos e demais documentos que compõem a literatura cinzenta.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Literatura cinzenta (do inglês, *grey literature*) é o termo que denomina qualquer tipo de publicação realizada por meios não oficiais, ou seja, não percorrem o processo editorial convencional, comercial.

Figura 1 - Fluxograma PRISMA realizado para a elaboração do presente estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das buscas geradas a partir da utilização do diagrama de Prisma foram analisados e contribuíram para a construção do quadro 1, que fundamentou a etapa de discussões dos resultados apresentados nesta revisão sistemática de literatura.

Quadro 1 – Referências selecionadas para compor a presente revisão sistemática

Periódicos	Autores	Ano de publicação	Título	Classificação Qualis/Capes entre os anos de 2004 e 2020	Nº de Citações
Revista Terceiro Setor & Gestão	ESTENDER, Antônio Carlos; PITTA, Tercia de Tasso Moreira	2008	O conceito do desenvolvimento sustentável	B3/ Interdisciplinar	14
	<b>Objetivo:</b> Apresentar o desenvolvimento sustentável, que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades.				
TECNO-LÓGICA	MARCHINI, Andréia Eliane; MACHADO, Verônica Radaelli; STULP, Simone	2011	Avaliação preliminar do potencial de reúso de efluente gerado em indústria de alimentos degradado por via fotoquímica.	B4/ Interdisciplinar	23
	<b>Objetivo:</b> Avaliar o potencial de reúso de um efluente gerado em um segmento industrial alimentício por meio da utilização de processo fotoquímico, com incidência de radiação UV direta.				
Engenharia Sanitária e Ambiental	MATTAR, Jorge Neto; KRUGER, Cláudio Marchand; DZIEDZIC, Maurício	2009	Análise de indicadores ambientais do reservatório Passaúna.	A2/ Ciência Ambiental	18
	<b>Objetivo:</b> apresentar uma proposta de indicadores ambientais para o reservatório do Passaúna, um dos principais mananciais de Curitiba, com base em 14 parâmetros.				
Revista Brasileira de Ciências Ambientais	MATTOS, Marcia Regina Uchoa	2013	Caracterização físico-química e ensaios de adensamento em coluna do lodo produzido em uma Estação de Tratamento de água de grande porte.	B1/ Ciências Ambientais	17
	<b>Objetivo:</b> Caracterizar os resíduos gerados nas etapas de sedimentação e filtração de uma Estação de Tratamento de Água de grande porte, e realizar ensaios de adensamento em coluna com o uso de polímeros para avaliar se o adensamento por gravidade do lodo gerado é uma técnica viável para o tratamento desse resíduo visando sua disposição final.				
Infarma	MAZZER, Cassiana; CAVALCANTI, Osvaldo	2004	Introdução à gestão ambiental de resíduos	B5/ Interdisciplinar	23

	Albuquerque.				
	<b>Objetivo:</b> Apresentar o uso do Sistema de Gestão Ambiental para controle de efeitos ambientais em processos de produção.				
Scientific research academic Publisher	Zhou; Zhang	2017	Reuse of Ferric Sludge by Ferrous Sulfide in the Fenton Process for Nonylphenol Ethoxylates Wastewater Treatment	B1/ Ciências Ambientais	26
	<b>Objetivo:</b> Analisar a importância da otimização operacional das atividades de tratamento de águas residuárias.				
Scientific research academic Publisher	Juri; Eneliis; Marika.	2014	Reuse of Ferric Sludge as an Iron Source for the Fenton-Based Process in Wastewater Treatment.	B1/ Ciências Ambientais	32
	<b>Objetivo:</b> Entender a padronização em atividades de estações de tratamento de águas.				
INOVAE	OLIVEIRA, Patrícia Pimenta de; MOL, Marcos Paulo Gomes	2020	Proposta de um <i>checklist</i> à luz da ISSO 14.001:2015 para favorecer a implantação de um sistema de gestão ambiental na operação de estação de tratamento de esgotos	B5/ Interdisciplinar	22
	<b>Objetivo:</b> elaborar um <i>checklist</i> para proporcionar ao gestor da ETE um melhor controle de sua unidade, direcionando o gerenciamento ao cumprimento dos itens dispostos na ISO 14.001:2015: contexto da organização, liderança, planejamento, apoio, operação, avaliação de desempenho e melhoria.				
Cadernos EBAPE.BR	PADULA, Roberto Carrilho; SILVA, Luciene Pimentel da.	2005	Gestão e licenciamento ambiental no Brasil: modelo de gestão focado na qualidade do meio ambiente.	B1/ Ciência Ambiental	5
	<b>Objetivo:</b> Integrar os procedimentos para a obtenção do licenciamento ambiental com os da outorga de direito do uso das águas, ampliando as possibilidades de se aplicarem instrumentos econômicos na gestão ambiental.				
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental	PAZ, Vital Pedro da Silva; TEODORO, Reges Eduardo Franco; MENDONÇA, Fernando Campos	2020	Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente	B1- Ciência Ambiental	35
	<b>Objetivo:</b> estabelecer critérios de uso adequado em todas as atividades produtivas, razão				

	pela qual este trabalho aborda a escassez de água, a agricultura irrigada e o meio ambiente, com base em informações e estudos que possam contribuir para o direcionamento de uma agricultura planejada, conservando e otimizando os recursos naturais.				
Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável	QUEIROZ, Manoel Moisés Ferreira de <i>et al.</i>	2010	Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural	A2/ Ciência Ambiental	19
	O objetivo deste trabalho foi controlar a influência do uso do solo na qualidade da água da microbacia hidrográfica				
Química nova	SILVA, Flávia Martins da; LACERDA, Paulo Sérgio Bergo de; JUNIOR, Joel Jones	2005	Desenvolvimento sustentável e química verde	A2/ Ciência Ambiental	78
	<b>Objetivo:</b> desenvolver metodologias e/ou processos que usem e gerem a menor quantidade de materiais tóxicos e/ou inflamáveis.				
Revista do CEDS	SILVA, Mayssa Alves; SANTANA, Claudemir Gomes de.	2014	REÚSO DE ÁGUA: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas	B3 - Interdisciplinar	14
	<b>Objetivo:</b> maneiras de reciclar e reutilizar água que precisam ser amplamente difundidas e implantadas o mais rápido possível em tudo e por todos, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável.				
Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais	TAVARES, Renan Destefano.	2014	Avaliação físico-química e ecotoxicológica de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgoto	B1/ Ciência Ambiental	41
	<b>Objetivo:</b> avaliar o desempenho de alagados construídos com fluxo subsuperficial horizontal na redução da toxicidade de efluentes domésticos.				
Revista Eletrônica de Contabilidade	UHLMANN, Vivian O.; CRUZ, L. S. da; FILHO, Antonio Reske.	2007	A interação da auditoria ambiental no processo de implementação do sistema de gestão ambiental	C1/ Interdisciplinar	7
	<b>Objetivo:</b> explicitar a função e a funcionalidade da auditoria ambiental, especificamente, no processo de implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA).				

Cadernos UNIFOA	VASCONCELOS, D. V.; GOMES, A.	2009	Tratamento de efluentes de postos de combustíveis para o reúso usando processos oxidativos avançados	B4/ Interdisciplinar	13
<b>Objetivo:</b> pesquisar processos alternativos para o tratamento de efluentes.					

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Estender e Pitta (2008) trazem em seu trabalho uma apresentação sobre desenvolvimento sustentável e responsabilidade social. Segundo eles, a maior dificuldade com relação à sustentabilidade dentro das empresas não se refere a elaborar o conceito de desenvolvimento sustentável, mas sim em colocá-lo em prática, devendo sempre ser considerado os aspectos ambientais, sociais e econômicos. Isso mostra a importância de se ter um meio eficaz de tratar o termo sustentabilidade, que no caso do presente artigo, refere-se à padronização de trabalho nas estações de tratamento de efluentes.

Tavares (2014) esclarece que a qualidade das águas é representada por diversos parâmetros, determinados em campo ou por meio de ensaios laboratoriais, que indicam suas características físicas, químicas e biológicas, sendo os principais: físicos (temperatura, cor, odor e sabor, turbidez e série de sólidos), químicos (pH, acidez, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, carbono orgânico total, série de nitrogênio, fósforo, óleos e graxas, surfactantes, sulfatos, cloretos, ferro, manganês, fenóis e metais) e microbiológicos (coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Giardia spp.* e *Cryptosporidium spp.*).

Segundo Queiroz *et al.* (2010), dentro dos parâmetros de qualidade apresentados, sabe-se que a poluição das águas pode ocorrer de forma pontual ou difusa. A pontual é aquela cujas fontes são passíveis de serem identificadas, tais como unidades habitacionais, indústrias, etc. Fontes difusas são contribuições que ocorrem de forma indireta, normalmente via drenagem de águas pluviais que transportam substâncias poluentes presentes nas superfícies decorrentes das atividades humanas, tanto urbana como agropastoris. Em seu estudo, os autores verificaram a influência do uso do solo na qualidade da água da microbacia hidrográfica da sanga Mandarin, sendo analisados os parâmetros físico-químicos da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, temperatura da água, turbidez, cor, nitrato, nitrito, nitrogênio total e fósforo total.

Conforme Uhlmann, Cruzz e Filho (2007), a resolução nacional CONAMA n° 357/2005, posteriormente alterada e complementada para CONAMA n° 430/2011, enfatiza o correto destino dos efluentes. Essas resoluções apontam ainda uma lista com parâmetros cujos valores não devem ter seus limites ultrapassados e estabelecem que os efluentes somente poderão ser descartados para o meio ambiente após o devido tratamento, obedecendo aos parâmetros estipulados, sendo que os responsáveis pelas fontes poluidoras deverão realizar monitoramento e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores.

Silva e Santana (2014) citam que o caminho da busca pela melhoria de produtividade e qualidade se divide em dois: o primeiro, em que se procuram e analisam os desperdícios do processo e se utilizam ferramentas de qualidade para a sua solução; e o segundo, em que se procura melhorar o que já existe, podendo ser a disponibilidade de equipamentos, o desempenho ou o índice de qualidade, melhorias estas localizadas, mas que podem influenciar no processo como um todo. De acordo com os mesmos autores, a empresa que não procurar reduzir os desperdícios, aproveitando melhor os recursos dos quais dispõe, terá maiores dificuldades em enfrentar uma crise financeira mundial. Aproveitar os recursos também significa reduzir desperdícios.

Segundo Padula e Silva (2005), a demanda atual para o tratamento de efluentes não encontra incentivo apenas para o cumprimento da legislação ou devido à fiscalização por meio dos órgãos ambientais, mas também na sensibilização da população de que o tratamento é importante para a saúde coletiva, pois, além de melhorar visualmente o ambiente, reduz a incidência de doenças, principalmente nas populações mais carentes.

Já Mattos (2013) destaca a importância de indicadores ambientais, que são parâmetros representativos, concisos e fáceis de interpretar utilizados para ilustrar as principais características de uma determinada região. Assim, percebe-se a contribuição de estudos para o tratamento da água proveniente de processos industriais, ressaltando que deve ser dada uma atenção especial à condição das mesmas e aos efeitos potenciais na saúde dos usuários, nas instalações da indústria: como corrosão, incrustações e deposição de materiais sólidos nas tubulações, tanques e outros equipamentos.

Silva, Lacerda e Jones (2005) abordam, em seu trabalho, a legislação e compromissos sustentáveis relacionados com os recursos hídricos. Além disso, deve-se observar também os efeitos nocivos aos processos produtivos, como alterações da solubilidade de reagentes nas etapas de processamento e alterações das características físicas e químicas dos produtos finais (SILVA; LACERDA; JONES, 2005).

De acordo com Mattar; Kruger e Dziedzic (2009), ao observar a importância da legislação e dos compromissos sustentáveis, é relevante também entender acerca da gestão ambiental, pois a mesma nada mais é do que a avaliação do processo ou serviço sob a ótica ambiental, isto é, a análise da inter-relação entre o meio ambiente e os processos da organização. Ao estudar essa inter-relação é necessário que haja métodos padronizados e confiáveis que quantifiquem com clareza o impacto do processo ou serviço para o meio ambiente. Tais métodos também podem ser chamados de parâmetros ambientais ou indicadores ambientais. Esses indicadores ambientais podem demonstrar, após uma análise, se o processo ambiental possui melhorias ou se está de acordo com o que foi definido pela organização (MATTAR; KRUGER; DZIEDZIC e MAZZER, 2004).

Juri *et al.* (2014) abordam a gestão ambiental de resíduos sólidos, gasosos e líquidos, e trazem como contribuição para este estudo os benefícios do controle de parâmetros e processos. Segundo os autores, com o Sistema de Gestão Ambiental, a indústria em questão poderá controlar seus parâmetros ambientais em todo processo, o que seria importante também para a redução de custo do processo. Isso faz com que a empresa comece a operar de forma mais sustentável possível e traz benefícios também para a empresa, diminuindo custos com gastos hídricos, já que o custo do tratamento de efluente é menor do que a utilização das concessionárias hídricas. O Quadro 2 mostra o custo do metro cúbico de efluentes tratado em diferentes localidades da empresa a qual foi objeto de pesquisa.

Quadro 2 - Custo do metro cúbico de efluente tratado das Oficinas de Manutenção de Locomotivas e Vagões da FCA / VLI

<b>Custo do metro cúbico (m<sup>3</sup>) de efluente tratado</b>				
<b>Localidade</b>	<b>Característica da área geradora</b>	<b>Etapas / Fases de tratamento</b>	<b>Tecnologia de tratamento</b>	<b>Valor R\$</b>
Oficina de manutenção de locomotivas e vagões de Paulínia. (São Paulo)	Efluentes industriais provenientes das lavagens de locomotivas, vagões, peças, galpões, efluente sanitário das copas e vestiários	Separador água e óleo, equalização, neutralização, coagulação, floculação, flotação, aeração, decantação, filtração (visa eliminar todas as partículas coloidais na água) e reúso / descarte	Preliminar, primário, secundário e terciário	R\$ 62,15
Oficina de manutenção de vagões Cariacica. (Espírito)	Efluentes industriais provenientes de vagões, peças e galpões	Separador água e óleo, equalização, neutralização, coagulação, floculação, flotação, aeração, decantação, filtração e reúso / descarte	Preliminar, primário, secundário e terciário	R\$ 57,34

Santo)				
Oficina de manutenção de locomotivas e vagões de Imperatriz. (Maranhão)	Efluentes industrial provenientes das lavagens de locomotivas, vagões, peças e galpões, efluente sanitário das copas e vestiários	Separador água e óleo, equalização, neutralização, coagulação, floculação, flotação, aeração, decantação, filtração e reúso / descarte	Preliminar, primário, secundário (lodo ativado) e terciário	R\$ 65,27
Oficina de manutenção de locomotivas e vagões de Divinópolis. (Minas Gerais)	Efluentes industrial provenientes das lavagens de locomotivas, vagões, peças e galpões, efluente sanitário das copas e vestiários	Separador água e óleo, equalização, neutralização, coagulação, floculação, flotação, aeração, decantação, filtração e reúso / descarte	Preliminar, primário, secundário (lodo ativado) e terciário	R\$ 69,90

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Oliveira e Mol (2020) trazem como contribuição para este estudo a proposta de elaboração de uma lista de verificações que proporciona ao gestor da ETE melhor controle de sua unidade, direcionando o gerenciamento ao cumprimento dos itens na ISO14.001:2015: contexto para a organização, liderança, planejamento, apoio, operação, avaliação e melhoria. Segundo os autores, como benefícios da padronização no processo de tratamento de efluentes, tem-se: uso correto dos recursos, menor número de falhas e acidentes de trabalho, aumento da produtividade, facilidade em treinar funcionários da empresa, transparência nos processos, redução de custos e otimização do tempo.

Apesar de a tratativa estar direcionada ao meio agrícola, Paz, Teodoro e Mendonça (2020) trazem que uma das metas estratégicas para a preservação da disponibilidade e da qualidade dos recursos hídricos consiste em se estabelecer critérios de uso adequado em todas as atividades produtivas, razão pela qual este trabalho aborda a escassez de água, a agricultura irrigada e o meio ambiente, com base em informações e estudos que possam contribuir para o direcionamento de uma agricultura planejada, conservando e otimizando os recursos naturais, o que correlaciona com o presente estudo por meio do planejamento e preservação do recurso hídrico.

Vasconcelos e Gomes (2009) trazem em seu trabalho uma metodologia de pesquisa de processos alternativos para o tratamento de efluentes, estudando a aplicação de um processo oxidativo avançado – POA, ( $H_2O_2/UV$ ), para o tratamento de um efluente originado de lavagens de carros para fins de reúso com o objetivo de reduzir o valor inicial decorrente, turbidez, condutividade, demanda química de oxigênio (DQO), óleos e

graxas, amônia, sólidos suspensos, dissolvidos, surfactantes, verificando se a qualidade final da água proporciona sua reutilização nas lavagens. Os POA's, tecnologias que utilizam principalmente o radical hidroxila (HO) para a oxidação dos poluentes, têm se destacado como métodos alternativos promissores no tratamento de águas residuais e efluentes industriais. Os POA's têm sido considerados uma estratégia eficaz do ponto de vista técnico, econômico e ambiental para a degradação de poluentes presentes em águas residuais e efluentes industriais, apesar de possuir limitações como alto custo das fontes de energia, desenvolvimento de novos materiais catalíticos de baixo custo e construção de reatores em escala real. Há uma grande relevância na aplicação desses processos em escala industrial mediante a otimização desses fatores de eficácia.

Nesse sentido este artigo elucida a existência de estudos para tecnologias alternativas de tratamento de efluentes que ao serem concluídos pode-se estudar a aplicação da mesma metodologia nas lavagens de locomotivas.

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio das Resoluções CONAMA 430/11, Artigo 16 (Padrão de Lançamento de Efluentes) e a Deliberação Normativa COPAM/CERH N° 1 - Artigo 29 (Padrão de Lançamento de Efluentes Sanitários), cita as principais condições para lançamento de efluentes no corpo receptor. Seus índices estão presentes no Quadro 3, conforme os parâmetros de qualidade dos efluentes tratados.

Quadro 3 – Descrição dos parâmetros de qualidade dos efluentes tratados

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidade</b>	<b>CONAMA 430 - Art. 16 VMP</b>	<b>COPAM N° 1 - Art. 29 (Efl Sanitário) VMP</b>
Benzeno	mg/L	1,2	-----
DBO	mg/L	Remoção mínima de 60%	60 mg/l de remoção: O Limite poderá ser ultrapassado em caso de remoção da DBO ao nível de 60% no sistema de tratamento de efluentes domésticos e percolados de aterros;
DQO	mg/L	-----	Limite poderá ser ultrapassado em caso de remoção da DQO ao nível de 55% no sistema de tratamento de efluentes domésticos e percolados de aterros sanitários
Etilbenzeno	mg/L	0,84	-----
Fenóis Totais	mg/L	0,5	0,5
Materiais Flutuantes	---	Ausentes	Ausentes

Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	mg/L	5	5
Boro	mg/L	5	5
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	mg/L	50	50
pH (a 25°C)	---	5 a 9	6 a 9
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	1	1
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	-----	Sólidos Suspensos Totais: Nos casos de lagoas de estabilização o valor máximo permitido será de 150 mg/L.
Temperatura	°C	40	40
Surfactantes (como LAS)	mg/L	-----	2
Tolueno	mg/L	1,2	-----
Xilenos	mg/L	1,6	-----
Cobre	mg/L	-----	-----
Cromo Trivalente	mg/L	1	-----
Cromo Hexavalente	mg/L	0,1	-----
Cromo Total	mg/L	-----	0,5

Fonte: Resolução Deliberação Normativa COPAM/CERH N° 1 - Artigo 29 / CONAMA 430 - Art. 16 VMP.

Segundo a Resolução Deliberação Normativa COPAM/CERH N° 1 - Artigo 29 (2008, p. 3), entendendo que essa normativa deve ser adotada quando os lançamentos forem realizados em Minas Gerais, observa-se que:

Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes atuais ou pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água e de condições de ambientes aquáticos para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais (COPAM/CERH N°1 – ARTIGO 29, 2008, p. 3).

Entendo a toxicidade dos efluentes gerados nos processos das oficinas manutenções de locomotivas e vagões, torna-se fundamental o tratamento eficaz das águas residuárias

evitando possíveis impactos ambientais nos corpos receptores, para isso a padronização das atividades é de suma importância no acompanhamento dos resultados de lançamento, evitando possíveis desvios.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir da análise dos trabalhos selecionados foi possível constatar que existem estudos que comprovam a eficácia da padronização em processos produtivos, principalmente, em linhas de produções. Há carência de estudos para embasar a metodologia e prática de como aplicar o trabalho nas ETE's, mas se se considerar que as estações de tratamento de efluentes é uma linha de produção com produto inicial e final, existem inúmeros estudos e metodologias que comprovam sua eficácia.

Acredita-se que estudos dentro dessa temática possam beneficiar o meio ambiente e recursos hídricos, favorecendo e otimizando o trabalho interno dentro das estações de tratamento de efluentes. O uso da padronização tem efeito positivo quando se refere ao aumento da produtividade, utilização de recursos e melhoria da qualidade do produto e/ou serviço.

As águas residuárias tratadas têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins industriais ou menos nobres, entre outros. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências de 17 de março de 2005. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, 2011.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM) nº 1 – **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais, condições e padrões de lançamento de efluentes, e outras providências**, 2008.

ESTENDER, Antonio Carlos; PITTA, Tercia de Tasso Moreira. O conceito do desenvolvimento sustentável. **Revista Terceiro Setor**. v. 2, n.1. 2008.

FIESP/CIESP. **Reúso de água**: Manual de orientação para o setor industrial. Volume 1. São Paulo, 2006.

FIESP (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Conservação e reúso de água**: manual de orientações para o setor industrial. v. 1, 2004. Disponível em: <http://www.ciesp.com.br/pesquisas/conservacao-e-reuso-de-agua-manual-de-orientacoes-para-o-setor-industrial/>. Acesso em: 13 nov. 2021.

JURI, B.; ENELIIS, K.; MARIKA, V.. Reuse of Ferric Sludge as an Iron Source for the Fenton-Based Process in Wastewater Treatment. **Chemical Engineering Journal**, 255, 8-13. 2014.

LISBOA, Allem Duarte; KNOECHELMANN, Clarissa Mendes. Planejamento e divulgação do papel da reciclagem da água em escola municipal e em comunidade rural. **Revista Agrossistemas**. v.2, n. 1, p. 106, 2010. Inss online 2318-0188.

MARCHINI *et al.* Avaliação preliminar do potencial de reúso de efluente gerado em indústria de alimentos degradado por via fotoquímica. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 2, p. 67-72, jul./dez. 2011.

MATTAR, Jorge Neto; KRUGER, Cláudio Marchand; DZIEDZIC, Maurício. Análise de indicadores ambientais do reservatório Passaúna. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 14. BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências de 17 de março de 2005. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2020. n. 2, p. 2015-213, 2009.

MATTOS, Marcia Regina Uchoa. Caracterização físico-química e ensaios de adensamento em coluna do lodo produzido em uma Estação de Tratamento de água de grande porte. **Brazilian Journal of Environmental Sciences** (*online*). (28), 34-43, 2013.

MAZZER, Cassiana; CAVALCANTI, Osvaldo Albuquerque. Introdução à gestão ambiental de resíduos. **Infarma**, [s. l.], v. 16, ed. 11-12, p. 67- 77, 1 jun. 2004. Disponível em: <<http://web-resol.org/textos/i04-aintroducao.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2020.

MOHER D, LIBERATI A, TETZLAFF J, ALTMAN DG, **PRISMA Group**: Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA Statement. **BMJ** 2009. Tradução Taís Freire Galvão e Thais de Souza Andrade Pansani; retro-traduzido por: David Harrad. 2009.

NETO, Irineu Ferreira da Silva; SOUZA, Maria Nathalya Costa; ALMEIDA, Sheyla Cristiane Xenofonte de. Degradação de corantes por processos fotocatalíticos no tratamento de efluentes industriais: uma revisão integrativa. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**. v.16, n. 4, p. 365-373, 2020.

OLIVEIRA, Patrícia Pimenta de; MOL, Marcos Paulo Gomes. Proposta de um checklist à luz da ISSO 14.001:2015 para favorecer a implantação de um sistema de gestão ambiental na operação de estação de tratamento de esgotos. **INOVAE – Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**. v. 8, n.1, 2020.

PADULA, Roberto Carrilho; SILVA, Luciene Pimentel da. Gestão e licenciamento ambiental no Brasil: modelo de gestão focado na qualidade do meio ambiente. **Cadernos EBAPE.BR**. v. 3, n. 3, Rio de Janeiro, 2005.

PAZ, Vital Pedro da Silva; TEODORO, Reges Eduardo Franco; MENDONÇA, Fernando Campos. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. v. 4, n. 3. Campina Grande. Set/Dez. 2000.

QUEIROZ, Manoel Moisés Ferreira de *et al.* Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 5, n. 4, 2010.

SABESP. Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Relatório de estabelecimento de diretrizes técnicas, econômicas e institucionais e de programa de ação para implementação de sistema de água de reúso na RMSP**. São Paulo, 2020.

SILVA, Flavia Martins da; LACERDA, Paulo Sérgio Bergo de; JONES JUNIOR, Joel. Desenvolvimento sustentável e química verde. **Revista Química Nova**. v. 28, n. 1, São Paulo, 2005.

SILVA, Mayssa Alves; SANTANA, Claudemir Gomes de. Reúso de água: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas. **Revista do CEDS**. Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB, São Luís, v.1, n.1, ago./dez. 2014.

TABOSA, Érico Oliveira. Tratamento e reúso das águas de lavagem de veículos. **XIX Prêmio Jovem Cientista**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

TAVARES, Renan Destefano. Avaliação físico-química e ecotoxicológica de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgoto. RICA - **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v. 5, n. 1, Aquidabã, 2014.

UHLMANN, Vivian O.; CRUZ, L. S. da; FILHO, Antonio Reske. A interação da auditoria ambiental no processo de implementação do sistema de gestão ambiental. **Revista Eletrônica de Contabilidade**. v. 4, n. 2, 2007.

VASCONCELOS, D. V.; GOMES, A. Tratamento de efluentes de postos de combustíveis para o reuso usando processos oxidativos avançados. **Cadernos UNIFOA**, v. 11, p. 35-46, 2009.

## **CAPÍTULO II**

### **OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: Estudo de caso da oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da empresa Valor da Logística Integrada em Divinópolis MG**

## 1 INTRODUÇÃO

A oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da empresa Valor da Logística Integrada (VLI) gera mensalmente uma média de 630 m<sup>3</sup> de efluentes, sendo 60% industrial derivado das lavagens de locomotivas, vagões, componentes elétrico e mecânico; os outros 40% oriundos dos vestiários, banheiros e refeitórios, para atender a geração de efluente do complexo operacional. São necessárias 18 elevatórias industriais e 12 elevatórias sanitárias, todo esse efluente é bombeado para a Estação de Tratamento de Efluente – (ETE).

Para tratar os efluentes gerados pelas Oficinas, a ETE funciona 24 horas por dia, e para isso, são necessários quatro técnicos em análises químicas que trabalham em escala de revezamento e um assistente administrativo. São gastos, mensalmente, cerca de 2.500 litros de coagulantes, 35 kg de polímero, 100 litros de hidróxido de sódio, 60 litros de ácido clorídrico, 60 litros de ácido fosfórico e 25 kg de ureia, além dos reagentes para as análises realizadas no laboratório da Estação de Tratamento.

No laboratório da ETE são realizadas análises diárias de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, teste de índice volumétrico de lodo (IVL), *jar test*. Uma vez por semana são realizadas as análises de DBO, DQO, nitrogênio dissolvido, fósforo total, surfactantes e coliformes totais e termotolerantes, totalizando 720 análises mensais, que têm o intuito de avaliar a qualidade dos efluentes tratados e o atendimento aos padrões legais de lançamento de águas residuárias.

Na estação de tratamento de efluentes foram gastos, no ano de 2019, R\$ 537.850,32, sendo R\$ 479.593,80 com mão de obra, esse valor é chamado de custo fixo. Além disso, foram gastos R\$ 58.256,52 com insumos necessários para funcionamento do sistema, esse valor é chamado de custo variado.

Considerando esse contexto, o presente estudo buscou avaliar os resultados das 720 análises para aumentar e garantir a confiabilidade dos resultados, além de eliminar os desperdícios operacionais e reduzir o custo de operação.

Como estratégia de implementação do projeto foram utilizadas algumas ferramentas de gestão para auxiliar no direcionamento, são elas: GEMBA, *braisntorming*, diagrama de Ishikawa, FMDS e PDCA.

Vale ressaltar que a empresa adota como princípio alguns critérios, quais sejam: respeito às pessoas, risco ao Meio Ambiente e segurança em primeiro lugar. Ou seja, em momento algum o projeto visou demitir colaboradores, causar dano ao Meio Ambiente ou colocar a segurança dos envolvidos em risco.

Dessa forma, o presente estudo de caso pretende testar as seguintes hipóteses:

- Realizar a padronização das atividades pode aumentar a qualidade dos efluentes, prevenindo a poluição do corpo receptor.
- Mensurar os custos de cada etapa do processo de tratamento da ETE fazendo uma análise crítica pode reduzir o custo operacional, gerando economia para empresa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A Toyota ensina a forma como lidar com os problemas: importante enfatizá-los por meio de uma gestão visual e não os esconder, a inspeção de GEMBA<sup>5</sup> (local onde se gera valor), para entender os problemas onde eles acontecem, é essencial nas suas tratativas e não apenas com base em relatórios (LIKER; MEIER, 2007; MANN, 2010);

Nesse sentido o projeto iniciou com inspeções de GEMBA acompanhando os técnicos em suas rotinas operacionais durante seis meses, para entender quais os principais problemas na execução das atividades, além de verificar o tempo gasto com o deslocamento e analisando os retrabalhos. Mensalmente realizavam-se reuniões com duração de 60 minutos com a equipe de técnicos em análise química, para discutir oportunidades de melhoria.

A liderança precisa estar presente na operação junto com as equipes (GEMBA) para a identificação dos problemas e dos desperdícios, sendo importante que os líderes considerem a experiência das equipes, pois os trabalhadores têm maior conhecimento do processo de produção e têm grande potencial na elaboração das soluções para melhoria do ambiente de trabalho (GUIMARÃES, 2014, p. 36).

Após a análise da rotina operacional em maio de 2019 foram realizadas três reuniões de *brainstorming* (tempestade de ideias), com duração de três horas, juntamente com os cinco técnicos em análises químicas. Em seguida foi implantada uma gestão com plano de ação contendo: descrição da ação, problema, data e responsável. O objetivo foi eliminar os desperdícios e resolver os problemas que impactam a rotina operacional da ETE. A ferramenta *brainstorming* é utilizada geralmente na fase de planejamento de um projeto, que busca a solução para um determinado problema. Esse método foi criado em 1939, por Alex Osborn, que define o termo *brainstorming* como ato de “usar o cérebro para tumultuar um problema” (OSBORN, 1987).

Com as ações implantadas, foi realizada uma nova verificação para avaliar os possíveis efeitos indesejáveis; caso sejam identificados problemas causados pelas implantações das ações, cria-se um diagrama de causa e efeito para tratativa das anomalias. Carpinetti (2012) explica que o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta usada para representar as relações de um problema ou efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema.

---

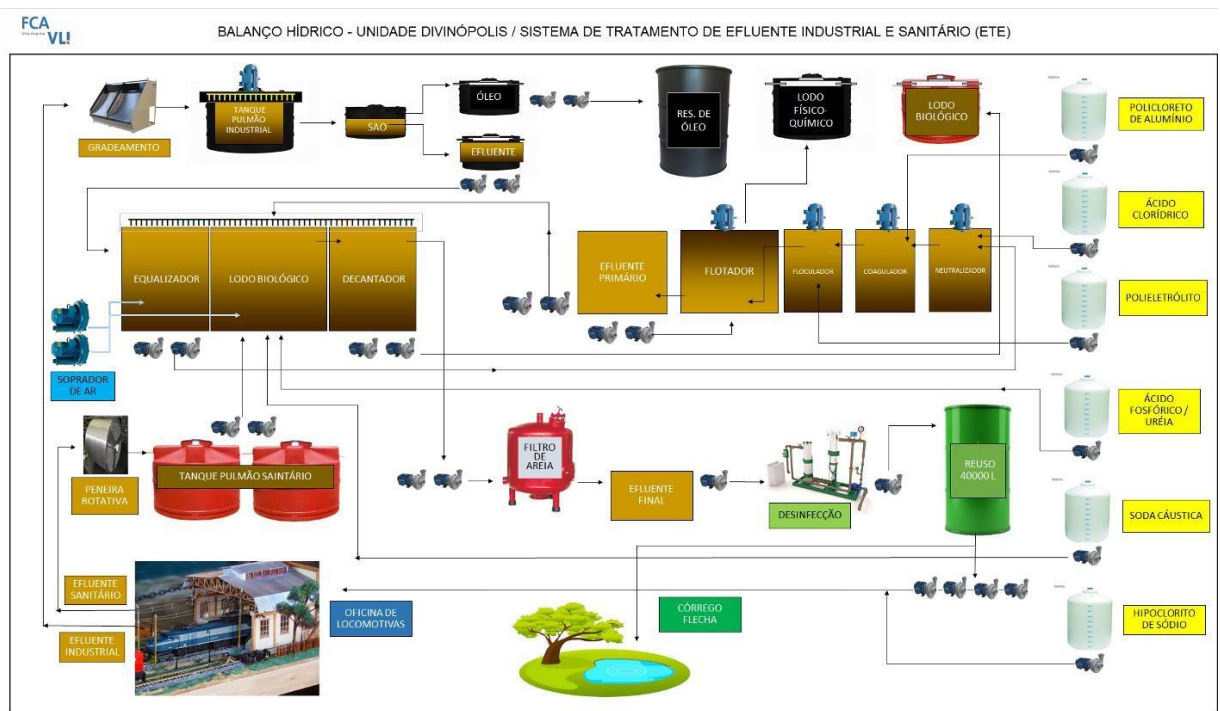
<sup>5</sup> A tradução de GEMBA é “lugar real”, ou seja, onde a ação da empresa acontece, como o chão de fábrica em uma indústria.

Para verificar as anomalias, foram analisados os relatos descritos nos relatórios de turnos que são arquivados no escritório da ETE e as não conformidades registradas que são do sistema interno de gestão (SIV).

O projeto avalia a forma como as análises diárias e semanais de automonitoramento são realizadas no laboratório da ETE, totalizando 720 análises mensais. Em seguida, os procedimentos são revisados, adotando a metodologia definida em cadareagente químico e nos manuais de operação dos equipamentos do laboratório, em seguida os técnicos serão treinados de forma prática e teórica.

A padronização contempla todas as etapas do tratamento de efluente iniciando pelos níveis dos tanques equalização de vazão, tanque de emergência e tanques de solução de produtos químicos por meio de demarcações visuais do nível dos tanques. Foi definida também a prioridade de recalque das elevatórias existentes na área operacional, considerando impacto ao meio ambiente e na produção. As etapas estão descritas na figura 1 abaixo.

Figura 1- Fluxograma descritivo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Ao final dessa etapa, foram elaboradas instruções de trabalho (Its) dos processos do sistema de tratamento de águas residuárias, a fim de padronizar a maneira como as

atividades são realizadas. Para Mello (2011), padronizar é realizar a atividade sempre da mesma maneira, com o intuito de alcançar o mesmo resultado.

Nesse aspecto o projeto fez a implantação de indicadores de processo e acompanhamento, no qual o técnico em análises químicas, durante o seu turno de trabalho, preenche um quadro com os resultados das análises realizadas por ele, adotando o valor máximo permitido no Art. 29 VMP da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de maio de 2008. Para os resultados analíticos que excederem os limites de tolerância, cria-se um plano de ação com datas e responsáveis pela tratativa do problema.

Para todos os desvios é estratificado o problema por meio do diagrama de Ishikawa, a fim de encontrar e tratar a causa raiz para que o evento não volte a acontecer. Esse método é extremamente eficaz na busca das raízes do problema (SLACK *et al.*, 2009).

É implantado também um sistema de gestão visual a partir do conceito de “sistema de desenvolvimento de gestão do chão de fábrica” (FMDS – *Floor Management Delelopment System*). Segundo Liker e Convis (2012), O FMDS é um sistema de gerenciamento visual, com acompanhamento diário dos indicadores principais da área em questão. A implantação se dá por diagramas, gráficos e informações em lugares próximos às áreas de trabalho, utilizando-se de cores e a divisão dos indicadores em grupos.

Nesse sentido foram realizadas reuniões diárias de FMDS com duração de quinze minutos, tendo como principal objetivo a análise e solução de problemas. Segundo Santos (2017), a metodologia de análise e solução de problemas é uma ferramenta completa, pois utiliza o PDCA (*Plan, Do, Check, Action*), como complemento de sua aplicação. A reunião acontece entre o técnico em análises químicas I, técnico em análises químicas II e o analista ambiental responsável pelo processo, para se discutir os resultados do automonitoramento e as ações criadas para os parâmetros que excederem os limites de tolerância definidos no Art. 29 VMP da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de maio de 2008.

O projeto trata a capacidade produtiva da ETE, com o objetivo de verificar possíveis ociosidades no sistema de tratamento. Eckert (2013) afirma que a identificação do não uso da capacidade operacional instalada, possibilita a constatação de impacto da ociosidade no desempenho do processo produtivo. Índices de ociosidades altos constituem ineficiência produtiva, sendo um dos fatores determinantes para a sobrevivência de organizações.

Para isso, foi realizada uma avaliação da ETE considerando a vazão de efluente tratado nos anos de 2016, 2017, 2018 e 2019 (produção), a referência do período se deu a partir da base histórica que havia. É comparada à capacidade produtiva projetada (capacidade

de tratamento) tendo como fonte de pesquisa o projeto executivo da ETE e a produção média (vazão) de trabalho que é contabilizada por meio das leituras diárias do medidor de vazão da saída do filtro de areia.

O projeto trata o custo médio do metro cúbico de água residual tratada pela ETE, considerando o custo fixo e variável que é de R\$ 69,90. Os custos fixos são aqueles que tendem a permanecer em um nível, independente do uso da capacidade de produção (KOLIVER, 2002). O custo variável é aquele que se modifica de acordo com o nível de atividade. De modo geral, a classificação entre custo fixo e variável orienta os gestores sobre a tendência de faturamento em função do nível de atividade em sua planta.

Para análise do custo fixo, foi realizada uma extração de dados do sistema do RH, sendo o valor anual de R\$ 479.593,80 em relação ao custo variável, foi analisado o custeio (valor dedicado) da ETE dos anos de 2019, 2020 e 2021, sendo R\$ 58.256,52 média ano. De posse do custo fixo e variável, o estudo busca oportunidades de redução do valor do metro cúbico tratado na estação de tratamento de águas residuárias de Divinópolis.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Woebcken (2019), *brainstorming* é uma técnica para estimular o surgimento de soluções criativas. A tempestade de ideias, em português, é feita em uma reunião e permite o compartilhamento de ideias, soluções e *insights* valiosos para a empresa.

Após a reunião de *brainstorming*, juntamente com os técnicos, foram levantadas algumas ideias com objetivo de eliminar os desperdícios de tempo e insumos, além de resolver os problemas que impactam a rotina operacional da ETE, lançando as ideias na planilha de priorização, conforme Figura 2, para análise da viabilidade. A ferramenta *brainstorming* é utilizada geralmente na fase de planejamento de um projeto, que busca a solução para um determinado problema. Esse método foi criado em 1939.

Figura 2 - Matriz de priorização

IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA		PRIORIZAÇÃO (Pontuar com 9 - 6 - 3 - 1 - 0)									
BRAINSTORM DE PROBLEMAS		G	U	T	A	Total	R	A	B	Total	Soma total
*1	Tempo na leitura diária dos hidrômetros da Oficina (tempo gasto de 180 minutos).	9	9	3	9	30	9	9	3	21	51
*2	Tempo na aferição diária das 18 elevatórias industriais da Oficina (tempo gasto de 90 minutos).	9	9	9	9	36	6	3	9	18	54
*3	Repetição de análises de automonitoramento e falta de procedimento definido (720 análises mensais).	9	9	9	9	36	9	3	9	21	57
*4	Falta de acompanhamento e tratamento de análises que saem do padrão.	3	3	9	9	24	9	3	3	15	39
*5	Elevado custo operacional	9	3	3	3	18	9	3	9	21	39
*6	Sistema de tratamento funcionando 24 horas	9	9	3	9	30	9	9	3	21	51
*7	Sistema de tratamento operando abaixo da capacidade projetada	3	9	3	3	18	9	9	1	19	37
*8	Pessoas executando a mesma atividade de maneira diferente na operação da ETE	3	3	3	3	12	9	9	1	19	31
<b>GRA</b> Gravidade: O prejuízo que deverá decorer da situação será? (9-Extrem. importante; 3-Muito importante; 1-Mais ou menos; 0-Sem importância) Urgência: É necessária uma ação imediata? (9-Já; 3-Posso aguardar; 1-Não há pressa; 0-Não há necessidade) Tendência: Se nada for feito a situação será? (9-Piorar; 3-Permanecer como está; 1-Melhorar) Autonomia: Qual o seu grau de influência para a solução do problema? (9-Alta; 3-Média; 1-Baixa)											
<b>RAB</b> Rapidez: Em quanto tempo podemos solucionar o problema? (9-Até 3 meses; Até 6 meses; Mais de 1 ano) Autonomia: Qual o seu grau de influência para a solução do problema? (9-Alta; 3-Média; 1-Baixa) Benefício: Qual benefício a solução trará? (9-Toda Empresa; 3-Na Gerência; 1-Na Supervisão)											

Fonte: VLI Logística, 2022.

Após reunião de *brainstorming*, as sugestões foram transformadas em ações e elaborou-se um plano de ação, conforme Quadro 1, para tratamento de todas as ideias levantadas, priorizando da maior pontuação para a menor.

Quadro 1 - Plano de ação A

VLI					
Gerência	Supervisão	Descrição das Ações (o que)	Responsável (quem)	Prazo (quando)	Status
Meio Ambiente	Centro Leste	Avaliar a rotina operacional da estação de tratamento e eliminar ou reduzir o tempo por atividade, os desperdícios e os retrabalhos.	Halison Salis Eustaquio	31/05/2020	OK
Meio Ambiente	Centro Leste	Revisar os procedimentos das análises laboratoriais, treinamento prático e teórico a fim de padronizar.	Halison Salis Eustaquio / Rafael Antonio	29/06/2020	OK
Meio Ambiente	Centro Leste	Implantar FMDS para acompanhamento e tratamento dos desvios para os parâmetro que saem do padrão.	Halison Salis Eustaquio	30/01/2021	OK
Meio Ambiente	Centro Leste	Avaliar e reduzir os custos fixos e variável do processo operacional da ETE	Halison Salis Eustaquio	30/11/2020	OK
Meio Ambiente	Centro Leste	Avaliar a necessidade do sistema de tratamento funcionar 24 horas caso não haja necessidade eliminar o turno de trabalho noturno.	Halison Salis Eustaquio	30/03/2021	OK
Meio Ambiente	Centro Leste	Avaliar a capacidade de tratamento projetada da ETE	Halison Salis Eustaquio	30/11/2020	OK
Meio Ambiente	Centro Leste	Elaborar Instrução de trabalho para as etapas do sistema de tratamento	Halison Salis Eustaquio / Rafael Antonio	20/02/2021	OK

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 3.1 Tratamento das ações

#### 3.1.1 Padronização das análises de automonitoramento

De acordo com matriz de priorização, o primeiro problema a ser tratado é a ação revisar os procedimentos das análises laboratoriais, treinar de forma prática e teórica com o objetivo de padronizar essas atividades, conforme descrito no Quadro 2.

Quadro 2 - Plano de ação B

VLI					
Gerência	Supervisão	Descrição das Ações (o que)	Responsável (quem)	Prazo (quando)	Status
Meio Ambiente	Centro Leste	Revisar os procedimentos das análises laboratoriais, treinamento prático e teórico a fim de padronizar.	Halison Salis Eustaquio Rafael Antonio	29/06/2020	OK

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Foi realizada a revisão da forma e a frequência com que as análises diárias, semanais e mensais de automonitoramento são realizadas no laboratório da ETE, totalizando 720 procedimentos mensais. Em seguida, os procedimentos foram revisados, adotando a metodologia definida em cada reagente químico e nos manuais de operação dos equipamentos do laboratório. O Quadro 3 mostra a lista dos procedimentos que foram revisados e padronizados.

Quadro 3 - Lista de procedimentos

Código	Nome	Versão	Data de publicação
PRO-000134	DETERMINAÇÃO DE CLORO LIVRE	V00	01/05/2020
PRO-000138	DETERMINAÇÃO DA DBO (DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO)	V00	01/05/2020
PRO-000155	DETERMINAÇÃO DA DQO (DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO)	V00	01/05/2020
PRO-000157	DETERMINAÇÃO DE NITROGÊNIO TOTAL (TESTE EM CUBETAS)	V00	01/05/2020
PRO-000159	DETERMINAÇÃO DE MATERIAIS SEDIMENTÁVEIS	V01	01/05/2020
PRO-000161	DETERMINAÇÃO DE SEDIMENTABILIDADE DO LODO BIOLÓGICO	V00	01/05/2020
PRO-000162	DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO TOTAL (TESTE EM CUBETAS)	V01	01/05/2020
PRO-000163	DETERMINAÇÃO DE O.D (OXIGÊNIO DISSOLVIDO)	V00	01/05/2020
PRO-000165	DETERMINAÇÃO DE PH (PONTO DE HIDROGÊNIO)	V00	01/05/2020
PRO-000187	DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA	V01	01/05/2020
PRO-000197	DETERMINAÇÃO DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO (ENSAIO DE "JAR TEST")	V01	01/05/2020
PRO-000255	DETERMINAÇÃO DE SURFACTANTES (TENSIOATIVO ANIÔNICO)	V00	01/05/2020
PRO-000402	DETERMINAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS, TERMO TOLERANTES - Escherichia coli	V00	01/05/2020
PRO-000565	PROCEDIMENTO PARA USO DA AUTOCLAVE	V00	01/05/2020
PRO-000640	PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE ÓLEOS E GRAXAS TOTAIS, ÓLEOS MINERAIS E GORDURAS VEGETAIS	V00	01/05/2020
PRO-000656	DETERMINAÇÃO DE NITROGÊNIO TOTAL (TESTE EM CUBETAS)	V00	01/05/2020

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A lista de procedimentos citada no Quadro 3 está publicada para consulta no modo visualização no sistema AGIR no caminho Ábaris Web ([vli-logistica.com.br](http://vli-logistica.com.br)). O sistema AGIR é uma plataforma na qual são inseridos todos os padrões que foram aprovados pela área técnica e qualidade da VLI e fica disponível para consulta para o público interno.

Após a publicação dos procedimentos, os técnicos em análises químicas foram treinados de forma teórica e prática em todos os procedimentos. A capacitação teve duração de 16 horas, sendo cinco horas de teoria quando foram apresentados os procedimentos revisados e onze horas de treinamento prático, conforme Figura 3, realizado no laboratório da

ETE. O intuito do treinamento foi balizar a forma como as análises de automonitoramento são realizadas dentro do laboratório, além de padronizar a execução das mesmas.

Figura 3 - Treinamento teórico / Treinamento prático



Fonte: Próprio autor, 2022.

### 3.1.2 Eliminação de desperdício de tempo

De acordo com matriz de priorização, o segundo problema a ser tratado é o elevado tempo gasto para realizar a aferição das elevatórias de efluentes e realizar a leitura dos hidrômetros para controle do consumo de água da unidade. Para isso foi criada uma ação descrita no Quadro 4.

Quadro 4 - Plano de ação C

VLI					
Gerência	Supervisão	Descrição das Ações (o que)	Responsável (quem)	Prazo (quando)	Status
Meio Ambiente	Centro Leste	Avaliar a rotina operacional da estação de tratamento e eliminar ou reduzir o tempo por atividade, os desperdícios e os retrabalhos.	Halison Salis Eustaquio	31/05/2020	OK

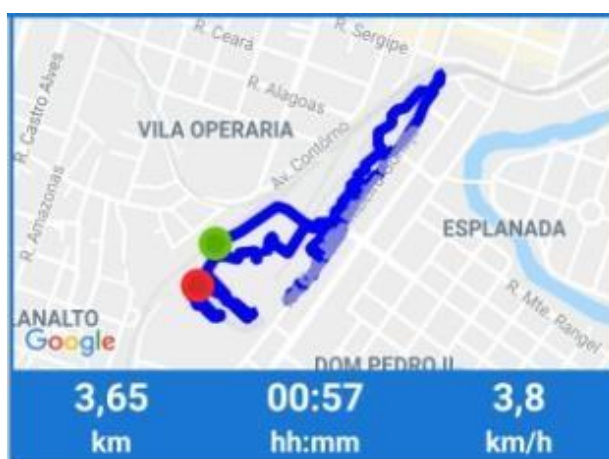
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para tratativa do desperdício de tempo e retrabalho foram realizadas inspeções de GEMBA acompanhando os técnicos em suas rotinas operacionais durante seis meses, para entender quais os principais problemas na execução das atividades, além de verificar o tempo gasto com o deslocamento e analisar os retrabalhos. Nesse sentido foi observado que as atividades que mais impactam a rotina operacional dos técnicos em análises químicas são:

- **Leitura de hidrômetro (desperdício de tempo e retrabalho):** o escopo da atividade consiste em o técnico do horário noturno realizar a leitura dos sete hidrômetros de abastecimento da concessionária utilizados para abastecimento humano, um poço artesiano cujo principal uso é o abastecimento industrial e dez hidrômetros de circulação cuja função é controlar o consumo de água por área.

Com o auxílio do aplicativo *Strava* (Figura 4), foi possível medir a distância e o tempo (Quadro 5) gasto para a execução dessa atividade. O aplicativo *Strava* é um serviço de *internet*, americano para rastreamento de exercícios físicos que incorpora recursos de redes sociais. É usado principalmente para ciclismo, corrida e caminhada usando dados do Sistema de Posicionamento Global (Wikipedia).

Figura 4 - Medição do tempo e distância A



Fonte: Strava Corrida, 2022.

Quadro 5 - Contabilização tempo x distância A

TEMPO E DISTÂNCIA DAS ATIVIDADES DA ETE - DIVINÓPOLIS				ANTES			
Atividades	Minutos por atividade	Km por atividade	Atividades (mês)	Horas mensais	Horas anuais	Km (mês)	Km (ano)
Leitura de hidrômetros	59	3,650	30	30	360	109,500	1.314,000

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Fazendo uma análise crítica da atividade, pode-se observar que, em um turno de trabalho com 12 horas, 59 minutos do dia são gastos para uma atividade que não agrega valor ao processo de tratamento, especificamente. Entendendo o motivo pelo qual a equipe

realizava a leitura diária dos hidrômetros, observou-se que isso se deu por uma orientação de um antigo gestor da área que, para acompanhar o consumo de água, necessitava da leitura diária. Analisando a necessidade, concluiu-se que as leituras devem ser realizadas semanalmente para certificação da aderência ao indicador de consumo de água e verificação de possíveis vazamentos, com isso eliminou-se o desperdício de tempo e atividades repetitivas que não agregam valor ao processo de tratamento, conforme Quadro 6.

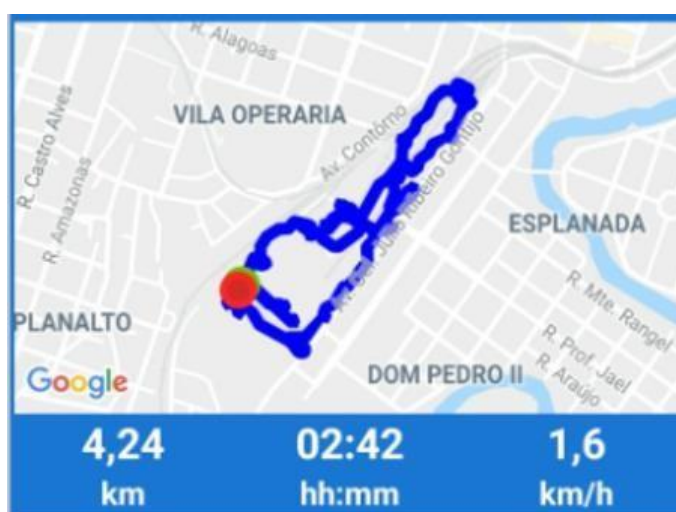
Quadro 6 - Contabilização tempo x distância B

TEMPO E DISTÂNCIA DAS ATIVIDADES DA ETE - DIVINÓPOLIS			DEPOIS			
Atividades	Minutos por atividade	Atividades (mês)	Horas mensais	Horas anuais	Km (mês)	Km (ano)
Leitura de hidrômetros	59	4	4	47	14,600	175,200

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

- **Inspeção das elevatórias industriais (desperdício de tempo e retrabalho):** o escopo da atividade consiste em os técnicos dos horários diurno e noturno realizarem a inspeção das 18 elevatórias industriais da oficina de Divinópolis (Figura 5). No horário diurno, a inspeção era realizada às 07h30 e no horário noturno às 19h30, esse *checklist* acontecia diariamente para verificar o nível e o funcionamento das bombas e painéis elétricos.

Figura 5 - Medição do tempo e distância B



Fonte: Strava Corrida, 2022.

Quadro 7 - Medição do tempo e distância

TEMPO E DISTÂNCIA DAS ATIVIDADES DA ETE - DIVINÓPOLIS				ANTES			
Atividades	Minutos por atividade	Km por atividade	Atividades (mês)	Horas mensais	Horas anuais	Km (mês)	Km (ano)
Verificação das elevatórias	160	4,240	60	160	1920	254,400	3.052,800

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Fazendo uma análise crítica da atividade (Quadro 7), pode-se observar que, em 24 horas de trabalho, 160 minutos do dia são gastos para uma atividade que agrega valor<sup>6</sup> ao sistema de tratamento, mas que poderia ser evitada uma vez que o sistema de bombeamento das elevatórias é automatizado, conforme Figura 6:

Figura 6 - Sistema de automação



Fonte: VLI Logística.

Durante inspeção trava GEMBA e com as informações inseridas no caderno de turno que ficam arquivadas de forma física no laboratório da ETE, foi observado que a atividade, além de ser realizada no início de cada turno, também era feita sempre que o técnico em análise química notava alguma anomalia no sistema de automação, como por exemplo: falha no sinal entre a elevatória e o supervisor principal. Entendendo o motivo pelo qual a atividade gerava tanto retrabalho e desperdício de tempo, observou-se que isso se dava por causa da baixa confiabilidade que os técnicos em análises químicas tinham no sistema de automação provocado pelo número elevado de falhas no sistema.

Estratificando o problema através do diagrama de Ishikawa, chegou-se à conclusão que a causa raiz das falhas era a falta de uma mão de obra específica para realizar a

<sup>6</sup> Agregar valor é oferecer ao consumidor mais do que o recebimento de um produto. É oferecer uma experiência de compra que seja extraordinária, mesmo que simples. O que vai te diferenciar da concorrência é o que você tem a oferecer de novo.


manutenção das bombas, equipamentos e painéis elétricos de todos os equipamentos vinculados ao processo de tratamento, esse método é extremamente eficaz na busca das raízes do problema (SLACK *et al.*, 2009).

Após chegar na causa raiz, percebeu-se a necessidade da contratação de um eletromecânico, com isso foi possível estabelecer um plano de manutenção preventiva dos equipamentos que compõem o sistema de tratamento por meio de ordens de serviços. “A manutenção é o conjunto de atividades desenvolvidas com o objetivo de manter a função original de equipamentos e evitar a degradação destes causada pelo desgaste natural ou pelo uso” (SILVA; RIBEIRO, 2009, p. 3).

Ao longo de anos, o desperdício de recursos humanos e materiais provocou grandes impactos na produção e nos negócios, com a introdução das tecnologias e avanços nos sistemas, essa situação pôde ser ampliada com melhorias contínuas, de maneira especial a Manutenção Preventiva dentro das indústrias, conforme o propósito especificado para cada setor e / ou empreendimento (BARBALHO, 2016).

A partir da contratação do eletromecânico foi estabelecido um plano de manutenção, apresentado no Quadro 8, com base no histórico de manutenção, evitando a falha no funcionamento dos equipamentos, com isso foi estabelecido o fluxograma de manutenção dos equipamentos (Figura 7) com o objetivo de padronizar a forma como a manutenção será realizada desde a quebra do equipamento até o restabelecimento do seu funcionamento, apresentado. Para manter o controle das atividades executadas pelo eletromecânico, acompanhar a evolução da manutenção e o detalhamento das anomalias dos equipamentos avariados, foi criada e implantada a ordem de serviço demonstrada na Figura 8, na qual o técnico em análise química deve abrir a ordem de serviço e direcionar para o eletromecânico para que o mesmo possa fazer a manutenção do equipamento avariado. Também foi estabelecido *checklist* (Figura 9) dos equipamentos em que o eletromecânico deve inspecionar os equipamentos conforme orientações descritas no *checklist*.

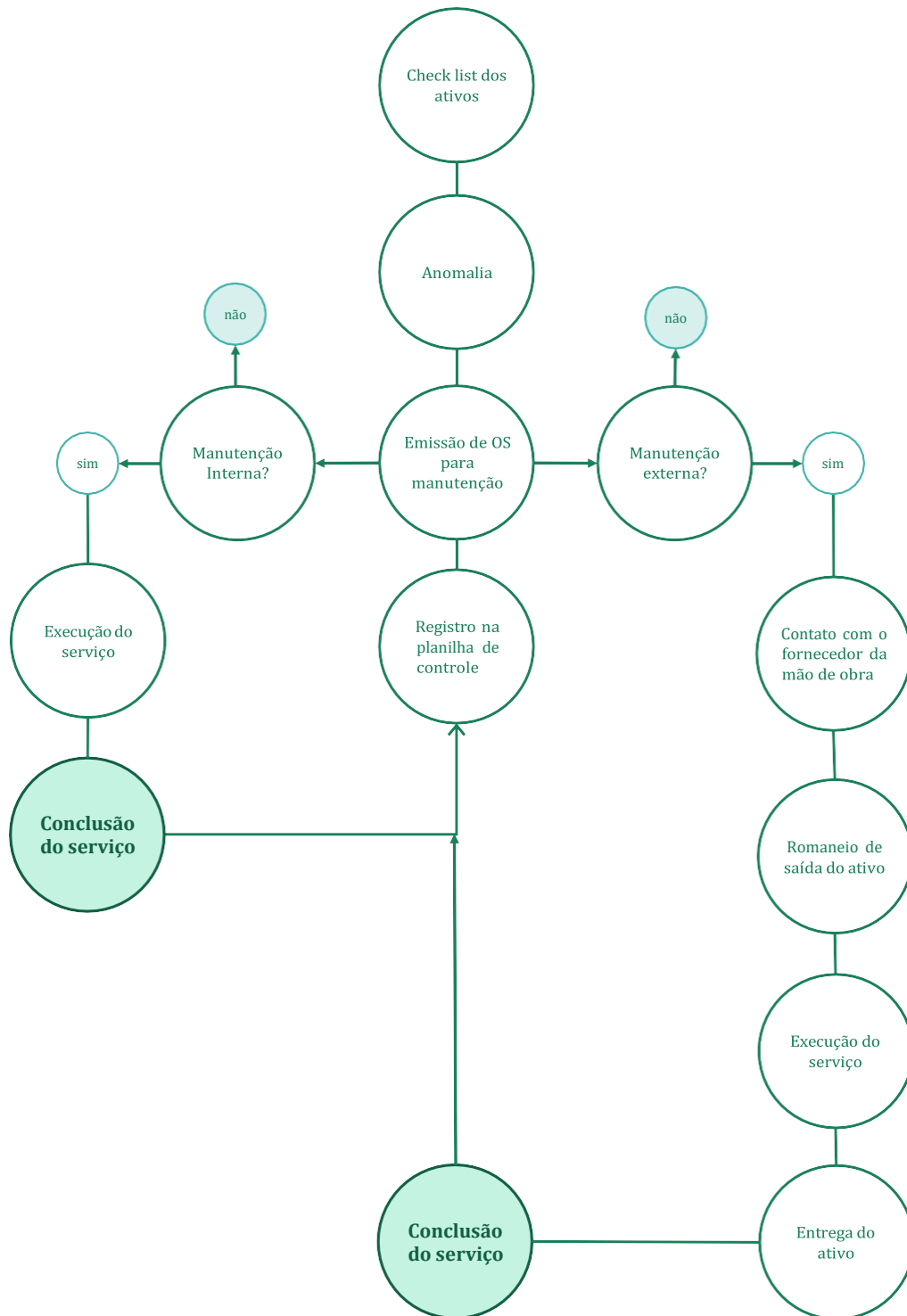
Quadro 8 - Plano de manutenção

 <b>PLANO DE MANUTENÇÃO - ETE DIVINÓPOLIS</b>			
Item	ESPECIFICAÇÃO	FREQUÊNCIA	QUEM?
1	Realizar check de verificação dos ativos da ETE	1 vez por semana	Técnico da ETE
2	Qualquer anomalia nos equipamentos abrir ordem de serviço (OS) para manutenção corretiva	Conforme necessário	Técnico da ETE
3	Realizar check de manutenção preventiva dos ativos da ETE	1 vez por mês	Eletromecânico
4	Anotar na planilha de gestão à vista quantidade de OS emitidas no mês	fechamento do mês	Técnico Meio Ambiente
5	Anotar na planilha de gestão à vista datas das manutenções realizadas para controle de prazos	Conforme necessário	Técnico Meio Ambiente
6	Arquivar na planilha de controle de ativos as manutenções realizadas	fechamento do mês	Técnico Meio Ambiente
7	Criar o romaneio de saída dos ativos levados para manutenção externa	Conforme necessário	Técnico ETE/ Meio Ambiente
8	Limpeza da SAO (carregamento do resíduo)	1 vez por ano	Empresa contratada
9	Limpeza das elevatórias (carregamento do resíduo)	1 vez por ano	Empresa contratada
10	Troca do elemento filtrante	a cada 6 meses	Técnico da ETE
11	Limpeza do sistema de tratamento	1 vez por semana	Técnico da ETE
11	Troca do óleo do soprador de ar	a cada 4.000 h ou 5 meses	Eletromecânico

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.


Figura 7 - Fluxograma de manutenção dos ativos

# FLUXOGRAMA DE MANUTENÇÃO DOS ATIVOS



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 8 - Ordem de serviço



### ORDEM DE SERVIÇO - ETE

---

SOLICITANTE: \_\_\_\_\_

MANUTENÇÃO:  PREVENTIVA  CORRETIVA

EQUIPAMENTO: \_\_\_\_\_

SETOR / LOCAL: \_\_\_\_\_

DESCRIÇÃO DE SOLICITAÇÃO DE SERVIÇO:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ass.: \_\_\_\_\_

O.S. n° \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

HORA: \_\_\_\_\_

---

RESPONSÁVEL MANUTENÇÃO: \_\_\_\_\_

OBSERVAÇÕES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ass.: \_\_\_\_\_

---

CONCLUSÃO DA ORDEM DE SERVIÇO

Ass.: \_\_\_\_\_

DATA \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 9 - Checklist

	VLI - VALOR DA LOGISTICA INTEGRADA																REV.00							
	CÓD. VLI/S&S/FP-039																							
ELEVATÓRIAS DE EFLUENTE INDUSTRIAIS	CORREDOR/ PROJETO/ PORTO/ TERMINAL :																							
	UNIDADE :																							
FRENTE DE SERVIÇO:	OBJETO DA INSPEÇÃO:										IDENTIFICAÇÃO (TAG):						Mês/Ano:							
	R1-B1	R1-B2	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9-B1	R9-B2	R10	R11-B1	R11-B2	R12	R13-B1	R13-B2	R14	R15	R16-B1	R16-B2	R17-B1	R17-B2	R18
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
<b>Matricula do Responsável pela Inspeção</b>																								
<b>C- Conforme ; N - Não Conforme ; NA - Não Aplicavel</b>																								
RECOMENDAÇÕES E OBSERVAÇÕES:																								

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Com a implantação da gestão na manutenção dos equipamentos que compõem o sistema de tratamento foi possível trazer estabilidade na automação e, com isso, delimitar a atividade de inspeção das elevatórias uma vez por semana no turno do dia, eliminando o desperdício de tempo e o retrabalho na atividade (Quadro 9).

Quadro 9 - Medição do tempo e distância

TEMPO E DISTÂNCIA DAS ATIVIDADES DA ETE - DIVINÓPOLIS				DEPOIS			
Atividades	Minutos por atividade	Km por atividade	Atividades (mês)	Horas mensais	Horas anuais	Km (mês)	Km (ano)
Verificação das elevatórias	160	4,240	4	11	128	16,960	203,520

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 3.1.3 Avaliação da capacidade de tratamento da ETE

Orientado pela matriz de priorização, o terceiro problema a ser tratado é a ETE operando abaixo da sua capacidade projetada. Para isso foi criada uma ação descrita no Quadro 10.

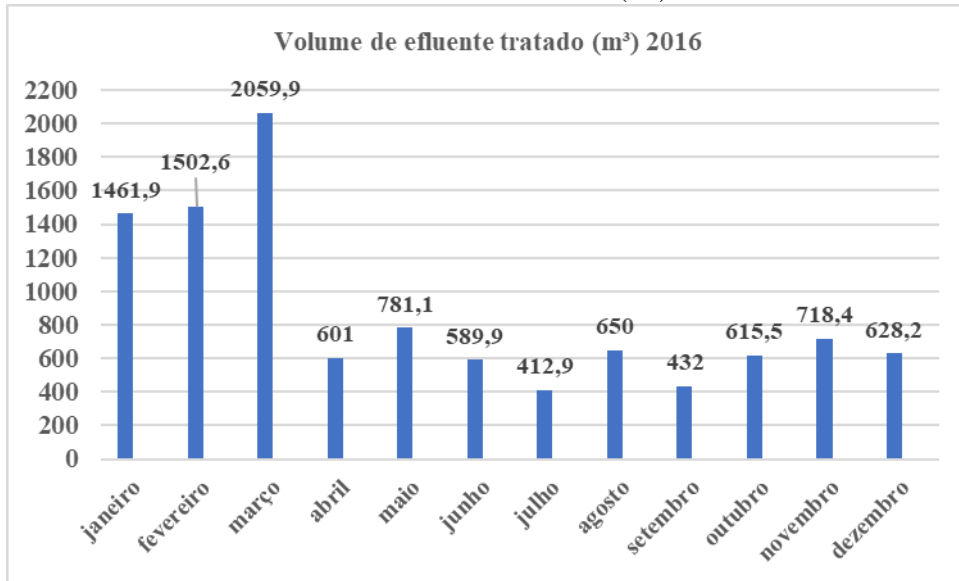
Quadro 10 - Plano de ação D

VLI					
Gerência	Supervisão	Descrição das Ações (o que)	Responsável (quem)	Prazo (quando)	Status
Meio Ambiente	Centro Leste	Avaliar a capacidade de tratamento projetada da ETE	Hallison Salis Eustaquio	30/11/2020	OK

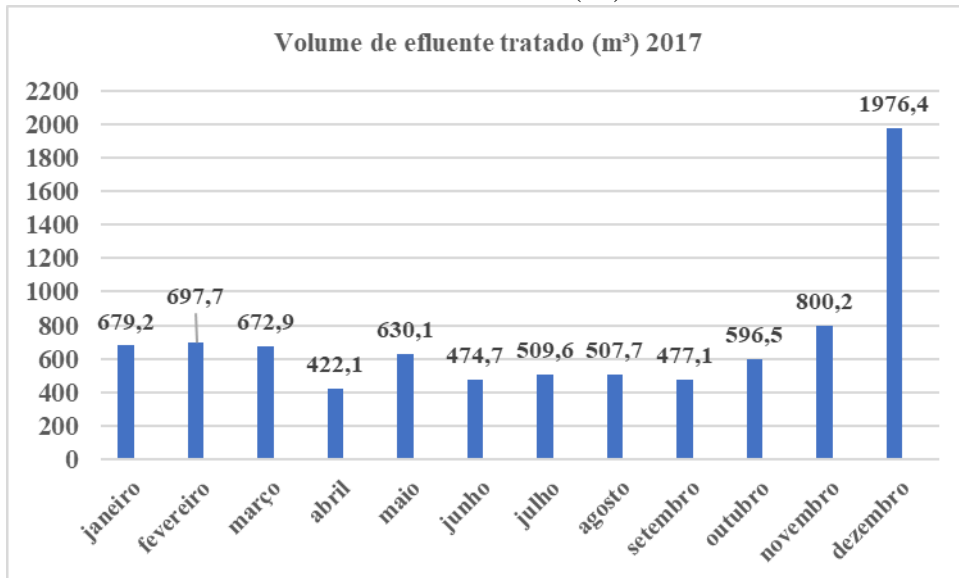
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Dentro da planilha de viabilidade, a próxima ação a ser tratada seria o funcionamento da ETE 24 horas diárias, mas para tratamento desse item primeiro foi necessário avaliar a capacidade produtiva da ETE.

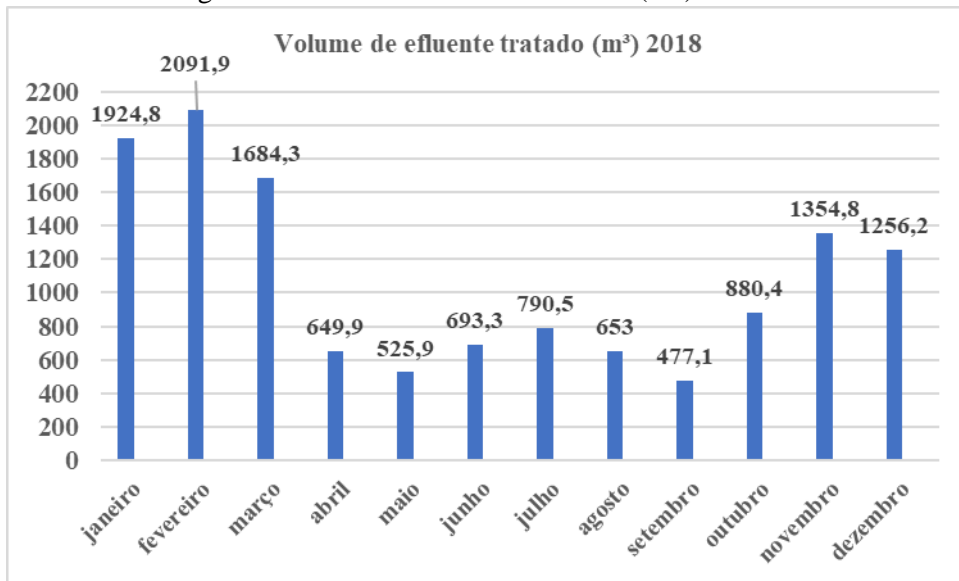
Com o objetivo de verificar possíveis ociosidades no sistema de tratamento, o projeto fez a avaliação da ETE considerando o volume de efluente tratado entre os anos de 2016 a 2019 (produção) (Figuras 10 a 13), a referência do período se deu a partir da base histórica que havia.

Volume de efluente tratado (m<sup>3</sup>) em 2016

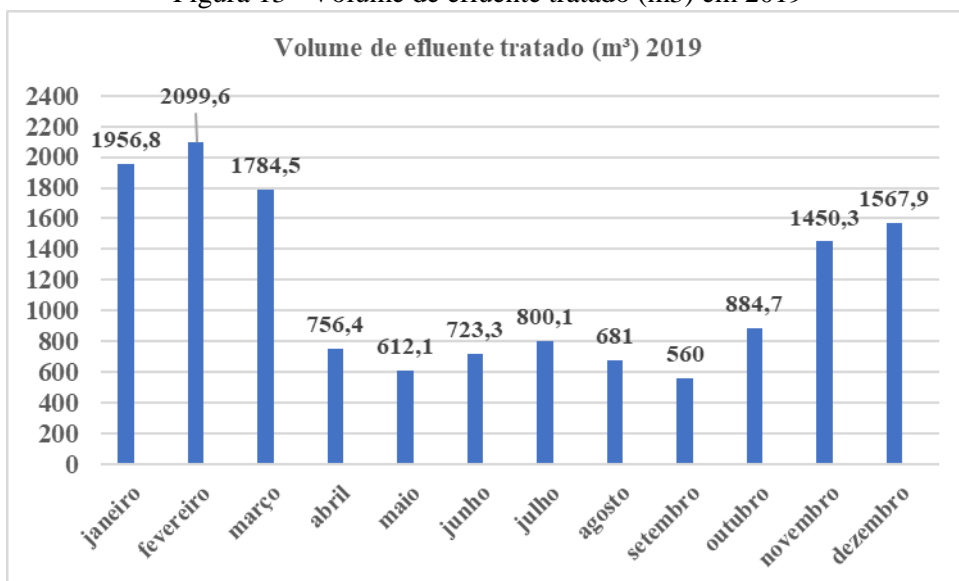
Fonte: VLI, 2022.

Volume de efluente tratado (m<sup>3</sup>) em 2017

Fonte: VLI, 2022.

Figura 12 - Volume de efluente tratado (m<sup>3</sup>) em 2018

Fonte: VLI, 2022.

Figura 13 - Volume de efluente tratado (m<sup>3</sup>) em 2019

Fonte: VLI, 2022.

Foi comparada a capacidade produtiva projetada (capacidade de tratamento), tendo como fonte de pesquisa o projeto executivo da ETE e a produção média diária (vazão) de trabalho que é contabilizada através das leituras no final de cada turno e anotado no caderno de turno do medidor de vazão da saída do filtro de areia, conforme Quadro 11.

Quadro 11 - Capacidade operacional

Volume médio de efluente tratado	630 m <sup>3</sup> (média ano)	Fonte de dados (base histórica registrada no sistema interno SIV)
Vazão máxima projetada	8 m <sup>3</sup> hora	Fonte de dados (projetos da contratação)
Vazão de operação	0,87 m <sup>3</sup> hora	Fonte de dados (Dado extraído do medidor de vazão)
Tempo de mão de obra mobilizada	24 horas	Fonte de dados (Visita em campo)
Número de pessoas mobilizadas	5	Fonte de dados (Visita em campo)


Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Após análise da produtividade embasada nas informações de campo e apontadas no Quadro 11, pode-se constatar que o sistema opera em vazão contínua de 10,87% da sua capacidade produtiva, tendo 89,12% desperdício de mão de obra, energia elétrica, desgaste de equipamentos, entre outros.

### 3.1.4 Avaliação da necessidade de o sistema de tratamento funcionar 24 horas

Definido por meio da matriz de priorização, o quarto problema a ser tratado é avaliar a necessidade de operação do sistema de tratamento 24 horas. Para isso foi criada uma ação descrita no Quadro 12.

Quadro 12 - Plano de ação

					
Gerência	Supervisão	Descrição das Ações (o que)	Responsável (quem)	Prazo (quando)	Status
Meio Ambiente	Centro Leste	Avaliar a necessidade do sistema de tratamento funcionar 24 horas caso não haja necessidade eliminar o turno de trabalho noturno.	Halison Salis Eustaquio	30/12/2021	OK

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Após análise dos dados apresentados na ação anterior e com as metodologias atuais de gestão da empresa, que buscam uma produção mais eficiente, percebeu-se que não havia necessidade da operação 24 horas diária e por isso decidiu-se por reestruturar o modelo atual de operação.

O sistema de tratamento operava 24 horas diárias com a vazão contínua de 0,87 m<sup>3</sup> hora, com técnicos em análises químicas trabalhando em escala de revezamento 12 horas, sendo uma pessoa por turno, além de um assistente administrativo que trabalha em horário comercial.

No novo modelo de operação, o sistema de tratamento trabalha por bateladas, que acumula um estoque mínimo de 30m<sup>3</sup> de efluente no tanque de equalização, a referência do volume no tanque de equalização se deu por causa da sua capacidade de armazenamento que é de 60m<sup>3</sup>, sendo assim o sistema entra em operação quando o tanque de equalização atinge a metade do seu volume.

Quando o tanque de equalização atinge o volume de 30 m<sup>3</sup>, o técnico em análise química inicia o tratamento em uma vazão de 3m<sup>3</sup> / h. A referência da vazão se deu devido ao volume acumulado no tanque de equalização, quando atingir o gatilho (30 m<sup>3</sup>) e operar na vazão determinada (3m<sup>3</sup>/h), o operador consegue abaixar o volume do tanque para o nível mínimo em 10 horas de trabalho, mesmo estando claro que o sistema ainda opera abaixo da sua capacidade. A decisão em alterar a forma de operação por batelada se deu baseado nos dados apresentados no Quadro 11. Com as informações ficou constatada uma grande ociosidade da ETE.

Com a implantação do novo modelo de operação, constatou-se que não era necessário a operação 24 horas diárias e alterou-se o horário de funcionamento da ETE para 12 horas diárias.

Foi definida também a vazão de trabalho para cada nível de efluente existente no equalizador, sendo a vazão mínima de 3m<sup>3</sup>/h até a vazão máxima de 8m<sup>3</sup>/h, conforme Quadro 13.

Quadro 13 - Padrão de tratamento

Nível	Volume	Condição	Vazão
<b>LIMITE</b>	<b>60 m<sup>3</sup></b>	<b>Emergência</b>	<b>Registro em 90°</b>
Ação: Aumentar a vazão de tratamento para 8 m <sup>3</sup> /h e aumentar a drenagem do tanque 2.			
<b>ALTO</b>	<b>50 m<sup>3</sup></b>	<b>Urgência</b>	<b>Registro em 60°</b>
Ação: Aumentar a vazão de tratamento para 6 m <sup>3</sup> /h e manter a drenagem do tanque 2.			
<b>MÉDIO</b>	<b>40 m<sup>3</sup></b>	<b>Atenção</b>	<b>Registro em 45°</b>
Ação: Aumentar a vazão de tratamento em 4 m <sup>3</sup> /h e manter a drenagem o tanque 2.			
<b>BAIXO</b>	<b>30 m<sup>3</sup></b>	<b>Normal</b>	<b>Registro em 30°</b>
Ação: Operar o sistema com vazão de tratamento de 3 m <sup>3</sup> /hora			
<b>VAZIO</b>	<b>15 m<sup>3</sup></b>	<b>Ideal</b>	<b>Registro fechado</b>
Ação: Manter o sistema parado.			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 3.1.5 Implantação de FMDS

Definido através da matriz de priorização, o quinto problema a ser tratado é a falta de acompanhamento de tratamento e acompanhamento dos parâmetros de exceder os limites de tolerância. Para isso foi criada uma ação descrita no Quadro 14.

Quadro 14 - Plano de ação F

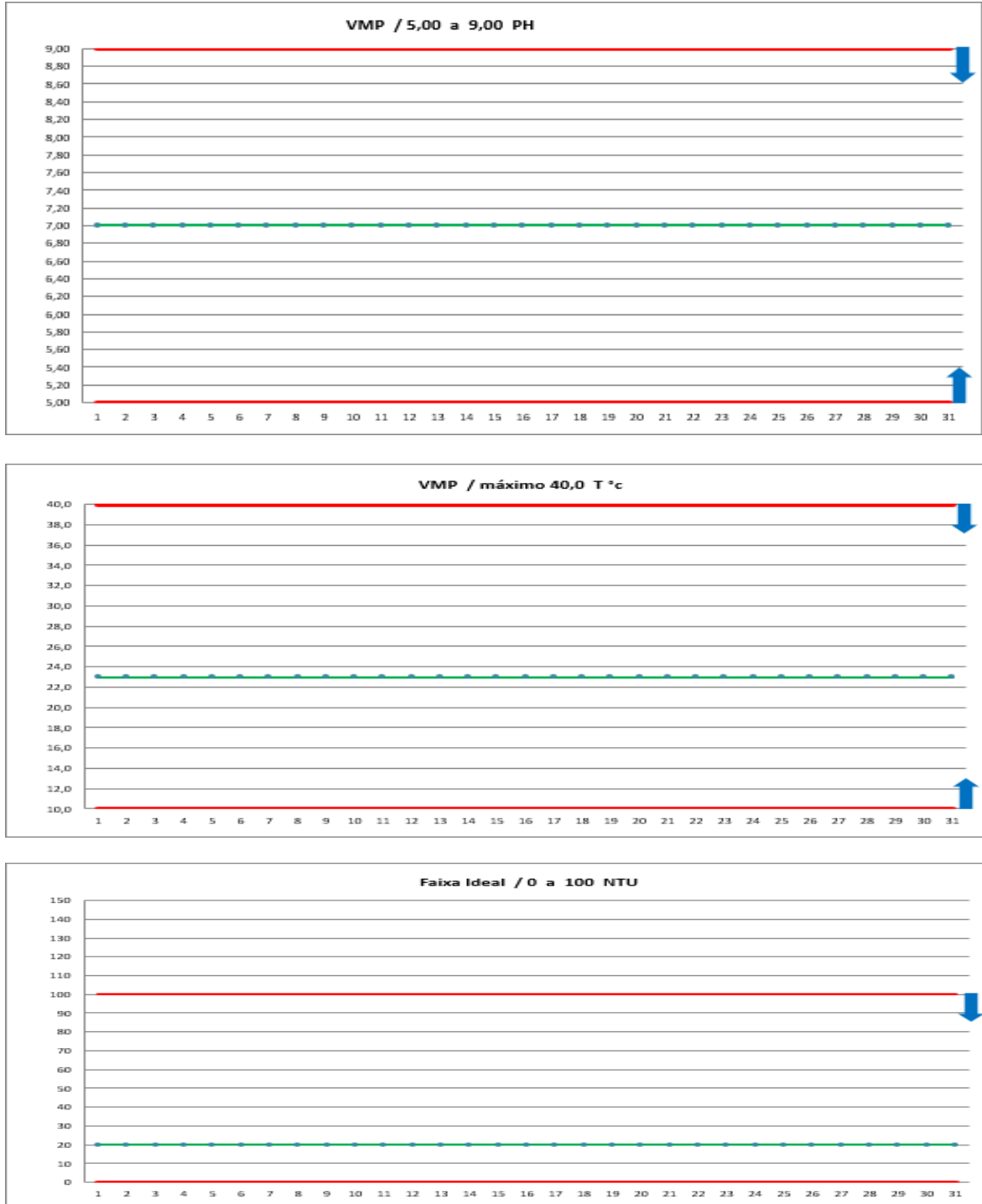
VLI					
Gerência	Supervisão	Descrição das Ações (o que)	Responsável (quem)	Prazo (quando)	Status
Meio Ambiente	Centro Leste	Implantar FMDS para acompanhamento e tratamento dos desvios para os parâmetro que saem do padrão.	Halison Salis Eustaquio	30/01/2021	OK

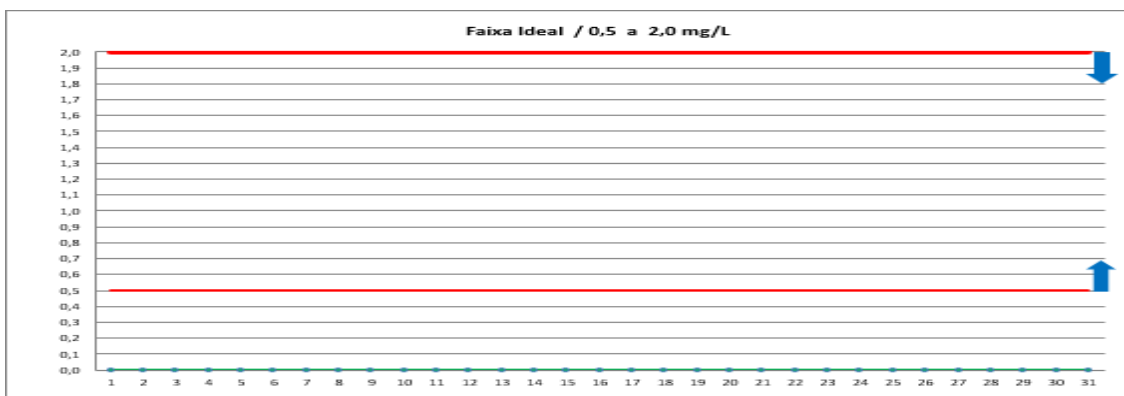
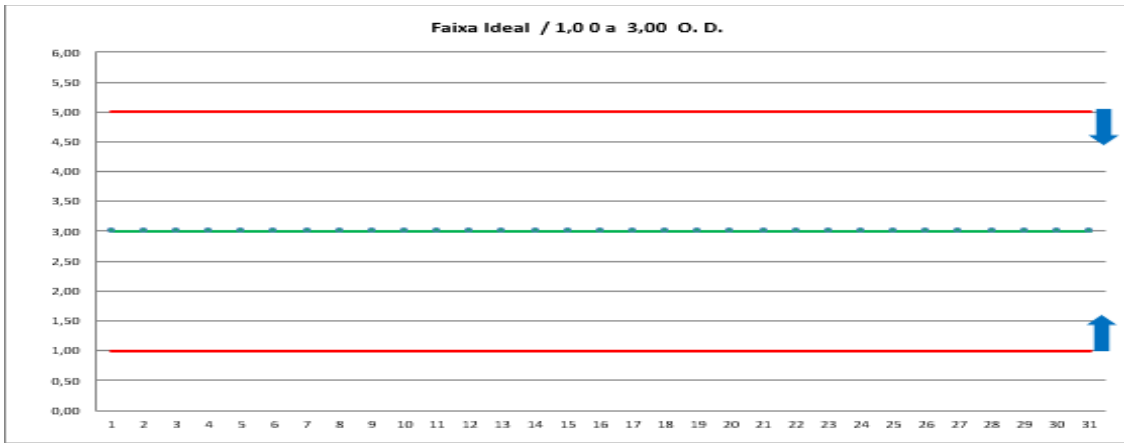
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para tratamento dessa ação, o projeto fez a implantação de indicadores de processo e acompanhamento (Figuras 14, 15 e 16), no qual o técnico em análises químicas, durante o seu turno de trabalho, preenche os resultados das análises de automonitoramento realizadas na saída do medidor de vazão, último ponto de monitoramento do efluente antes do

lançamento no corpo receptor, adotando o valor máximo permitido no CONAMA 430 - Art. 16 VMP e COPAM N° 1 - Art. 29 (Efl Sanitário) VMP.

Figura 14 - Análises diárias de automonitoramento





Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 15- Análises semanais de automonitoramento

**VLI** **PLANILHA DE ANÁLISES SEMANAIS**

PONTO: REUSO MÊS: JULHO ANO: 2022

Parâmetro	unid.	VMP	Data da Análise			
			7/7/22	14/7/22	22/7/22	28/7/22
<b>COMPONENTES</b>						
pH	n.a.	5 a 9	✓ 7,46	✓ 7,29	✓ 7,15	✓ 7,20
Temp.	°c	< 40	✓ 24,0	✓ 22,9	✓ 21,4	✓ 23,1
Turbidez	NTU	< 80	✓ 12,50	✓ 13,00	✓ 20,5	✓ 27,5
Cloro livre	ppm	0,5 a 2	✓ 2,00	✓ 0,21	✓ 0,33	✓ 1,32
Col. Totais	n.a.	P / A	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Col. Term.			Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Técnico responsável			Sérgio	Sérgio	Sérgio	Sérgio

**VLI** **PLANILHA DE ANÁLISES SEMANAIS**

PONTO: REUSO MÊS: JULHO ANO: 2022

Parâmetro	unid.	VMP	Data da Análise			
			7/7/22	14/7/22	22/7/22	28/7/22
<b>VAGÕES</b>						
pH	n.a.	5 a 9	✓ 7,51	✓ 7,08	✓ 7,18	✓ 6,67
Temp.	°c	< 40	✓ 24,6	✓ 24,7	✓ 21,9	✓ 24,0
Turbidez	NTU	< 80	✓ 17,50	✓ 30,10	✓ 19,3	✓ 2,5
Cloro livre	ppm	0,5 a 2	✓ 0,21	✓ 0,24	✓ 0,31	✓ 0,63
Col. Totais	n.a.	P / A	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Col. Term.			Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Técnico responsável			Sérgio	Sérgio	Sérgio	Sérgio

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 16 - Análises mensais de automonitoramento



### PLANILHA DE ANÁLISES MENS AIS

PONTO: SAÍDA

AN 2022

Parâmetro	unid.	VMP	Mês da Análise													
			janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro		
SAÍDA DA ETE																
Surfactantes	mg/L	2,0														
Nitrogênio	mg/L	20,0														
Fósforo	mg/L	n.a.														
DQO Ind.		n.a.														
DQO San.	mg/L	n.a.														
DQO Final		Máx. 180														
	%	Min. 70														
DBO Ind.		n.a.														
DBO San.	mg/L	n.a.														
DBO Final		Máx. 60														
	%	Min. 60														
Técnico responsável																

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para os resultados analíticos que excederem os limites de tolerância, criou-se um plano de ação (Quadro 15) para o preenchimento de datas e responsáveis pela tratativa do problema.

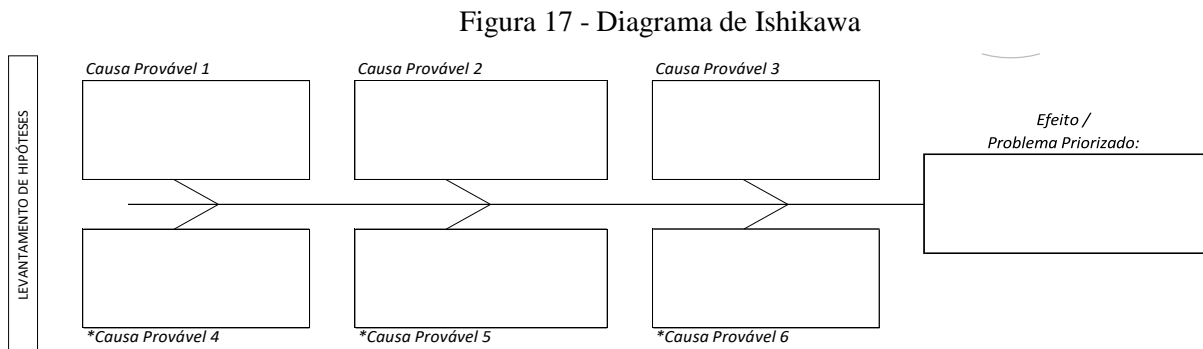
Quadro 15 - Plano de ação G

#### PLANO DE AÇÃO

KPI	AÇÃO - NÃO CONFORMIDADE	DONO	PRAZO	STATUS

Fonte: Caderno de gestão da qualidade VLI, 2022.

Para todos os desvios é estratificado o problema por meio do diagrama de Ishikawa (Figura 17) a fim de encontrar e tratar a causa raiz para que o evento não volte a acontecer. Esse método é extremamente eficaz na busca das raízes do problema (SLACK *et al.*, 2009).



Fonte: Caderno de gestão da qualidade VLI, 2022.

Foi implantado também um sistema de gestão visual a partir do conceito de “sistema de desenvolvimento de gestão do chão de fábrica” (FMDS – *Floor Management Deleopment System*). Segundo Liker e Convis (2012), O FMDS é um sistema de gerenciamento visual, com acompanhamento diário dos indicadores principais da área em questão. A implantação se dá por diagramas, gráficos e informações em lugares próximos às áreas de trabalho (Figura 18), utilizando-se de cores e a divisão dos indicadores em grupos.

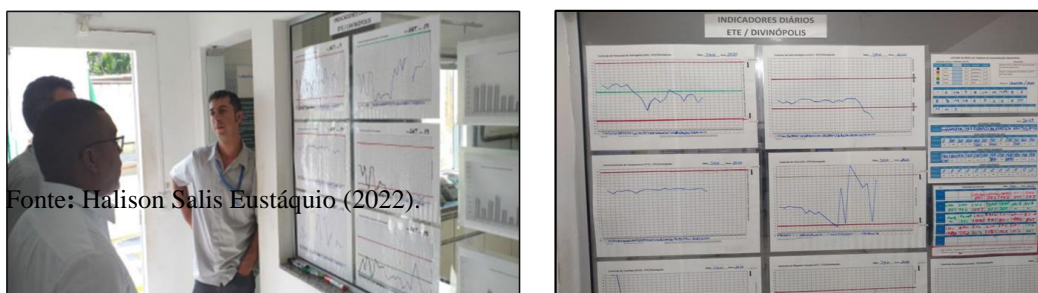
Figura 18 - Espaço FMDS



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Nesse sentido foi implantada rotina de reuniões diárias de indicadores, com duração de 15 minutos, para análise e solução de problemas (Figura 19). A reunião acontece entre a equipe técnica e o analista ambiental responsável pelo processo, para discutir os resultados das análises e as ações criadas para os parâmetros que excederem os limites de tolerância definidos no CONAMA 430 - Art. 16 VMP e COPAM N° 1 - Art. 29 (Efl Sanitário) VMP e demais problemas que possam impactar o pleno funcionamento da ETE.

Figura 19 - Reunião de indicadores



Fonte: Halison Salis Eustáquio (2022).

Fonte: Próprio autor, 2022.

### 3.1.6 Avaliação do custo operacional

Definido através da matriz de priorização, o sexto problema a ser tratado é o elevado custo operacional. Para isso foi criada uma ação descrita no Quadro 16.

Quadro 16 - Plano de ação H

VLI					
Gerência	Supervisão	Descrição das Ações (o que)	Responsável (quem)	Prazo (quando)	Status
Meio Ambiente	Centro Leste	Avaliar e reduzir os custos fixos e variável do processo operacional da ETE	Halison Salis Eustaquio	30/11/2020	OK

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Analisando o custo para tratamento de efluente nas unidades da VLI no ano de 2020, percebe-se que o maior valor para tratamento do m<sup>3</sup> é do complexo operacional de manutenção de Divinópolis (Quadro 17).

Quadro 17 - Valor por região

Custo do metro cúbico de efluente tratado	
São Paulo	R\$ 62,15
Espírito Santo	R\$ 57,34
Maranhão	R\$ 65,27
Minas Gerais (Divinópolis)	R\$ 69,90

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O projeto considerou o custo médio do metro cúbico de água residuária tratada pela ETE, considerando o custo fixo e variável, totalizando R\$ 69,90 em média. Os custos fixos são aqueles que tendem a permanecer em um nível independente do uso da capacidade de produção (KOLIVER, 2002). Analisando a composição do custo fixo do sistema de tratamento foi identificado que ele é composto pelo valor salarial dos técnicos em análises químicas, totalizando R\$ 479.593,80 anual (dados fornecidos pelo RH).

A estrutura organizacional da ETE é composta por quatro técnicos em análise química que trabalham em dupla em turno de 12 horas, como já citado acima, o projeto eliminou o trabalho de 24 horas e um auxiliar administrativo, conforme organograma exposto na Figura 20.

Figura 20 - Organograma



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Analisando a estrutura, identificou-se que o número de pessoas estava condicionado ao horário de funcionamento de 24 horas do sistema de tratamento e não às atividades que compunham o cargo do técnico em análises químicas, mas após a implantação do novo modelo de operação a estrutura permaneceu.

Com a implantação de gestão e organização da rotina de trabalho (Quadro 18) dos técnicos por meio do diário de bordo, foi possível reestruturar o número de pessoas mobilizadas no processo.

## Quadro 18 - Rotina diária



DIÁRIO DE BORDO - SÉRGIO

JANEIRO

2022

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL	
Quebra do material sobrenadante no decantador																																	
Drenagem de lodo físico-químico																																	
Drenagem do tanque de emergência																																	
Bombeamento de elevatórias																																	
Preparo de policloreto de alumínio																																	
Preparo de polieletrólito																																	
Preparo de ácido clorídrico																																	
Preparo de hidróxido de sódio																																	
Preparo de hipoclorito de sódio																																	
Preparo de ureia e ácido fosfórico																																	
preparo de álcool 70%																																	
preparo de água destilada																																	
análise de produto químico																																	
suporte para eletromecânico																																	
verificação de falta de água																																	
<b>ATIVIDADES DIÁRIAS</b>																																	
seg-sex (7:00-7:15)	Verificação dos tanques, bombas, tubulações																																
seg-sex(7:15-7:45)	FMDS - indicadores à vista da ETE.																																
seg-sex (7:45-16:50)	Ligar o sistema de operação da ETE																																
seg-sex (09:00)	Retrolavagem no filtro de areia																																
seg-sex (09:30)	Limpeza do filtro UV																																
seg-sex	Análises (pH, T°C, turbidez, O.D., cloro, volume de lodo)																																
seg-sex	Organização das vidrarias, equipamento e bancada																																
seg-sex(16:30)	Preenchimento de relatórios, planilhas e FMDS																																
<b>ATIVIDADES SEMANAIS</b>																																	
seg (7:00-7:45)	DSS Meio Ambiente																																
qui (7:00-7:45)	Análise de coliformes																																
sex (7:00-7:45)	Leitura da Análise de coliformes																																
seg (7:00-7:45)	Drenagem de resíduos dos tanques do sistema físico-químico																																
<b>ATIVIDADES QUINZENAIS</b>																																	
	Drenagem de resíduos dos tanques do sistema físico-químico																																
<b>ATIVIDADES MENSAIS</b>																																	
	Fechamento do consumo de produto químico / reagentes e contagem do estoque																																

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Após a implantação do diário de bordo e organizada a rotina operacional, houve a oportunidade de redimensionar a equipe dedicada ao sistema de tratamento (Figura 21), saindo de uma estrutura de 5 pessoas para 3. Com a estruturação, o custo fixo abaixou para R\$ 165.735,60 ano (Quadro 19), apresentando ganho de 64,5 %, (conforme RH VLI).

## Quadro 19 - Custo fixo anual

Custo fixo anual		
Antes	Depois	Redução
R\$ 479.593,80	R\$ 165.735,60	R\$ 313.858,20

Fonte: VLI, 2022.

Figura 21 - Organograma atual



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

De maneira alguma o foco do projeto era demitir pessoas, mesmo constatando por meio de dados que havia desperdício de mão-de-obra mobilizada no sistema de tratamento. Sendo assim, tratou-se o caso de cada um dos técnicos em análise química e do assistente administrativo. Abaixo demonstra-se o encarreiramento profissional de todos (Quadro 20), para evitar exposição não serão citados os nomes.

Quadro 20 - Encarreiramento

Função	Nova função (promoção)	Fonte de dados
Técnico em análises químicas 01	Técnico em emergência ambiental	RH VLI
Técnico em análises químicas 02	Técnico em Meio Ambiente	
Técnico em análises químicas 03	Técnico em análise química II	
Técnico em análises químicas 04	Permaneceu com mesmo cargo e função	
Assistente administrativo	Técnico em análises químicas	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para o custo variável, foi analisado o custeio (valor dedicado) da ETE dos anos de 2018, 2019 e 2020 sendo R\$ 58.606, 88 média ano. O custo variável é aquele que se modifica de acordo com o nível de atividade. De modo geral, a classificação entre custo fixo e variável orienta os gestores sobre a tendência de faturamento em função do nível de atividade em sua planta (KOLIVER, 2002).

Para entender o custo variável foi preciso estratificar o custeio através do sistema SAP dos anos de referência e buscar todos os valores destinados para a ETE, excluídos outros custos. Analisando a composição do custo variável da ETE, observa-se que ele é composto

por produtos químicos destinados para tratamento de efluentes e reagentes de laboratório, conforme Quadro 21.

Quadro 21 - Custo anualizado de insumos

Ano de referência	Produto químico (controle operacional)	Reagente químico (análises de monitoramento)	Fonte de dados
2019	R\$ 51.906,52	R\$ 7.350,00	Sistema SAP
2020	R\$ 52.532,00	R\$ 6.951,78	
2021	R\$ 49.945,00	R\$ 7.135,34	

Fonte: Halison Salis Eustáquio (2022).

Analisando os valores apresentados e buscando informações junto aos técnicos em análises químicas, percebeu-se que parte do custo com produto químico e reagente se dava por causa do alto volume de material vencido que precisava ser descartado. Para certificar a informação foi preciso buscar o histórico dos resíduos gerados na ETE e destinados para Central de armazenamento de resíduo (CAR) por meio do Manifesto Interno de Resíduos (MIR) que é gerado a cada destinação de resíduo.

Para tratamento desse desvio foi realizada a estratificação para encontrar a causa raiz do problema que era “devido à demora na reposição dos produtos químicos / reagente e a falta de referência de consumo mensal e anual era realizadas grandes compra e os produtos venciam no estoque”.

Após a identificação da causa raiz iniciou-se o tratamento do desvio abrindo o problema em duas ações, sendo: controle de estoque e padronização do fluxo de requisições.

### 3.2 Controle de estoque

O controle de estoque foi dividido em dois locais, o primeiro estoque casa de química, esse local fica em um prédio anexo à ETE onde são armazenados os produtos utilizados diretamente no tratamento de efluente. O segundo local é estoque de reagentes químicos; são reagentes utilizados para realizar análises de automonitoramento dos efluentes tratados, os produtos ficam armazenados no armário químico localizado no laboratório da ETE.

Para controle dos produtos e reagente, foi implantada uma planilha de controle de estoque (Quadro 22) para ambos os locais, e inserida na rotina do diário de bordo do técnico em análises química a contagem de estoque todo final de mês (Quadro 23).

Quadro 22 - Planilha de controle de reagente químico

Produtos do Laboratório							Controle Mensal							
ITEM	PRODUTO QUÍMICO	MARCA	ARMAZEN.	VALIDADE	DIAMANTE DE HOMMEL	FINALIDADE	INICIAL Kg / L	ENTRADA Kg / L	TOTAL Kg / L	FINAL Kg / L	CONSUMO Kg / L	CONSUMO %	ESTOQUE CONTROLE	ESTOQUE STATUS
1	106462 Hidróxido de sódio	Merck	frasco (1000 g)	36 meses	0 2 3 COR	preparo de solução, reagente para análises	0,413		0,413	0,413	0,000	0,0%	●	OK
2	114538 Solução A para DQO	Merck	frasco (65 ml)	60 meses	0 0 3 COR	reagente para análises	0,037		0,037	0,037	0,000	0,0%	●	OK
3	114682 Solução B para DQO	Merck	frasco (495 ml)	36 meses	0 0 3 COR	reagente para análises	0,492		0,492	0,492	0,000	0,0%	●	OK
4	Solucao pH 4	Labsynth	frasco (500 ml)	12 meses	0 0 0	calibração do pHmetro	0,470		0,470	0,470	0,000	0,0%	●	OK
5	Solucao pH 7	Labsynth	frasco (500 ml)	12 meses	0 0 0	calibração do pHmetro	0,360		0,360	0,360	0,000	0,0%	●	OK
6	Solucao pH 10	Labsynth	frasco (500 ml)	12 meses	0 0 0	calibração do pHmetro	0,320		0,320	0,320	0,000	0,0%	●	OK
7	Álcool etílico P.A.	EMFAL	frasco (1000 ml)	24 meses	3 1 1	preparo de solução, preparo de solução para higienização	4,000		4,000	3,600	0,400	10,0%	●	OK
8	Ácido sulfúrico	F. Maia	frasco (1000 ml)	36 meses	0 2 3 W	preparo de solução, reagente para análises	0,180		0,180	0,180	0,000	0,0%	●	REQUISITAR
9	Hidróxido de sódio	F. Maia	frasco (500 g)	24 meses	0 2 3 COR	preparo de solução, reagente para análises	0,849		0,849	0,849	0,000	0,0%	●	OK
10	Cloreto de potássio	Cromoline	frasco (500 ml)	12 meses	0 0 0	solução repouso para eletrodo de pHmetro	0,670		0,670	0,670	0,000	0,0%	●	OK
11	114537 Nitrogen (total) Cell Test	Merck	kit - (25 tst)	36 meses	0 2 3 OXY	kit para análise de água e efluente	12,000		12	12	0	0,0%	●	OK
12	114543 Phosphat Cell Test	Merck	kit - (25 tst)	36 meses	0 2 0	kit para análise de água e efluente	20,000		20	20	0	0,0%	●	OK
13	114697 Surfactants (anion.) Cell Test	Merck	kit - (25 tst)	36 meses	0 2 0	kit para análise de água e efluente	7,000		7	7	0	0,0%	●	OK
14	Kit Test Coliformes	COLitest	kit - (50 tst)	36 meses	0 0 1	kit para análise de água e efluente	71,000		71	59	12	16,9%	●	OK
15	Kit Test Cloro	Hanna	kit - (100 tst)	24 meses	0 0 1	kit para análise de água e efluente	47,000	200	247	221	26	10,5%	●	OK

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 23 - Planilha de controle de produto químico

Produtos da Casa de Química							Controle Mensal								
ITEM	PRODUTO QUÍMICO	MARCA	ARMAZEN.	VALIDADE	DIAMANTE DE HOMMEL		FINALIDADE	INICIAL Kg / L	ENTRADA Kg / L	TOTAL Kg / L	FINAL Kg / L	CONSUMO Kg / L	CONSUMO %	ESTOQUE CONTROLE	ESTOQUE STATUS
1	ÁCIDO FOSFÓRICO - H3PO4	Base Química	Bombona (50 L)	12 meses	0	0	solução de nutrientes para lodo biológico	25		25	25	0	0,0%	●	ACABANDO
					3	COR									
2	URÉIA - (NH2) 2 CO	Quimitec	Saco (25 Kg)	36 meses	0	0	solução de nutrientes para lodo biológico	75		75	75	0	0,0%	●	OK
					2	COR									
3	HIDRÓXIDO DE SÓDIO - Na OH - Sunaqua 235	Sun Química	Bombona (50 L)	36 meses	0	2	solução neutralizante para tratamento de efluentes	65		65	65	0	0,0%	●	OK
					3	COR									
4	POLIELETRÓLITO	Scherracqua	Saco (25 Kg)	12 meses	0	0	solução floculante para tratamento de efluentes	120		120	110	10	8,3%	●	OK
					0										
5	POLICLORETO DE ALUMÍNIO	Werdial	IBC (1000 L)	12 meses	0	0	solução coagulante para tratamento de efluentes	500	1000	1500	500	1000	66,7%	●	REQUISITAR
					1	COR									
6	HIPOCLORITO DE SÓDIO - NaClO	IQR	Galão(20 L)	12 meses	0	0	solução de desinfecção para água de reuso	5	40	45	15	30	66,7%	●	ACABANDO
					1	OXY									
7	ÁCIDO CLORÍDRICO - HCl - Sun Floc 33	Sun Química	Galão(20 L)	36 meses	0	2	solução neutralizante para tratamento de efluentes	110		110	110	0	0,0%	●	OK
					3	COR									

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para todos os produtos químicos foi definido: estoque em falta, acabando, requisitar e OK, as referências de estoque estão em fórmula Excel para todos os produtos conforme exemplo descrito abaixo:

=SE(N14<0,001;"FALTA";SE(N14<=0,1;"ACABANDO";SE(N14<=0,199;"REQUISITAR";"OK"))).

Os seguintes critérios foram adotados para definição: Condição falta, quando o produto ou reagente acabou totalmente no estoque; Condição acabando, quando o estoque do produto ou reagente é suficiente para 15 dias, o prazo foi estabelecido no critério de compra emergencial já que os suprimentos têm até 10 dias para finalizar o processo de compra; Condição requisitar, quando o produto ou reagente é suficiente para 45 dias, o prazo foi estabelecido no critério de compra normal já que os suprimentos têm até 35 dias para finalizar o processo de compra; Condição Ok, quando o estoque do produto ou reagente está em sua totalidade entre mínimo e máximo da condição OK. A definição do estoque se deu a partir da

medição do consumo feito mensalmente pelo técnico em análises químicas conforme descrito no diário de bordo.

### 3.3 Padronização do fluxo de requisições

Para tratamento do fluxo de requisições foi realizada a codificação de todos os produtos químicos e reagentes utilizados na ETE no sistema SAP plataforma de compras interna da VLI, com isso foi possível reduzir o tempo médio da compra e entrega do material para 45 dias. Anteriormente os produtos precisavam ser adquiridos via compra externa o que demandava um prazo médio de 120 dias para fechar o processo, desde a criação do pedido de compra até a entrega do material. Também foi criado acesso para os técnicos em análises químicas no SAP, para que eles tenham autonomia para criar as requisições necessárias para o pleno funcionamento do sistema de tratamento.

Após a codificação dos materiais, foi criada uma placa de identificação (Figura 22) para todos os produtos químicos e reagentes contendo as informações necessárias para a requisição.

Figura 22 - Placa de requisição de produtos e reagentes

Ácido Fosfórico		Uréia		Solução Aquosa (Ácido Clorídrico)	
Meio Ambiente		Meio Ambiente		Meio Ambiente	
ETE		ETE		ETE	
Código SAP	INTERNO / EXTERNO	Código SAP	INTERNO / EXTERNO	Código SAP	INTERNO / EXTERNO
30027073	Requisição externa Pilar do SAP: ME51N	30040106	Requisição externa Pilar do SAP: ME51N	20004789	Requisição externa Pilar do SAP: ME51N
Descrição		Descrição		Descrição	
Produto utilizado como fonte de nutrientes para o lodo biológico.		Produto utilizado como fonte de nutrientes para o lodo biológico.		Produto utilizado para correção de pH.	
Fornecimento: Bombona de 60 L		Fornecimento: Saco de 25 Kg		Fornecimento: Bombona de 20 L	
Mínimo:30 L		Mínimo:25 Kg		Mínimo:40 L	
Máximo:120 L		Máximo: 100 Kg		Máximo:280 L	
Reposição		Reposição		Reposição	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

As placas de identificação ficam junto do produto no local onde eles se encontram estocados (Figura 23).

Figura 23 - Fotos do local das placas de requisição de produtos e reagentes



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Com as ações implantadas, o fluxo ficou da seguinte forma: ao final do mês, (último dia útil) o técnico em análise química faz a contagem do estoque de produto químico e reagentes conforme estabelecido no diário de bordo e lança na planilha controle. De acordo com o estoque mínimo estabelecido para o produto, a planilha alerta o técnico sobre a necessidade de requisição, com as informações contidas na placa de identificação do produto ele realiza o pedido no sistema SAP e, após 45 dias, o produto é entregue. Esse prazo foi estabelecido no critério de compra normal em que os suprimentos têm até 35 dias para finalizar o processo de compra.

A implantação da padronização do fluxo de requisições de produtos químicos e reagentes trouxe mais autonomia para os técnicos em análises químicas além de eliminar os desperdícios, com isso o custo anual (Quadro 24) com insumos reduziu para R\$ 25.623,36 ano, gerando uma economia de 56% de acordo com as informações extraídas do custeio por meio do sistema SAP do ano de 2021.

Com as ações implantadas, o custo médio do m<sup>3</sup> de efluente tratado na ETE de Divinópolis teve uma redução de 64,4% (Quadro 25).

Quadro 24 - Custo anual com produto/reagentes utilizados na ETE

Custo anual com produto / reagentes utilizados na ETE		
Antes	Depois	Redução
R\$57.080,34	R\$ 25.623,36	R\$ 31.456,98

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 25 - Valor por região

Custo do m <sup>3</sup> cúbico de efluente tratado	
São Paulo	R\$ 62,15
Espírito Santo	R\$ 57,34
Maranhão	R\$ 65,27
Minas Gerais (Divinópolis)	R\$ 25,20

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 3.4 Criação de instruções de trabalho

Definido por meio da matriz de priorização, o sétimo problema a ser tratado são pessoas executando a mesma atividade de maneiras diferentes. Para isso foi criada uma ação descrita no Quadro 26.

Quadro 26 - Plano de ação I

VLI					
Gerência	Supervisão	Descrição das Ações (o que)	Responsável (quem)	Prazo (quando)	Status
Meio Ambiente	Centro Leste	Elaborador Instrução de trabalho para as etapas do sistema de tratamento	Halison Salis Eustaquio / Rafael Antonio	20/02/2021	OK

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para tratamento dessa ação foi realizada a padronização das atividades vinculadas à operação da ETE em forma de instrução de trabalho (Its), o objetivo do documento é padronizar a maneira como os técnicos executam as atividades. A instrução de trabalho é um documento que faz parte do sistema de qualidade da VLI e descreve o passo a passo da tarefa de maneira direta, objetiva e com uma linguagem simples. Abaixo, o Quadro 27 apresenta a

lista dos processos com instruções de trabalho, e o Quadro 28 traz o modelo de uma instrução de trabalho.

Quadro 27 - Lista dos processos

Código	Nome	Versão	Status	Data
IT-000003	Drenar tanque pulmão	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000010	Troca de filtro ultra violeta (UV)	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000165	Análise de coliforme	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000258	Coleta de amostra de efluente físico químico	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000267	Coleta de amostra de efluente	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000272	Preparo de solução de polieletrólito	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000284	Preparo de solução de ácido	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000286	Preparo de solução de polcloreto de alumínio	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000301	Hipoclorito de sódio	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000310	Desague de lodo físico-químico	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000416	Preparo de solução alcalina	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000556	Drenagem de reservatório de 1000 litros	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000557	Retrolavagem de filtro de areia	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000560	Preparo de solução de ácido fosfórico	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000948	Preparo de solução de ureia	V00	Publicado	21/03/2021
IT-000973	Limpeza da peneira rotativa	V00	Publicado	21/03/2021

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Quadro 28 - Modelo de uma instrução de trabalho

VLI		IT - Instrução de Trabalho						
Atividade	Função Executante	Referência	Código	Versão	Tempo (h)	Página		
<APENAS O TÍTULO EM LETRAS MAIUSCULAS XXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX>	<Eletricista, Mecânico, Pneumático, Truqueiro, Eletricista de Bordo, Eletricista de Sinalização...>	< citar n° e nome do padrão referência do >	<código do IBPMS>	Rev.xx xx/xx/20 17	#REF!	1/1		
1)	<Citar (no infinitivo) a tarefa>	00:00:00	2)		00:00:00	3)		00:00:00
1.1) <Descrevendo (no gerúndio) a atividade de forma simples e objetiva>; 1.2) <Expandindo as linhas para abranger todo o conteúdo>			2.1) <Alinhado à esquerda>; 2.2) <Finalizar os tópicos com ";" e o último com "." >.					
Colocar imagem sem desfigurar, exemplificando a tarefa; Expandir ou reduzir a linha se necessário; Colocar setas amarelas se necessário focar>			< imagem centralizada >					
Desvio: <O limite para impressão ser excedido (ver pelo modo de exibição da quebra de página)> Ação corretiva: <Reduzir as linhas e fonte para tamanhos 10 e 9 OU 9 e 8>.			<Alinhado à esquerda> <deletar a caixa caso não use>					
<Não alargar as colunas para não sair das margens>		<centralizado>		<deletar a caixa caso não use>				
Legenda:		Considerações gerais de Saúde e Segurança		EPI's específicos / Ferramentas e materiais necessários para tarefa				
Ponto de Atenção		<Consolidar todos os riscos de saúde e segurança da atividade e citar considerações específicas da tarefa, caso haja>. <Caso use poucos campos de EPIs e ferramentas, posicioná-los à direita e mesclar as considerações de SS com as células em branco>				<EPI em verde>	<Ferramenta em laranja>	
Desvio						<lista de EPIs na aba anexa, deletar após uso>		
Elaborado em: xx/xx/2017		Última revisão em: xx/xx/2017		Participantes:	< xx - Supervisão xx >	Responsável técnico:	< xx - Supervisão de Confiabilidade Rodantes >	

Os documentos estão disponíveis para consulta no modo visualização no sistema AGIR no caminho Ábaris Web (vli-logistica.com.br) e ficam expostos no local em que a atividade acontece, abaixo apresentam-se alguns exemplos de Its expostas no campo, Figura 25.

Figura 24 - IT coleta de efluente / IT retro lavagem do filtro de areia / IT troca do filtro UV



Fonte: Próprio autor, 2022.

Após elaboração das instruções de trabalho, as atividades foram padronizadas de forma que todos os técnicos em análises químicas, independente de sua experiência na operação da ETE, realizará a operação da mesma forma, com isso foi possível balizar o nível de conhecimento da equipe.

## 4 CONCLUSÃO

Com as ideias levantadas na reunião *braisntorming* e tratativas das ações levantadas no plano de ação, foi possível atingir os resultados esperados.

A etapa de padronização das análises de automonitoramento era a ação de maior pontuação na planilha de viabilidade. Com o tratamento do item, foi possível definir a forma correta como as atividades no laboratório são executadas, por meio da capacitação da equipe de forma teórica e prática. Com isso pode-se afirmar que os técnicos em análises químicas possuem a mesma capacidade de executar as análises de automonitoramento e da mesma maneira, independente de quem esteja executando a atividade.

Na eliminação de desperdício de tempo e retrabalho, foram trabalhados os itens que mais impactavam a rotina dos técnicos em análises químicas sendo leitura de hidrômetros e inspeção das elevatórias. Foi realizado o GEMBA para entender a rotina, com isso, foi possível eliminar de forma significativa os desperdícios e retrabalho trazendo mais tempo para que os técnicos se dediquem às atividades da ETE.

Com a avaliação da capacidade de tratamento da ETE, foi possível identificar o quanto o sistema de tratamento operava abaixo da capacidade projetada, causando ociosidade do processo e da equipe.

A partir da avaliação da necessidade de o sistema de tratamento funcionar 24 horas, foi possível eliminar o trabalho noturno, definindo um padrão de operação e utilizando melhor os equipamentos disponíveis e mão de obra, além de melhorar a qualidade de vida dos técnicos em análises químicas.

Com a implantação de FMDS, é possível tratar os desvios das análises de automonitoramento de forma estruturada, além disso de existir um momento para tratar os problemas.

Após todos os trabalhos de implantação de um modelo de gestão que trabalha de forma padronizada e planejada por meio de procedimentos e diário de bordo, foi possível reduzir o custo operacional de maneira significativa trazendo benéfico para o setor e cuidando da carreira das pessoas.

Após elaboração das instruções de trabalho, as atividades foram padronizadas de forma que todos os técnicos em análises químicas, independente de sua experiência na operação da ETE, realizará a operação da mesma forma, com isso foi possível balizar o nível de conhecimento da equipe.

As águas residuárias tratadas têm um papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos como um substituto para o uso de águas destinadas a fins industriais ou menos nobres, entre outros. Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso de esgotos contribui para a conservação dos recursos e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

BARBALHO, A. **Aumentar a produtividade é a chave**. Tribuna do Norte, 2016. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/aumentar-aprodutividade-a-a-chave/364451>>. Acesso em: 24 ago. 2022.

CARPINETTI, L. C. R.; MIGUEL, P. A. C.; GEROLAMO, M. C. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

KOLIVER, O. **Contabilidade de custos**. 1. ed. Curitiba: Juruá, 2009.

LIKER, J. K.; CONVIS, G. L. **O modelo Toyota de liderança Lean: como conquistar e manter a excelência pelo desenvolvimento de lideranças**. 1. ed. São Paulo: Bookman, 2012.

OSBORN, A. F. **O Poder Criador da Mente: princípios e processos do pensamento criador e do “brainstorming”**. Traduzido por E. Jacy Monteiro. São Paulo: Ibrasa SP, 1987.

SANTOS V. F. M. **Melhoria Contínua: O que é? Como implementá-la?**. 2017. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/melhoria-continua/>>. Acesso em: 1º maio 2018.

SILVA, A. V.; RIBEIRO, J. L. D. Aplicação da manutenção centrada em confiabilidade para desenvolvimento de um plano de manutenção em uma distribuidora de combustíveis. **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão, Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WOEBCKEN, C. **O que é brainstorming e as 9 melhores técnicas para a tomada de decisões inteligentes**. 2019. Disponível em: <<https://rockcontent.com/br/blog/brainstorming/>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

## **CAPÍTULO III**

### **PRODUTO TÉCNICO MANUAL TÉCNICO DE OPERAÇÃO**

#### **MANUAL DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE DIVINÓPOLIS - MG**

## MANUAL TÉCNICO DE OPERAÇÃO

Será elaborado um manual técnico de operação da estação de tratamento de águas residuárias da oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da VLI em Divinópolis.

### 1 PÚBLICO-ALVO

O público que será beneficiado diretamente são os Analistas de Meio Ambiente, Assistentes de Meio Ambiente, Técnicos em Análise Química e Técnicos em Meio Ambiente (Quadro 1).

Quadro 1 – Quantitativo do público-alvo

QUANTITATIVO DO PÚBLICO-ALVO	
FUNÇÃO	NÚMERO DE PESSOAS CAPACITADAS
ANALISTA DE MEIO AMBIENTE	3
ASSISTENTE DE MEIO AMBIENTE	2
TÉCNICO EM ANÁLISE QUÍMICA	4
TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE	1
Total	10

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Na replicação do produto técnico pretende-se alcançar um público de 32 colaboradores espalhados nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Maranhão.

### 2 APLICAÇÃO

Este documento se aplica a todos os empregados próprios da VLI envolvidos com a atividade de Operação de Tratamento de Efluentes (ETE) da Oficina de Manutenção de Divinópolis – MG.

### 3 CONTROLE DE REVISÕES

Quadro 2 – Controle de revisões

Versão	Data	Histórico de Revisão
00	08/05/2022	Elaboração do documento

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 4 OBJETIVO / RESULTADOS ESPERADOS

- Elaborar um produto técnico baseado em manual de operação técnica para a estação de tratamento de águas residuárias da oficina de manutenção de equipamentos ferroviários da VLI;
- Estabelecer diretrizes e orientações para a adequada operação da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), monitoramento quantitativo e qualitativo da geração de efluentes em conformidade com os requisitos legais aplicáveis, bem como para a adoção de ações que eliminem e/ou minimizem os impactos ambientais e os riscos de saúde e segurança ocupacionais relacionados à atividade.

### 5 DOCUMENTOS INTERNOS DE REFERÊNCIAS

- **PGS 000071**– Gerenciar os Riscos de Saúde e Segurança (APR).
- **PGS 001667** – Comunicação de Ocorrência Ambiental.
- **PGS 001856** – Programa de Gestão de Resíduos (PGR) – VLI.
- **PRO 007628** – Equipamento de Proteção Individual – EPI.
- **PRO 013258** – Separação de Resíduos.
- **PRO 017852** – Inspeção Ambiental.
- **PRO 000004** – Identificação e Avaliação de Aspectos e Impactos Ambientais.
- **PRO 019074** – Monitoramento de Recursos Hídricos.
- **PRO 018864** – Limpeza de Vagões.
- **PTP 000001** – Implantação, geração e manutenção de sistema de tratamento de efluentes oleosos.

- **PTP 000007** – Monitoramento da qualidade de efluentes líquidos.
- **PTP 000008** – Implementação de práticas de conservação e reuso de água.
- **REG 000004** – Gestão de Produtos Químicos.
- **WIKIPEDIA** – The free encyclopedia. Disponível em: <<http://www.wikipedia.org>>. Acesso em: 13 abr. de 2020.

## 6 DEFINIÇÕES

- **Amostra:** Subconjunto cujas propriedades se estudam com o fim de generalizá-las ao conjunto, do qual se consideram provenientes os elementos daquele subconjunto. No caso da água, significa uma ou mais porções, com volume ou massa definida, coletadas em corpos receptores, efluentes industriais, redes de abastecimento público, estações de tratamento de água e esgotos e outros, com o fim de inferir as características físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do ambiente de onde foi retirada.
- **Amostragem:** Atividade que consiste em retirar, para fins de ensaio ou medição, uma fração representativa (amostra) de uma região da atmosfera ou de uma mistura de gases e outros componentes, ou da água, ou do solo, ou de resíduos, para fins de ensaio ou medição.
- **Bactéria aeróbia:** Bactéria que necessita de oxigênio livre para viver. No tratamento aeróbio, através da respiração aeróbia, a matéria orgânica é convertida numa forma mais estável com a atuação dessas bactérias (NBR 9896/93).
- **Controle da qualidade:** Técnicas operacionais e atividades que são usadas para preencher os requisitos para qualidade.
- **Contaminação:** Introdução no meio ambiente (água, solo ou ar), ou em alimentos de organismos patogênicos, de substâncias tóxicas ou radioativas em concentrações nocivas à saúde, ou de elementos que possam afetar a saúde do homem. É um caso particular de poluição (NBR 9896/93).

- **Corpo receptor:** Cursos de água natural como rios, córregos, lagos, reservatórios, lençóis de água subterrânea e oceano, nos quais são lançadas as águas residuárias ou efluentes do seu tratamento.
- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO):** Quantidade de oxigênio requerida na oxidação bioquímica da matéria orgânica, existente na água, a qual se processa pela ação de bactérias que estabilizam essa matéria orgânica, em condições aeróbias, num determinado período, a uma certa temperatura e sob condições específicas. É obtida em teste específico. A DBO-padrão é normalmente adotada, ou seja, para cinco dias de teste, a 20°C (DBO<sub>5,20</sub>). É expressa em miligramas de oxigênio por litro de água (mg/L) e, geralmente, é usada como indicador do grau de poluição de um corpo d'água, ou de uma água residuária.
- **Demanda Química de Oxigênio (DQO):** Quantidade de oxigênio consumido na oxidação química da matéria orgânica existente na água, medida em teste específico. Não apresenta necessariamente correlação com a DBO. É expressa em miligramas de oxigênio por litro de água (mg/L). Usada geralmente como indicador do grau de poluição de um corpo d'água, ou de uma água residuária.
- **Efluente:** Substância líquida, sólida ou gasosa emergente de um sistema, como de uma estação de tratamento ou processo industrial (NBR 9896/93).
- **Efluente industrial:** Despejo líquido resultante dos processos industriais, admissível a tratamento conjunto com o esgoto doméstico, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos (NBR 9648/86).
- **Efluente sanitário:** Despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária.
- **Efluente oleoso:** Neste documento efluente oleoso é definido como aquele gerado devido ao contato direto de água com produtos oleosos (ex.: óleos lubrificantes, graxas, óleo diesel etc.) de origem mineral, vegetal e animal ou sintéticos.

- **Estação de Tratamento:** Conjunto de instalações, dispositivos e equipamentos destinados ao tratamento. Quando dedicada a tratar água bruta para uso público ou industrial, chama-se estação de tratamento de água (ETA); para tratamento de esgotos domésticos, esgotos industriais ou despejos industriais, chama-se estação de tratamento de efluente (ETE).
- **Flotação:** Método para carregamento de material em suspensão para a superfície de um líquido em um tanque formando espuma (por aeração, vácuo, formação de gás, produtos químicos, eletrólise, calor ou decomposição de bactérias) e a subsequente remoção da espuma por raspadores (CARMINATI, 2016).
- **Lodo:** Materiais sólidos com alto teor de umidade (estado pastoso), retidos e removidos das unidades de um processo de tratamento de água ou esgoto (NBR 9896/93). O termo tem sido utilizado para designar os subprodutos sólidos do tratamento de esgotos. Nos processos biológicos de tratamento, parte da matéria orgânica é absorvida e convertida, fazendo parte da biomassa microbiana, denominado lodo biológico, secundário ou biossólido.
- **Materiais sedimentáveis:** Parâmetro utilizado para indicação da qualidade de água e efluentes. O mesmo que sólidos sedimentáveis (NBR 9896/93).
- **Óleos e graxas:** Parâmetro utilizado para indicação da qualidade de água e efluentes, expresso em mg/L. Compreende grupos de substâncias que incluem gorduras, graxas, ácidos graxos livres, óleos minerais e outros materiais graxos, determinados em ensaios padronizados (NBR 9896/93).
- **Oxigênio dissolvido (OD):** Parâmetro utilizado para indicação da qualidade de água. Corresponde à quantidade de oxigênio dissolvido presente em uma amostra, sendo expressa normalmente em mg/L de O<sub>2</sub> (NBR 9896/93).
- **Parâmetros:** Denominação geralmente dada às variáveis físicas, biológicas e substâncias químicas que são monitoradas nas diversas matrizes ambientais. As

matrizes ambientais primárias incluem água, solo, biota, ar, resíduos sólidos e resíduos líquidos.

- **Reúso:** Ou reutilização, pode ser definido, segundo Mierzwa e Hespanhol (2005) como “uso de efluentes tratados ou não para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e usos urbanos não potáveis”. De maneira geral, essa prática pode ser implantada de duas maneiras distintas: reúso direto de efluentes e reúso de efluentes tratados.
- **Sólidos dissolvidos:** Parâmetro utilizado para indicação da qualidade de água e efluentes, expresso em mg/L. Compreende os sólidos em solução verdadeira e os que se encontram em estado coloidal, correspondendo às partículas com tamanho inferior a 1  $\mu\text{m}$ . Obtido através da pesagem do resíduo de evaporação de uma amostra previamente filtrada em papel de filtro (CARMINATI, 2016).
- **Sólidos em suspensão:** Parâmetro utilizado para indicação da qualidade de água e efluentes, expresso em mg/L. Compreende todos os sólidos presentes em uma amostra de água ou efluente, exceto aqueles em solução e em estado coloidal, correspondendo às partículas com tamanho superior a 1  $\mu\text{m}$ . Obtido por meio de pesagem do resíduo de uma amostra submetida à filtração. Sólidos em suspensão compreendem sólidos sedimentáveis e não sedimentáveis (CARMINATI, 2016).
- **Sólidos sedimentáveis:** Parâmetro utilizado para indicação da qualidade de água e efluentes, expresso em ml/L. Corresponde ao volume de sólidos que se deposita no fundo de um cone Imhoff após um determinado período de repouso da amostra (usualmente adota-se período de sedimentação de uma hora). Compreende parte dos sólidos em suspensão (CARMINATI, 2016). O mesmo que materiais sedimentáveis (NBR 9896/93).
- **Sólidos totais:** Parâmetro utilizado para indicação da qualidade de água e efluentes, expresso em mg/L. Compreende toda a matéria presente em uma amostra que não seja água, incluindo substâncias dissolvidas, em forma coloidal e em suspensão. O teor de sólidos totais é obtido pela pesagem do resíduo de evaporação de uma amostra, realizada por aquecimento contínuo à temperatura entre 103 e 105°C.

- **Solução:** Mistura que apresenta uma única fase, também chamada de mistura homogênea. Apresenta aspecto visual homogêneo, mesmo quando observado em microscópios eletrônicos. Pode ser formada por mistura de líquidos, sólidos ou gases (CARMINATI, 2016). Ex.: mistura de água e álcool comum (em qualquer proporção), mistura de água e sal comum (até uma determinada concentração de sal), ar atmosférico (nitrogênio, oxigênio e outros gases), aço (ferro e carbono), latão (cobre e zinco), oxigênio dissolvido em água.
- **Surfactante:** Agente que reduz a tensão superficial de um líquido, favorecendo seu espalhamento, e/ou reduz a tensão interfacial entre dois líquidos, favorecendo sua mistura. Surfactantes são substâncias tensoativas (atuam na tensão superficial / interfacial). Normalmente são compostos orgânicos que contêm grupos hidrofílicos (afinidade por água) e oleofílicos (afinidade por óleos), podendo ser solubilizados em água e solventes orgânicos (CARMINATI, 2016). Ex.: alguns tipos de detergentes contêm substâncias surfactantes. A concentração de substâncias tensoativas corresponde a um parâmetro utilizado para indicação da qualidade de água e efluentes, sendo expresso em mg/L de LAS.
- **Vazão:** Quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que escoar através de uma seção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo.

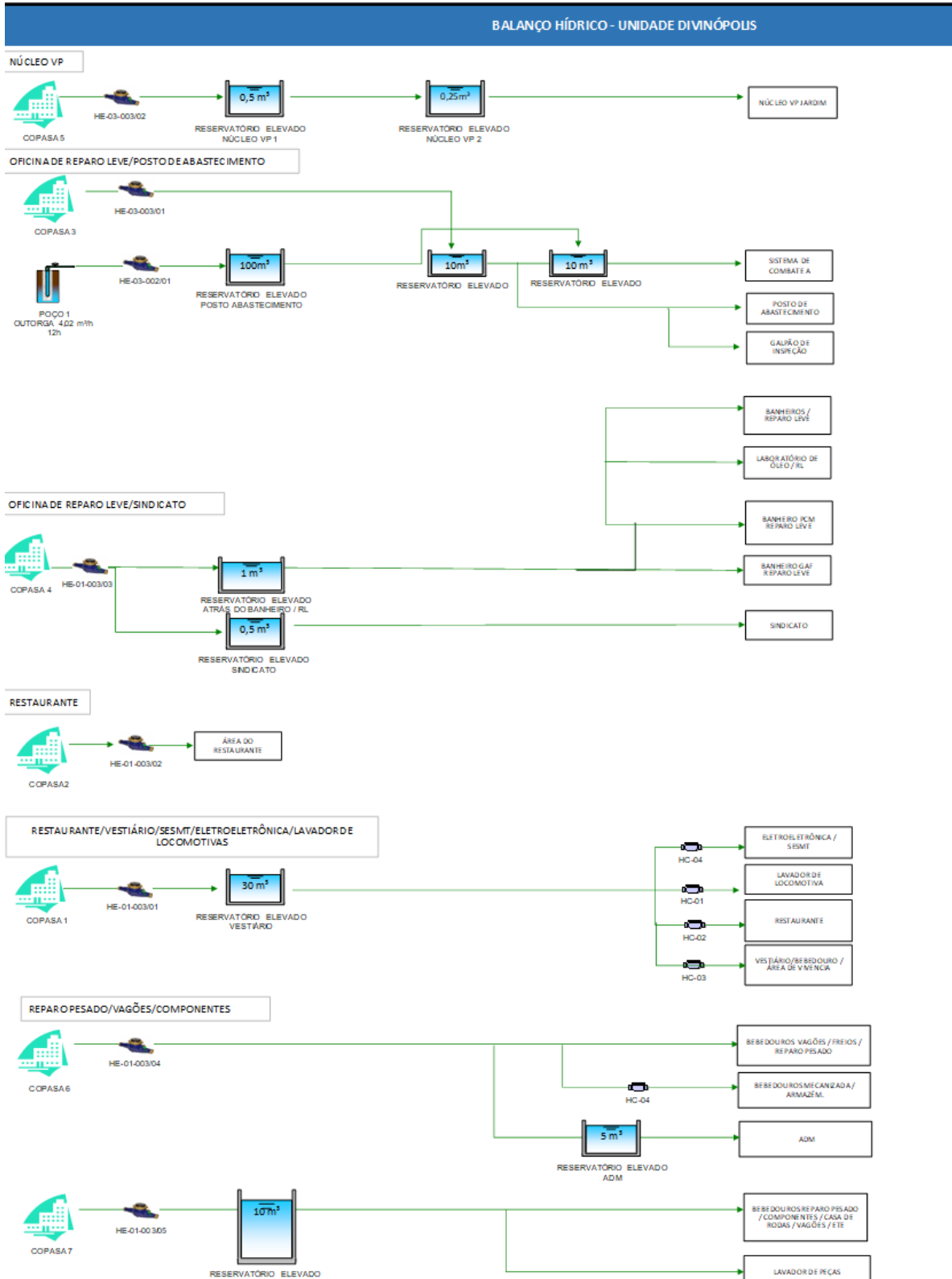
## 7 BALANÇO HÍDRICO - UNIDADE DIVINÓPOLIS

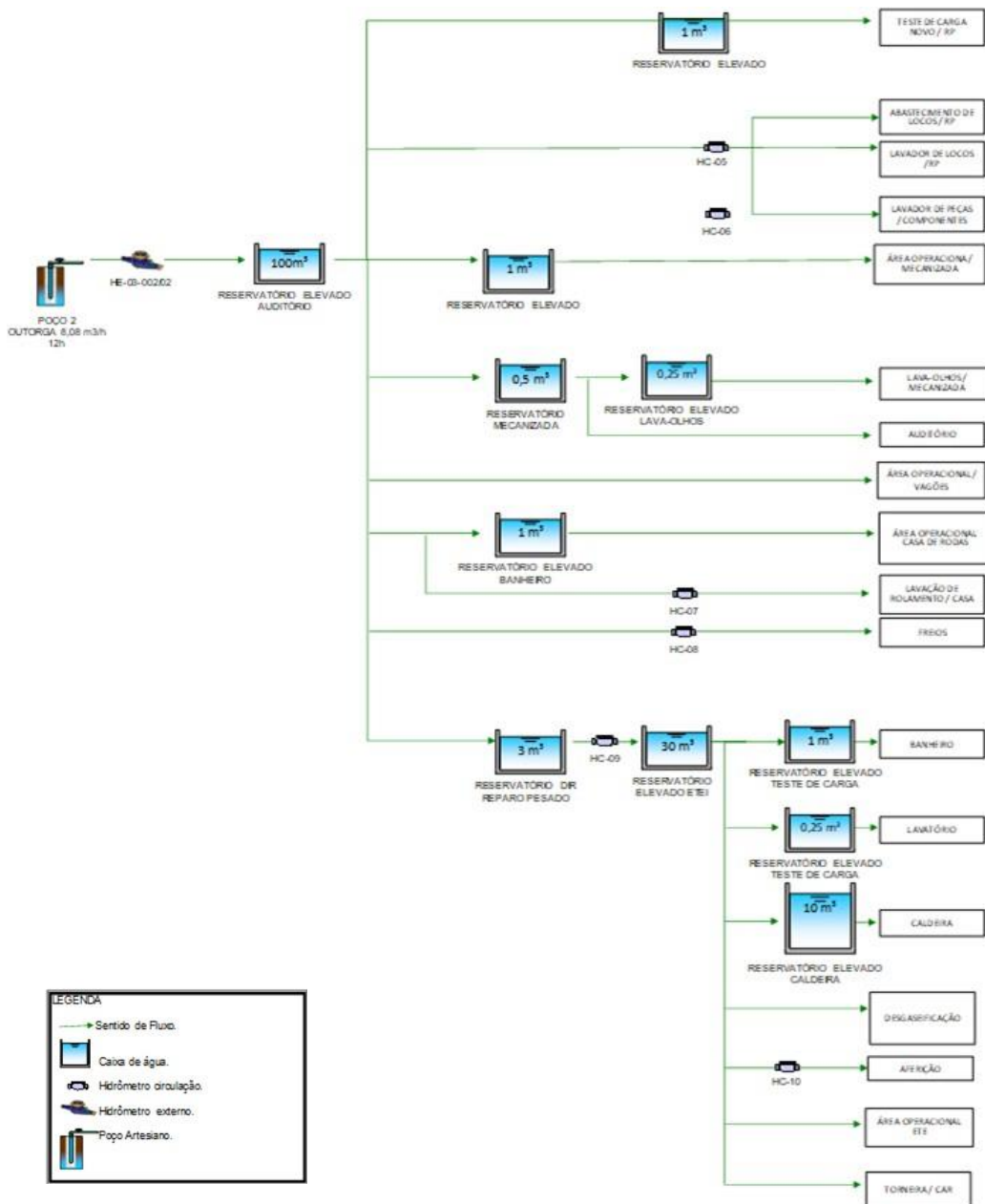
O balanço hídrico é o resultado da quantidade de água que se utiliza nas atividades e a quantidade de efluentes que se produz. Sendo que o consumo médio de água nova é de 742 m<sup>3</sup>/mês de água e a geração de efluente de 630 m<sup>3</sup>/mês. Em um planejamento sistemático para o futuro, a demanda de água e a geração de efluente devem ser consideradas conjuntamente de forma a se equilibrar esse balanço.

### 7.1 Sistema de abastecimento de água nova

Para o abastecimento de água nova na Oficina de Divinópolis são utilizados sete hidrômetros da concessionária e um poço artesiano, a distribuição está demonstrada Figura 1.

Figura 1 – Balanço Hídrico



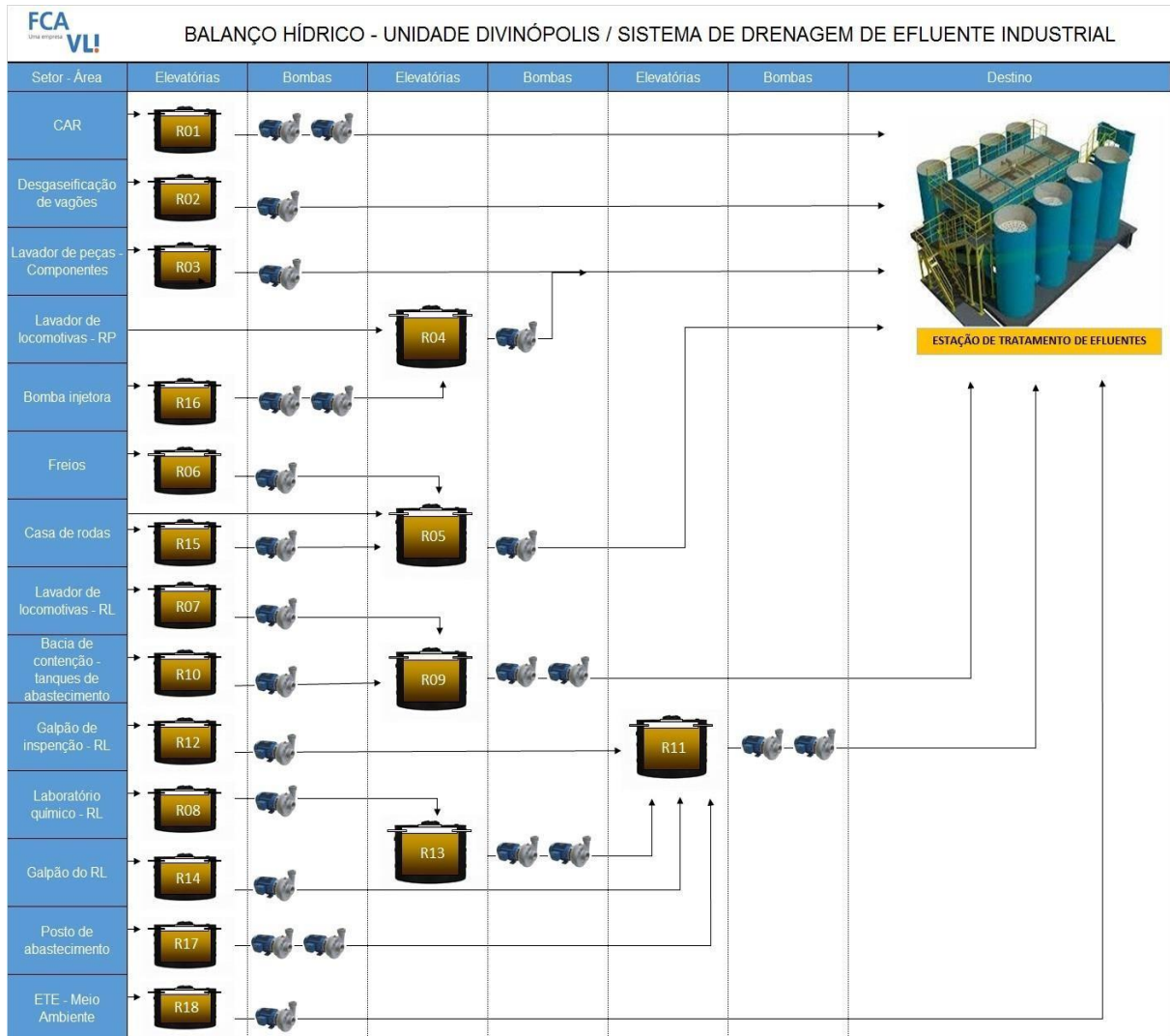


Fonte: Diretório VLI, 2022.

## 7.2 Sistema de drenagem de efluente industrial

Os efluentes de característica industrial a tratar são constituídos pela geração de água contaminada proveniente das atividades na oficina de manutenção. São efluentes líquidos oleosos gerados em diferentes áreas e setores que serão conduzidos por meio de sistemas de bombeamento hidráulico até a ETE para o devido tratamento (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma do sistema de drenagem de efluente industrial

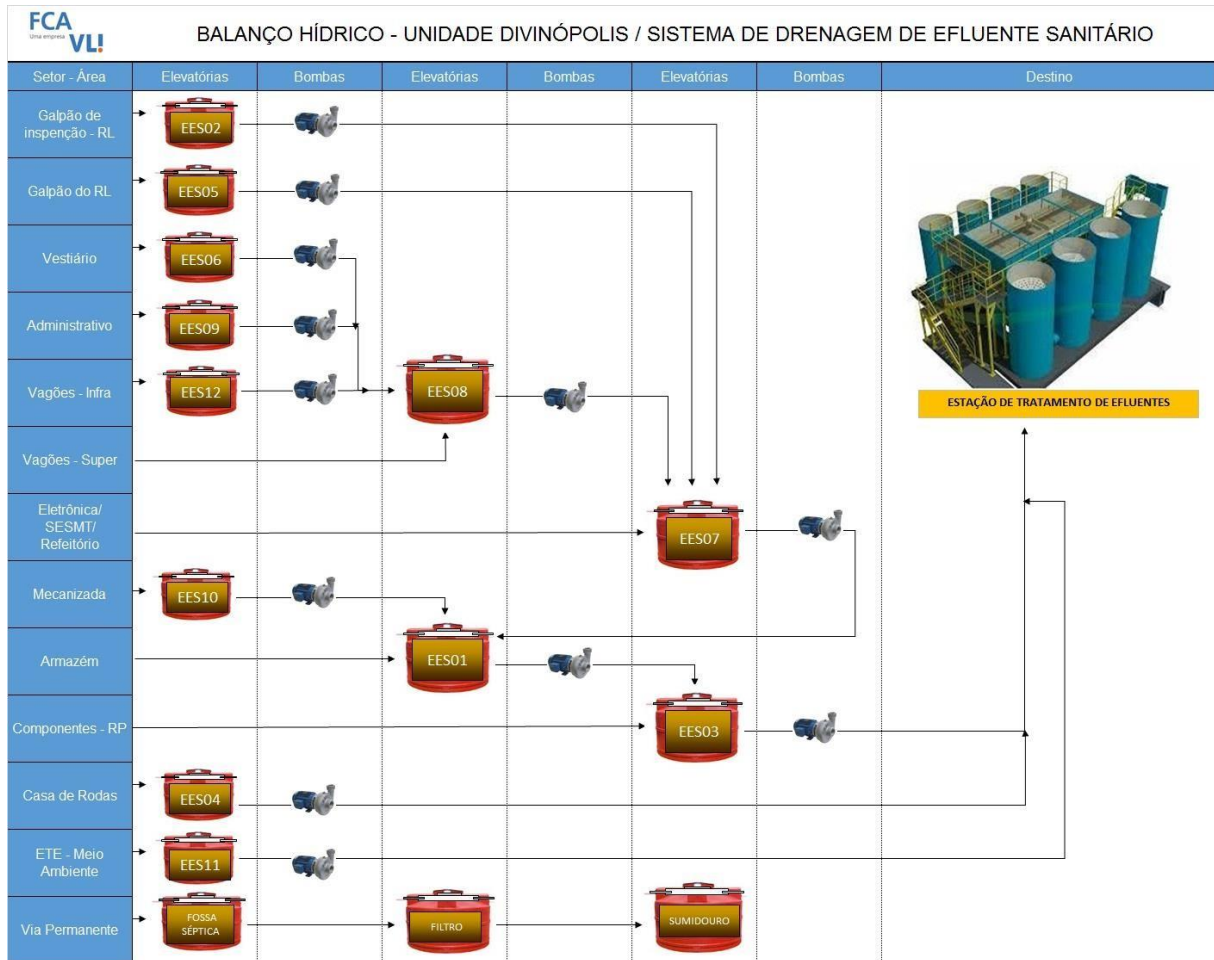


Fonte: Diretório VLI, 2022.

### 7.3 Sistema de drenagem de efluente sanitário

Os efluentes de característica sanitária a tratar são constituídos pela geração de esgotos gerados em banheiros e cozinhas que serão conduzidos por meio de sistemas de bombeamento hidráulico até a ETE para o devido tratamento (Figura 3).

Figura 3 - Fluxograma do sistema de drenagem de efluente sanitário

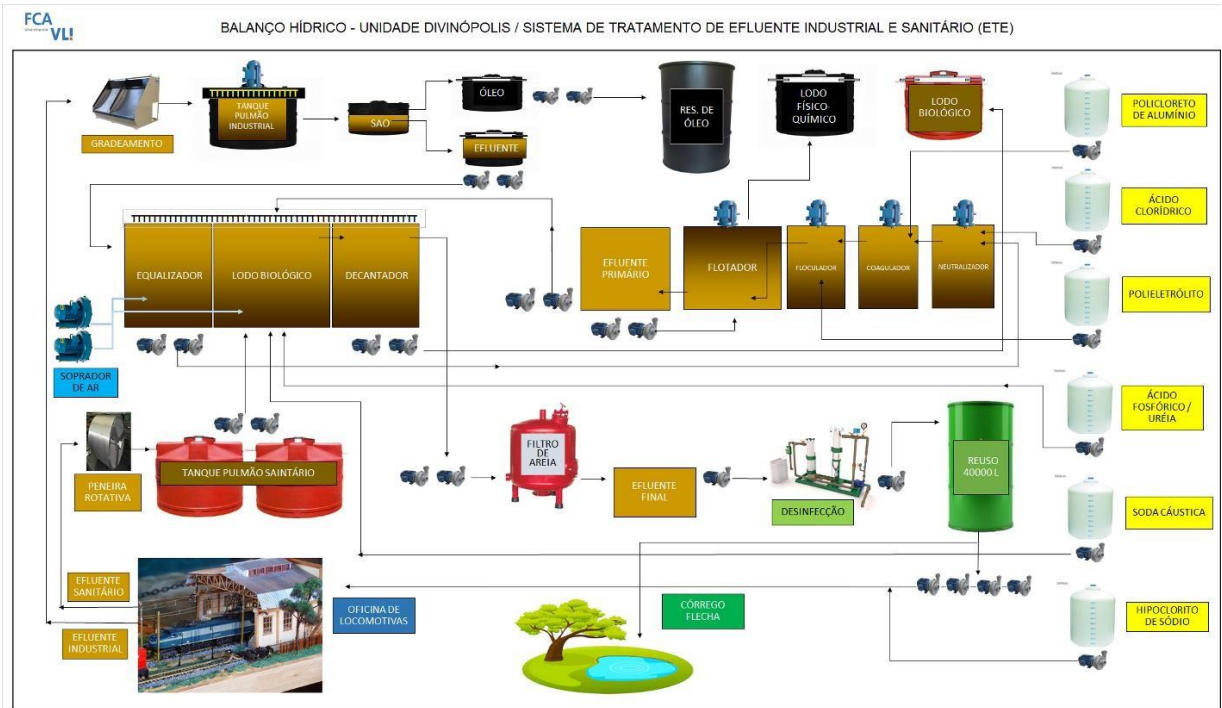


Fonte: Diretório VLI, 2022.

#### 7.4 Sistema de tratamento de efluente industrial e sanitário (ETE)

Os efluentes de características industriais e sanitárias são tratados na ETE por meio de sistemas de bombeamento hidráulico, drenagem, adição de produtos químicos, processos físicos, químicos e biológicos, filtração e desinfecção do efluente (Figura 4).

Figura 4 - Fluxograma do sistema de tratamento de efluente industrial e sanitário

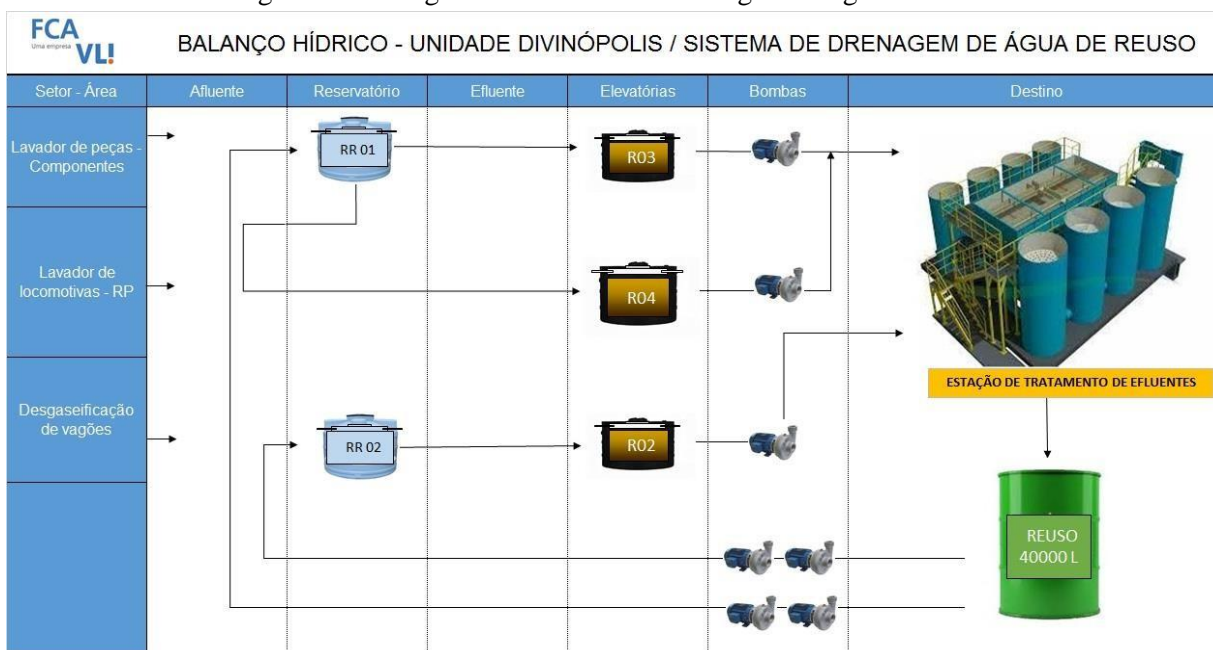


Fonte: Diretório VLI, 2022.

## 7.5 Sistema de drenagem de água de reúso

O efluente depois de tratado passa por um processo de filtração, desinfecção em luz ultravioleta (UV) e adição de hipoclorito de sódio. A água de reúso é armazenada para posterior reutilização nos processos de lavagem de peças, locomotivas, vagões e pátio (Figura 5).

Figura 5 - Fluxograma do sistema de drenagem de água de reúso



Fonte: Diretório VLI, 2022.

## 8 ETAPAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA ETE

O sistema de tratamento da ETE é composto por etapa preliminar seguida de tratamento primário, secundário e terciário. O efluente industrial passa por todas as etapas. O efluente sanitário possui tratamento preliminar separado do efluente industrial, não necessitando da etapa primária, dando continuidade junto ao efluente industrial na etapa secundária e terciária (Quadro 3).

Quadro 3- Etapas de tratamento de efluentes da ETE / FCA Divinópolis – MG

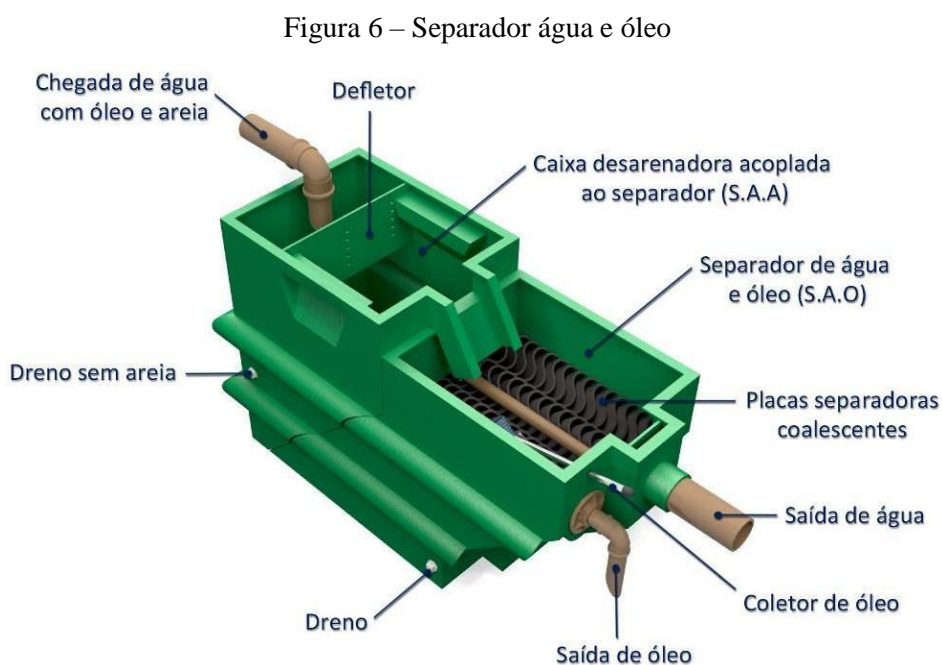
EFLUENTE	ETAPAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA ETE			
	Preliminar (físico)	Primário (físico-químico)	Secundário (biológico)	Terciário
INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gradeamento;</li> <li>Separação de óleo livre;</li> <li>Equalização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controle de vazão;</li> <li>Neutralização;</li> <li>Coagulação;</li> <li>Floculação;</li> <li>Flotação por ar dissolvido;</li> <li>Descarte de lodo físico-químico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tanque de aeração;</li> <li>Decantação secundária;</li> <li>Descarte de lodo biológico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filtração;</li> <li>Desinfecção.</li> </ul>
SANITÁRIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peneira rotativa;</li> <li>Separação de sólidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controle de vazão.</li> </ul>		

Fonte: Diretório VLI, 2022.

## 8.1 Etapa de tratamento preliminar (físico)

### 8.1.1 Efluente industrial

Os efluentes industriais gerados nas atividades da oficina de manutenção de Divinópolis são recalcados para gradeamento, já que entram em contato com grade filtrante que retém os resíduos grosseiros; em seguida, o efluente é armazenado no tanque pulmão industrial com capacidade de 70m<sup>3</sup>. A fase líquida no tanque é direcionada por gravidade ao separador água-óleo (SAO) para remoção do óleo livre (Figura 6).



Fonte: Manual do equipamento (Alfamec).

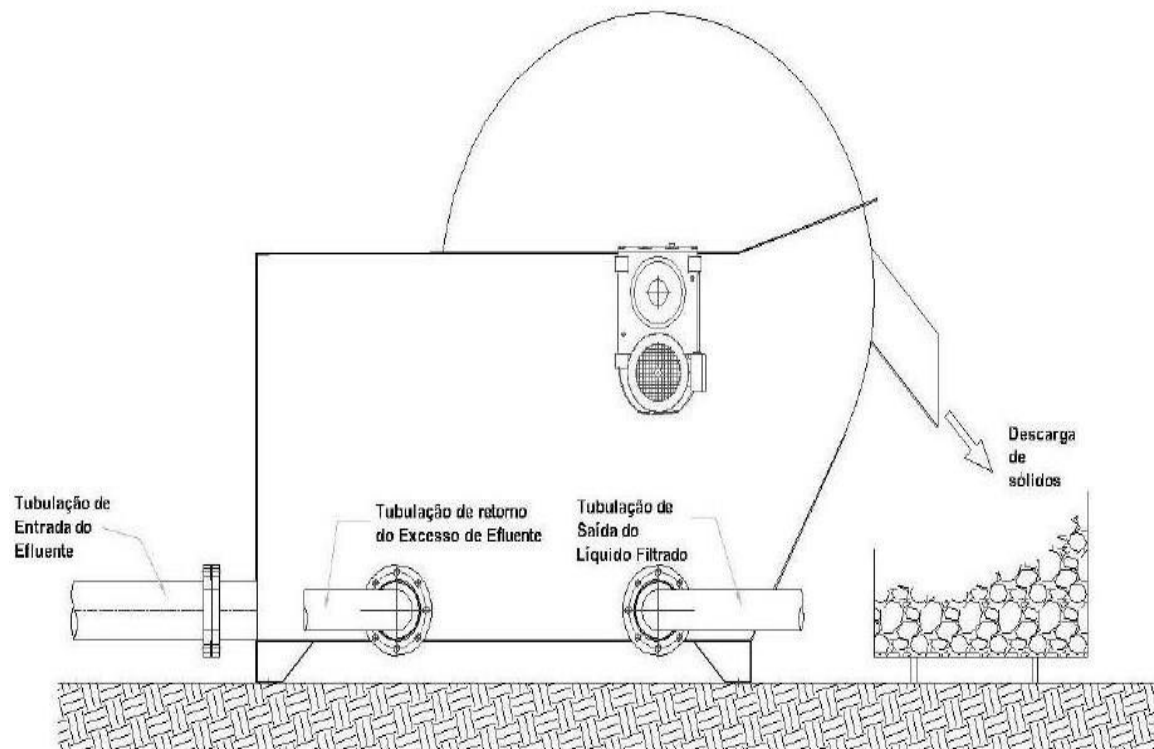
No separador água-óleo, a água contaminada é conduzida a uma câmara de sedimentação, onde os sólidos minerais mais pesados (areia) são retidos. O segundo estágio consiste em submeter o fluxo a um regime de escoamento controlado, no qual as pequenas gotas de óleo se agrupam (coalescência) e vão para a superfície da água, formando um filme que é retido por uma placa semissubmersa. O óleo acumulado na superfície é removido do separador por meio de um coletor tubular ajustável, sendo descarregado em um recipiente depósito e recalcado para um reservatório de armazenamento de óleo e, posteriormente, recolhido para descarte correto.

Os efluentes separados no SAO são conduzidos por gravidade para a elevatória de efluente bruto e, posteriormente, são recalcados para o tanque de equalização, onde são homogeneizados por difusão de ar. A homogeneização se dá através do fornecimento de oxigênio a cargo de dois sopradores de ar tipo “roots”, que insuflam o ar no fundo do tanque em malha de difusão equipada com difusores do tipo membrana. Esse tanque tem por objetivo minimizar e controlar flutuações nas características e vazões dos efluentes, de forma a promover condições ótimas para a etapa seguinte de tratamento primário (físico-químico).

### 8.1.2 Efluente sanitário

Os efluentes sanitários gerados são recalcados para a peneira rotativa que automaticamente retém os resíduos sólidos grosseiros separando-os em um recipiente (*container*) para posterior retirada (Figura 7). Em seguida, o efluente é drenado por gravidade para o tanque pulmão sanitário com capacidade de 30m<sup>3</sup>. Após atingir o nível, o efluente é bombeado para o tanque de aeração onde se inicia a etapa de tratamento secundário (biológico).

Figura 7 – Peneira rotativa



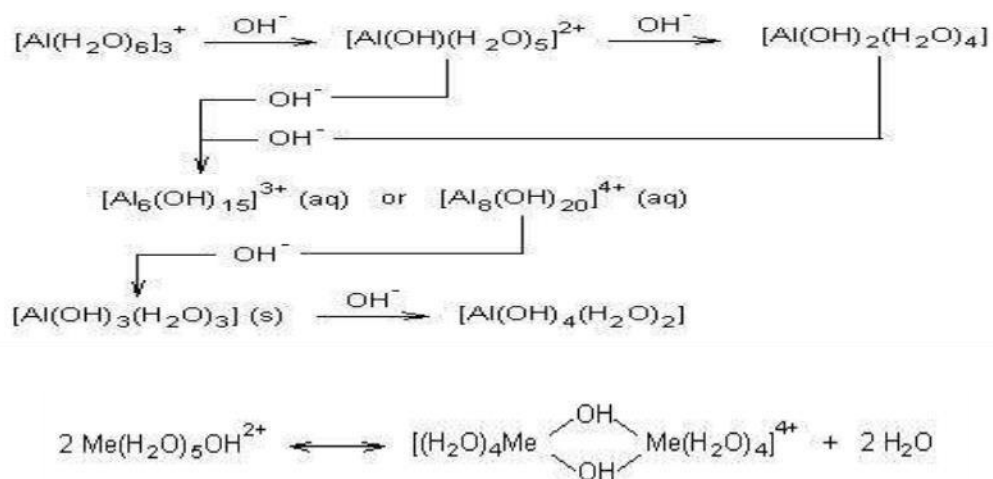
Fonte: Manual do equipamento (Alfamec)

## 8.2 Etapa de tratamento primário (físico-químico)

### 8.2.1 Efluente industrial

O efluente homogeneizado, no tanque de equalização, é bombeado para o tanque de neutralização onde o pH do efluente é corrigido automaticamente para a faixa ideal de coagulação (mínimo pH 6 e máximo pH 9), por meio da dosagem de soluções básicas ou ácidas, uma bomba dosadora é acionada por um indicador controlador de pH acoplado ao tanque. Após a correção do pH, o efluente escoo para o tanque de coagulação, onde é dosado, em uma bomba dosadora, por uma solução coagulante de policloreto de alumínio (PAC). Os coágulos são obtidos em função da ação da solução coagulante e do misturador lento instalado ao tanque. As partículas coloidais de óleo emulsionado serão adsorvidas pelos íons metálicos formados no meio (Figura 8). Esses íons, presentes na forma de hidróxidos mono e polinucleares, desestabilizam o equilíbrio de forças que, até então, mantinha as partículas emulsionadas separadas entre si, formando partículas (coágulos). A mistura coagulada escoo por gravidade para o tanque de floculação.

Figura 8 - Reações químicas da formação dos íons metálicos responsáveis pelo processo de coagulação

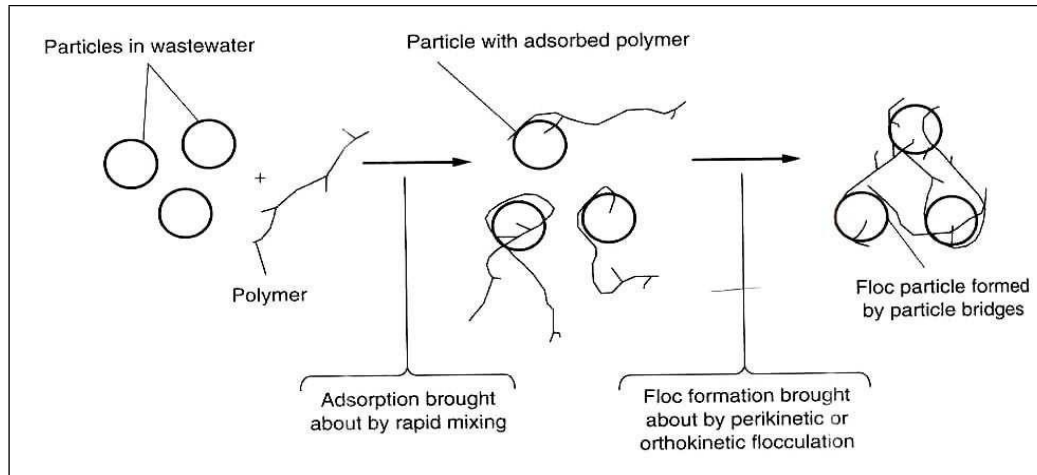


Fonte: Grecco *et al.*, 2021.

No tanque de floculação, é dosada, por meio de bomba dosadora, a solução de polieletrólito, que atua como agente floculante auxiliar. A solução de polieletrólito, constituída de moléculas orgânicas poliméricas, promove o processo de floculação. As

partículas, anteriormente coaguladas, são adsorvidas pelas moléculas poliméricas e unidas entre si, formando flocos maiores passíveis de remoção no flotor (Figura 9).

Figura 9 - Reações químicas das moléculas poliméricas responsáveis pelo processo de floculação



Fonte: Grecco *et al.*, 2021.

A mistura efluente/flocos formada no tanque de floculação escoam por gravidade para o flotor, onde ocorre a separação da fase líquida (efluente clarificado) da fase sólida (flocos formados). Após a separação por flotação, o líquido clarificado, que consiste no efluente tratado primário, é conduzido ao tanque de transferência, para posteriormente ser recalado para o tanque de aeração. Parte do efluente clarificado contido no tanque de transferência é recirculado, passando pressurizado pelo ejetor gás/líquido, onde ocorre a admissão e dissolução do ar necessário à flotação e, em seguida, pelo tanque regulador de aeração. A mistura ar/efluente, ao ser liberada no tanque de flotação, promove a formação de microbolhas que arrastarão os flocos para a superfície do flotor formando uma camada pastosa.

O sistema de raspagem superficial do flotor remove continuamente o material flutuante de lodo por meio do regulador de nível, o resíduo raspado escoam para o tanque de lodo físico-químico para posterior descarte. O lodo físico-químico é armazenado em *containers* por período de 1 mês e, com a ação da gravidade, é drenada a água restante no lodo passando o resíduo de pastoso para sólido, posteriormente, é recolhido para descarte correto (co-processamento). O líquido drenado durante o processo de desidratação é conduzido à elevatória de Efluente R18, retornando ao processo de tratamento.

### 8.2.2 Efluente sanitário

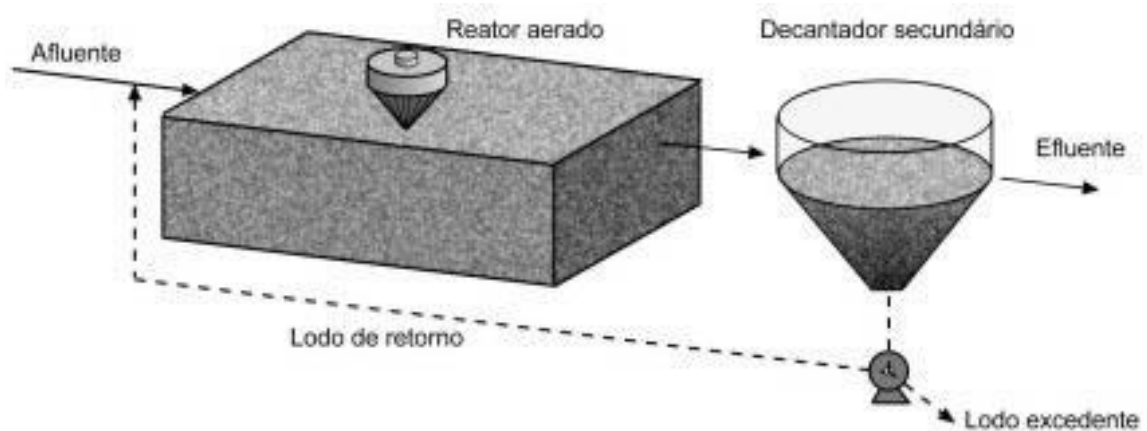
O efluente sanitário não passa pela etapa de tratamento primário (físico-químico), pois não há necessidade de adição de produtos químicos, portanto após passar pela etapa preliminar o efluente sanitário segue para a etapa de tratamento secundário (biológico).

### 8.3 Etapa de tratamento secundário (biológico)

No tanque de aeração ocorre o tratamento secundário, ou seja, o tratamento biológico. O sistema é o processo de lodo ativado (Figura 10), em que ocorre a mistura do efluente industrial e efluente sanitário, permitindo que os microorganismos que formam o lodo, na presença de oxigênio e nutrientes (nitrogênio e fósforo) contidos no esgoto ou adicionados na forma de ácido fosfórico e ureia, degradem a matéria orgânica presente no efluente por metabolismo aeróbio.

De acordo com Fogaça (2022), os métodos de tratamentos secundários de efluentes visam a remoção da matéria orgânica, que pode estar dissolvida (DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio - solúvel) ou em suspensão (DBO – suspensa ou particulada), por meio de métodos que aceleram o processo de decomposição dos poluentes orgânicos que ocorreria de maneira natural, porém mais lentamente.

Figura 10 – Sistema de lodo ativado



Fonte: Biotrakti, 2022.

A remoção e a estabilização da matéria orgânica presente no efluente são efetuadas biologicamente com o emprego de diversos microorganismos, principalmente bactérias (Figura 11).

Figura 11 – Microorganismos presentes no lodo biológico



Fonte: Próprio autor, 2022.

Os microorganismos são utilizados para oxidar (converter) a matéria orgânica (dissolvida ou particulada) em compostos finais simples ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ ) e em biomassa, como representado na equação abaixo, típica de processos aeróbios.



O oxigênio, a amônia e o fosfato da equação descrita são utilizados para representar os nutrientes (nitrogênio e fósforo) necessários para a conversão da matéria orgânica em compostos simples. O termo “novas células” representa a biomassa produzida, como resultado da oxidação da matéria orgânica. Os processos por lodos ativados receberam essa nomenclatura porque envolvem a produção de uma massa ativa de microorganismos capaz de estabilizar e unir efluente sob condições aeróbias de operação.

No tanque de aeração, o tempo de contato é promovido pela mistura e aeração do afluente ao tanque e dos microorganismos em suspensão. A homogeneização e o fornecimento de oxigênio necessário ao tratamento aeróbio ficam a cargo de dois sopradores de ar tipo “roots”, que insuflam o ar no fundo do tanque em malha de difusão equipada com

difusores do tipo membrana. Quando a concentração de carga orgânica do efluente é predominante, não é preciso adicionar ao tanque de aeração os nutrientes, (nitrogênio e fósforo), necessários ao metabolismo aeróbio.

A mistura efluente/lodo ativado escoar por gravidade do tanque de aeração para o decantador secundário, onde os flocos biológicos (lodo ativado), formados no tanque de aeração, são separados continuamente do efluente tratado. O líquido sobrenadante (efluente tratado secundário) transborda para a canaleta ao lado do decantador, sendo conduzido a um reservatório para a etapa de tratamento terciário. Os flocos formados no processo de tratamento biológico por lodos ativados possuem diâmetros situados na faixa entre 50 a 200  $\mu\text{m}$  (Figura 12). Como a biomassa possui uma densidade ligeiramente maior que a da água, ela pode ser separada do efluente tratado por decantação, pela ação da gravidade, levando a um efluente tratado bem clarificado após a etapa de separação.

Figura 12 - Floco microscópico de lodo ativado



Fonte: Revista Tae, 2022.

O lodo biológico sedimentado na unidade de decantação é bombeado para a canaleta de lodo e conduzido de volta ao tanque de aeração, promovendo a recirculação do lodo. Deve-se evitar a permanência exagerada de lodo biológico no fundo do decantador secundário para reduzir a sua anaerobiose e a consequente formação de gases, que causam a flutuação de aglomerados de lodos. Isso pode ocorrer por simples anaerobiose, com a formação de metano e gás carbônico e pela desnitrificação, com a redução dos íons nitratos a gás nitrogênio. Pode ocorrer também a formação de gás sulfídrico pela redução do íon sulfato.

Conforme Carminati (2016), o controle do teor de sólidos no tanque de aeração é realizado por meio do descarte de lodo biológico formado, e o excesso de lodo é encaminhado para o tanque de lodo biológico por bombeamento. Com a ação da gravidade, é drenada a água restante no lodo passando o resíduo de pastoso para sólido e, posteriormente, recolhido para descarte correto (compostagem ou aterro). O líquido drenado durante o processo de desidratação é conduzido à elevatória de efluente R18, retornando ao processo de tratamento. O efluente do tratamento secundário, armazenado no reservatório a jusante do decantador, é captado e conduzido à etapa terciária do tratamento, que permite a remoção de materiais remanescentes do tratamento secundário.

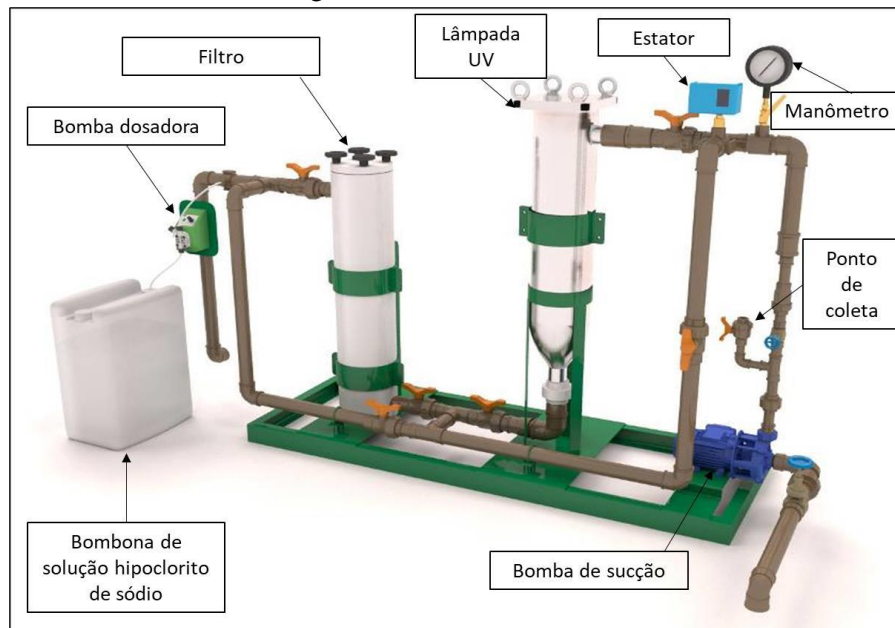
Para Fogaça (2022), a estabilização dos resíduos também pode ser feita por processos anaeróbicos, nos quais atuam micro-organismos na ausência de ar ou oxigênio elementar. O tratamento pode ser referido como fermentação mecânica. Essa estabilização também pode ser feita pela adição de produtos químicos (estabilização química), tais como cloreto férrico, cal, sulfato de alumínio e polímeros orgânicos.

#### **8.4 Etapa de tratamento terciário (desinfecção)**

O tratamento terciário é composto por uma etapa de filtração em leito de areia, desinfecção. A captação é realizada por meio de bombas centrífugas, que recalcam o efluente secundário contido no reservatório, para o filtro de areia, que tem a função de remover sólidos finos. Periodicamente, é realizada a retrolavagem do filtro, que consiste na introdução de água limpa proveniente do reservatório de água no sentido ascensional com velocidade relativamente alta, para promover a fluidificação parcial do meio granular com liberação das impurezas. O efluente dessa operação é direcionado à elevatória de efluente bruto e retorna ao processo de tratamento.

O efluente final, após filtração, é direcionado ao medidor de vazão tipo Thompson, em seguida, para a caixa de saída. O efluente tratado escoar por gravidade para a caixa de transferência que é bombeado passando pelo sistema de reúso que consiste em um processo de microfiltração, desinfecção em luz ultravioleta (UV) e adição de hipoclorito de sódio (Figura 13). A água de reúso vai para o reservatório com capacidade para 40 mil litros que pode ser reutilizada na lavagem de peças, locomotivas, vagões e pátio. O excesso da água residuária tratada é descartada para o corpo receptor (córrego) denominado Flecha Catalão.

Figura 13 – Sistema de reuso



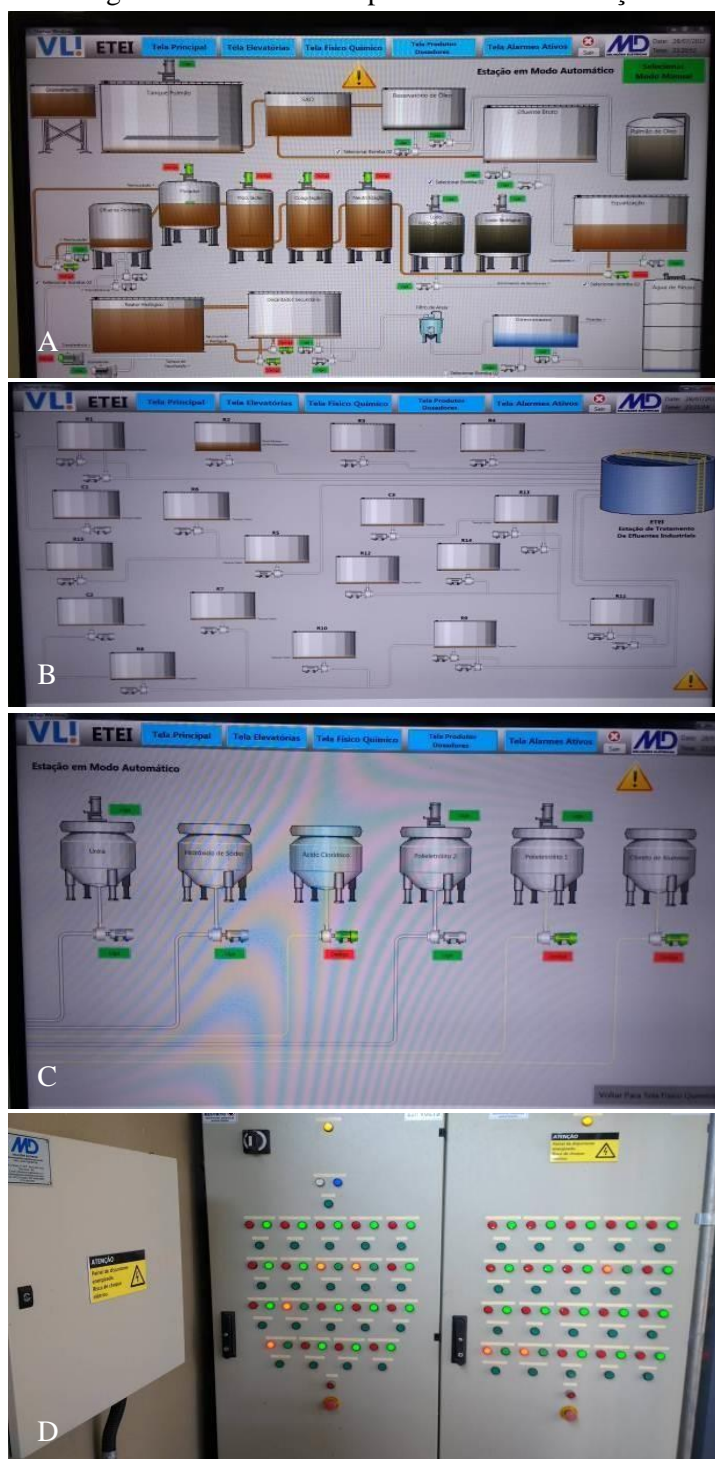
Fonte: Manual do equipamento (Alfamec)

## 9 OPERAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE

### 9.1 Controle operacional

O sistema operacional da ETE é controlado pelo painel do supervisor da automação, o processo funciona por um *software*, operado pelo técnico da ETE em um computador que fica no interior do laboratório. O sistema também pode ser operado pelo painel externo (Figura 14). O sistema de tratamento se inicia no bombeamento das elevatórias de efluentes industriais e sanitários passando pelo tratamento preliminar (físico), primário (físico-químico), secundário (biológico) e terciário (desinfecção) que serão descritos nos próximos tópicos.

Figura 14 – Painel do supervisor da automação



Fonte: Próprio autor, 2022.

Legenda: (A) Tela do sistema físico-químico;(B) Tela de elevatórias de efluentes industriais; (C) Tela dos reservatórios de produtos químicos; (D) Painel externo da automação.

## 9.2 Elevatórias de efluentes industriais e sanitários

Para bombear as elevatórias de efluentes industriais, o sistema pode ser acionado no supervisão do computador clicando no ícone “automático”. Assim quando a elevatória atingir o nível médio será bombeado ou pode ser acionado manualmente a qualquer momento clicando no ícone “manual” caso haja nível mínimo de efluente na elevatória. Esse procedimento também pode ser feito no painel de controle que fica na própria elevatória, virando a chave seletora para automático e, em seguida, clicando no botão “liga”. O sistema das elevatórias sanitárias não são inclusos na automação, mas são acionados automaticamente assim que se atinge o nível de bombeamento nos tanques (Figura 15). Os efluentes industriais e sanitários são recalcados através de bombeamento hidráulico para a ETE.

Figura 15 – Elevatórias de efluentes



Fonte: Próprio autor, 2022.

Legenda: (A) Elevatória de efluente industrial; (B) Elevatória de efluente sanitário.

Atualmente são 30 elevatórias de efluentes, sendo 18 elevatórias de efluentes industriais e 12 elevatórias de efluentes sanitários, além de uma fossa séptica. Os efluentes são gerados em diversas áreas da oficina conforme apresenta o quadro 4.

Quadro 4 - Elevatórias de efluentes industriais e sanitários da FCA Divinópolis - MG

Efluente Industrial		Efluente Sanitário	
Elevatória	Localização	Elevatória	Localização
R 01	CAR	EES 01	Em frente ao Armazém
R 02	Desgaseificação	EES 02	Dentro do galpão de Inspeção (RL)
R 03	Componentes	EES 03	Perto do Reparo Pesado (CED)
R 04	Lavador de Locomotivas do Reparo Pesado	EES 04	Perto da Casa de Rodas
R 05	Casa de Rodas	EES 05	No estacionamento
R 06	Freios	EES 06	Dentro do galpão do RL
R 07	Lavador de Locomotivas do Reparo Leve	EES 07	Em frente ao SESMT
R 08	Laboratório Químico (RL)	EES 08	Ao lado de PCM vagões
R 09	Ao lado da rotunda	EES 09	Atrás do administrativo
R 10	Bacia de contenção do posto de abastecimento	EES 10	Ao lado do Auditório
R 11	Ao lado do galpão de inspeção do RL	EES 11	Atrás da ETE
R 12	Galpão de Inspeção	EES 12	Vagões - Infra
R 13	Vala dentro do galpão do RL	FSS	Via Permanente
R 14	Em frente ao galpão do RL		
R 15	Ao lado do R5 (CR)		
R 16	Bomba Injetora		
R 17	Posto de abastecimento		
R 18	ETE		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 9.2.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá verificar diariamente os níveis das elevatórias no supervisão;
- Fazer o bombeamento assim que atingir o nível médio;
- Caso haja falha no computador, o acionamento deverá ser feito no painel de controle que fica na elevatória;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura das elevatórias, bacia de contenção, bombas, tubulações, painéis elétricos e automação;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

### 9.3 Etapa de tratamento preliminar (físico) – efluente industrial

#### 9.3.1 Gradeamento

O efluente bombeado das elevatórias passa pelo sistema de gradeamento, onde são retidos os sólidos grosseiros (Figura 16).

Figura 76 – Gradeamento



Fonte: Próprio autor, 2022.

##### 9.3.1.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá realizar diariamente inspeção visual;
- Caso seja observada obstrução no gradeamento o mesmo deverá realizar limpeza e retirada dos resíduos sólidos acondicionando em tambores para posterior descarte;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura da caixa, condições da grade e tubulações;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

#### 9.3.2 Tanque pulmão

Após passar pelo gradeamento, o efluente é armazenado no tanque pulmão (Figura 17).

Figura 17 - Tanque pulmão industrial



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.3.2.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá verificar diariamente o nível do tanque no supervisório, o nível pode também ser verificado no próprio tanque;
- Assim que atingir o nível médio, fazer a drenagem manualmente através de abertura do registro;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, tubulações e registro;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

#### 9.3.3 Separador água e óleo (SAO)

Após a drenagem do efluente armazenado no tanque pulmão, o efluente passa pelo sistema separador água e óleo (Figura 18).

Figura 88 – Separador água e óleo (SAO)



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.3.3.1 Procedimento operacional

- Para ocorrer melhor separação de óleo da água, deverá ser feita regulagem da vazão no registro do tanque pulmão de acordo com a quantidade de efluente que é drenado, sempre verificando o escoamento do óleo e o escoamento do efluente;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura da caixa, bacia de contenção e necessidade de limpeza do sistema;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

#### ***9.3.4 Caixa de transferência de óleo da SAO***

Após ocorrer a separação do óleo e água, o óleo é encaminhado para a caixa de transferência (Figura 19). Ao atingir o nível médio, o sistema é acionado automaticamente e o óleo é bombeado para o reservatório de óleo recuperado.

Figura 99 – Caixa de transferência de óleo da SAO



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.3.4.1 Procedimento operacional

- A operação do sistema de transferência de óleo da SAO é acompanhada na tela do computador da automação, sendo todo o processo automático;
- O sistema pode também ser operado manualmente no painel exterior clicando no botão identificado ao bombeamento de óleo da SAO;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: verificar estrutura da caixa, bombas, tubulações e necessidade de limpeza do sistema;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

#### ***9.3.5 Reservatório de óleo recuperado da SAO***

O óleo bombeado da caixa de transferência é armazenado no reservatório (Figura 20).

Figura 2010 – Caixa de transferência de óleo da SAO



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.3.5.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá acompanhar diariamente o nível do tanque;
- Ao final de cada mês deve realizar drenagem do acúmulo de água pela abertura de registro. A água retirada do fundo do reservatório é encaminhada para a SAO;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do reservatório, bacia de contenção, tubulações e registro.
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

#### 9.3.6 Caixa de transferência de efluente bruto

Após ocorrer o processo de separação do óleo, o efluente bruto é encaminhado para a caixa de transferência (Figura 21). Ao atingir o nível médio, o sistema é acionado automaticamente e bombeado para o tanque de equalização.

Figura 111 – Caixa de transferência do efluente bruto



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.3.6.1 Procedimento operacional

- A operação do sistema de transferência de efluente é acompanhada na tela do computador da automação, sendo todo o processo automático;
- O sistema pode também ser operado manualmente no painel exterior clicando no botão identificado ao bombeamento de efluente bruto;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura da caixa, bombas, tubulações e necessidade de limpeza do sistema;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

#### 9.3.7 Tanque de equalização

Todo efluente bruto é bombeado para o tanque de equalização, conforme Figura 22, processo pelo qual todo o efluente é homogeneizado por sopradores de ar. As bombas centrífugas do tanque de equalização recalcam o efluente equalizado continuamente para o tanque de neutralização.

Figura 122 – Tanque de equalização



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.3.7.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá verificar diariamente o nível do tanque no supervisório, o nível pode também ser verificado no próprio tanque;
- Assim que atingir o nível médio, deverá ser ligado o sistema de tratamento clicando no ícone da bomba do tanque pulmão na seleção “ligar”;
- Todo o processo seguinte de tratamento irá funcionar no automático;
- Esse procedimento pode também ser feito virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, bombas, tubulações e necessidade de limpeza;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno, realizar a abertura da ordem de serviço e informada ao responsável imediato.

### 9.4 Etapa de tratamento primário (físico-químico) – efluente industrial

#### 9.4.1 Tanque de neutralização

O efluente bruto passa por um medidor automático de vazão onde se inicia a etapa de tratamento primário (Figura 23). Nesse processo é dosado o produto neutralizante e misturado automaticamente.

Figura 23 – Tanque de neutralização



Fonte: Próprio autor, 2022

#### 9.4.1.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá regular a vazão de tratamento fazendo abertura do registro manualmente no medidor de vazão;
- A vazão de tratamento é definida de acordo com o volume de efluente a tratar contido no tanque pulmão;
- O sistema funciona com um misturador que atua automaticamente sendo acompanhado pela tela do computador, podendo também ser ligado virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;
- Durante o processo de tratamento físico-químico, o técnico da ETE deverá monitorar o consumo de solução química, a dosagem e o processo de neutralização por meio do procedimento de análises diárias;
- Deverá ser coletada amostra do efluente para análise no laboratório, conforme procedimento de análises diárias;
- Realizar uma vez por semana a drenagem do acúmulo de resíduos no fundo do tanque abrindo o registro de dreno. O resíduo drenado escoar para elevatória R18;

- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, tubulações, medidor de vazão, misturador e necessidade de limpeza;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno, deve-se realizar a abertura da ordem de serviço e informar ao responsável imediato.

#### ***9.4.2 Tanque de coagulação***

O efluente, após passar pelo neutralizador, escoa para o tanque de coagulação (Figura 24). Nesse processo o produto coagulante é dosado e misturado automaticamente. O inversor de frequência do pH metro de linha (Figura 25), instalado no tanque, atua automaticamente controlando o pH na faixa de 6,5 a 8,5.

Figura 24 – Tanque de coagulação



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 25 – Inversor de frequência do pHmetro de linha



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.4.2.1 Procedimento operacional

- O sistema funciona com um misturador que atua automaticamente sendo acompanhado pela tela do computador, podendo também ser ligado virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;
- O pH metro de linha possui um visor no qual o técnico da ETE acompanha se a faixa de pH está correta entre 6,5 e 8,5;
- Durante o processo de tratamento físico-químico, o técnico da ETE deverá monitorar o consumo de solução química, a dosagem e o processo de coagulação por meio do procedimento de análises diárias;
- Deverá ser coletada amostra do efluente para análise no laboratório, conforme procedimento de análises diárias;
- Realizar uma vez por semana a drenagem do acúmulo de resíduos no fundo do tanque abrindo o registro de dreno. O resíduo drenado escoar para elevatória R18;
- Realizar a calibração do pH metro de linha a cada 15 dias,, conforme procedimento de calibração e manual do equipamento;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, tubulações, pH metro de linha, misturador e necessidade de limpeza;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno, deve-se realizar a abertura da ordem de serviço e informar ao responsável imediato.

### 9.4.3 Tanque de flocculação

O efluente após passar pelo coagulador escoar para o tanque de flocculação (Figura 26). Nesse processo o produto flocculante é dosado e misturado automaticamente.

Figura 26 – Tanque de flocculação



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.4.3.1 Procedimento operacional

- O sistema funciona com um misturador que atua automaticamente sendo acompanhado pela tela do computador, podendo também ser ligado virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;
- Durante o processo de tratamento físico-químico, o técnico da ETE deverá monitorar o consumo de solução química, a dosagem e o processo de flocculação por meio do procedimento de análises diárias;
- Deverá ser coletada amostra do efluente para análise no laboratório, conforme procedimento de análises diárias;

- Realizar uma vez por semana a drenagem do acúmulo de resíduos no fundo do tanque abrindo o registro de dreno. O resíduo drenado escoa para elevatória R18;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, tubulações, misturador e necessidade de limpeza;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno, deve-se realizar a abertura da ordem de serviço e informar ao responsável imediato.

#### ***9.4.4 Tanque de flotação***

O efluente, após passar pelo floculador, escoa para o tanque de flotação (Figura 27). Nesse processo o pressurizador de ar do flotador atua automaticamente fazendo com que a borra oleosa fique na superfície do tanque facilitando a raspagem para o tanque de lodo físico-químico.

Figura 27 – Tanque de flotação e raspagem de lodo físico-químico



Fonte: Próprio autor, 2022.

##### **9.4.4.1 Procedimento operacional**

- O sistema funciona com raspador e o pressurizador de ar atuando automaticamente;

- O técnico da ETE acompanha o funcionamento do sistema pela tela do computador, podendo também ligar virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;
- Durante o processo de tratamento físico-químico, o técnico da ETE deverá monitorar a raspagem da borra oleosa sobrenadante no tanque;
- Realizar uma vez por semana a drenagem do acúmulo de resíduos no fundo do tanque abrindo o registro de dreno. O resíduo drenado escoar para elevatória R18;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, tubulações, raspador e necessidade de limpeza;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno, deve-se realizar a abertura da ordem de serviço e informar ao responsável imediato.

### ***9.5.1 Tanque de efluente primário***

O efluente, após passar pelo flotador, escoar para o tanque de efluente primário (Figura 28). Nesse processo as bombas de recirculação retornam o efluente para o flotador para uma segunda raspagem. Todo o processo atua automaticamente. Ao atingir o nível médio efluente é bombeado para o tratamento secundário (biológico).

Figura 28 – Tanque de efluente primário



Fonte: Próprio autor (2022).

#### 9.5.1.1 Procedimento operacional

- O sistema de recirculação e transferência de efluente para o tratamento secundário funciona automaticamente;
- O técnico da ETE deve acompanhar o processo pela tela do computador, podendo também ligar virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;
- Durante o processo de tratamento físico-químico, o técnico da ETE deverá monitorar a recirculação, a pressurização de ar para o flotador e a transferência de efluente;
- Realizar uma vez por semana a drenagem do acúmulo de resíduos no fundo do tanque abrindo o registro de dreno. O resíduo drenado escoar para elevatória R18;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, bombas, tubulações e necessidade de limpeza;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno, deve-se realizar a abertura da ordem de serviço e informar ao responsável imediato.

#### ***9.6.1 Tanque de lodo físico-químico***

A borra oleosa raspada na superfície do flotador escoar para o tanque de lodo físico-químico (Figura 29). Nesse processo o lodo físico-químico é bombeado para armazenamento pela bomba helicoidal para os *containers* (Figura 30). Após secagem e separação de água e resíduo, a água deverá ser esgotada dos IBCs para as canaletas de drenagem. O recolhimento para descarte deverá ser feito por empresa especializada.

Figura 29 – Tanque de lodo físico-químico



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 30 – Armazenamento de lodo físico-químico



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.6.1.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá acompanhar diariamente o nível do tanque;
- Assim que atingir nível médio deverá ser acoplado o mangote de dreagem nos *containers*;

- Ligar a bomba de transferência virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;
- Acompanhar o processo de enchimento dos *containers* (IBCs);
- Mensalmente deverá ser drenado o acúmulo de água dos IBCs. A água drenada escoar para elevatória R18;
- Mensalmente deverá ser contabilizada a quantidade de borra oleosa gerada;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque e dos *containers* IBCs, bombas, mangote, tubulações, necessidade de descarte do resíduo e necessidade de limpeza;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

## 9.7 Etapa de tratamento preliminar (físico) – efluente sanitário

### 9.7.1 Peneira rotativa

O efluente bombeado das elevatórias passa pelo sistema da peneira rotativa (Figura 31). Processo automático pelo qual são retidos os resíduos sólidos, separando do efluente. Os resíduos são armazenados em um *container* IBC.

Figura 31 – Peneira rotativa



Fonte: Próprio autor (2022).

#### 9.7.1.1 Procedimento operacional

- A peneira rotativa funciona automaticamente sempre que chega efluente bombeado das elevatórias;
- O técnico da ETE deverá realizar monitoramento visual do sistema e sempre que observar saturação da peneira, abrir registro de lavagem até ocorrer a total limpeza do gradeamento;
- Deverá monitorar o nível do *container* de resíduos, ao chegar no máximo, informar ao responsável imediato a necessidade do descarte e troca do IBC;
- Deverá ser coletada amostra do efluente para análise no laboratório, conforme procedimento de análises diárias;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura da caixa, motor de rotação, painel elétrico, condições da grade, estrutura do tanque, estrutura do *container* IBC e tubulações;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

#### 9.7.2 Tanque pulmão sanitário

Após passar pela peneira rotativa, o efluente é armazenado no tanque pulmão sanitário (Figura 32). As bombas centrífugas do tanque pulmão sanitário recalcam o efluente continuamente para o tanque de aeração (tanque biológico) onde se inicia a etapa de tratamento secundário. A etapa primária de tratamento é dispensada para o efluente sanitário, dando o seu único de tratamento na etapa secundária (biológico).

Figura 32 – Tanque pulmão sanitário



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.7.2.1 Procedimento operacional

- Todo o sistema é fechado e atua automaticamente;
- A vazão das bombas é predefinida no inversor de frequência que fica dentro do painel de controle ao lado dos tanques, cabendo ao técnico da ETE monitorar diariamente o nível e o acionamento das bombas por meio de inspeção visual;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, bombas, tubulações, registro e necessidade de limpeza;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

### 9.8 Etapa de tratamento secundário (biológico) – efluente industrial e sanitário

#### 9.8.1 Tanque de aeração (lodo biológico)

Após o tratamento físico-químico de efluentes industriais e o tratamento preliminar de efluentes sanitários, os efluentes das duas características são bombeados para o tanque de aeração (Figura 33). Todo o sistema de lodo ativado atua automaticamente. O lodo biológico escoar por gravidade para o decantador secundário. Os sopradores de ar (Figura 34) atuam no sistema operando automaticamente por 24 horas.

Figura 33 – Tanque de aeração (lodo biológico)



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 34 – Sopradores de ar



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.8.1.1 Procedimento operacional

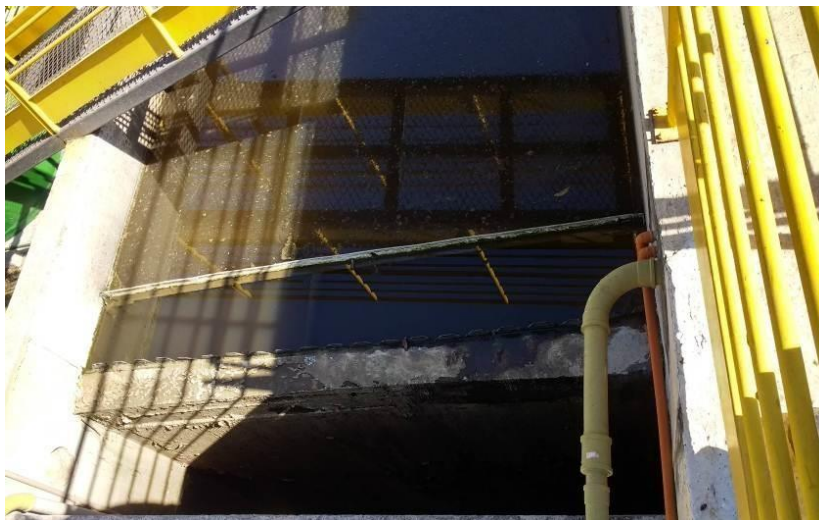
- O técnico da ETE deverá acompanhar o processo pela tela do computador, podendo também ligar virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;
- Durante o processo de tratamento biológico, o técnico da ETE deverá monitorar o lodo biológico por meio do procedimento de análises diárias;
- Deverá ser coletada amostra do efluente para análise no laboratório, conforme procedimento de análises diárias;
- Caso ocorra queda de volume de lodo, deverá ser dosada solução de nutrientes (nitrogênio e fósforo), conforme procedimento de análises diárias;

- Caso ocorra queda de pH tornando o meio ácido, deverá ser dosada solução de hidróxido de sódio, conforme procedimento de análises diárias;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, sopradores, bombas e tubulações;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

### 9.8.2 Decantador secundário

O decantador faz parte do sistema de lodo ativado. A medida que entra efluente no tratamento secundário, o lodo biológico escoar por gravidade para o decantador. O lodo biológico (massa) que decanta é recalcado do decantador secundário para o tanque de aeração renovando o ciclo do sistema de lodo ativado (Figura 35).

Figura 35 – Decantador secundário



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.8.2.1 Procedimento operacional

- As bombas centrífugas que retornam a biomassa decantada para o tanque de aeração, atuam automaticamente por 24 horas por meio da automação do sistema;
- Caso necessário, o operador da ETE pode acionar o sistema virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;

- Durante o processo de tratamento biológico, o técnico da ETE deverá monitorar a decantação do lodo biológico por meio do procedimento de análises diárias;
- Caso seja observado elevado volume de lodo, deve-se realizar drenagem para o tanque de lodo biológico;
- Deverá ser feita verificação diária da ocorrência de formação de lodo na superfície. Ocorrendo formação de camada sobrenadante, o técnico deverá realizar remoção jogando jato de água;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, sopradores, bombas, tubulações, necessidade de limpeza e descarte de lodo;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

### ***9.8.3 Tanque de lodo biológico***

A operação do sistema do tanque de lodo biológico (Figura 36) é realizada quando ocorre excesso de lodo biológico no decantador secundário identificado através de análises no laboratório.

Figura 36 – Tanque de lodo biológico



Fonte: Próprio autor, 2022.

### 9.8.3.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE, se observar elevado volume de lodo, conforme procedimento de análises diárias, deverá realizar a drenagem por meio de manobra de registro da própria bomba de recirculação de lodo, recalcando para o tanque de lodo, fechando o registro de retorno de lodo para o tanque de aeração e, em seguida, abrir o registro que recalca o lodo para o tanque de lodo biológico;
- O recolhimento para descarte deverá ser feito por empresa especializada;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, bombas, tubulações, necessidade de limpeza e descarte de lodo;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

## **9.9 Etapa de tratamento terciário (desinfecção) – efluente industrial e sanitário**

### ***9.9.1 Filtro de areia***

Após o efluente passar pelo tratamento secundário, escoar para o vertedor ao lado, ao atingir o nível da primeira boia, a bomba do filtro de areia (Figura 37) é acionada automaticamente. O filtro de areia permitirá a remoção de materiais remanescentes do tratamento secundário.

Figura 37 – Filtro de areia



Fonte: Próprio autor, 2022.

#### 9.9.1.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá realizar diariamente retrolavagem no filtro de areia por meio de inversão de registros;
- Deverá desligar o sistema no computador clicando no ícone da bomba referente ao filtro de areia na selção “manual” ou virando a chave seletora para “manual” no painel de controle que fica no painel exterior;
  - Em seguida deverá inverter os registros do filtro e abrir o registro de água limpa;
  - Ligar o sistema no computador clicando no ícone da bomba referente ao filtro de areia na seleção “automático” ou virando a chave seletora para “automático” e, em seguida, clicando no botão “liga” no painel de controle que fica no painel exterior;
  - Aguardar o prazo até que a água da retrolavagem comece a sair limpa. A água suja da retrolavagem retorna para a caixa de efluente bruto;
  - Após a retrolavagem, reverter os registros;
  - Deverá ser coletada amostra do efluente para análise no laboratório, conforme procedimento de análises diárias, semanais e mensais;
  - Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do filtro, bombas, tubulações, necessidade de substituição do elemento filtrante;

- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

### 9.9.2 Sistema de reúso

Após o efluente passar pelo filtro de areia, é contabilizada no medidor de vazão de saída a quantidade de efluente tratado. O efluente tratado passa por mais um processo de desinfecção – sistema de reúso (Figura 38) e é armazenado em um tanque onde pode ser reutilizado em atividades não potáveis (Figura 39). Todo o sistema é automático.

Figura 38 – Sistema de reúso



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 39 – Reservatório de água de reúso



Fonte: Próprio autor, 2022.

### 9.9.2.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá operar o sistema automaticamente no computador da automação, ou pode ser acionado manualmente no painel de controle do próprio sistema de reúso;
- Deverá ser feita limpeza diária do filtro sacola do sistema;
- Desligar o sistema virando a chave para “desliga” no painel de controle do sistema;
- Desmontar o compartimento e retirar o filtro sacola para limpeza, colocar o filtro limpo, fechar o compartimento e virar a chave seletora para “liga” do próprio sistema de reúso;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura do tanque, bombas, tubulações e necessidade de limpeza;
- Durante o processo de desinfecção, o técnico da ETE deverá monitorar o consumo de solução química de hipoclorito de sódio e a dosagem por meio do procedimento de análises diárias;
- Deverá ser coletada amostra do efluente para análise no laboratório, conforme procedimento de análises diárias, semanais e mensais;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

## 9.10 Produtos químicos

O preparo das soluções químicas é realizado em seus respectivos recipientes (Figura 40), e a dosagem é feita por bombas dosadoras que atuam automaticamente por sistema de automação durante o período de operação do processo de tratamento. O consumo de produtos utilizados no tratamento é aferido periodicamente, a dosagem é definida por meio de ensaios de “Jar-Test” no laboratório, conforme procedimento de análises diárias. As vazões de dosagem das soluções são ajustadas nas bombas dosadoras, por meio do uso de recipiente calibrado. Para cada preparo de solução química deverá ser lida a ficha de informações de produtos químicos – FISPQ e utilizados os Equipamentos de proteção recomendados para cada tipo de preparo químico.

Figura 40 – Reservatórios de produtos químicos



Fonte: Próprio autor, 2022.

Legenda: (A) Reservatório de Ácido Clorídrico (HCl); (B) Reservatório de Policloreto de Alumínio.

### 9.10.1 Procedimento operacional

- O técnico da ETE deverá acompanhar o consumo de produtos utilizados no tratamento aferindo periodicamente;
- A dosagem é definida por meio de ensaios de “Jar-Test” no laboratório, conforme procedimento de análises diárias;
- As vazões de dosagem das soluções são ajustadas nas bombas dosadoras, por meio do uso de recipiente calibrado;
- Preparar novas soluções quando os níveis nos reservatórios estiverem baixos seguindo os procedimentos de preparo;
- Para cada preparo de solução química deverá ser lida a ficha de informações de produtos químicos – FISPQ e utilizados os Equipamentos de proteção recomendados para cada tipo de preparo químico;
- Deverá ser feita inspeção semanal, verificando os seguintes itens: estrutura dos reservatórios, bombas dosadoras, tubulações, registros e necessidade de limpeza dos reservatórios;
- Qualquer anomalia deverá ser relatada no relatório de turno e informada ao responsável imediato.

### ***9.10.2 Preparo de solução de ácido clorídrico (HCl)***

A vazão da bomba dosadora de ácido clorídrico no tanque de neutralização é controlada automaticamente pelo indicador controlador de pH (6,5 a 8,5), localizado no Tanque de Coagulação. A bomba dosadora é acionada automaticamente pelo supervisor ou acionada no painel exterior.

#### **9.10.2.1 Procedimento de preparo**

- Capacidade do tanque 1200L;
- Adicionar 600 L de água;
- Adicionar 10 L de ácido clorídrico;
- Completar o volume do tanque com água.

### ***9.10.3 Preparo de solução de hidróxido de sódio (NaOH)***

A vazão da bomba dosadora de hidróxido de sódio no tanque de aeração deve ser acionada para neutralizar o pH. A bomba dosadora é acionada manualmente pelo supervisor ou acionada no painel exterior.

#### **9.10.3.1 Procedimento de preparo**

- Capacidade do tanque 1200L;
- Adicionar 600 L de água;
- Adicionar 10 L de soda cáustica;
- Completar o volume do tanque com água.

### ***9.10.4 Preparo de solução de policloreto de alumínio (PAC)***

A vazão da bomba dosadora de solução de policloreto de alumínio deverá ser ajustada de acordo com a variação da qualidade do efluente industrial e processo de coagulação; a dosagem é definida por meio de ensaios de “Jar-Test” no laboratório, conforme

procedimento de análise. A bomba dosadora é acionada automaticamente pelo supervisor ou acionada no painel exterior.

#### 9.10.4.1 Procedimento de preparo

- Capacidade do tanque 1200L;
- Adicionar 600L de água;
- Adicionar 250L de policloreto de alumínio;
- Completar o volume do tanque com água.

#### ***9.10.5 Preparo de solução de polieletrólito (polímero catiônico)***

A vazão da bomba dosadora de solução de polieletrólito catiônico deverá ser ajustada de acordo com a variação da qualidade do efluente industrial e processo de floculação; a dosagem é definida por meio de ensaios de “Jar-Test” no laboratório, conforme procedimento de análise. A bomba dosadora é acionada automaticamente pelo supervisor ou acionada no painel exterior.

#### 9.10.5.1 Procedimento de preparo

- Capacidade do tanque: 1200 L;
- Adicionar 600 L de água;
- Ligar o misturador no computador da automação ou no painel externo;
- Adicionar 1,5 Kg de polieletrólito lentamente até dissolver por completo;
- Completar o volume do tanque com água.

#### ***9.10.6 Preparo de solução de ácido fosfórico (P)***

A vazão de dosagem de solução de ácido fosfórico por meio de bomba dosadora no tanque de aeração é de suma importância para manter a relação de redução da carga orgânica, (relação: DQO:N:P=100:5:1), conforme procedimento de análise. A bomba dosadora é acionada manualmente pelo supervisor ou acionada no painel exterior.

#### 9.10.6.1 Procedimento de preparo

- Capacidade do tanque 1200L;
- Adicionar 600 L de água;
- Adicionar 20 L de ácido fosfórico;
- Completar o volume do tanque com água.

#### ***9.10.7 Preparo de solução de ureia (N)***

A vazão de dosagem de solução de ureia por meio de bomba dosadora no tanque de aeração é de suma importância para manter a relação de redução da carga orgânica (relação: DQO:N:P=100:5:1), conforme procedimento de análise. A bomba dosadora é acionada manualmente pelo supervisor ou acionada no painel exterior.

#### 9.10.7.1 Procedimento de preparo

- Capacidade do tanque 1200L;
- Adicionar 600 L de água;
- Adicionar 25 Kg de ureia;
- Completar o volume do tanque com água.

#### ***9.10.8 Preparo de solução de hipoclorito de sódio (Cl)***

A vazão de dosagem de solução de hipoclorito de sódio é de suma importância para a desinfecção da água de reúso. A bomba dosadora é acionada automaticamente pelo painel elétrico acoplado ao tanque de reúso.

#### 9.10.8.1 Procedimento de preparo

- Capacidade do tanque 50 L;
- Adicionar 10 L de água;
- Adicionar 10 L de hipoclorito de sódio;
- Completar o volume do tanque com água.

## **9.11 Rotina operacional**

A eficiência do tratamento, bem como os parâmetros que monitoram a qualidade do efluente devem ser verificados ao longo da operação da unidade de tratamento, para orientar na condução do trabalho do técnico e garantir o bom desempenho da ETE.

### ***9.11.1 Rotina diária***

- Monitorar o sistema de operação automático da ETE, por meio de inspeção visual e pela automação no sistema computadorizado (supervisório);
- Inspecionar as instalações hidráulicas e limpar as unidades para evitar entupimentos nas bombas e tubulações;
- Bombear as elevatórias de efluentes industriais e sanitários;
- Verificar o funcionamento dos equipamentos e desobstruir todas as tubulações e canaletas do sistema;
- Verificar o nível dos tanques de produtos químicos, avaliando a necessidade de preparo de soluções;
- Operar o sistema de tratamento industrial e sanitário;
- Realizar drenagem de lodo gerado (físico-químico ou biológico);
- Realizar retrolavagem no filtro de areia;
- Realizar limpeza no filtro UV;
- Realizar as análises laboratoriais diárias;
- Preencher relatório de análises, relatórios operacionais, formulários, etc.

### ***9.11.2 Rotina semanal***

- Verificar o nível de óleo dos sopradores e no motorreductor do raspador de sólidos do flotador;
- Verificação das condições das elevatórias, bombas, tubulações e bacia de contenção;
- Realizar as operações de remoção do excesso de lodo físico-químico para o tanque de lodo;

- Realizar as operações de remoção do excesso de lodo biológico para o tanque de lodo;
- Realizar drenagem de resíduos dos tanques do sistema físico-químico e biológico;
- Realizar a limpeza da sonda de pH do sistema físico-químico e realizar calibração;
- Realizar calibração dos equipamentos de medição do laboratório (pH metro, turbidímetro, oxímetro);
- Realizar as análises laboratoriais semanais;
- Realizar limpeza do pátio da ETE.

### ***9.11.3 Rotina mensal***

- Verificar consumo de produtos químicos;
- Verificar nível do tanque de óleo recuperado da SAO;
- Verificar quantidade de lodo físico-químico gerado;
- Verificar quantidade de lodo biológico gerado;
- Realizar as análises laboratoriais mensais.

## **9.12 Acompanhamento analítico**

### ***9.12.1 Coleta de amostras de efluentes***

- As amostras para os ensaios no laboratório devem ser coletadas de forma representativa, conforme procedimentos de análises;
  - Manter a verdadeira proporção entre o líquido e os sólidos em suspensão (homogênea);
  - Evitar a aeração excessiva da amostra no momento da coleta;
  - Não coletar amostras junto às paredes ou próximo ao fundo das unidades, procurar um ponto representativo da massa líquida;
  - Fazer “ambientação” do frasco de coleta três vezes com a própria amostra;
  - Verificar sempre os rótulos dos frascos, para não haver troca de amostras;
  - Evitar demora nas coletas, pois quanto menor for o tempo decorrido entre a coleta e a análise mais precisos serão os resultados;
  - Manter a limpeza dos frascos e tampas para impedir a contaminação das amostras.

### 9.12.2 Determinação das análises

Para o monitoramento da qualidade do efluente e operação da ETE, devem ser analisados os parâmetros conforme tópicos a seguir:

#### 9.12.2.1 Análises e ponto de coleta

Quadro 5 - Planilha de análises e pontos de coleta

Ponto de coletas / Analise									
Diário									
Parâmetros	Unidade	Horário	Equalização	Neutralização	Coagulação	Flotador	Tanque de Aeração	Saída do Filtro de Areia	Reservatório Reuso
pH	x								
Temperatura	° C								
Turbidez	NTU		X	X	X		X		X
			X	X	X		X		X
Oxigênio Dissolvido	mg/L		X	X	X		X		X
Cloro	mg/L		X	X	X	X	X	X	
Sedimentabilidade	ml/L								
Volume de Lodo	ml/L		X	X	X	X		X	X
Semanal									
Ponto de Coleta	Horário	DBO		DQO		Nitrogênio (N)		Fósforo Total (P)	
Unidade	X	mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	
Tanque de Aeração									
S / Filtro de Areia									

Fonte: Próprio autor, 2022.

### 9.13 Relatório de turno

Providenciar a abertura do relatório de turno (Quadro 6) no início da escala de trabalho para registrar todos os acontecimentos ligados à ETE, no que se refere ao desempenho do tratamento, assim como quanto ao funcionamento dos equipamentos. Deve ser registrado no relatório *checklist* das elevatórias, bombas, tubulações, painéis elétricos, sistema de automação assim como preparos de soluções químicas, manobras efetuadas,





#### ***9.14.1 Equipamentos de proteção individual (EPI)***

- Óculos, óculos de ampla visão;
- Botina de bico de ferro, bota de borracha;
- Capacete, boné;
- Abafador auricular;
- Jaleco, avental;
- Luvas de látex, vaqueta, nitrílica;
- Máscara facial / semifacial de gases, vapor, poeira.

#### ***9.14.2 Normas de segurança na operação da ETE***

- Indicar com sinalização adequada situações de parada: evitar o acionamento de motores ou aporte de efluentes para o sistema;
- Proibir fumo ou atividades que gerem faíscas em áreas próximas ao sistema de tratamento: evitar risco de ignição acidental de óleo separado ou de vapores orgânicos emanados da superfície do efluente. Caso seja necessária a realização de atividades que gerem faíscas, devem ser observados os procedimentos específicos. No caso de concentrações elevadas de vapores orgânicos, recomenda-se a medição do percentual do limite inferior de explosividade com auxílio de explosímetros;
- Observar e seguir procedimentos específicos em caso de necessidade de acesso a espaços confinados, devido à possibilidade de vapores orgânicos tóxicos e/ou inflamáveis emanados da superfície do efluente.

#### ***9.14.3 Normas de segurança no laboratório da ETE***

- Manter o laboratório em boas condições de higiene e limpeza;
- Realizar o trabalho somente se for um profissional treinado;
- Desinfetar as bancadas com álcool 70 % no início e fim de cada tarefa executada;
- Desinfetar bem as mãos com detergente neutro e álcool 70 % antes e depois da tarefa a ser executada;
- Usar óculos de segurança, luvas ou, se necessário, máscara contra gases ao manipular um reagente químico ou solução do produto;

- Ler com atenção os rótulos de reagentes químicos;
- Seguir PRO de análises;
- Lavar vidrarias com detergente neutro sempre que executar uma tarefa e, se necessário, secar em estufa a 100 °C por 1 hora;
- Realizar fracionamento de reagente somente com água destilada e identificar o frasco conforme normas de segurança de fracionamento;
- Caso haja um eventual incidente, contaminação por reagente, derramamento ou inalação de gases, comunicar ao responsável pelo laboratório, líder ou b15b43bb;
- Não ligar equipamento elétrico caso tenha dúvida de sua tensão ou voltagem;
- Proibido ingerir alimentos no laboratório;
- Sempre que houver quebra ou trinca de vidraria, descartar e lançar a perda na planilha de controle de vidraria;
- Não realizar qualquer atividade com produto químico com data de validade vencida.

#### ***9.14.4 Providências de controle ambiental***

- Acondicionar e destinar corretamente os resíduos gerados, conforme normas de procedimentos;
- Armazenar os produtos químicos, conforme normas de procedimentos;
- Fracionar os produtos químicos, conforme normas de procedimentos;
- Utilizar dos recursos hídricos, conforme normas de procedimentos;
- Utilizar KIT de emergência para conter pequenos vazamentos de contaminação no solo;
- Em caso de emergência seguir o plano de atendimento à emergência.

## 10 PLANO DE REAÇÃO

Quadro 7 – Plano de reação

<b>Étapas (O que fazer?)</b>	<b>Desvio</b>	<b>Consequência</b>	<b>Ação de Correção</b>	<b>Responsável</b>
Verificar condições e estrutura dos tanques, caixas, reservatórios e bacias de contenção.	Trincas, vazamentos.	Contaminação do solo, lençol freático, rede pluvial.	Acionar emergência ambiental caso ocorra transbordo e comunicar ao responsável imediato.	Técnico da ETE / Técnico Emergência Ambiental
Verificar condições dos painéis de controle, tubulações, bombas, motores e registros.	Trincas, vazamentos, pane elétrica ou mecânica.	Contaminação do solo, lençol freático, rede pluvial.	Acionar emergência ambiental caso ocorra transbordo e comunicar ao responsável imediato. Acionar manutenção.	Técnico da ETE / Técnico Emergência Ambiental/ Eletromecânico
Manusear e preparar soluções químicas.	Transbordo, reação química.	Contaminação do solo, lençol freático, rede pluvial, contaminação pessoal.	Acionar emergência ambiental caso ocorra transbordo e comunicar ao responsável imediato. Ler a FISPQ, usar EPIs adequados para cada tipo de preparo químico.	Técnico da ETE / Técnico Emergência Ambiental
Realizar drenagem e armazenamento do lodo físico-químico ou biológico.	Transbordo.	Contaminação do solo, lençol freático, rede pluvial.	Acionar emergência ambiental caso ocorra transbordo e comunicar ao responsável imediato.	Técnico da ETE / Técnico Emergência

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

## 11 EQUIPE TÉCNICA RESPONSÁVEL

Quadro 8 – Equipe técnica responsável

<b>Nomes</b>	<b>Matrícula</b>	<b>Área</b>
Rafael Antônio de Oliveira	30495180	Gerência de Meio Ambiente
Halison Salis Eustaquio	30494766	Gerência de Meio Ambiente

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648 – **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** - Procedimento. Rio de Janeiro, 1986. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9896 – **Glossário de Poluição das Águas**. Rio de Janeiro, 1993.

BIOTRAKTI. **Tratamento biológico de efluentes**. 2022. Disponível em: <https://biotrakti.blogspot.com/2015/04/control-de-solidos-em-sistema-aerobio.html>. Acesso em: 12 ago. 2022.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. – **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. São Paulo, 1993.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências de 17 de março de 2005. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, 2011.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM) nº 1 – **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais, condições e padrões de lançamento de efluentes, e outras providências**, 2008.

CARMINATI, H. B.. **Modelagem e otimização de sistemas MBBR para tratamento de efluentes**. Tese de Mestrado Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2016.

CAVALCANTI, J. E. W. de A.. **Manual de tratamentos de efluentes industriais**. São Paulo/SP: Engenho Editora Técnica, 454p, 2009.

DEZOTTI, M.; BASSIN, J.P.; BILA, D.M.. **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos**. 1. ed, Rio de Janeiro: E-papers, 306 p., 2008.

DEZOTTI, M.; SANT'ANNA JR, G. L.; BASSIN, J. P.. **Processos biológicos avançados para tratamento de efluentes e técnicas de biologia molecular para o estudo da diversidade microbiana**. 1. ed., Rio de Janeiro: Interciência Ltda. 2011.

FOGAÇA, J. **Tratamentos secundários de efluentes**. 2022. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tratamentos-secundarios-efluentes.htm>. Acesso em: 12 ago. 2022.

GRECCO, L. H. A.; SOUZA, B. C. A.; ZANONI, M. V. B. **Eletrocoagulação/eletrofloculação para tratamento de águas residuárias:** eletrodos não convencionais e acoplamento de técnicas. 2021. Disponível em: [http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=9400](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=9400). Acesso em: 12 ago. 2022.

LUND, H. F. – **Industrial Pollution Control Handbook**. McGraw-Hill Book Company, 1971.

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. – **Água na indústria** – Uso racional e reúso. Oficina de Textos. São Paulo, 2005. 144 p.

NOVAIS, V. L. D. **Química Geral e Inorgânica** - Química – v. 1. São Paulo, 1993. REVISTA

TAE. **Marco legal do saneamento básico**. 2022. Disponível em: <https://www.revistatae.com.br/Artigo>. Acesso em: 12 ago. 2022.

## ANEXO A – TERMO DE PARECERIA



### TERMO DE PARCERIA

Pelo presente **Termo de Parceria**, a empresa ou órgão situado (a) no endereço **R: Coronel Julio Riberio Gontijo**, na cidade **Divinópolis**, **CEP 35501-000**, **CNPJ 00.924.429/0001-75**, declara colaborar com o suporte necessário na execução do projeto do discente **Halison Salis Eustáquio**, no “Curso de Pós-graduação Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental”, do *Campus Bambuí*.

#### Outras informações

**Nome do Projeto:** OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DAS ATIVIDADES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS.

**Cidade de execução do Projeto:** Divinópolis MG

**Atividades da empresa:** Logística Ferroviária.

#### Suporte da empresa na execução do Projeto (marque as opções):

infraestrutura disponível.

quadro de funcionários.

recursos financeiros.

outros suportes \_\_\_\_\_

Com o desenvolvimento do Projeto a contrapartida do discente para a empresa será produzir os seguintes produtos técnicos:

- Manual de Operação Técnica.

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do candidato

\_\_\_\_\_  
Nome e assinatura do representante da empresa

Divinópolis: 07 /02 / 2023.

## ANEXO B – APROVAÇÃO DE PUBLICAÇÃO DE ARTIGO

Olá,

Após seu trabalho ser analisado pelos nossos revisores externos, tivemos um parecer POSITIVO para publicação do artigo.

Informamos que o artigo deve conter no máximo 20 laudas e 8 autores. Caso estes limites sejam ultrapassados cobramos uma taxa extra.

Os dados dos autores devem ser enviados conforme modelo abaixo:

Nome completo:

Formação acadêmica mais alta

Instituição de atuação atual

Endereço completo institucional

Email.

Celular (não constará na publicação, apenas em nossa base de dados)

Pedimos, se possível, que cite artigos publicados em nossas revistas. Isso nos ajudará muito a conseguir uma avaliação Qualis mais alta!

Solicitamos a máxima atenção dos autores para que não ocorram erros, pois não teremos como modificar o artigo após publicado.

Qualquer dúvida estamos à disposição.

Atenciosamente,

Sophia S. Guerra

Assistente Editorial

Em ter, nov 1, 2022 às 15:29, Halison Salis Eustaquio <[halison.eustaquio@vli-logistica.com.br](mailto:halison.eustaquio@vli-logistica.com.br)> escreveu:

Boa tarde Edilson Antonio Catapan,

Recebi a indicação da editora através de um amigo e estou precisando seguir com a publicação de um artigo.

Em anexo o material a ser publicado já no padrão da revista, gostaria se é possível de fazermos a submissão / publicação e qual seria o próximo passo para seguirmos com o processo.

Desde já agradeço!

Att;

**Halison Salis Eustáquio**

[halison.eustaquio@vli-logistica.com.br](mailto:halison.eustaquio@vli-logistica.com.br)

Telefone: +55 (37) 3229-3133 Carrier: 852 – Celular: (37) 99836-5350

Gerência de Gestão Integrada Corredor Centro Leste

Av. Coronel Júlio Ribeiro Gontijo, 391 - Esplanada, 35501-000