



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS  
DE SERGIPE - FANESE  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ADELVAN DOS SANTOS**

**ESTUDO DO GERENCIAMENTO DE EFLUENTE ORIUNDO  
DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NUMA  
EMPRESA DE SANEAMENTO URBANO**

**Aracaju - SE  
2019.1**

**ADELVAN DOS SANTOS**

**ESTUDO DO GERENCIAMENTO DE EFLUENTE ORIUNDO  
DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NUMA  
EMPRESA DE SANEAMENTO URBANO**

**Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.**

**Orientadora: Dra. Fabiane Santos Serpa**

**Coordenadora do Curso: Dra. Leila Medeiros Santos**

**Aracaju - SE  
2019.1**

SANTOS, Adelman dos.

S237e

Estudo Do Gerenciamento De Efluente Oriundo De  
Estação De Tratamento De Esgoto Numa Empresa De  
Saneamento Urbano / Adelman dos Santos, 2019.47p.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração  
e Negócios de Sergipe. Coordenação de Engenharia de  
Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiane Santos Serpa

1. Lodo 2. Estação de tratamento 3. Plano de ação I.  
Título.

CDU 347.195: 658.567(813.7)

Elaborada pela Bibliotecária Lícia de Oliveira CRB-5/1255

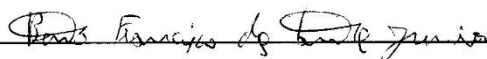
ADELVAN DOS SANTOS

**ESTUDO DO GERENCIAMENTO DE EFLUENTE ORIUNDO  
DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NUMA  
EMPRESA DE SANEAMENTO URBANO**

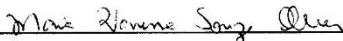
Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe - FANESE, como elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2019.1.



Dra. Fabiane Santos Serpa  
Orientadora



Prof. Me. Bento Francisco dos Santos Júnior  
1º Examinador(a)



Dra. Maria Vanessa Souza Oliveira  
2º Examinador(a)

Aprovado com média: 7,5

Aracaju (SE), 12 de junho de 2019.

**“Tais são os preceitos do direito: viver  
honestamente, a ninguém ofender, e  
dar a cada um o que é seu.”**

**(ULPIANO)**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida. Aos membros da minha família que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui, mesmo quando passei por alguns momentos de turbulências, e pensei em desistir, e eles não permitiram.

A dona Olivia, minha querida mãe que já não está mais entre nós, mais que, foi uma verdadeira guerreira, que soube educar seus filhos, não nos permitindo andar por meios tortuosos e em más companhias, andando sempre de cabeça erguida, estudando e trabalhando para conquistar dignamente seus objetivos.

A minha esposa Sheila Cristina, que não mediu esforços para estar ao meu lado, mesmo nos momentos de dificuldade, me apoiando e ajudando, sendo compreensiva nos momentos em que tive que passar noites em claro para fazer meus trabalhos, e no dia seguinte, lá estava ela com o sorriso no rosto e me dizendo: “é assim mesmo, tenha paciência que tudo se resolve.”

Aos meus filhos Elianderson que também partiu para a morada eterna e Elizanderson, que me deram força nessa dura caminhada, principalmente quando diziam: “força meu carequinha, o senhor vai conseguir, temos orgulho do senhor”

Aos meus irmãos, que me apoiaram desde o início, me ajudando inclusive na parte financeira para manter o curso, e se orgulhando por ter um irmão que vai ser engenheiro.

Aos meus colegas de trabalho, que em alguns momentos, seguraram a barra no serviço, para que eu pudesse participar das tarefas e aulas cujo horários coincidiam com o horário de trabalho.

E a professora Fabiane Serpa que aceitou o desafio de orientar um trabalho complexo de um aluno que passou um bom tempo fora da sala de aula.

## **RESUMO**

**Esta pesquisa apresenta como título Estudo do Gerenciamento de efluente oriundo de estação de tratamento de esgoto numa empresa de saneamento urbano. Por não dispor de estudos técnicos para melhorar a disposição do lodo gerado nas suas estações de tratamento, papel fundamental para melhor atender a legislação ambiental vigente, surgiu a questão problematizadora: Como minimizar os problemas decorrentes da disposição do lodo gerado em estações de tratamento de esgoto (ETE) em aterros sanitários? O objetivo do trabalho consistiu em propor ações para o beneficiamento e reuso do lodo proveniente da estação de tratamento de esgoto de uma empresa de saneamento urbano em Aracaju-Se. Para alcançar o objetivo geral foram estabelecidos como objetivos específicos: (i) mapear o processo (estação) de tratamento de esgoto e geração do efluente; (ii) relacionar as práticas de gestão utilizadas na estação de tratamento de esgoto da empresa; (iii) avaliar os aspectos positivos e negativos associados ao processo e por fim (iv) elaborar estratégias visando o beneficiamento e aproveitamento do lodo gerado pelo tratamento do esgoto sanitário doméstico na agricultura. O método de abordagem foi o estudo de caso, descritivo, qualitativo, de campo e bibliográfico onde foi possível realizar o levantamento dos dados, e aplicar as ferramentas da qualidade. Concluiu-se que o estudo atingiu os objetivos ao sugerir uma melhor forma de disposição do lodo gerado proveniente de estações de tratamento, em aterros sanitários.**

**Palavras-Chave: Lodo. Estação de Tratamento. Plano de ação.**

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Quadro 1 - Condições para Lançamento de Efluentes.....</b>    | <b>22</b> |
| <b>Quadro 2 - Padrões para Lançamentos de Efluentes.....</b>     | <b>23</b> |
| <b>Quadro 3 – Fases para Elaboração de um Plano de Ação.....</b> | <b>28</b> |
| <b>Quadro 4 – Variáveis e Indicadores da Pesquisa.....</b>       | <b>34</b> |
| <b>Quadro 5 – Plano de Ação 5W2H.....</b>                        | <b>44</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Exemplo de fluxograma de processos.....                           | 27 |
| Figura 2 – Diagrama de causa e efeito.....                                   | 29 |
| Figura 3 – Fluxograma do processo.....                                       | 36 |
| Figura 4 – Etapa de gradeamento de esgoto numa estação de<br>tratamento..... | 37 |
| Figura 5 – Caixa de areia.....                                               | 38 |
| Figura 6 – Câmara de carga de uma estação de tratamento de esgoto.....       | 39 |
| Figura 7 – Sistema DAFA empregado no tratamento de efluentes.....            | 40 |
| Figura 8 – Valos de Aeração ou tanques de oxidação.....                      | 41 |
| Figura 9 – Leito de secagem de uma ETE.....                                  | 42 |
| Figura 10 – Tanque de contato localizado numa ETE.....                       | 42 |
| Figura 11 – Diagrama de Ishikawa.....                                        | 43 |

## SUMÁRIO

### LISTA DE QUADROS

### LISTA DE FIGURAS

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                        | <b>12</b> |
| <b>1.1 Situação Problema.....</b>                                               | <b>13</b> |
| <b>1.2 Objetivo geral .....</b>                                                 | <b>14</b> |
| <b>1.2.1 Objetivos específicos .....</b>                                        | <b>14</b> |
| <b>1.3 Justificativa .....</b>                                                  | <b>14</b> |
| <b>1.4 Caracterização da Empresa.....</b>                                       | <b>14</b> |
| <br>                                                                            |           |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                                            | <b>17</b> |
| <b>2.1 Impactos ambientais causados pelos efluentes.....</b>                    | <b>17</b> |
| <b>2.1.1 Lodo de esgoto sanitário doméstico.....</b>                            | <b>17</b> |
| <b>2.2 Tecnologias empregadas no processo de tratamento de esgotos.....</b>     | <b>17</b> |
| <b>2.3 Processos do Tratamento de esgoto (físico, químico e biológico).....</b> | <b>20</b> |
| <b>2.4 Caracterização e parâmetros do efluente .....</b>                        | <b>21</b> |
| <b>2.5 Vantagens e desvantagens.....</b>                                        | <b>24</b> |
| <b>2.6 Formas de disposição final do lodo.....</b>                              | <b>25</b> |
| <b>2.7 Gestão da Qualidade.....</b>                                             | <b>26</b> |
| <b>2.7.1 Fluxograma dos processos.....</b>                                      | <b>26</b> |
| <b>2.7.2 5W2H – plano de ação.....</b>                                          | <b>27</b> |
| <b>2.7.3 Diagrama de Ishikawa ou “Espinha de Peixe” .....</b>                   | <b>28</b> |
| <br>                                                                            |           |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                                                      | <b>30</b> |
| <b>3.1 Caracterização da Pesquisa.....</b>                                      | <b>30</b> |
| <b>3.1.1 Quanto aos objetivos ou fins .....</b>                                 | <b>31</b> |
| <b>3.1.2 Quanto ao objeto ou meios .....</b>                                    | <b>31</b> |
| <b>3.1.3 Quanto ao tratamento dos dados.....</b>                                | <b>31</b> |
| <b>3.2 Instrumentos de Pesquisa.....</b>                                        | <b>32</b> |
| <b>3.3 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa .....</b>                        | <b>33</b> |
| <b>3.4 Definição das Variáveis .....</b>                                        | <b>33</b> |

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5 Plano de Registro e Análise dos Dados .....                                               | 34 |
| 4 ANÁLISE DE RESULTADOS .....                                                                 | 35 |
| 4.1 Caracterização do processo.....                                                           | 35 |
| 4.1.1 Mapeamento do processo de tratamento de esgoto e geração de efluentes.....              | 35 |
| 4.2 Avaliação dos aspectos positivos e negativos do processo.....                             | 43 |
| 4.3 Elaboração de estratégias visando o beneficiamento e o aproveitamento do lodo gerado..... | 44 |
| 5 CONCLUSÃO .....                                                                             | 45 |
| REFERÊNCIAS .....                                                                             | 46 |

## **1 INTRODUÇÃO**

Com a crescente implantação de redes de esgotamento sanitário residencial, assim como a construção de novas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), e de Estações Elevatórias (EE) para realização do efetivo tratamento do esgoto domiciliar. A Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que dispõe diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Após o tratamento efetivo do esgoto sanitário residencial é gerado um resíduo denominado lodo de esgoto, o qual necessita de uma atenção especial para seu tratamento e disposição final, em virtude dos riscos de contaminação do meio ambiente. O tratamento destes, evita problemas sanitários, contribuindo para a boa qualidade das águas dos mananciais, reduzindo os custos para a captação e tratamento da água oferecida à população.

Os diversos tipos de tratamento de esgoto sanitário são: Lodo ativado, Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA), Lagoa Facultativa, Lagoa Anaeróbia, Lagoa Aerada, Baías e valas de infiltração, e Flotação. No Brasil, a produção é de aproximadamente 220 mil toneladas de lodo seco por ano e menos de 50% da população têm o seu esgoto coletado e tratado. Já no estado de Sergipe, segundo informações internas da DESO, a produção é de aproximadamente 1.296 toneladas de lodo seco por ano.

A lei 12.305 de 02 de agosto de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos, no seu Art. 4º afirma que a Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. No Capítulo VI, Art. 47 consta que são proibidos as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos: I Lançamentos em praias, no mar ou em qualquer corpo hídrico; II – lançamento in natura a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração.

O tratamento adequado do lodo é uma medida utilizada para, diminuir a poluição dos recursos hídricos e sua disposição final é uma maneira adequada de evitar a contaminação do solo e dos lençóis freáticos, para minimizar os impactos ambientais. Para isso, é necessário realizar uma análise para saber a melhor forma de sua disposição que, por sua vez, será realizada segundo normas da legislação vigente.

### 1.1 Situação Problema

A companhia de Saneamento Básico de Sergipe DESO possui uma carência na área de esgotamento sanitário doméstico, no que diz respeito ao tratamento, beneficiamento e aproveitamento do lodo gerado.

Segundo informações internas da DESO, durante o mês de fevereiro de 2019, houve uma produção de aproximadamente 270 toneladas de lodo seco no estado de Sergipe. Após a realização do tratamento do esgoto, periodicamente, uma quantidade de lodo líquido é enviada para um recipiente chamado leito de secagem, para que seja realizada a desidratação, dando origem ao lodo seco. Após a realização da caleagem (aplicação de cal hidratado) este é dispensado em um determinado espaço dentro da estação, até que se tenha uma quantidade mínima de 9 toneladas suficiente para encher uma caçamba, momento em que esse lodo é transportado para o aterro sanitário.

O volume de lodo gerado em cada estação depende da área assistida e da quantidade de habitante, uma vez que a geração desse lodo depende diretamente da quantidade de esgoto tratado.

Dessa forma, não existe nenhum aproveitamento desse lodo que é rico em matéria orgânica e que, sendo tratado de forma correta, além reduzir os impactos ambientais, poderá ser utilizado como adubo e beneficiar pequenas comunidades agrícola.

Questão problematizada (QP): **Como minimizar os problemas decorrentes da disposição do lodo gerado em estações de tratamento de esgoto (ETE) em aterros sanitários?**

## **1.2 Objetivo geral**

Propor ações voltadas para o beneficiamento e reuso do lodo proveniente da estação de tratamento de esgoto de uma empresa de saneamento urbano em Aracaju-Se.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- Mapear o processo (estação) de tratamento de esgoto e geração do efluente;
- Relacionar as práticas de gestão utilizadas na estação de tratamento de esgoto da empresa;
- Avaliar os aspectos positivos e negativos associados ao processo;
- Elaborar estratégias visando o beneficiamento e aproveitamento do lodo gerado pelo tratamento do esgoto sanitário doméstico na agricultura.

## **1.3 Justificativa**

Atualmente, no estado de Sergipe, estão em funcionamento estações de tratamento de esgoto domiciliar nas cidades de Nossa Senhora do Socorro, São Cristovão, Aracaju, Barra dos Coqueiros, Brejo Grande, Estância, Santa Luzia do Itanhhy, Lagarto, Simão Dias, Itabaiana, Canindé de São Francisco e Nossa Senhora das Dores, totalizando 17 estações. Estas, durante sua operação, produzem uma certa quantidade de lodo, sem aproveitamento. O resíduo gerado é enviado em sua totalidade para aterros localizados no interior das próprias estações. No caso das estações das cidades de Aracaju, Barra dos Coqueiros, São Cristovão e Nossa Senhora do Socorro, o lodo gerado é enviado para o aterro localizado na estação localizada no conjunto Marcos Freire II, na cidade de Nossa Senhora do Socorro.

O lodo gerado nas estações, recebe uma camada de cal hidratado, para que se torne inerte e não ofereça risco durante o transporte, e ao ser enviado ao aterro sanitário não oferece nenhum prejuízo à comunidade local visto que este é transportado em caçamba devidamente coberta com lona e amarrada com cordas, para que não ocorra nenhum derramamento durante o transporte. O aterro sanitário

utilizado para o recebimento e acondicionamento do lodo está dentro dos padrões na Resolução CONAMA 404, não oferecendo riscos para a comunidade local.

O referido estudo baseia-se na necessidade de encontrar formas e meios para contribuir com a redução dos impactos ambientais dos lençóis freáticos definindo estratégias para encontrar uma melhor destinação do lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto.

A escolha da empresa se dá em virtude de ser a única empresa no estado que detém a concessão, para explorar a atividade de tratamento de esgotamento sanitário doméstico, e que não tem uma gestão ambiental definida para o reaproveitamento do lodo gerado no tratamento do esgoto.

O tema foi escolhido por assumir um papel fundamental na área de gestão ambiental, visando o reaproveitamento do lodo para fins de agricultura familiar, reduzindo os impactos ao meio ambiente. A adoção dessa prática será imprescindível tanto para ter uma melhor destinação final do lodo transformado em adubo orgânico para ser utilizado em agricultura familiar.

Assim sendo, existe a necessidade de pesquisar formas de tornar esse lodo inerte, afastando possibilidades de infecção durante sua manipulação, obedecendo a legislação vigente, uma vez que a falta do tratamento adequado pode causar além de doenças infecciosas, a contaminação do lençol freático, gerando prejuízos financeiros pela impossibilidade da utilização da água para irrigação. A Lei 12.305 em seu art. 3º parágrafo II afirma que é considerada área contaminada o local onde há contaminação causada pela disposição regular ou irregular de quaisquer substâncias ou resíduos.

#### **1.4 Caracterização da empresa**

A Companhia de Saneamento Básico de Sergipe (DESO) é uma empresa de economia mista, criada em 25 de agosto de 1969, responsável por estudos, projetos e execução de serviços de abastecimento de água, esgoto e obras de saneamento, tendo como seu principal acionista, o governo do estado.

A DESO detém a concessão de 71 das 75 sedes dos municípios do estado de Sergipe, ficando de fora o município de Carmópolis e as sedes dos municípios de São Cristóvão, Capela e Estância. A exploração dos serviços ocorre mediante contrato de concessão firmado com os municípios, com o objetivo de captar, tratar e distribuir

água potável para toda a população. Além do fornecimento de água, a DESO também atua na área de tratamento de esgotamento sanitário residencial de alguns municípios do estado, tais como Aracaju, Nossa Senhora do Socorro, Barra dos Coqueiros e Lagarto.

A empresa trabalha atualmente com 1.700 colaboradores divididos nas áreas administrativa, manutenção e tratamento de água e esgoto, tendo sua sede localizada à rua Campo do Brito, 331, praia 13 de julho, Aracaju. É a empresa que detém no estado o maior número de concessões para captação, tratamento e distribuição de água potável, e única a ter a concessão para realizar o tratamento do esgotamento sanitário residencial.

Seus únicos concorrentes na área de captação, tratamento e distribuição de água potável é o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (S.A.A.E.) das sedes dos municípios não atendidos pela DESO.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Nesta seção será apresentada uma breve revisão da literatura com base em pesquisas bibliográficas acerca do tema relacionado ao beneficiamento e destinação final do lodo gerado do tratamento do esgoto sanitário doméstico, considerando a legislação ambiental vigente. As ferramentas da qualidade empregadas na análise dos resultados também são referenciadas.

### **2.1 Impactos Ambientais Causados pelos Efluentes**

Segundo Terra (2017), o efluente lançado sem o devido tratamento causa sérios impactos ambientais nos rios, lagos, córregos e nascentes, uma vez que ele reduz o índice de oxigênio dos rios, causando a mortandade dos peixes por sufocamento e o desequilíbrio do ecossistema. O fósforo e o nitrogênio existentes no efluente em alta concentração causa a proliferação de algas.

Ainda segundo Terra (2017), o aumento da matéria orgânica da água também é um ponto a ser observado, por causar um desequilíbrio e o aumento de microrganismos, podendo levar ao surgimento de microalgas, além da transmissão de doenças presentes nas fezes humanas, podendo o esgoto inclusive, estar contaminado por substâncias tóxicas não orgânicas.

Na visão de Terra (2017), segundo os dados da (OMS) Organização Mundial da Saúde, a cada R\$ 1,00 aplicado em saneamento básico, a saúde pública economiza R\$ 4,00, visto que a água poluída provoca grave impacto à saúde das pessoas, podendo ocasionar algumas doenças tais como: cólera, disenteria, meningite, amebíase e hepatites A e B.

O efluente doméstico é constituído, principalmente, por matéria orgânica biodegradável originária de alimentos (proteínas, carboidratos e lipídios) que representam 60% a 80% da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) total do esgoto bruto. Os detergentes e sabões também são importantes e estão presentes em concentrações que variam de 7 a 12 mg/L de (LAS) Alquibenzenos Sulfonados de Cadeia Linear, representando de 4 a 6% da Demanda Química de Oxigênio DQO filtrada do esgoto. Ainda existe uma

diversidade de outros contaminantes orgânicos, presentes em menores concentrações, como resíduos de fármacos excretados, e ingredientes provenientes de produtos de limpeza e de higiene pessoal (LEITE, 2008 *apud* LINS, 2010, p, 97).

### **2.1.1 Lodo de Esgoto Sanitário Doméstico**

“Lodo é toda matéria orgânica removida através do tratamento de esgoto. A sua quantidade e natureza depende das características do efluente inicial e do processo do tratamento escolhido” (EOS, 2019).

Segundo Sperling (2005, p. 358), o termo lodo é utilizado para designar os subprodutos sólidos do tratamento de esgoto. Nos processos biológicos de tratamento, parte da matéria orgânica é absorvida e convertida, fazendo parte da biomassa microbiana, a qual compõe o lodo secundário.

## **2.2 Tecnologias empregadas no processo de tratamento de esgotos**

Segundo Tratamento de água (2017), cada vez mais as empresas de saneamento desempenham um papel importante no tratamento de efluentes, para isso, elas precisam investir em tecnologias eficazes para realizar o tratamento de efluentes da melhor forma possível, antes de descartá-los no emissário, sem deixar de cumprir as exigências dos órgãos ambientais.

Ainda segundo Tratamento de água (2017), a principal finalidade da utilização dessas tecnologias é a aplicabilidade dos processos de tratamento de efluentes sendo projetados para atingir melhorias de qualidade e reduzir:

- Sólidos em suspensão – partículas físicas que podem entupir rios ou canais;
- Produtos orgânicos biodegradáveis – alimentam microrganismos, os quais combinam tais produtos com o oxigênio presente na água, produzindo energia necessária para proliferarem. Isso dificulta a respiração dos peixes e outros organismos, consequentemente, levando à perda de população biológica presentes nos corpos d'água.
- Bactérias e outros organismos patogênicos – são os componentes mais relevantes e indesejáveis na água potável.

- Nutrientes (incluindo nitrato e fosfato) – podem conduzir a elevadas concentrações de algas indesejadas e levar à eutrofização em lagos e reservatórios de água, gerando gases e morte de peixes.

Ainda segundo Tratamento de água (2017), as tecnologias são aplicadas nas várias etapas do processo de tratamento conforme descritos abaixo.

- Processos físicos mais comuns em efluentes com substâncias ou coloides insolúveis em água são: decantação, filtração, ou separação centrífuga. Além disso, são empregadas grades, filtros ou até mesmo membranas de filtração.

- Membranas de filtração: este é um termo genérico para inúmeros processos físicos diferentes de separação os quais têm em comum o emprego de membranas, porém, de diferentes tipos. Este tipo de tratamento de água e efluentes separa as substâncias solúveis e insolúveis das águas residuais forçando o líquido a passar por uma membrana semipermeável. Os pontos positivos deste processo são:

- Não exige adição de produtos químicos,
- Baixo emprego de energia,
- Fácil aplicação e condução dos processos.

- Flotação: dependendo da composição da água, será necessária a utilização do processo de flotação, que corresponde na utilização de forças de adesão, para que as partículas mais finas sejam separadas.

- Processo químico de tratamento: são processos que dependem de adição de produtos químicos, que agilizam a desinfecção do efluente, induzindo a reação química que associados aos processos físicos ou biológicos tem uma maior eficiência. Os processos químicos mais utilizados são:

- Coagulação química;
- Precipitação química;
- Oxidação;
- Permuta iônica;
- Neutralização e estabilização.

- Tratamento biológico: esse processo é utilizado, principalmente, para remover matéria orgânica dissolvida e suspensa na água. As condições ambientais são otimizadas, para estimular o crescimento de microrganismos que utilizam os compostos orgânicos como substrato.

Estes processos de tratamento de água, são capazes de remover outros componentes da água, tais como:

- Sólidos em suspensão;
- Nitrogênio;
- Fósforo;
- Metais pesados

Apesar de existir várias opções de tratamento de água e efluentes, é de extrema importância ter profissionais qualificados, e fornecedores que saibam estudar junto aos clientes a melhor forma de implantação dos processos de forma a minimizar os impactos ambientais.

### **2.3 Processos do Tratamento de Esgoto (físico, químico e biológico)**

Segundo EOS (2019), o processo do tratamento de esgoto é dividido em três tipos conforme operações para remoção dos poluentes. As ETEs empregam os processos físico, químico e biológico, e após a coleta dos efluentes, realiza esse processo em cinco etapas: pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário, tratamento do lodo e tratamento terciário.

Ainda segundo EOS (2019), o processo físico-químico realiza a remoção dos contaminantes por meio de reação química que separam o sólido do líquido, já o processo biológico ocorre através da utilização de bactérias e microrganismos que consomem a carga orgânica através de processo respiratório.

Assim são definidas as cinco etapas do tratamento do esgoto:

- Pré-tratamento (gradeamento) – essa etapa trata-se da utilização de uma grade metálica ou peneira. A utilização desse equipamento serve para reter as partes sólidas de maior dimensão, que são capazes de danificar os equipamentos (tubulação e bombas), em virtude da utilização inadequada da rede de esgoto por parte da comunidade assistida (JORDÃO; PESSOA, 2014, p. 151);
- Pré-tratamento (desarenação) – consiste na retirada da areia, pelos, cabelos, casca de ovo, grãos de feijão e milho, penas de aves e etc., que são transportadas pelas redes de esgoto até as estações. A retirada desses materiais é importante, para evitar o assoreamento do corpo receptor, a abrasão dos equipamentos, a obstrução das estações, além de facilitar o manuseio e transporte das fases líquida e sólida ao longo das unidades componentes (JORDÃO; PESSOA, 2014, p. 183);
- Tratamento primário – constitui-se um processo físico-químico através de adição de reagentes para que ocorra a floculação e a

coagulação, para que seja facilitada a remoção dos sólidos em suspensão. Nesse processo, ocorre também a decantação, momento em que o esgoto bruto é separado do lodo, que é enviado ao fundo do tanque (JORDÃO; PESSOA, 2014, p. 279);

- Tratamento secundário – é o processo bioquímico, realizado através da digestão do lodo de formas anaeróbia e aeróbia, que tem como objetivo a remoção da carga orgânica que não foi removida no processo anterior. Na digestão anaeróbia grupos de organismos assimilam e destroem a matéria orgânica na ausência de oxigênio dissolvido, enquanto na digestão aeróbia, ocorre um processo de oxidação bioquímica dos sólidos contidos no esgoto, com a presença abundante de oxigênio dissolvido contido em toda massa líquida, e em seguida, existe uma decantação secundária que clarifica a água e separa o lodo restante do processo (JORDÃO; PESSOA, 2014, p. 307);
- Tratamento do lodo – realizado em três etapas, primeiramente reduzindo o volume e o teor da matéria orgânica, a segunda etapa é realizada através do adensamento que consiste na diminuição da quantidade de água existente no lodo, e a terceira que consiste no processo químico de desidratação permitindo a coagulação dos sólidos e a retirada da umidade, visto que a estabilização do lodo gera um material com alto teor de umidade, e se faz necessário a sua desidratação para facilitar o seu transporte para a destinação final (JORDÃO; PESSOA, 2014, p. 351);
- Tratamento terciário – após o tratamento secundário, a água já pode retornar aos recursos hídricos, passando por outro tratamento não podendo ser utilizada para fins potáveis, porque ainda pode conter elementos como nitrogênio e fósforo. O tratamento terciário serve para remover essas substâncias através das técnicas de filtração, ozonização, cloração dentre outras. A cloração é a principal forma de desinfecção, tornando inativo os organismos patogênicos, visto que o cloro penetra nas células dos microrganismos destruindo suas enzimas (JORDÃO; PESSOA, 2014, p. 916).

## **2.4 Caracterização e Parâmetros do Efluente**

Segundo a resolução CONAMA 430/2011, só poderão ser lançados no corpo receptor, efluentes de qualquer natureza, desde que os resultados de análise estejam dentro dos parâmetros.

No Quadro 1, é possível observar as condições definidas pela resolução CONAMA 430/2011 para lançamento de efluentes no corpo receptor.

**Quadro 1 – Condições para lançamento de efluentes**

| <b>Índice</b>           | <b>Condições</b>                                                                     |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| pH                      | entre 5 e 9                                                                          |
| Temperatura             | inferior a 40°C                                                                      |
| Materiais sedimentáveis | até 1mL/L em teste de 1 hora em cone<br><i>Inmhoff</i>                               |
| Óleos e graxas          | Óleos minerais até 20mg/L;<br>Óleos vegetais até 50mg/L<br>Gordura animal até 50mg/L |
| DBO 5dias a 20° C       | Remoção mínima de 60%                                                                |

Fonte: Adaptado de CONAMA 430/2011, p.4

As condições indicadas no Quadro 1 se fazem necessárias, visto que a utilização de condições fora destes parâmetros podem causar sérios problemas ao tratamento. Segundo Jordão; Pessoa (2014, p. 23), para que exista vida aquática nos corpos d'água, faz-se necessário manter o pH entre 5 e 9, pois, com o pH inferior a 5, torna o efluente ácido, e acima de 9, alcalino, motivo pelo qual as condições de pH indicadas no Quadro 1 devem ser atendidas.

Para Jordão; Pessoa (2014, p. 22), os parâmetros de temperatura são de grande importância para o tratamento, uma vez que esta afeta a saturação do Oxigênio Dissolvido (O.D.), as taxas de reações biológicas e as reações químicas. A concentração da saturação de O.D. diminui com o aumento da temperatura, a atividade biológica cresce, o que é ótimo para as atividades. Já com a temperatura abaixo de 15°C a digestão anaeróbia praticamente não se processa, o que é prejudicial para o tratamento.

Os óleos e graxas estão sempre presentes nos esgotos domésticos provenientes do uso de alimentos nas operações domésticas.

Na visão de Jordão; Pessoa (2014, p. 33), os materiais sedimentáveis indicam a capacidade de sedimentação da matéria sólida, que ocorre depois do processo de aeração, durante o período de decantação. Caso a decantação não ocorra no tempo satisfatório, uma quantidade de sólido superior ao permitido é lançado no corpo receptor.

Ainda na visão de Jordão; Pessoa (2014, p. 28), o DBO indica a quantidade de matéria orgânica presente, quanto maior a quantidade encontrada, maior o grau de

poluição, motivo pelo qual a Resolução CONAMA 430 exige uma remoção mínima de 60%

O Quadro 2 apresenta os padrões de lançamentos do efluente no corpo receptor definidos pela resolução CONAMA 430/211.

**Quadro 2 – Padrões para lançamentos de efluentes**

| <b>Parâmetros inorgânicos</b>                                | <b>Valores máximos (mg/L)</b> |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Arsênio total                                                | 0,5                           |
| Bário total                                                  | 5,0                           |
| Boro total – não se aplica para o lançamento em água salinas | 5,0                           |
| Cádmio total                                                 | 0,2                           |
| Chumbo total                                                 | 0,5                           |
| Cianeto total                                                | 1,0                           |
| Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)                 | 0,2                           |
| Cobre dissolvido                                             | 1,0                           |
| Cromo hexavalente                                            | 0,1                           |
| Cromo trivalente                                             | 1,0                           |
| Estanho total                                                | 4,0                           |
| Ferro dissolvido                                             | 15,0                          |
| Fluoreto total                                               | 10,0                          |
| Manganês dissolvido                                          | 1,0                           |
| Mercúrio total                                               | 0,01                          |
| Níquel total                                                 | 2,0                           |
| Continuação                                                  |                               |
| <b>Parâmetros inorgânicos</b>                                | <b>Valores máximos (mg/L)</b> |
|                                                              |                               |
| Nitrogênio amoniacal total                                   | 20,0                          |
| Prata total                                                  | 0,1                           |
| Selênio total                                                | 0,30                          |
| Sulfeto                                                      | 1,0                           |

| <b>Continuação</b>                                          |                        |
|-------------------------------------------------------------|------------------------|
| Zinco total                                                 | 5,0                    |
| Parâmetros orgânicos                                        | Valores máximos (mg/L) |
| Benzeno                                                     | 1,2                    |
| Clorofórmio                                                 | 1,0                    |
| Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2trans)         | 1,0                    |
| Estireno                                                    | 0,07                   |
| Etil benzeno                                                | 0,84                   |
| Fenóis total (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina) | 0,5                    |
| Tetracloreto de carbono                                     | 1,0                    |
| Trieloroetano                                               | 1,0                    |
| Tolueno                                                     | 1,2                    |
| Xileno                                                      | 1,6                    |

Fonte: CONAMA 430/2011, p.4

Os padrões indicados no Quadro 2 devem ser seguidos rigorosamente, pois concentrações maiores que as estabelecidas podem gerar problemas à população, tanto no incomodo gerados por fortes odores causados pelo aumento da quantidade de sulfeto, assim como lesões cutâneas causadas pelo aumento da quantidade de arsênio.

## 2.5 Vantagens e Desvantagens

Segundo Sperling (2005, p. 54), o tratamento do efluente é realizado nas estações de tratamento de esgoto ou em lagoas de estabilização. Esse sistema é conhecido como sistema coletivo, e é indicado para localidades que tem grande quantidade de unidades habitacionais e elevada densidade populacional.

Na visão de Sperling (2005, p.55), existem dois tipos de sistema de esgotamento sanitário, o sistema separador, que consiste na implantação de sistema de drenagem separadas entre esgoto e águas pluviais (água da chuva), e sistema combinado, na qual o esgoto e a água da chuva é escoado num mesmo sistema.

No Brasil, tem-se adotado o sistema separador em virtude das vantagens e desvantagens relacionadas abaixo.

Vantagens:

- utilização de tubos de menor diâmetro;

- afastamento das águas pluviais, facilitando o recebimento de esgoto durante todo o percurso;
- possibilidade de utilização de diversos tipos de materiais tais como pvc, cerâmica, ferro fundido;
- redução dos prazos e custos de construção;
- possibilidades de construção da rede por partes, considerando a importância e necessidade da comunidade;
- melhoria das condições de tratamento dos esgotos sanitários;
- não influência das águas da chuva, sem a possibilidade de extravasão.

Desvantagens:

- custo de instalação elevado;
- grandes dimensões das tubulações;
- risco do esgoto sanitário ter refluxo para o interior das residências em virtude das chuvas;
- as ETEs não conseguem efetuar o tratamento das águas da chuva em virtude de seu grande volume, pois pode ocorrer extravasamento;
- possibilidade de ocorrer mau cheiro proveniente das bocas de lobo distribuídas pela cidade;
- no período de chuvas torrenciais, seria necessário a utilização de tubulação de grandes diâmetros, que no período seco ficaria ociosa.

## 2.6 Formas de Disposição Final do Lodo

Jordão; Pessoa (2014, p. 451), afirmam que a disposição final do lodo gerado é um dos principais problemas da cadeia do processo, vez que essa parte envolve vários estudos e decisões com relação ao acondicionamento, grau de desidratação e estabilização.

Na visão de Jordão; Pessoa (2014, p. 451), é importante conhecer alguns dos aspectos principais abaixo relacionados, antes de decidir a forma e o local para realizar a disposição final:

- qual a produção e a caracterização do lodo gerado na estação;
- existe presença de esgoto industrial capaz de atribuir características especiais ao lodo;
- a quantidade de lodo gerado;
- características especiais que possam interferir nas condições físicas, químicas e biológicas.

Ainda na visão de Jordão; Pessoa (2014, p. 452) existem algumas possíveis soluções para a disposição final do lodo, conforme segue.

- aterros sanitários;
- incineração;
- uso agrícola;
- reuso industrial;
- lançamento no oceano.

Para Jordão; Pessoa (2014, p. 452). as opções para a disposição final podem ser utilizadas individual ou combinada, de acordo com as características da região. É possível dispor o lodo dos esgotos com o lixo doméstico, para isso, faz-se necessário a realização de estudos técnico, legal, econômico e ambiental.

## **2.7 Gestão da Qualidade**

Para Marshall Junior *et al.* (2006, p. 19), qualidade é um conceito espontâneo e intrínseco a qualquer situação de uso de algo tangível, a relacionamentos envolvidos na prestação de um serviço ou a percepções associadas a produtos de natureza intelectual, artística, emocional e vivencial.

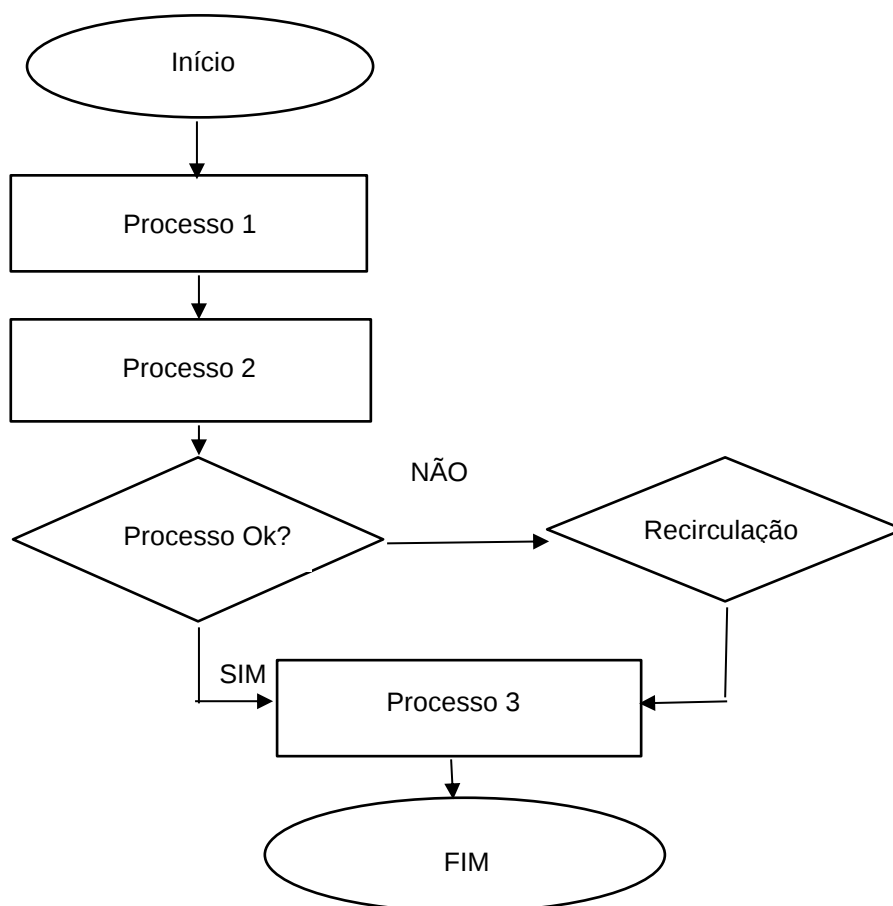
Aurélio (2000, p. 571) entende que qualidade é a propriedade, atributo ou condição das coisas ou das pessoas que a distingue das outras e lhes determina a natureza, sendo qualidade uma palavra originária do latim *qualitate*.

No ponto de vista de Falconi (2004, p. 2), um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente as necessidades do cliente, de forma confiável, segura e acessível.

### **2.7.1 Fluxograma dos processos**

Marshall Junior *et al.* (2006, p. 103) explicam que fluxograma é uma representação gráfica de fácil acesso e visualização, de encadeamento de atividades e decisões, de modo que se obtenha uma visão do fluxo de um processo técnico, administrativo e gerencial, permitindo uma análise crítica para a resolução dos problemas, conforme demonstrado na figura 1.

**Figura 1 – Exemplo de fluxograma de processos**



Fonte: Adaptado de Marshall Junior (2019)

Ainda segundo Marshall Junior *et al.* (2006, p. 104) são utilizados no fluxograma símbolos conhecidos e padronizados para facilitar a representação do processo.

### 2.7.2 5W2H – plano de ação

Para Marshall Junior *et al.* (2006, p. 108), o 5W2H - plano de ação é uma ferramenta utilizada, para mapear e padronizar processos no estabelecimento de procedimentos associados a indicadores.

É um método eficiente que auxilia no conhecimento sobre o processo, problema ou a ação que deverá ser tomada e trata-se de uma ferramenta de simples utilização, conforme apresentado no Quadro 3.

**Quadro 3 – Fases para elaboração de um plano de ação**

| Plano de ação |      |        |      |         |      |        |
|---------------|------|--------|------|---------|------|--------|
| O QUE         | QUEM | QUANDO | ONDE | POR QUE | COMO | CUSTOS |

Fonte: adaptado de Marshall Junior (2006, p. 109)

Segundo Marshall Junior (2006, p. 108), é possível corrigir falhas nos processos, atribuindo prazos e responsabilidades, justificando o motivo da correção do problema identificando a forma e determinando os custos para a correção.

Marshall Junior *et al.* (2006, p. 108) mostram que a utilização do plano de ação (5W2H) é de cunho basicamente gerencial e busca fácil entendimento através das definições de responsabilidades, prazo para conclusão da atividade, métodos empregados, objetivos e recursos.

De acordo com Marshall Junior *et al.* (2006, p. 109), a ferramenta representa as iniciais das palavras em inglês, *why* (por que), *what* (o que), *where* (onde), *when* (quando), *who* (quem), *how* (como), e *how much* (quanto custa).

### 2.8.3 Diagrama de Ishikawa ou *espinha de peixe*

Segundo Paris (2002, p. 13), o diagrama de causa e efeito é também conhecido como diagrama de Ishikawa por ter sido criado por Ishikawa na Universidade de Tóquio em 1943. De acordo com Las Casas (2006, p. 92), esta ferramenta possui o principal objetivo de identificar as principais causas das falhas detectadas em um processo (Figura 2).

Miguel (2006, p. 140) diz que o diagrama de Ishikawa é utilizado como metodologia de análise de influência das causas sobre um determinado problema ou efeito.

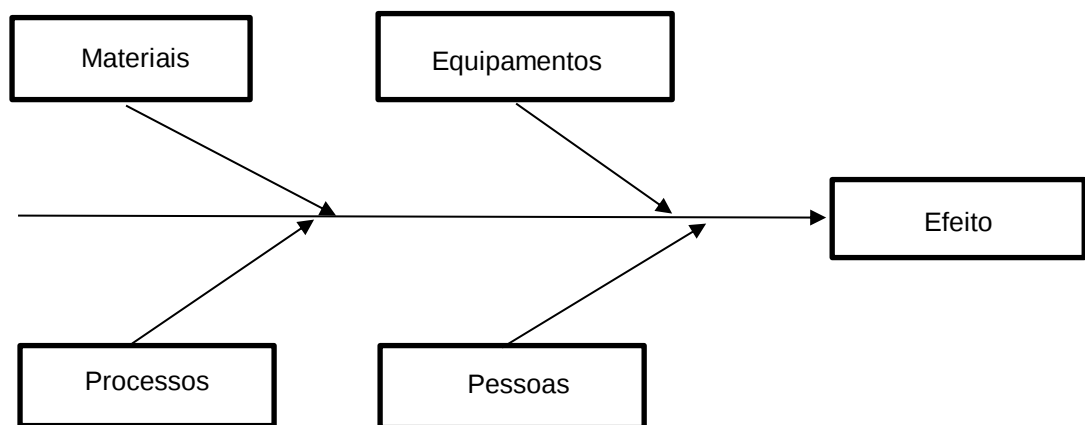
Marshall Junior *et al.* (2006, p. 100), descreve que as causas que levam a um determinado efeito, devem ser agrupadas por categorias devidamente estabelecidas durante o processo de classificação.

A grande vantagem de se utilizar essa ferramenta consiste em atuar diretamente no detalhamento das possíveis causas do problema investigado.

Ainda segundo Marshall Junior *et al.* (2006, p. 101), para a elaboração do diagrama de causa e efeito, é necessária seguir as seguintes etapas:

- discussão do assunto a ser analisado pelo grupo, contemplando seu processo, como ocorre, onde ocorre, áreas envolvidas e escopo;
- descrição do efeito no lado direito do diagrama;
- levantamento das possíveis causas e seu agrupamento por categorias no diagrama;
- análise do diagrama elaborado e coleta de dados, para determinar a frequência da ocorrência das diferentes causas.

**Figura 2 – Diagrama de causa e efeito**



Fonte: adaptado de Marshall Junior (2006, p.101)

### **3. METODOLOGIA**

A abordagem metodológica de uma pesquisa guarda relação direta com o método empregado para sua realização, com o intuito de alcançar os objetivos propostos.

Aurélio (2000, p. 460) define que metodologia é um conjunto de métodos, regras e postulados utilizados em determinada disciplina. Enquanto que método é um procedimento organizado que conduz a um certo resultado.

Desta forma, Lakatos; Marconi (2009, p. 83) mostram que método é um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que permite chegar aos objetivos de forma segura e econômica, utilizando conhecimentos válidos e verdadeiros, detectando erros do caminho que foi traçado, auxiliando nas decisões para atingir os resultados.

#### **3.1 Caracterização da Pesquisa**

Na visão de Fachin (2003, p. 116), “[...] os pressupostos da pesquisa são entendidos como a realização do estudo, presumindo uma resposta dos resultados da pesquisa. O estudo está apenas formatado como projeto.”

Já Lakatos; Marconi (2009, p. 188) dizem que a natureza da pesquisa deve determinar as técnicas que serão empregadas na coleta de dados e na determinação da amostra.

##### **3.1.1 Quanto aos objetivos ou fins**

De acordo com Lakatos; Marconi (2009, p.158), “[...] toda pesquisa deve ter um objetivo determinado, para que se saiba o que vai procurar e o que pretende alcançar.”

Conforme Lakatos; Marconi (2009, p. 190),

Estudos exploratório-descritivos combinados são estudos exploratórios que têm por objetivo descrever completamente determinado fenômeno, como, por exemplo, o estudo de caso para o qual são realizadas análises empíricas e teóricas. Podem ser encontradas tanto descrições quantitativas e/ou qualitativas quanto

acumulação de informações detalhadas como as obtidas por intermédio da observação participante.

A respeito de pesquisa exploratório-descritivas, Salomon (2001, p. 157-158 *apud* Ubirajara, 2011, p. 22), “[...] pesquisas exploratórias e descritivas objetivam uma melhor definição do problema, ao proporcionar intuições de solução, descrição de comportamentos de fenômenos, definição e classificação de fatos e variáveis.”

Nesta pesquisa foi utilizada a pesquisa descritiva, pois buscou-se propor soluções para o reaproveitamento do lodo gerado das estações.

### **3.1.2 Quanto ao objeto ou meios**

O estudo tem início com visita piloto a uma estação de tratamento, com o objetivo de desenvolver a pesquisa de levantamento, que segundo Gil (1996), é caracterizada pela interrogação direta de pessoas, cuja atividade se deseja conhecer, sendo aplicada de maneira informal aos responsáveis pela empresa.

Observa-se que Vergara (2005, p. 46) define que os tipos de pesquisa de campo quanto aos meios, com investigação empírica realizada no local onde ocorre o fenômeno, estudo de caso com base em material publicado em livros, artigos e etc., sendo também uma pesquisa bibliográfica.

Tachizawa (2001, p. 165 *apud* Maia, 2018, p.35) explica que uma pesquisa, quando utiliza estudos de caso, deve ser desenvolvida a partir de análise minuciosa da organização escolhida, sendo esta a situação mais comum.

Conforme afirmam os autores, uma pesquisa deste tipo pode ser desenvolvida em qualquer outro contexto que retrate inicialmente a situação encontrada e posteriormente proponha uma solução no contexto analisado.

### **3.1.3 Quanto ao tratamento dos dados**

Na visão de Vergara (2005, p. 59), o tratamento de dados pode ocorrer de forma qualitativa, que consiste na apresentação dos dados de forma mais estruturada e analisada.

Para Ubirajara (2015, p.123 apud *Maia* 2018, p. 36),

Uma pesquisa realizada com abordagem (ou tratamento) de dados pode ser qualitativa, quantitativa ou as duas coisas. De acordo com a quantidade de elementos a pesquisar, pode-se apelar para sintetizar os dados, quantitativamente, em números, por exemplo, enquanto que , diante de pequenos universos ou amostras, melhor fazer abordagens em forma de entrevistas ou de observações diretas, registrando-se as percepções descobertas.

Lakatos; Marconi (2009, p. 104), denominam como mudança qualitativa a passagem de uma qualidade ou de um estado para outro.

Na visão de Gil (2010 , p.)

Para que se possa avaliar a qualidade dos resultados de uma pesquisa torna-se necessário saber como os dados foram obtidos, bem como os procedimentos adotados em sua análise e interpretação. Daí o surgimento de sistemas que classificam as pesquisas segundo a natureza dos dados (pesquisa quantitativa e qualitativa), o ambiente em que eles são coletados (pesquisa de campo ou laboratório), o grau de controle das variáveis (experimental e não experimental).

### 3.2 Instrumentos de Pesquisa

A pesquisa foi baseada em entrevistas e na observação pessoal.

De acordo com Gil (2010, p. 120)

Para cada coleta de dados nos levantamentos, são utilizadas técnicas de interrogação: o questionário, a entrevista, o formulário. Por questionário entende-se um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelo pesquisado. Entrevista, por sua vez, pode ser entendida como a técnica que envolve duas pessoas numa situação “face a face” em qual uma delas formula questões e a outra pessoa responde. Formulário, por fim, pode ser definido como a técnica de coleta de dados em que o pesquisador formula questões previamente elaboradas e anota as respostas.

Segundo Lakatos; Marconi (2009, p. 167), um aspecto importante na coleta de dados é o perfeito entrosamento das tarefas organizacionais e administrativas com as científicas, obedecendo aos prazos estipulados, aos orçamentos previstos, ao preparo do pessoal. Quanto mais se planejar, menos tempo será perdido no trabalho de campo, facilitando as etapas seguintes.

Na visão de Lakatos; Marconi (2009, p. 167), o rigoroso controle na aplicação dos instrumentos de pesquisas é fator fundamental, para evitar erros e defeitos resultante de entrevistadores inexperientes ou de informantes tendenciosos, visto que

são vários os procedimentos para a realização da coleta de dados, que variam de acordo com as circunstâncias ou com o tipo de investigação.

### **3.3 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa**

Para Ubirajara (2015, p.125 *apud* Maia 2018, p. 38), unidade de pesquisa corresponde ao local preciso onde a pesquisa foi realizada.

Lakatos; Marconi (2009, p. 225), definem universo como “[...] o conjunto de seres aninados ou inanimados que apresentam pelo menos uma característica em comum”.

Já Vergara (2005 p. 50), define universo como “[...] conjunto de elementos (empresa, produtos, pessoas) que possuem as características que serão objeto de estudo.”

Ainda segundo Lakatos; Marconi (2009, p. 225), define que “[...] universo consiste em explicar que pessoas ou coisas, fenômenos etc. serão pesquisados, enumerando suas características comuns, como por exemplo, sexo, faixa etária, organização a que pertencem, comunidade onde vivem etc.”

Neste caso, o universo da pesquisa foi a estação de tratamento de efluentes da cidade de Barra dos Coqueiros, onde foi analisado o tratamento do efluente para ver a possibilidade do tratamento e aproveitamento do lodo como adubo para fins agrícolas, e a amostra da pesquisa foram os colaboradores da estação.

Lakatos; Marconi (2009, p. 225) afirmam que a amostragem só ocorre quando a pesquisa não abrange a totalidade dos componentes do universo, surgindo necessidade de investigar apenas uma parte dessa população.

### **3.4 Definição das Variáveis**

Gil (2005, p. 107) entende por variável um valor ou uma propriedade que pode ser medida através de diferentes mecanismos operacionais que permitem verificar a relação/conexão entre estas características ou fatores.

Já Lakatos; Marconi (2009, p. 139) definem que uma variável pode ser considerada como uma classificação ou medida; uma quantidade que varia; um conceito operacional, que contém ou apresenta valores e que esses valores para se tornarem variável, podem ser quantidades, qualidades, características, magnitudes, traços etc.

Com base nos objetivos específicos, as variáveis e indicadores utilizados na abordagem deste estudo de caso estão relacionadas no Quadro 4.

**Quadro 4 – Variáveis e indicadores da pesquisa**

| <b>Variável</b>                                                                      | <b>Indicadores</b>   |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Mapeamento do processo de tratamento de esgoto e geração de efluentes                | Fluxograma           |
| Avaliação dos aspectos positivos e negativos do processo                             | Diagrama de Ishikawa |
| Elaboração de estratégias visando o beneficiamento e o aproveitamento do lodo gerado | 5W2H                 |

Fonte: Autor do Estudo (2019)

### **3.5 Plano de Registro e Análise dos Dados**

Os dados qualitativos foram coletados no período compreendido entre 01/03/2019 e 30/04/2019. A obtenção dos dados foi realizada através de observação direta e diálogo (entrevista) com os colaboradores da empresa em estudo.

As etapas do processo foram esquematizadas através do fluxograma utilizando o programa Microsoft Word. Em seguida, desenvolveu-se o diagrama de Ishikawa, e o plano de ação também utilizando o Microsoft Word.

## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS**

Nesta seção são apresentados os dados obtidos durante o estudo de caso. São analisadas as características das atividades, para se ver a possibilidade para o aproveitamento do lodo gerado para ser utilizado como adubo para fins agrícola, visando atender a proposta do estudo.

### **4.1 Mapeamento do processo**

A empresa onde foi desenvolvido o estudo atua na área de coleta e tratamento do esgotamento sanitário doméstico no estado de Sergipe. O processo de tratamento tem seu início na parte de gradeamento do sistema, que consiste na retenção dos sólidos (plásticos, canudos, copos descartáveis, etc.) que são jogados pela população na rede de esgoto, e conduzidos até a estação através das tubulações, cujo efluente é bombeado de uma estação elevatória até a estação de tratamento.

#### **4.1.1 Mapeamento do processo de tratamento de esgoto e geração de efluentes**

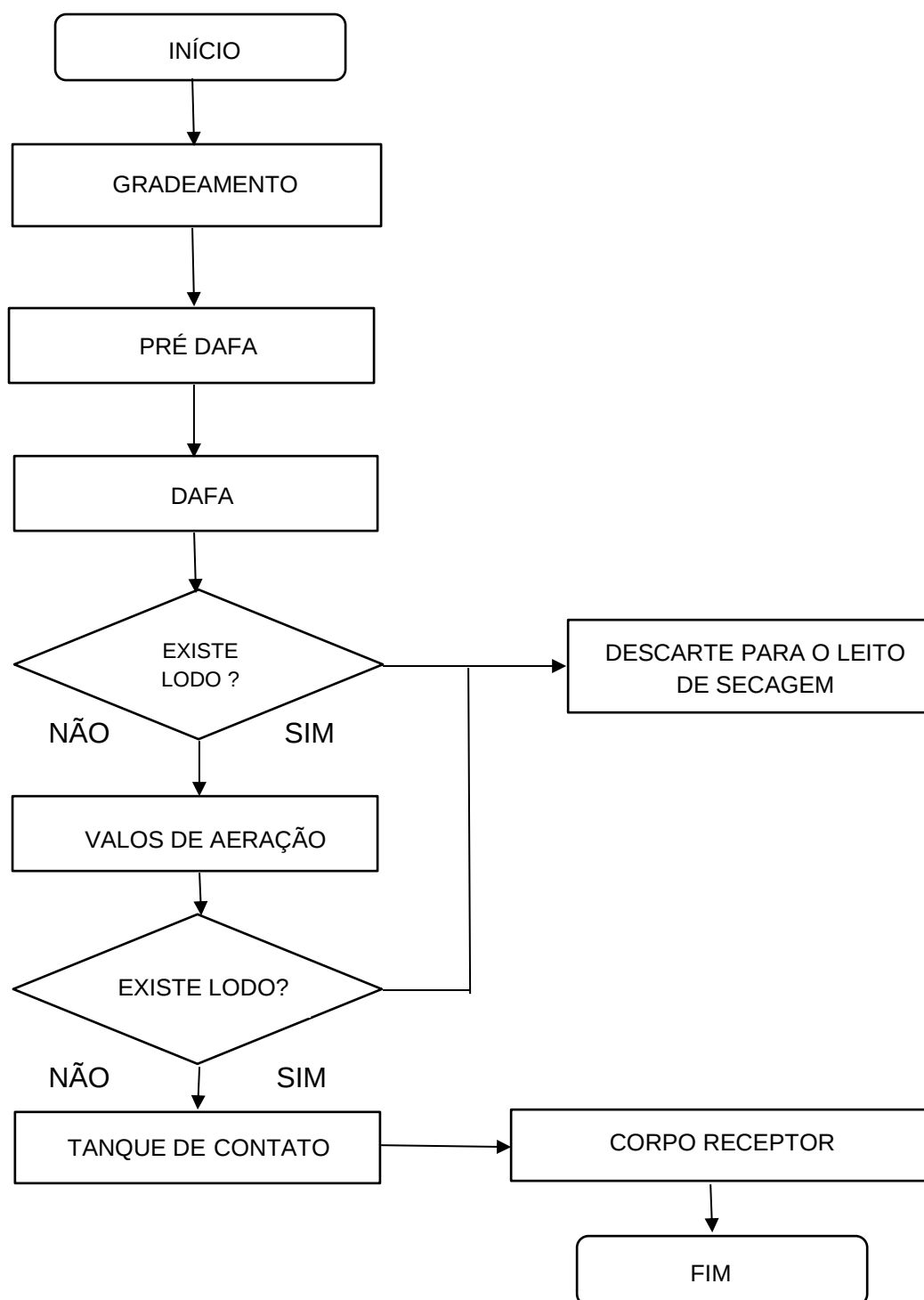
Tendo em vista o acompanhamento das atividades e o mapeamento das etapas do processo, é possível obter uma visão global das fases através da análise da ferramenta da qualidade chamada fluxograma.

Miguel (2006, p. 140) explica que o mapeamento do processo usa uma das ferramentas tradicionais da qualidade, o fluxograma, que permite a demonstração da rotina em forma de processos sequenciais, representados por figuras específicas com significados distintos.

Miguel (2006, p. 141) define que o fluxograma é uma ferramenta desenvolvida para desenhar o fluxo de processos, por meio de formas e pequenos detalhes. Trata-se de uma representação visual do processo e permite identificar nele possíveis pontos nos quais podem ocorrer problemas.

O fluxograma representa todas as fases do processo, desde a chegada do efluente na estação de tratamento, até o seu envio ao corpo receptor. Todas as etapas podem ser visualizadas na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma do processo



Fonte: Adaptado de Marshall Junior (2019)

A Figura 4 mostra a etapa de gradeamento onde ocorre a remoção (retenção) dos sólidos que são gerados com o efluente. Esta operação é realizada constantemente, para que o gradeamento não fique obstruído, evitando que o efluente transborde para fora do sistema.

**Figura 4 – Etapa de gradeamento de esgoto numa estação de tratamento**



Fonte: Autor do estudo (2019)

Após a passagem pelo gradeamento, o efluente é conduzido para a caixa de areia (Figura 5), onde a areia é retida no sistema. Após a redução do fluxo de chegada do efluente na estação, essa areia é separada manualmente pelos colaboradores que trabalham na estação. Esta areia é removida e dispensada em uma área destinada para tal, onde é aplicada uma camada de cal. Este resíduo é mantido na estação até acumular uma certa quantidade capaz de encher uma caçamba de 9 m<sup>3</sup>.

**Figura 5 – Caixa de areia de uma estação de tratamento de esgoto**



Fonte: Autor do estudo (2019)

Após passar pela caixa de areia, o efluente é conduzido por gravidade até a câmara de carga ou pré dafa, conforme apresentado na Figura 6, para que sejam retidas as possíveis partículas sólidas que não foram removidas nas etapas anteriores. A estação dispõe de quatro câmaras de carga, sendo duas situadas à direita e duas localizadas à esquerda do sistema de tratamento. A quantidade de câmaras depende da capacidade volumétrica de tratamento de cada estação.

**Figura 6 – Câmara de carga de uma estação de tratamento de esgoto**



Fonte: Autor do estudo (2019)

O efluente, após passar pela câmara de carga, segue para as (DAFAs) Dispositivo Anaeróbio de Fluxo Ascendente, para que as bactérias anaeróbias comecem a realizar o tratamento, alimentando-se da carga orgânica existente no efluente.

Jordão; Pessoa (2014, p. 883) dizem que a eficiência do tratamento anaeróbico tem indicado remoções de DQO na faixa de 40 a 75% e de DBO na faixa de 45 a 85%.

Ainda segundo Jordão; Pessoa (2014, p. 894), o lodo no interior do reator (DAFA) apresenta um teor de sólidos entre 3 e 5%, tendo a crescer ao longo do tempo se nenhum descarte for aplicado. A Figura 7 mostra um reator DAFA empregado no tratamento de esgoto.

**Figura 7 – Sistema DAFA empregado no tratamento de efluentes**



Fonte: Autor do estudo (2019)

Após passar pelos reatores DAFAs, o efluente é enviado para os tanques de oxidação ou valos de aeração, como também são conhecidos. Nestes tanques, existem as bactérias aeróbias, que necessitam de oxigênio para consumirem o restante dos DQO e DBO que sobraram do efluente que passou pelo reator DAFA. Nesses tanques existem a necessidade de instalação de motores, para que possam agitar o efluente gerando oxigênio mantendo as bactérias vivas durante o processo.

Nesta fase do processo, também é gerado o lodo, retirado através de uma atividade conhecida como adensamento do lodo e que consiste na retirada de uma quantidade de efluente, enviada para uma caixa elevatória, que envia esse efluente até o adensador, lá permanecendo por aproximadamente três horas, quando o lodo é decantado e enviado para os leitos de secagem, e a outra parte, chamada de clarificado, retorna para os valos.

Durante o período em que o efluente permanece nos valos (Figura 8) são desenvolvidas as etapas de: agitação ou aeração, decantação e liberação para o tanque de contato.

**Figura 8 – Valos de aeração ou tanques de oxidação**



Fonte: Autor do estudo (2019)

Conforme demonstrado no fluxograma, após as etapas de câmara de carga e sistema DAFA, o lodo é enviado para os leitos de secagem, permanecendo lá por um período de 30 a 40 dias, dependendo do clima, visto que ele precisa de sol para evaporar parte do líquido e completar o seu ciclo.

Na Figura 9, é possível observar o leito de secagem com o lodo pronto para ser retirado e receber a aplicação do cal para torná-lo inerte. Quando este atinge a capacidade mínima para ser transportado, o setor responsável é acionado para providenciar a retirada.

**Figura 9 – Leito de secagem de uma ETE**



Fonte: Autor do estudo (2019)

Após a passagem pelos valos de aeração, o efluente é enviado para um local chamado de tanque de contato (Figura 10), onde é adicionado uma quantidade de cloro para a desinfecção, e logo após, esse efluente é enviado para um corpo receptor, que pode ser um rio, o mar, ou uma lagoa.

**Figura 10 – Tanque de contato localizado numa ETE**

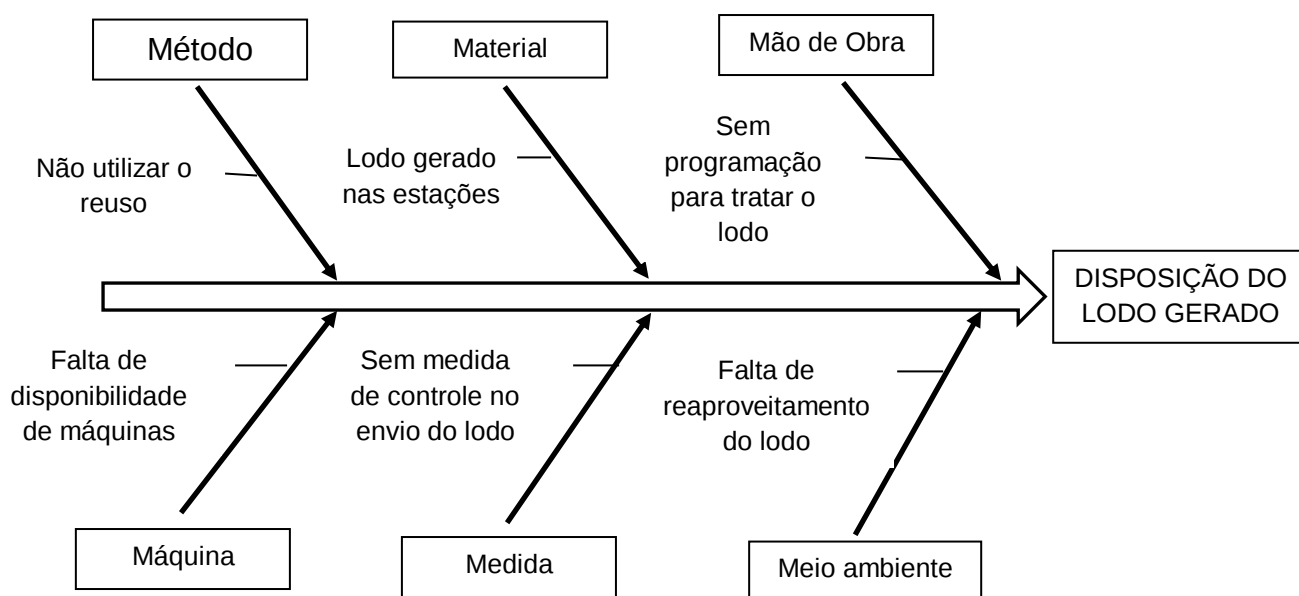


Fonte: Autor do Estudo (2019)

## 4.2 Avaliação dos aspectos positivos e negativos do processo

O diagrama de Ishikawa é uma ferramenta utilizada, para identificar a origem dos problemas. Assim sendo, foi empregado na busca das causas que dificultam a otimização do processo e visa minimizar os problemas decorrentes da disposição do lodo gerado nas estações de tratamento em aterros sanitários. Essas informações são apresentadas na Figura 11.

**Figura 11 – Diagrama de Ishikawa**



Fonte: Autor do Estudo (2019)

Os impactos ambientais decorrentes de possíveis falhas no transporte ou na disposição do lodo nos aterros sanitários podem gerar grandes problemas para a empresa junto à comunidade e aos órgãos ambientais.

É necessário que se tenha uma maior preocupação com a disposição do lodo tanto na estação de tratamento durante sua retirada e permanência até o seu transporte para o aterro sanitário, para que não ocorra nenhum derramamento do material durante o trajeto. No aterro sanitário, é preciso ficar atento com relação à sua capacidade de armazenamento.

### 4.3 Elaboração de estratégias visando o beneficiamento e o aproveitamento do lodo gerado

O plano de ação 5W2H é uma ferramenta onde são reunidas perguntas que objetivam solucionar os problemas identificados durante a pesquisa. O plano de ação foi elaborado a partir de questionamentos e problemas abordados anteriormente, conforme o Quadro 5.

**Quadro 5 – Plano de Ação 5W2H**

| O que?                                                                                                                                                 | Quem?                 | Quando?                                        | Onde?                           | Por quê?                                                               | Como?                                                                                     | Custos?                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Descarte periódico do lodo excedente                                                                                                                   | Operadores da estação | Quinzenalmente                                 | Na estação                      | Para evitar acúmulo do sistema                                         | Fazendo acompanhamento e dando descarte dos dados e valores                               | Sem custo                                                                  |
| Calear o lodo na melhor quantidade possível                                                                                                            | Operadores da estação | Na retirada do lodo do leito de secagem        | Na estação                      | Para tornar o lodo inerte, e para que não haja falta ou excesso de cal | Utilizando uma média de cal a ser utilizado pela quantidade de carrinhos de lodo retirado | R\$ 12,00 por saco de 20Kg no mercado local                                |
| Elaborar estratégias visando o beneficiamento e aproveitamento do lodo gerado pelo tratamento do esgoto sanitário doméstico como adubo na agricultura. | Gerente da área       | Após análise de possível presença de patógenos | Na estação onde o lodo é gerado | Para diminuir a quantidade de lodo colocado no aterro                  | Acompanhando a capacidade e verificando a necessidade de abertura de um novo aterro       | Elaborar orçamento dos valores dos equipamentos e utensílios laboratoriais |

Fonte: Adaptado de Marshall Junior (2006, p. 109)

As ações elencadas no Quadro 5 são necessárias para o andamento das propostas de melhorias levantadas no presente estudo.

Os itens 1 e 2 já foram implantados, mais o 3 ainda não foi implantado por demandar um custo alto e não provisionado no orçamento anual da empresa. Sugerimos verificar a possibilidade de incluir esse custo no próximo orçamento.

## 5 CONCLUSÃO

Com base na pergunta problema desse estudo de caso: **Como minimizar os problemas decorrentes da disposição do lodo gerado em estações de tratamento de esgoto (ETE) em aterros sanitários?** Identificou-se a necessidade de sugerir estudos, visando a utilização do lodo gerado no tratamento do efluente como adubo orgânico para ser utilizado na agricultura, visando reduzir os pela disposição do lodo no meio ambiente.

O estudo de caso, com o auxílio da pesquisa bibliográfica e das ferramentas da qualidade como Diagrama de Ishikawa e do 5W2H permitiu verificar os possíveis impactos ao meio ambiente pela disposição do lodo gerado na estação de tratamento em aterro sanitário, existindo a possibilidade de viabilizar o tratamento e uso desse lodo.

Dos pontos abordados no 5W2H, foram implantados o descarte periódico do lodo excedente, observando o tempo de maturação e a qualidade do lodo líquido, através de análise com a utilização do cone *In Off*, para que se obtenha um material consistente e rico em matéria orgânica, e a sua caleação após período de secagem.

Se faz necessário manter a preocupação da empresa com o meio ambiente, aprimorando as técnicas utilizadas no tratamento do efluente e no estudo de viabilidade técnica e econômica para o uso do lodo gerado nas estações de tratamento.

Para dar início ao estudo de viabilidade técnica e econômica, foi sugerido que a empresa separasse um espaço dentro da estação aonde fica localizado o aterro sanitário, para que o lodo gerado fosse reservado para em local apropriado, para dar início há algumas análises em período, temperatura e umidade diferentes, para determinar a melhor qualidade do material para torna-lo adubo.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, (CONAMA) **Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 211**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

EOS, como funciona o tratamento de efluentes no Brasil, Disponível em <<https://www.eosconsultores.com.br/tratamento-de-efluentes/>>, Acesso em: 30 de março de 2019.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC Controle da qualidade total**, Nova Lima – MG, 2004, 8ª ed. 256p.

FACHIN, Odília. **Fundamentos da metodologia**. São Paulo, 2003, 4ª ed. 200 p.

FERREIRA, Aurélio de Holanda. **O minidicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro, 2000, 4ª ed.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, 2010.

JORDÃO, Eduardo Pacheco & PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio de Janeiro: 2014, 7ª ed. 1087p.

JUNIOR, Isnard Marshall et al. **Gestão da qualidade**. Rio de Janeiro, 2006, 8ª ed. 195p.

LAS CASAS, Alexandre Liuzzi. **Qualidade total em serviços: conceitos, exercícios, casos práticos**. São Paulo, 2006, 231p

LINS, Gustavo Aveiro. **Impactos Ambientais em Estações de Tratamento de Esgoto**. 2010, 286 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MAIA, Carla Ruanita Pedroza. **Gestão Ambiental, estudo de caso da gestão de resíduos eletrônicos**. 2018, 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Fanese.

MARCONI, Maria de Andrade & LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo, 2009, 6ª ed. 315 p.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchinck, **Qualidade: enfoques e ferramentas**. São Paulo, 2006, 1ª reimpressão, 263p.

PARIS, Wanderson S. **Material de apoio dos seminários: Ferramentas da qualidade**. Curitiba, 2002.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte, 2005, 3ª ed. 452p.

TRATAMENTO DE ÁGUA, 6 tecnologias para tratamento de água e efluentes. Disponível em < <https://www.tratamentodeagua.com.br/6-tecnologias-tratamento-de-agua-efluentes/>>, Acesso em: 23 de março de 2019.

TERRA, os problemas ambientais causados pela falta de tratamento de efluente. Disponível em <<https://www.terraambiental.com.br/blog-da-terra-ambiental/os-problemas-ambientais-causados-pela-falta-de-tratamento-de-efluente>>, Acesso em: 23 de março de 2019.

UBIRAJARA, Eduardo Rodrigues Batista. **Guia de Orientação para Trabalhos de Conclusão de Curso**: relatórios, artigos e monografias. Aracaju, 2011

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo, 2005, p.