



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Monik Muniz Conrado

**Gestão de Efluente Industrial em Produção Avícola: Estudo de caso em uma empresa na  
Grande Florianópolis**

Florianópolis  
2023

Monik Muniz Conrado

**Gestão de Efluente Industrial em Produção Avícola:** Estudo de caso em uma empresa na Grande Florianópolis

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Paulo Belli Filho, Dr.

Florianópolis

2023

### Ficha de identificação da obra

Conrado, Monik Muniz

Gestão de Efluente Industrial em Produção Avícola : Estudo de caso em uma empresa na Grande Florianópolis / Monik Muniz Conrado ; orientador, Paulo Belli Filho, 2023.

62 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Efluente Industrial . 3. Indústria Avícola. 4. Tratamento de Efluentes Industrial. 5. Compostagem. I. Belli Filho, Paulo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Monik Muniz Conrado

**Gestão de Efluente Industrial em Produção Avícola:** Estudo de caso em uma empresa na  
Grande Florianópolis

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheira Sanitarista e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 05 de dezembro de 2023.

---

Prof. Bruno Segalla Pizzolatti, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Paulo Belli Filho, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Nelson Libardi Júnior, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof<sup>ª</sup>. Maria Eliza Nagel Hassemer, Dr<sup>ª</sup>.  
Avaliadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus amados pais pelo amor e apoio incondicional.

Aos meus amigos, agradeço por tornarem a vida mais leve e alegre.

Agradeço a todos os professores que, ao lado dos meus pais, contribuíram para a minha formação ao longo dos diversos estágios da vida.

Agradeço ao Professor Paulo Belli Filho, pelo dedicado apoio na concretização deste trabalho.

Agradeço à equipe do Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), em especial a Aline Alves Freitas e Jorge Coelho da Silva Júnior, pelo valioso apoio e colaboração nas análises físico-químicas.

Agradeço à banca pela disponibilidade e interesse dedicados à análise do meu trabalho, enriquecendo esta jornada acadêmica.

## RESUMO

As indústrias avícolas produzem significativa quantidade de efluentes líquidos com elevada concentração de poluentes, demandando tratamentos altamente eficazes para minimizar os impactos ambientais. O processo de tratamento dos efluentes gerados por essas indústrias envolve a separação entre a fase líquida e sólida, sendo cada uma tratada individualmente para redução máxima da carga poluidora. O objetivo é permitir a disposição adequada, em conformidade com as regulamentações ambientais, sem causar danos ao meio ambiente. As estações de tratamento de efluentes empregam tecnologias para remover os poluentes presentes nos efluentes, visando devolver o efluente tratado ao meio ambiente com a menor carga poluidora possível. Este estudo caracteriza o efluente da produção avícola de uma empresa de frangos situada em Palhoça, SC. Os parâmetros analisados incluem demanda química de oxigênio, pH, fósforo, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, óleos e graxas, sólidos totais, sólidos sedimentáveis e sólidos dissolvidos. A caracterização possibilitou a avaliação do sistema de tratamento de efluentes da empresa em relação à conformidade com a legislação ambiental. Os resultados revelaram variações nas concentrações e remoções dos parâmetros ao longo dos dois meses de avaliação. No entanto, destacou-se que o sistema de tratamento atual não está em conformidade com a legislação nos aspectos de amônia e fósforo, indicando a necessidade de revisão. Em contraste, os parâmetros pH e óleos e graxas atendem aos requisitos legais. Adicionalmente, propõe-se a compostagem como uma alternativa viável para os sólidos flotados provenientes do tratamento de efluentes e para os sólidos retidos no tratamento preliminar.

**Palavras-chave:** Efluente Industrial. Indústria Avícola. Tratamento de Efluente Industrial. Compostagem.

## ABSTRACT

Poultry industries generate a significant amount of liquid effluents with a high concentration of pollutants, requiring highly efficient treatments to minimize environmental impacts. The effluent treatment process involves separating the liquid phase from the solid phase, with each treated individually to reduce the pollutant load to the maximum extent. The goal is to enable proper disposal in accordance with environmental regulations without causing harm to the environment. Effluent treatment plants employ technologies to remove pollutants from the effluents, aiming to return the treated effluent to the environment with the lowest possible pollutant load. This study characterizes the effluent from the poultry production of a chicken company located in Palhoça, SC. The analyzed parameters include chemical oxygen demand, pH, phosphorus, ammoniacal nitrogen, nitrate, nitrite, oils and greases, total solids, settleable solids, and dissolved solids. Characterization allowed for the evaluation of the company's effluent treatment system regarding compliance with environmental legislation.

The results revealed variations in concentrations and removals of parameters over the two months of evaluation. However, it was highlighted that the current treatment system does not comply with the legislation regarding ammonia and phosphorus, indicating the need for revision. In contrast, the pH and oils and greases parameters meet legal requirements. Additionally, composting is proposed as a viable alternative for floated solids from effluent treatment and for solids retained in preliminary treatment.

**Keywords:** Industrial Effluent. Poultry Industry. Industrial Effluent Treatment. Composting.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Local adequado para o sistema de compostagem.....	25
Figura 2 – Localização do empreendimento.....	29
Figura 3 – Imagem de satélite do terreno da empresa.....	30
Figura 4 – Layout do processo de tratamento de efluentes.....	31
Figura 5 – Caminho percorrido pelo efluente tratado até o mar.....	31
Figura 6 – Peneira Rotativa utilizada na ETE.....	32
Figura 7 – Tanque de Equalização utilizado na ETE.....	33
Figura 8 – Sistema de flotação utilizado na ETE.....	34
Figura 9 – Sistema de flotação utilizado na ETE.....	35
Figura 10 – Prensa parafuso utilizado na ETE.....	35
Figura 11 – Lodo extraído da ETE.....	36
Figura 12 – Lagoa anaeróbia utilizada na ETE.....	37
Figura 13 – Imagem de satélite do sistema de lagoas da ETE.....	37
Figura 14 – Pontos de Coleta na ETE.....	38
Figura 15 – Amostras coletadas na ETE.....	39
Figura 16 – Amostras coletadas na ETE.....	39
Figura 17 – Aferição da série nitrogenada (Amônia, Nitrato e Nitrito) em espectrofotômetro...40	
Figura 18 – Sistema respirométrico com mecanismo de agitação magnética e aparelho de comando do agitador.....	41
Figura 19 – Preparação das amostras para aferição da DQO.....	42
Figura 20 – Preparação das amostras para aferição de Fósforo.....	43
Figura 21 – Preparação das amostras para aferição de Óleos e Graxas.....	44
Figura 22 –Aferição do pH.....	45
Figura 23 –Cadinhos utilizados na aferição dos sólidos.....	46
Figura 24 – Projeção da área do sistema de compostagem.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eficiência de Remoção em cada etapa de tratamento de efluente.....	19
Tabela 2 – Variação das características dos efluentes avícolas.....	20
Tabela 3 – Limites de lançamento de efluente tratado em corpos de água segundo resoluções do CONAMA.....	27
Tabela 4 – Limites de lançamento de efluente tratado em corpos de água segundo CONSEMA 181/21.....	28
Tabela 5 – Caracterização do efluente industrial em agosto.....	48
Tabela 6 – Eficiência de remoção dos pontos da ETE nas análises de agosto.....	49
Tabela 7 – Caracterização do efluente industrial em outubro.....	50
Tabela 8 – Eficiência de remoção dos pontos da ETE nas análises de outubro.....	51
Tabela 9 – Comparação das análises com as análises de Morés, Bendo, Schoenhals e Gil.....	53
Tabela 10 – Eficiência de remoção entre as análises, Bendo e Morés.....	54
Tabela 11 – Comparação das análises com os limites de lançamento compreendidos pela legislação.....	55

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICO .....	17
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
3.1	EFLUENTES DA INDÚSTRIA AVÍCOLA E SEU TRATAMENTO .....	18
3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES .....	19
<b>3.2.1</b>	<b>Amônia.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Demanda Química de Oxigênio (DQO) .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Fósforo .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Nitrato e Nitrito.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Óleos e Graxas.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.7</b>	<b>pH.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.8</b>	<b>Sólidos .....</b>	<b>23</b>
3.3	SISTEMA DE COMPOSTAGEM .....	23
3.4	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA EFLUENTES LÍQUIDOS.....	26
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
4.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	29
4.2	PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EXECUTADOS NA EMPRESA .....	32
<b>4.2.1</b>	<b>Tratamento Preliminar .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Tratamento Primário .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Tratamento secundário .....</b>	<b>36</b>
4.3	COLETA.....	38
4.4	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	39
<b>4.4.1</b>	<b>Amônia.....</b>	<b>40</b>

4.4.2	<b>DBO.....</b>	<b>41</b>
4.4.3	<b>DQO .....</b>	<b>41</b>
4.4.4	<b>Fósforo .....</b>	<b>42</b>
4.4.5	<b>Nitrato.....</b>	<b>43</b>
4.4.6	<b>Nitrito.....</b>	<b>43</b>
4.4.7	<b>Óleos e Graxas.....</b>	<b>44</b>
4.4.8	<b>PH.....</b>	<b>45</b>
4.4.9	<b>Sólidos Totais .....</b>	<b>45</b>
4.4.10	<b>Sólidos suspensos .....</b>	<b>47</b>
4.4.11	<b>Sólidos Dissolvidos .....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>RESUSLTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>48</b>
5.1	<b>CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE.....</b>	<b>48</b>
5.2	<b>COMPARAÇÃO COM A LITERATURA .....</b>	<b>52</b>
5.3	<b>ENQUADRAMENTO NA LEGISLAÇÃO.....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>56</b>
6.1	<b>SISTEMA DE COMPOSTAGEM .....</b>	<b>56</b>
6.2	<b>ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o líder mundial em exportação de carne de frango desde 2004, sendo responsável por 35% desse mercado e atendendo mais de 150 países. O interesse na produção brasileira pode ser atribuído a qualidade sanitária, na qual todos os produtores dentro do ciclo de vida do frango precisam se enquadrar, por norma, para entregar aos consumidores uma mercadoria de qualidade e confiável (GOVERNO FEDERAL, 2022).

O setor avícola catarinense, representa uma parte importante da produção Agropecuária brasileira, sendo Santa Catarina o segundo maior produtor nacional, responsável em 2022 por 12,7% da produção anual do Brasil e 21,8% das exportações brasileiras de carne de frango (EPAGRI/CEPA, 2023). Existem no estado cerca de seis mil avicultores, a grande maioria concentrada no Meio-Oeste, mas presente em todo o território catarinense (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2023).

Assim a indústria avícola tem um papel muito importante na economia de Santa Catarina, sendo um setor fundamental para o desenvolvimento econômico da região. Conforme sua grande importância existe também uma grande responsabilidade, o impacto ambiental gerado na produção.

A empresa está localizada no município de Palhoça – SC, presente na região a mais de 30 anos, tendo uma produção de abate diário de trinta mil frangos. A empresa trata seu efluente *in loco*.

Para este trabalho foi levado em consideração todo o layout da empresa, assim, todo efluente que chega até a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), fez parte dos processos de produção e dos processos de limpeza em toda a empresa.

A ETE da empresa conta com um tratamento preliminar composto por uma Peneira, onde os resíduos do processo que chegam junto com o efluente são separados. Após esse tratamento preliminar, o efluente é encaminhado por gravidade até o Tanque de Equalização, onde o efluente passa pelo processo de homogeneização. Após, o efluente é bombeado para o Sistema de Flotação, onde é acrescentado produtos químicos com a finalidade de flocular as partículas orgânicas contidas no efluente. Nesta etapa, os flocos de partículas são retirados através de raspadores, e por gravidade seguem até o Tanque de Lodo. Após um período de agitação no Tanque de Lodo, o lodo segue para o Sistema de Prensa onde é desaguado e retirado do sistema, assim como os resíduos retirados no tratamento preliminar. O efluente que sai do processo de prensa do lodo, se junta a descarga de fundo do Sistema de Flotação em uma caixa

de recepção, onde por gravidade seguem novamente para o Tanque de equalização para passar pelo processo de equalização novamente. O efluente clarificado que sai do Sistema de Flotação segue por gravidade para as Lagoas facultativas, onde passam por processos biológicos de tratamento e por fim, o efluente tratado segue por gravidade até o corpo de água receptor.

Conforme descrito, no processo de tratamento da empresa, tem-se duas categorias de resíduos, líquidos e sólidos. Os líquidos são tratados na empresa, pela ETE, e lançados em um pequeno corpo de água que passa próximo à empresa. Já os efluentes sólidos, são armazenados pela empresa em um contêiner, onde é coletado por caminhão e encaminhado para aterro sanitário industrial.

A possibilidade de tratar os resíduos sólidos gerados na empresa, é de interesse, visando uma gestão mais limpa e diminuição dos gastos com a disposição final dos resíduos retirados do tratamento de efluente.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o sistema de tratamento de efluentes existente na empresa e enquadramento dos parâmetros na legislação ambiental associado a possibilidade de recuperação de recursos com compostagem.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o efluente em pontos da estação de tratamento, por meio de análises físico-químicas e conferir a eficiência de remoção de cada ponto do processo de tratamento;
- Verificar na literatura brasileira valores de comparação de indústrias avícolas, de modo a conferir padrão nos resultados;
- Verificar se o efluente de lançamento se enquadra na legislação;
- Sugerir um processo de tratamento para os sólidos retirados do tratamento de efluente;
- Avaliar a possibilidade do uso da compostagem para o lodo flotado da ETE.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 EFLUENTES DA INDÚSTRIA AVÍCOLA E SEU TRATAMENTO

A água é um elemento fundamental para a produção avícola, sendo utilizada para a dessedentação dos animais, na produção e na limpeza. Sendo assim, é importante uma gestão adequada da água para que este elemento não se torne um fator limitante quantitativo e qualitativo para a produção. (BARBOSA, 2013).

Segundo Morés (2006) os efluentes líquidos oriundos da produção avícola contêm elevada concentração de poluentes, necessitando de tratamentos de alta eficiência com o objetivo da minimização dos impactos ao meio ambiente.

Uma característica presente nos efluentes avícolas é a grande carga de sólidos e substâncias orgânicas dissolvidas, como gorduras e proteínas, e consideráveis níveis de nitrogênio e fósforo. (SCHATZMANN, 2009).

O tratamento de efluentes avícolas pode seguir o layout de tratamento descrito por Von Sperling (1996), em três etapas: físico, químico e biológico. O tratamento físico consiste no processo de remoção de sólidos suspensos sedimentáveis e flutuantes, através de ação física como, por exemplo, o peneiramento do efluente, o gradeamento da entrada e a filtração do efluente.

Para o tratamento químico, Von Sperling (1996) descreve como, métodos de tratamento onde a remoção ou conversão de contaminantes ocorre por meio da adição de produtos químicos ao efluente, onde ocorrem reações químicas gerando a separação dos poluentes do líquido, como, por exemplo a precipitação, adsorção e a desinfecção.

O tratamento biológico é descrito por Von Sperling (1996) como a remoção do material orgânico, decorrente de transformações bioquímicas proporcionadas pelos microrganismos. Assim, é uma forma de acelerar os mecanismos de degradação que ocorrem naturalmente nos corpos hídricos. Esse sistema visa a decomposição dos poluentes orgânicos de forma controlada e em menor intervalo de tempo que em sistemas naturais.

Os sistemas de tratamento de efluente possuem classificação quanto ao tipo de processo utilizado e quanto ao grau e eficiência de remoção de parâmetros das unidades, sendo denominados tratamento Preliminar (Físico), Primário (Físico-Químico) e Secundário (Biológico). Segundo CETESB (2018), a eficiência de remoção foi avaliada em 4 parâmetros:

Sólidos suspensos (SS), DBO (Demanda bioquímica de oxigênio), Nutrientes e Bactérias. A tabela 1 apresenta os valores de CETESB (2018).

Tabela 1 – Eficiência de Remoção em cada etapa de tratamento de efluente.

<b>Parâmetros</b>	<b>Preliminar</b>	<b>Primário</b>	<b>Secundário</b>
<b>SS</b>	5 a 20%	40 a 70%	65 a 95%
<b>DBO</b>	5 a 10%	25 a 50%	60 a 95%
<b>Nutrientes</b>	Não remove	Não remove	10 a 50%
<b>Bactérias</b>	10 a 20%	25 a 75%	70 a 99%

Fonte: elaborado pela autora

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

Os efluentes de abatedouros de aves, caracterizam-se por conter sangue, gordura, excrementos e recortes do frango, que tornam um resíduo com elevada concentração de matéria orgânica. A diluição desse efluente na água da produção influencia na concentração dos parâmetros, assim como o clima também é um fator importante na caracterização, podendo influenciar nos processos químicos e físicos (SUNADA, 2011).

Segundo Bendo (2022), os valores dos parâmetros dos efluentes avícolas variam de empresa para empresa, pois o layout de produção não é padronizado, o que significa que alguns fatores vão influenciar na característica do efluente. Por exemplo, o consumo de água, a quantidade de cabeças abatidas, os fatores climáticos, a vazão de efluentes gerados, entre outros, o que torna a caracterização e análise do efluente importante para a escolha do melhor sistema de tratamento. Na Tabela 2 apresenta o resultado na caracterização do efluente avícola, obtido por diversos autores.

Tabela 2 – Variação das características dos efluentes avícolas.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores de referência</b>
<b>pH -</b>	6,0 a 7,4
<b>Sólidos Totais (mg/L)</b>	650 a 3.000
<b>Sólidos Suspensos (mg/L)</b>	340 a 2.300
<b>Sólidos Dissolvidos (mg/L)</b>	700 a 1.530
<b>Sólidos Sedimentáveis (mg/L)</b>	1 a 202
<b>Óleos e Graxas (mg/L)</b>	170 a 1.500
<b>DQO (mg/L)</b>	460 a 9.115
<b>DBO (mg/L)</b>	370 a 4.593
<b>Nitrogênio Amoniacal (mg/L)</b>	2 a 100
<b>Nitrogênio Total (mg/L)</b>	147
<b>Sulfetos (mg/L)</b>	50 a 100
<b>Fosfato Total (mg/L)</b>	114

Fonte: Bendo (2022)

### 3.2.1 Amônia

A amônia pode estar naturalmente presente na natureza, em pequenas concentrações nos corpos de água, devido a sua fácil adsorção por partículas do solo ou oxidação a nitrito e nitrato. Quando encontrada em concentrações elevadas, é um indício de existir uma fonte poluidora próxima, pois a amônia é um constituinte comum no esgoto sanitário (FONSECA, 2017).

Altas concentrações do íon amônio ( $\text{NH}_4$ ) podem ter grandes implicações ecológicas, por exemplo: influenciar a dinâmica de oxigênio dissolvido no meio e dependendo da sua concentração pode ser tóxica para a biota aquática (FONSECA, 2017).

### 3.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Consiste na decomposição biológica da matéria orgânica presente na água, por meio de processos metabólicos de organismos biológicos aeróbios e envolve o consumo de moléculas de oxigênio dissolvidos na água. Assim, a redução da taxa de oxigênio dissolvido reflete a atividade bacteriana decompondo a matéria orgânica (MACÊDO, 2001).

A DBO retrata a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica carbonácea, por meio de processos bioquímicos, sendo uma indicação indireta de carbono orgânico biodegradável (BENDO, 2022).

Geralmente apresentada em duas formas, DBO5 e DBO20, em que se refere ao tempo de estabilização das amostras, onde a DBO5 refere-se à quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias, e a DBO20 refere-se à quantidade de oxigênio consumido durante 20 dias (BENDO, 2022).

### 3.2.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica carbonácea através de um agente químico. Um valor alto de DQO indica uma grande concentração de matéria orgânica e baixo teor de oxigênio. É um importante indicador do despejo de efluentes de origem industrial em corpos de água. (MORÉS, 2006).

Normalmente a DQO é maior que a DBO, e a relação entre a DBO e a DQO fornece uma indicação da biodegradabilidade do efluente no meio aquático, onde quanto menor a relação, maior a degradabilidade biológica da matéria (BENDO, 2022).

### 3.2.4 Fósforo

O fósforo é um elemento importante para os processos biológicos, mas quando em excesso, pode causar a eutrofização dos corpos de água (CASCAIS, 2008).

A eutrofização ocorre quando um corpo de água recebe alta carga de nutrientes (geralmente proveniente da descarga de esgoto ou efluente industrial) que proporcionam um rápido crescimento dos microrganismos, onde aumenta a turbidez da água. O aumento da turbidez interfere na disposição da luz solar até os pontos mais profundos, impedindo assim que as plantas de fundo realizem o processo de fotossíntese, levando essas plantas a morte e ao

processo de decomposição. Com resultado, tem-se um corpo de água com habitat modificado, alimentos escassos e pouco oxigênio (EMÍDIO, 2012).

### 3.2.5 Nitrato e Nitrito

O nitrato ocorre geralmente em baixas concentrações nos corpos de água, mas quando existe uma descarga de poluentes nesse corpo de água a concentração pode aumentar, gerando assim risco para a saúde, pois a ingestão em altas concentrações de nitrato, pode aumentar a incidência de câncer de estômago e em bebês pode resultar em metaemoglobinemia (BAIRD; CANN, GRASSI, 2011).

O nitrito é uma forma química do nitrogênio também encontrada em baixas concentrações nos corpos de água, sendo este instável na presença de oxigênio. A presença do nitrito inibe a ocorrência de processos biológicos ativos por influência de poluição orgânica. Assim como o nitrato, o nitrito gera risco para a saúde tendo o agravante de ter um efeito mais rápido que o nitrato (BAIRD, CANN, GRASSI, 2011).

A presença de amônia, nitrito e nitrato em corpos de água aponta a existência de poluição recente. As bactérias nitrificantes ficam encarregada pelo processo de oxidação dessas moléculas, esse processo é conhecido como nitrificação (DELLAGIUSTINA, 2000).

A nitrificação é um processo no qual o nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) é oxidado a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e posteriormente a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), pela ação das bactérias *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, em decorrência da decomposição da matéria orgânica. Sendo as *Nitrosomonas* responsáveis por oxidar amônia a nitrito e as *Nitrobacter* oxidam o nitrito a nitrato (DELLAGIUSTINA, 2000).

### 3.2.6 Óleos e Graxas

Óleos e graxas são substâncias de origem animal, vegetal ou mineral, onde sua composição é predominantemente de hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. (SUNADA, 2011).

O excesso dessas substâncias dificultam a degradação em processos biológicos por possuírem baixa solubilidade, também devido a sua baixa densidade formam um filme na superfície da água, que impede a transferência de oxigênio do ar para a água, assim aumentando a carga orgânica em corpos d'água (BENDO, 2022).

### 3.2.7 pH

O potencial hidrogeniônico é uma variável abiótica importante nos ecossistemas aquáticos, por meio do pH pode-se monitorar o poder de corrosão e o processo de redução dos microrganismos (CASCAIS, 2008).

É determinado pela concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) no meio e serve para definir o grau de acidez (BENDO, 2022).

O pH expressa a intensidade da condição ácida ( $H^+$ ) ou alcalina ( $OH^-$ ) de uma solução, variando de 0 a 14, onde 7,0 é o valor neutro; abaixo de 7,0 a água é considerada ácida e, acima de 7,0 é considerada alcalina (GIL, 2010).

### 3.2.8 Sólidos

Uma das principais características físicas do efluente, é o teor de matéria sólida, pois este influencia diretamente no dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento (CASCAIS, 2008).

A matéria sólida contida nos efluentes pode ser classificada em função da dimensão das partículas (sólidos em suspensão, sólidos coloidais e sólidos dissolvidos), da sedimentabilidade das partículas (sólidos sedimentáveis, sólidos flutuantes e sólidos dissolvidos) e da secagem em temperatura controlada (sólidos fixos, sólidos voláteis, sólidos totais, sólidos suspensos e sólidos dissolvidos) (CASCAIS, 2008).

## 3.3 SISTEMA DE COMPOSTAGEM

O sistema de tratamento de efluente existente na empresa, separa boa parte do lodo do efluente, diminuindo assim a carga de lodo das lagoas e melhorando o tratamento do efluente. Porém, esse lodo separado é destinado para aterro sanitário, juntamente com o material retido no tratamento preliminar. Esse material é coletado e armazenado *in loco*, para ser posteriormente encaminhado a um aterro sanitário industrial.

A reciclagem agrícola do lodo de esgoto se destaca por reduzir a pressão sobre o uso dos recursos naturais utilizados na produção de fertilizantes, além de ser uma opção para diminuir o impacto ambiental causado pelas agroindústrias. Devido à composição rica em

matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, o lodo de esgoto vem sendo uma opção para a aplicação na agricultura como condicionador e fertilizante do solo (SILVA, 2007).

Segundo Manual de Compostagem (EPAGRI, 2022), a compostagem é um processo de decomposição microbiana dos resíduos orgânicos, que utiliza os processos termofílicos para produzir um produto final estabilizado e humificado, denominado de “composto”.

O processo se caracteriza pela oxidação biológica, em que os microrganismos decompõem os compostos constituintes do lodo, liberando dióxido de carbono e vapor d’água. Entretanto, existem fatores limitantes para as atividades metabólicas características do processo, como a disponibilidade de oxigênio, a temperatura que afeta a velocidade das reações bioquímicas e a umidade que deve ser mantida em faixas adequadas (COSTA, 2016).

A metodologia da compostagem se dá em criar condições adequadas, para dispor as matérias primas ricas em nutrientes orgânicos e minerais, que contenham uma favorável relação de C/N (Carbono/Nitrogênio) ao metabolismo dos organismos que efetuam sua biodigestão (COSTA, 2016).

Segundo a Cartilha de Compostagem de Resíduos da Indústria Frigorífica elaborada pela EPAGRI (2022) a relação C/N da mistura deve ser o mais próximo possível de 30/1. As proporções dos resíduos para obter uma C/N adequada, conforme a mistura (in natura) são:

- 62% de lodo proveniente das ETEs das unidades frigoríficas;
- 30% de material das granjas pré-compostado ou serragem pura, devidamente ajustada (a temperatura deve chegar próxima a 70° C, mantendo a 60° C aproximadamente, por pelo menos 30 dias);
- 4% de resíduos de varredura de ração;
- 4% de cinzas de caldeira.

A disposição do local da compostagem é simples, composto por piso impermeabilizado e com sistema de coleta de lixiviado, para evitar contaminação do solo e das águas. É fundamental uma cobertura, para o controle de umidade e aeração da pilha. A pilha deve ter no máximo 1,5 metros para que não atrapalhe o manejo do revolvimento do composto (EPAGRI, 2022). A Figura 1 demonstra um local padrão de compostagem, onde a seta amarela indica o local de coleta de lixiviado.

Figura 1 – Local adequado para o sistema de compostagem.



Fonte: Google Earth (2023)

Segundo a Cartilha de Compostagem de Resíduos da Indústria Frigorífica elaborada pela EPAGRI (2022) o sistema mais indicado para resíduos de indústria avícola é o de Leira com revolvimento automatizado. Esse sistema permite sobretudo a compostagem de resíduos mais úmidos e pastosos, com maior potencial de contaminação, menor risco aos operadores, além de facilitar a incorporação gradual e constante de materiais na compostagem.

O sistema de revolvimento automatizado deve ser dimensionado conforme as instalações e volume de material a ser compostado. É importante prever um sistema que permita o manejo de máquinas e caminhões dentro das baias de compostagem. O sistema permite também o emprego com baias mais estreitas e curtas, que podem ser utilizadas para menores volumes de materiais a serem compostados (EPAGRI, 2022).

Nesse modelo são intercaladas camadas de palha de alta relação C/ N, variando entre 5 e 10 camadas geralmente (capineiras, serragens, entre outras), com camadas de materiais de baixa relação C/N, variando entre 4 a 8 camadas (estercos, resíduos de abates de animais, grãos residuais de soja, entre outros). As dimensões da pilha devem ter uma dimensão próxima a 1,5 a 2,0 m de altura, 2,0 a 3,0 m de largura e comprimento indefinido, porém no mínimo de 3,0 m (EPAGRI, 2022).

O composto é considerado pronto quando a pilha atingir a mesma temperatura do ambiente, não se elevando mais mesmo com a correção da umidade e promovendo a aeração/revolvimento. O período de compostagem pode variar entre 3 e 6 meses, dependendo do material e do manejo empregado. O composto pronto possui uma marcante cor escura, com

odor leve e sem o cheiro do material de origem, relação C/N abaixo de 15 e umidade abaixo de 50%, permitindo o ensacamento e a fácil distribuição do fertilizante no solo (EPAGRI, 2022).

O trabalho de Sunada *et al.* (2015) apresenta um sistema de compostagem para resíduos sólidos de abatedouro avícola composto por vísceras, tecido muscular, penas, tecido adiposo, sangue e demais partes coletadas no tratamento preliminar. Como fonte de carbono foi utilizado casca de arroz, sendo em peso 161 kg de casca de arroz e 289 kg de resíduos sólidos de abatedouro avícola. Ao final do estudo conclui-se que o sistema de compostagem foi eficiente, porém gerou um composto com baixa concentração de nitrogênio, sendo necessário a revisão do sistema para esse parâmetro.

Segundo o Relatório de Sustentabilidade Pamplona 2022 (EPAGRI, 2023) a empresa Pamplona consta com um projeto de compostagem de resíduos agroindustriais, onde desde 2018 vem reaproveitando 100% dos resíduos orgânicos agroindustriais provenientes das unidades de Rio do Sul (SC) e Presidente Getúlio (SC). O sistema mantém produção média de 100 toneladas mensais de composto orgânico, servindo como alternativa de adubação para os produtores de diversos cultivos regionais no Estado.

### 3.4 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA EFLUENTES LÍQUIDOS

A água é um bem de domínio público, logo ela pertence a todas as pessoas, sendo um bem de todos é dever de todos a sua preservação. Além de ser um recurso natural essencial para todas as formas de vida, é um recurso limitado, necessitando maior preocupação a sua gestão e preservação. O Brasil tem uma grande disponibilidade de água doce, o que reflete numa grande responsabilidade em gerir esse bem natural, e como ferramenta de preservação surgem as leis ambientais para recursos hídricos (DE ARAUJO *et al.*, 2008).

No âmbito federal têm-se a Lei 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997) que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), ferramentas essenciais para nortear as atividades desenvolvidas para a preservação do uso e conservação dos corpos hídricos. Além da PNRH, outro instrumento federal são as resoluções do Conselho nacional de meio ambiente (CONAMA): 20 de 1986, 357 de 2005 e 430 de 2011.

As resoluções do CONAMA trazem as diretrizes ambientais para os enquadramentos dos corpos de água, valores para monitoramento da qualidade da água e dispõe sobre as

condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água receptores, do modo que o despejo de efluentes não ofereça risco de contaminação (DE ARAUJO et al., 2008).

Na Tabela 3 contém os parâmetros e limites de lançamento pertinentes aos efluentes avícolas das resoluções do CONAMA.

Tabela 3 – Limites de lançamento de efluente tratado em corpos de água segundo resoluções do CONAMA.

<b>Parâmetros</b>	<b>CONAMA 20/86</b>	<b>CONAMA 357/09</b>	<b>CONAMA 430/11</b>
<b>pH</b>	5-9	5-9	5-9
<b>Material sedimentáveis (ml/L)</b>	1	1	1
<b>Óleos e graxas (mg/L)</b>	50	50	50
<b>Amônia (mg/L)</b>	5	20	20
<b>DBO (mg/L)</b>	-	-	Remoção de 60%

Fonte: elaborado pela autora

No âmbito estadual, tem-se a Resolução 181 de 2021 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), que apresenta as mesmas questões das resoluções do CONAMA, mas para os lançamentos de efluentes em corpos de água no território de Santa Catarina. Na Tabela 4 apresentam-se os parâmetros e limites de lançamento pertinentes aos efluentes avícolas da resolução 181 do CONSEMA.

Tabela 4 – Limites de lançamento de efluente tratado em corpos de água segundo CONSEMA 181/21.

<b>Parâmetros</b>	<b>CONSEMA 181/21</b>
<b>pH</b>	6-9
<b>Óleos e graxas (mg/L)</b>	30
<b>Amônia (mg/L)</b>	5
<b>Fósforo (mg/L)</b>	4
<b>DBO (mg/L)</b>	60 ou 80% de redução

Fonte: elaborado pela autora

## 4 METODOLOGIA

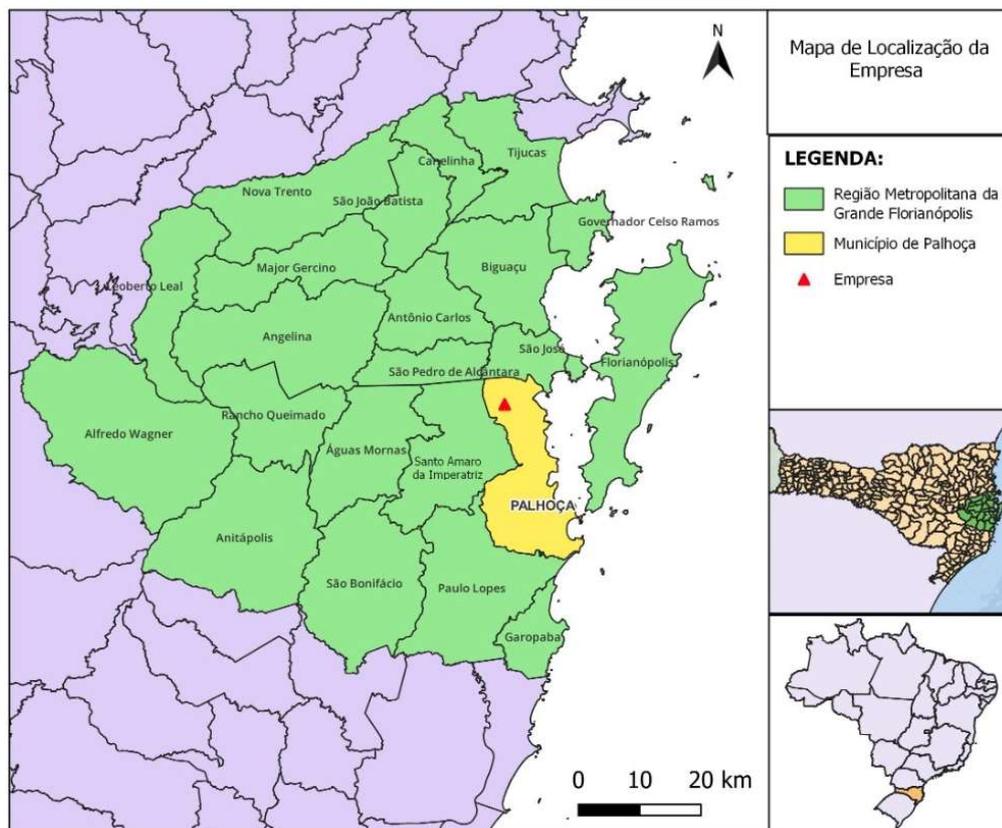
O presente trabalho consistiu em uma análise dos efluentes gerados e tratados em uma empresa na grande Florianópolis, assim como o enquadramento do efluente tratado junto as legislações de lançamento, a comparação das características do efluente com a literatura e a avaliação integral do sistema de tratamento dos efluentes líquidos.

### 4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A empresa fica localizada no município de Palhoça, no bairro Alto Aririú, há 30 km da capital Florianópolis como mostra a Figura 2.

O município faz parte da região Metropolitana da Grande Florianópolis, a qual fazem parte os municípios de Águas Mornas, Antônio Carlos, Biguaçu, Florianópolis, Santo Amaro da Imperatriz, São José, São Pedro de Alcântara e Governador Celso Ramos.

Figura 2 – Localização do empreendimento.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023).

A empresa está nessa localidade há 30 anos, operando em 2 turnos onde são abatidos diariamente cerca de 30.000 frangos, gerando uma vazão de 600 m<sup>3</sup>/dia e a produção de 1.700 kg/dia de resíduos. Na Figura 3 apresenta a área da empresa em imagem de satélite.

Figura 3 – Imagem de satélite do terreno da empresa.

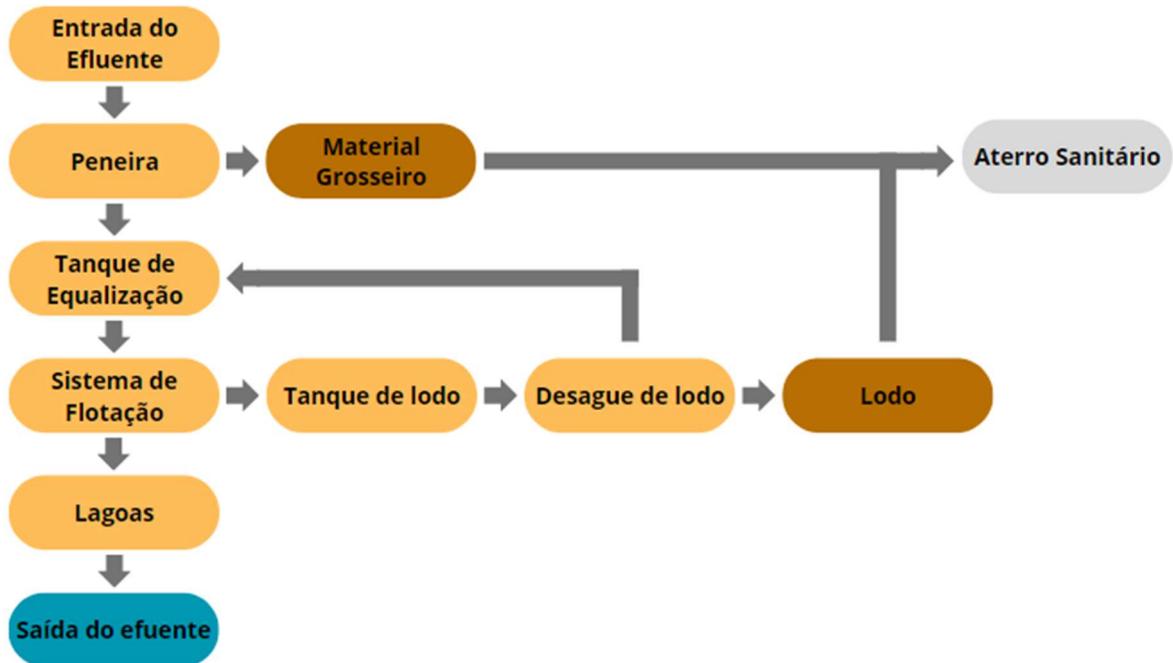


Fonte: Google Earth (2023).

O efluente da empresa é formado por toda a água consumida no local, não existe separação do efluente, o qual é muito comum de ocorrer em sistemas de tratamento de efluentes oriundos de abate de animais, onde é separado em linha verde e vermelha. Segundo Bendo (2022), a linha vermelha é o efluente gerado no processo de abate, tendo um baixo teor de contaminação. Os efluentes da linha verde são as águas de origem sanitária, que acarretam grau de contaminação maior.

O layout de tratamento de efluente utilizado na empresa é demonstrado na Figura 4, demonstrando também os sólidos retirados na peneira e o lodo retirado do tratamento e seu destino.

Figura 4 – Layout do processo de tratamento de efluentes.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023).

O efluente tratado é lançado em um pequeno corpo de água próximo a empresa, esse córrego percorre cerca de 10 km até desembocar na praia da Barra do Aririú. A Figura 5, demonstra o caminho percorrido pelo corpo de água.

Figura 5 – Caminho percorrido pelo efluente tratado até o mar.



Fonte: Google Earth (2023).

O caminho percorrido pelo córrego compreende uma parte urbana do território, sendo de fácil acesso para a população e animais próximos ao córrego. Portanto, é muito importante que a conservação do córrego seja efetiva, sendo um dever garantido na PNRH a garantia de água de qualidade para todos, e também por ser este um recurso importante para a região.

## 4.2 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EXECUTADOS NA EMPRESA

O tratamento dos efluentes gerados na produção da empresa, são tratados in loco, por uma estação de tratamento disposta no terreno formada por tratamento preliminar, primário e secundário.

### 4.2.1 Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar tem como objetivo remover os sólidos grosseiros, preparando o efluente para as próximas etapas do tratamento, evitando obstruções e danificações nos equipamentos (MENEZES E MENDONÇA, 2017).

Na empresa foi utilizado uma peneira rotativa para a remoção dos sólidos grosseiros (maiores que 0,75 mm), sendo retirados e descartados em aterro sanitário. A Figura 6 demonstra a peneira *in loco*.

Figura 6 – Peneira Rotativa utilizada na ETE.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023).

#### 4.2.2 Tratamento Primário

O tratamento primário é a etapa inicial de um processo de tratamento de efluentes, visto que após o tratamento preliminar ainda sobram sólidos em suspensão para serem retirados do efluente. A eficiência de remoção dos parâmetros é geralmente potencializada nesta etapa por meio da aplicação de coagulantes e floculantes (GIL, 2010).

Na empresa o tratamento primário é constituído por um tanque de equalização, um sistema de flotação, um tanque de lodo e uma prensa parafuso.

Segundo Gil (2010), no tanque de equalização o efluente é misturado e consequentemente homogeneizado. A homogeneização do efluente é importante, pois permite absorver variações significativas de vazões e de cargas poluentes a serem tratadas, assim atenuando picos de carga e otimizando a operação da ETE. A Figura 7 demonstra o tanque de equalização *in loco* com volume de 300 m<sup>3</sup>.

Figura 7 – Tanque de Equalização utilizado na ETE.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023)

No tratamento físico-químico de efluentes, os processos de coagulação/floculação são utilizados para remover o material coloidal presente no efluente, o qual causa a turbidez a água. A coagulação, formação de pequenas partículas de sólidos, ocorre com a adição de coagulantes ao sistema. Após a coagulação, ocorre a floculação, aglomeração das partículas formadas na coagulação, por meio da adição de polímeros de cadeia longa (COSTA, 2019).

Na empresa, o efluente após a equalização segue por gravidade até o sistema de flotação de 50 m<sup>3</sup>/h de vazão, onde recebe a dosagem de produtos químicos, resultando nas partículas, que se agrupam em flocos e são capturadas pelas microbolhas (dimensão entre 20 e 25 micron) e transportados até a superfície do sistema de flotação onde são retirados da superfície do efluente através de raspadores. A Figura 8 demonstra o sistema de flotação *in loco*.

Figura 8 – Sistema de flotação utilizado na ETE.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023)

Após a remoção das partículas floculadas do sistema de flotação, seguem para o tanque de lodo de volume de 6 m<sup>3</sup>, onde ficam condidos e passam por homogeneização, assim como no tanque de equalização. A Figura 9 demonstra o tanque de lodo *in loco*.

Figura 9 – Sistema de flotação utilizado na ETE.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023)

As partículas floculadas são então, bombeadas até a prensa parafuso de vazão de 4 m<sup>3</sup>/h, onde o lodo é desaguado, retirado e descartado. Nas Figuras 10 e 11 demonstram a prensa parafuso *in loco* e o lodo desaguado retirado, respectivamente.

Figura 10 – Prensa parafuso utilizado na ETE.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023)

Figura 11 – Lodo extraído da ETE.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023)

O líquido removido no deságue do lodo, se junta com a descarga do sistema de flotação em uma caixa de recepção de resíduos e retorna por gravidade ao tanque de equalização, onde passa por todo o processo de equalização novamente.

A água clarificada extraída do sistema de flotação é destinada por gravidade até as lagoas.

#### 4.2.3 Tratamento secundário

Durante o tratamento secundário, o efluente passa por processos biológicos, realizados por microrganismos, para a remoção da matéria orgânica que se apresenta dissolvida ou em suspensão, que não foi removida nas etapas posteriores. Esses microrganismos convertem a matéria orgânica em gases, água e material celular (COSTA, 2019).

No processo aeróbio os microrganismos presentes no efluente se alimentam da matéria orgânica presente, convertendo-a. Esta decomposição biológica requer a presença de oxigênio e outras condições ambientais adequadas como temperatura, pH e tempo de contato (MORÉS, 2016).

Nesta etapa, há ênfase nas lagoas de estabilização, grandes tanques escavados no solo, nos quais os efluentes fluem continuamente e são tratados por processos naturais. Bactérias e algas são os seres vivos que por meio do processo de simbiose, coexistem e tratam o efluente (MORÉS, 2016).

Na empresa existe um sistema de 3 lagoas em sequência: Lagoa anaeróbia, Lagoa aeróbia e Lagoa de maturação.

Na lagoa anaeróbia ocorrem os processos de sedimentação e digestão anaeróbia, não havendo oxigênio dissolvido. A lagoa aeróbia é projetada de maneira a existir oxigênio dissolvido em toda massa líquida, ocorrendo apenas o processo aeróbio, ocupam áreas maiores que outros tipos de lagoa. A lagoa de maturação tem a função de remoção de organismos patogênicos, sólidos em suspensão e nutrientes, com o propósito de melhorar a qualidade do efluente (MORÉS, 2016).

Nas Figuras 12 e 13 demonstra a lagoa anaeróbia onde o efluente entra no tratamento secundário e a imagem de satélite dos sistemas de lagoas *in loco*.

Figura 12 – Lagoa anaeróbia utilizada na ETE.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023)

Figura 13 – Imagem de satélite do sistema de lagoas da ETE.



Fonte: Google Earth (2023)

### 4.3 COLETA

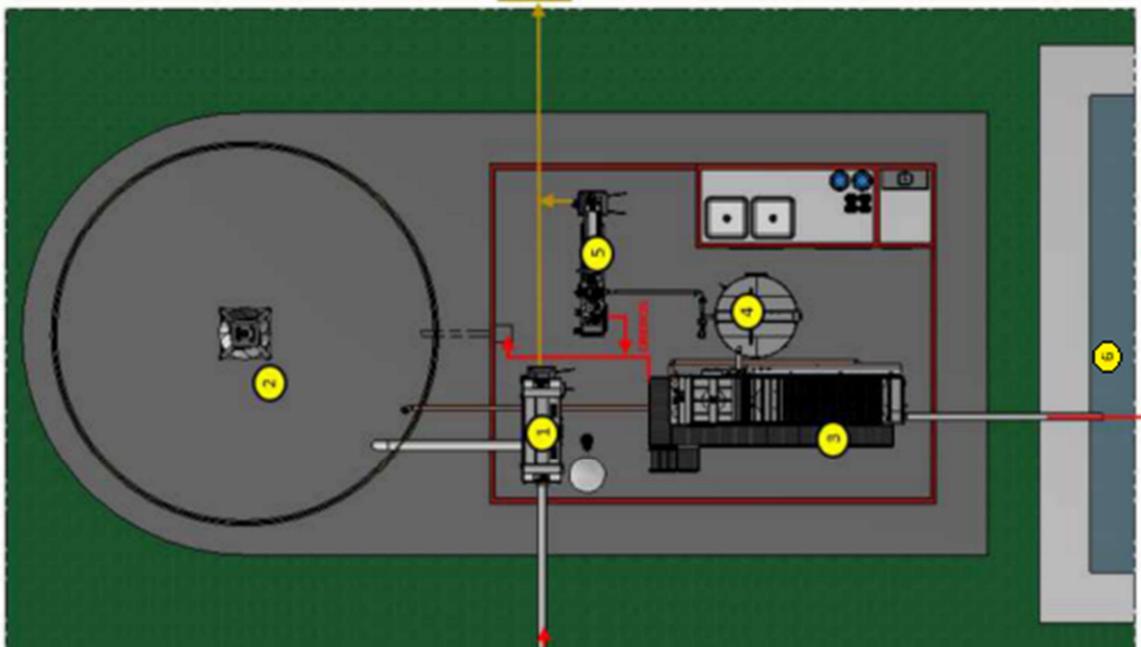
As coletas foram realizadas na ETE em duas datas, 03 de agosto e 23 de outubro, sendo as amostras coletadas nas duas datas nos mesmos pontos.

A coleta foi realizada em 6 pontos dentro da ETE:

- 1 – Entrada do Efluente;
- 2 – Tanque de Equalização;
- 3 – Tanque de Flotação;
- 4 – Tanque de Lodo;
- 5 – Deságue de Lodo;
- 6 – Saída das Lagoas.

As Figuras 14, 15 e 16 demonstram os locais de coleta in loco e as amostras coletadas respectivamente.

Figura 14 – Pontos de Coleta na ETE.



Fonte: A empresa (2023).

Figura 15 – Amostras coletadas na ETE.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023).

Figura 16 – Amostras coletadas na ETE.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023).

#### 4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises ocorreram nos dias subsequentes as coletas, no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Foram analisados 11 parâmetros: Amônia, DBO, DQO, Fósforo, Nitrato, Nitrito, Óleos e graxas, pH, Sólidos Dissolvidos, Sólidos Suspensos e Sólidos Totais.

Os métodos utilizados para realização das análises dos referidos parâmetros seguiram o que propõe o Standard Methods for examination of water and wastewater 23st Edition (APHA, 2017). Padrão de análises adotado pelo LIMA.

#### 4.4.1 Amônia

Para a determinação de Amônia foi utilizado o método colorimétrico de Nessler. O qual consiste na seguinte metodologia utilizada pelo LIMA, baseado na metodologia descrita em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012): O reativo de Nessler (lodo-mercurato de potássio alcalino) é decomposto, na presença de amoníaco, em um composto (lodeto de dimercúrioamonio) de cor variando entre vermelho-laranja ao marrom, formando um precipitado. A reação é feita em meio básico. É adicionado o tartarato duplo de potássio e sódio para retardar o aparecimento do precipitado. O composto formado pode ser medido em espectrofotômetro com comprimento de onda de 450 nm. A Figura 17 traz a aferição da série nitrogenada em espectrofotômetro realizada no LIMA.

Figura 17 – Aferição da série nitrogenada (Amônia, Nitrato e Nitrito) em espectrofotômetro.



Fonte: Arquivo Pessoal

#### 4.4.2 DBO

A determinação de DBO ocorreu de acordo com o procedimento da metodologia de análise de DBO do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). As amostras se mantiveram homogêneas utilizando um agitador magnético durante todo o processo de incubação (5 dias) e mantidos em estufa sob temperatura de 20 °C por tempo suficiente até a estabilização da leitura portanto, estabilização do consumo da matéria orgânica. A Figura 18 traz a montagem do aparelho utilizado pelo LIMA para a aferição da DBO com as amostras analisadas.

Figura 18 – Sistema respirométrico com mecanismo de agitação magnética e aparelho de comando do agitador.



Fonte: Arquivo Pessoal

#### 4.4.3 DQO

Para a determinação da DQO foi utilizado o princípio de que muitos tipos de matéria orgânica são oxidados quando aquecidas com a mistura de ácidos crômico e sulfúrico. Assim, a metodologia utilizada pelo LIMA consiste em: A amostra é aquecida em frasco fechado em meio fortemente ácido com uma quantidade, em excesso, conhecida de dicromato de potássio. Após a digestão o dicromato que foi reduzido é medido contra padrões a 600 nm, usando um

espectrofotômetro e o resultado é expresso em DQO como  $\text{mg O}_2/\text{L}$ . A Figura 19 traz as amostras preparadas para a aferição em espectrofotômetro.

Figura 19 – Preparação das amostras para aferição da DQO.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023).

#### 4.4.4 Fósforo

Para a determinação do Fósforo foi utilizado o método colorimétrico Ácido Vanadomolybdofosfórico. O qual consiste na seguinte metodologia utilizada pelo LIMA: A determinação do fósforo é feita em duas etapas: transformação de fósforo em ortofosfato e colorimetria. Em uma diluição de ortofosfato, o molybdato de amônio reage em baixas condições ácidas para formar o ácido molibdofosfórico. Na presença de Vanádio, é formado um ácido amarelo, o vanadomolybdofosfórico. A intensidade da cor amarela é proporcional a concentração de fosfato. A Figura 20 traz as amostras sendo preparadas para a adição do reagente.

Figura 20 – Preparação das amostras para aferição de Fósforo.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023).

#### 4.4.5 Nitrato

Para a determinação do Nitrato foi seguido a seguinte metodologia utilizada pelo LIMA: A brucina com sulfato de sódio, em meio ácido, reage com nitrato da amostra formando um composto sulfonado de cor amarelo-palha, que pode ser medida em espectrofotômetro a 420 - 450 nm de comprimento de onda. A Figura 17 traz a aferição de nitrato em espectrofotômetro no LIMA.

#### 4.4.6 Nitrito

Para a determinação do Nitrito foi utilizado o método colorimétrico da Alfaftilamina. O qual consiste na seguinte metodologia utilizada pelo LIMA: Sob condições ácidas, o íon  $\text{NO}_2^-$ , na forma ácido nitroso reage com o grupo amina do ácido sulfanílico para formar o sal diazônico, o qual se combina com NED-dihidrocloro para formar um composto nitroso de cor rosa. A cor produzida é diretamente proporcional a quantidade de  $\text{NO}_2^-$  presente na amostra, a determinação dessa quantidade pode ser feita através de método colorimétrico com uso de padrões ou do espectrofotômetro a 550 nm de comprimento de onda. A Figura 17 traz a aferição de nitrito em espectrofotômetro no LIMA.

#### 4.4.7 Óleos e Graxas

Para a determinação de Óleos e Graxas foi utilizado o método gravimétrico por extração com hexano. O qual consiste na seguinte metodologia utilizada pelo LIMA: É primeiramente feita a extração do composto através do solvente orgânico Hexano, após é levado o composto para estufa, por fim é pesado o béquer pós mufla e determinado o teor de óleos e graxas em mg/L por meio da equação 1:

$$TOG \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{(Mf - M) \times 1000}{V \times Mf} \quad (1)$$

Onde:

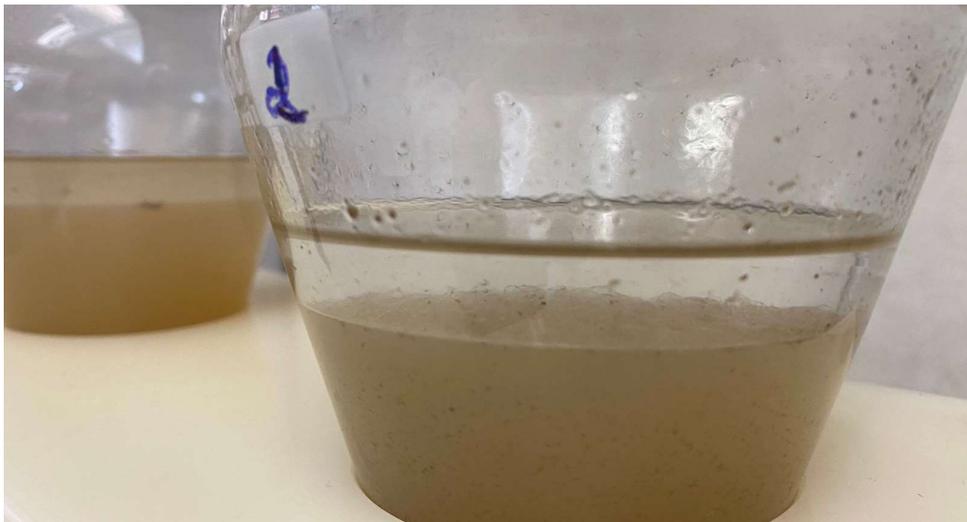
Mf = Massa final em mg;

Mi = Massa inicial em mg;

V = Volume da amostra em Litros

A Figura 21 traz o processo de separação do composto segundo a metodologia utilizada no LIMA.

Figura 21 – Preparação das amostras para aferição de Óleos e Graxas.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023).

#### 4.4.8 PH

As medidas de pH foram feitas utilizando-se um pHmetro de bancada da marca AKSO, equipado com eletrodo de vidro combinado.

Onde foi utilizado 250 ml das amostras, colocado em um béquer onde por meio da agitação mecânica foi aferido o valor do pH e da temperatura. A Figura 22 traz a aferição do pH da amostra 2, metodologia utilizada para aferição de todas as amostras.

Figura 22 –Aferição do pH.



Fonte: Arquivo Pessoal

#### 4.4.9 Sólidos Totais

Para a determinação dos sólidos totais, secaram-se 6 cápsulas de porcelana na estufa a 103 °C, durante 24h, medindo-se a massa das cápsulas após resfriadas (M1). Após o preparo das cápsulas, utilizando provetas, retiraram-se uma amostra de 50mL (V1) de cada amostra coletada na ETE, colocando-as nas cápsulas já preparadas. Logo em seguida, levaram-se as cápsulas com as amostras à estufa a 103 °C, onde permaneceram até que suas massas estivessem constantes. Após retiradas da estufa e passado o tempo de resfriamento, mediu-se a massa das cápsulas (M2).

Os sólidos totais foram obtidos através da Equação 2:

$$ST = \frac{M2 - M1}{V1} \quad (2)$$

Onde:

ST = sólidos totais (mg/L);

M1 = massa da cápsula de porcelana vazia (mg);

M2 = massa da cápsula de porcelana com a amostra após saída da estufa (mg);

V1 = volume de amostra (L).

A Figura 23 traz os cadinhos utilizados para a aferição das análises de sólidos.

Figura 23 –Cadinhos utilizados na aferição dos sólidos.



Fonte: Arquivo Pessoal (2023)

#### 4.4.10 Sólidos suspensos

Para a determinação dos sólidos suspensos, dispuseram-se 6 membranas em cápsulas de porcelanas. O conjunto foi levado à estufa, onde permaneceu durante 24 horas, medindo-se sua massa após o resfriamento (M3). Retiraram-se 50mL de cada amostra (V2). Após isto, filtraram-se as amostras na membrana. Depois, dispuseram-se as membranas em suas respectivas cápsulas. Estas foram levadas à estufa a 103 °C, onde permaneceram por aproximadamente 24 horas, medindo-se a massa das cápsulas com a membrana após resfriamento (M4). Os sólidos em suspensão totais foram obtidos através da Equação 3:

$$SST = \frac{M4 - M3}{V2} \quad (3)$$

Onde:

SST = sólidos suspensos totais (mg/L);

M3 = massa da cápsula de porcelana após resfriamento (mg);

M4 = massa da cápsula de porcelana com a membrana após resfriamento (mg);

V2 = volume de amostra (L).

#### 4.4.11 Sólidos Dissolvidos

Os sólidos dissolvidos totais (SDT) são determinados a partir da diferença de valores entre os sólidos totais e os sólidos suspensos totais, conforme a Equação 4:

$$SDT = ST - SST \quad (4)$$

Onde:

SDT = sólidos dissolvidos totais (mg/L).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

A partir das análises das amostras coletadas na ETE da empresa, foi possível caracterizar o efluente e avaliar o desempenho da unidade de tratamento em operação na empresa.

Na Tabela 5, apresentam-se os resultados obtidos no mês de agosto:

Tabela 5 – Caracterização do efluente industrial em agosto.

<b>Amostras</b>	<b>Amônia (mg/L)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>Fósforo (mg/L)</b>	<b>Nitrato (mg/L)</b>	<b>Nitrito (mg/L)</b>	<b>Óleos e graxas (mg/L)</b>	<b>pH</b>	<b>ST (mg/L)</b>
Entrada	1.522	580	3.727	32	0,41	0,66	-	5,5	3.012
Tanque de equalização	120	-	1.989	28	1,52	0,30	158	5,9	6.902
Flotação	113	246	2.469	29	2,35	0,36	128	6,2	2.302
Tanque de lodo	331	-	1.927	47	1,45	0,76	71	5,2	-
Desague de lodo	119	112	974	27	-	0,12	-	6,0	894
Saída Lagoas	84	-	695	22	0,49	0,21	4	6,5	978
<b>Eficiência de remoção</b>	<b>94%</b>	<b>-</b>	<b>81%</b>	<b>30%</b>	<b>-</b>	<b>68%</b>	<b>97%</b>	<b>-</b>	<b>68%</b>

Fonte: elaborado pela autora (2023).

Nas análises de agosto, a eficiência de remoção de Amônia, DQO e Óleos e graxas foi acima de 80% demonstrando uma boa eficiência no tratamento. Enquanto Nitrito e Sólidos totais tiveram uma eficiência de 68%, demonstrando que para esses parâmetros o tratamento pode melhorar. Um problema encontrado nas análises de agosto foi com os valores de Nitrato e Fósforo, onde para nitrato o valor de saída do efluente foi maior que o de entrada e para

fósforo a eficiência de remoção ficou em 30%, demonstrando que para este parâmetro o tratamento de efluentes não é satisfatório.

Para compreender a eficiência de cada ponto da ETE, a Tabela 6 traz a porcentagem de remoção em cada ponto levando em consideração o ponto anterior.

Tabela 6 – Eficiência de remoção dos pontos da ETE nas análises de agosto.

Eficiência de remoção ao longo do processo de tratamento de efluente								
Amostras	Amônia (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Óleos e graxas (mg/L)	ST (mg/L)
Tanque de equalização	92%	-	47%	10%	-268%	55%	-	-129%
Flotação	6%	58%	-24%	-0,7%	-0,55%	20%	19%	67%
Tanque de lodo	-193%	-	22%	-60%	38%	-111%	44%	-
Desague de lodo	64%	54%	49%	42%	-	84%	-	61%
Saída Lagoas	29%	-	29%	17%	66%	-75%	94%	-9%

Fonte: elaborado pela autora (2023).

Ocorreu amonificação, o que é esperado na situação no Tanque de lodo, isto pode ocorrer, pois o tanque de lodo condiciona as partículas flotadas, que contem em sua composição coagulantes, assim retendo nesse efluente as maiores concentrações. Um reflexo de como o lodo está contendo toda essa concentração, é a eficiência de remoção no Deságue de lodo, onde se tem os melhores resultados na grande maioria dos parâmetros. Por fim se pode notar que nenhum parâmetro teve linearidade na eficiência de redução.

Na Tabela 7, apresentam-se os resultados obtidos no mês de outubro:

Tabela 7 – Caracterização do efluente industrial em outubro.

<b>Amostras</b>	<b>Amônia (mg/L)</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>Fósforo (mg/L)</b>	<b>Nitrato (mg/L)</b>	<b>Nitrito (mg/L)</b>	<b>Óleos e graxas (mg/L)</b>	<b>pH -</b>	<b>ST (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>	<b>SDT (mg/L)</b>
Entrada	202	197	24	7,91	0,64	93	6,7	524	264	260
Tanque de equalização	182	165	23	3,54	0,53	85	6,2	454	136	318
Flotação	196	110	20	3,33	0,50	30	6,4	5440	168	5.272
Tanque de lodo	306	650	-	4,43	0,79	291	5,3	1052	-	-
Desague de lodo	242	143	26	1,72	0,42	33	6,0	584	62	522
Saída Lagoas	185	79	17	2,61	0,34	0	7,0	278	68	210
<b>Eficiência de remoção</b>	<b>8%</b>	<b>60%</b>	<b>30%</b>	<b>67%</b>	<b>47%</b>	<b>100%</b>	<b>-</b>	<b>47%</b>	<b>74%</b>	<b>19%</b>

Fonte: elaborado pela autora (2023).

Nas análises de outubro, os resultados ficaram muito diferentes de agosto, pode-se notar uma queda na eficiência de remoção da maioria dos parâmetros, apenas Óleos e graxas teve eficiência de remoção a se considerar boa, sendo uma remoção de 100%. Sólidos Suspensos teve uma eficiência de remoção acima de 70%, porem para Sólidos totais e Sólidos Dissolvidos a eficiência foi abaixo de 50%, o que não se pode considerar um bom tratamento para sólidos. Nitrato teve uma eficiência acima de 60%, o que demonstra uma melhora dos resultados de agosto, onde ocorreu um aumento do nitrato no sistema de tratamento. Fósforo manteve a redução de 30% apesar de ter valores menores. A eficiência de remoção de Amônia, DQO, Nitrito e Sólidos totais foi menor que as análises de agosto.

Para compreender a eficiência de cada ponto da ETE, a Tabela 8 traz a porcentagem de remoção em cada ponto levando em consideração o ponto anterior.

Tabela 8 – Eficiência de remoção dos pontos da ETE nas análises de outubro.

<b>Eficiência de remoção ao longo do processo de tratamento de efluente</b>									
<b>Amostras</b>	<b>Amônia (mg/L)</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>Fósforo (mg/L)</b>	<b>Nitrato (mg/L)</b>	<b>Nitrito (mg/L)</b>	<b>Óleos e graxas (mg/L)</b>	<b>ST (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>	<b>SDT (mg/L)</b>
Tanque de equalização	10%	16%	6%	55%	17%	9%	-129%	48%	-22%
Flotação	-8%	33%	9%	6%	6%	65%	67%	-24%	-1558%
Tanque de lodo	-56%	-491%	-	-33%	-58%	-870%	-	-	-
Desague de lodo	21%	78%	-29%	61%	47%	89%	61%	63%	90%
Saída Lagoas	24%	45%	35%	-52%	19%	100%	-9%	-10%	60%

Fonte: elaborado pela autora (2023).

Pode-se notar que o padrão observado no mês de agosto, onde a eficiência de remoção do Tanque de Lodo cai drasticamente, enquanto a eficiência de remoção do Deságue do lodo tem os melhores resultados, se manteve no mês de outubro, apesar da diferença nos valores. Novamente, se pode notar que nenhum parâmetro teve linearidade na eficiência de redução. A concentração dos parâmetros em agosto foi maior, o que pode ser associado a um maior risco ambiental neste período.

As análises de DBO tiveram problemas em agosto e outubro, em agosto 3 análises deram erro, impossibilitando realizar o cálculo de eficiência de remoção, pois uma das análises que deu erro foi a de saída da lagoa. Visto os erros ocorridos na análise de agosto, em outubro foi realizado a DBO filtrada das amostras, porém ocorreu erro em todas as amostras, devido a este ocorrido, não se obteve resultado de DBO para outubro. Devido a estas inconsistências, a DBO foi desconsiderada desta caracterização.

Ao analisar os dados de entrada e a eficiência de remoção, torna-se evidente que a concentração dos parâmetros desempenhou um papel crucial. Nas análises de agosto, observou-se que os valores de entrada foram superiores aos de outubro, refletindo diretamente na eficiência de remoção dos parâmetros, sendo esta mais favorável em agosto em comparação a

outubro. É essencial compreender e estabelecer as relações entre os processos da empresa e o efluente gerado. Por exemplo, a coleta realizada em agosto pode ter coincidido com o período de abate dos frangos, influenciando a composição do efluente que atinge a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Em contraste, a coleta de outubro pode ter ocorrido em um momento sem atividade de abate, resultando em uma concentração menor nos efluentes. Essa análise detalhada dos eventos operacionais relacionados ao processo produtivo é crucial para interpretar as variações nos parâmetros e aprimorar a eficiência do tratamento de efluentes.

As análises revelaram variações significativas entre as diferentes medições, destacando a crucial necessidade de manter um monitoramento contínuo da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Esse acompanhamento constante é essencial para avaliar a eficiência do sistema e identificar prontamente quaisquer anomalias no tratamento. Com base nos resultados deste estudo, há indícios de uma possível contaminação no córrego onde o efluente tratado é lançado. Considerando que a empresa está estabelecida nesse local há 30 anos, a potencial extensão dos danos causados pela contaminação pode ser ainda mais significativa. Portanto, ações imediatas e estratégias aprimoradas de gestão ambiental são necessárias para mitigar os impactos negativos e garantir a sustentabilidade a longo prazo das operações.

## 5.2 COMPARAÇÃO COM A LITERATURA

Com o intuito de compreender melhor a caracterização do efluente oriundo da indústria avícola, buscou-se na literatura por análises de efluentes avícolas, para assim poder ter uma base de comparação e compreender se os valores obtidos nas análises estão dentro do padrão existente neste seguimento.

No trabalho de Morés (2006) foram feitas análises nos efluentes que seguiram padrões de coleta como neste trabalho, em pontos da estação de tratamento, Entrada, Flotação e Saída.

Outra forma bastante comum de caracterização do efluente, é a análise do efluente bruto e tratado, Bendo (2022) utilizou essa metodologia de análise.

Assim como Bendo que analisou a entrada e saída do efluente para sua caracterização, alguns trabalhos trazem somente uma dessas análises. Schoenhals (2006) traz a análise apenas do efluente de entrada, e Gil (2010) traz a análise apenas do efluente de saída.

Na Tabela 9 consta os valores comparados com o de Morés (2006), Bendo (2022), Schoenhals (2006) e Gil (2010).

Tabela 9 – Comparação das análises com as análises de Morés, Bendo, Schoenhals e Gil.

Parâmetros (mg/L)	Ago			Out			Morés			Bendo		Schoenhals	Gil
	Entrada	Flotação	Saída	Entrada	Flotação	Saída	Entrada	Flotação	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
<b>DQO</b>	3727	2469	695	197	110	79	5100	2020	220	2290	69	1020	64
<b>pH</b>	5,5	6,2	6,5	6,7	6,4	7,0	6,95	5,96	6,47	4,55	6,9	6,7	7,3
<b>Fósforo</b>	32	29	22	24	20	17	-	-	-	41	5,4	53,3	6
<b>ST</b>	3012	2302	978	524	5440	278	2575	1727	723	-	-	1740	-
<b>Amônia</b>	1522	113	84	202	196	185	-	-	-	-	-	11,04	-
<b>Óleos e Graxas</b>	-	128	4	93	30	0	-	-	-	-	-	430	25
<b>Nitrato</b>	0,41	1,45	0,49	7,91	3,33	2,61	-	-	-	-	-	4,96	-
<b>DBO</b>	580	246	-	-	-	-	-	-	-	1000	37	-	-

Fonte: elaborado pela autora (2023).

Em comparação, pode-se considerar os valores de agosto mais próximas às análises realizadas por Morés, assim como a eficiência de remoção dos parâmetros onde as análises de agosto ficaram também próximas as de Morés.

O efluente analisado por Bendo apresenta maiores concentrações na entrada e menores na saída, o que representa uma boa eficiência de remoção dos parâmetros. Na Tabela 10 apresentam-se os valores de eficiência de remoção das análises deste trabalho e no trabalho de Bendo, assim como o trabalho de Morés que possui valores de entrada e saída, possibilitando o cálculo de eficiência de remoção.

Tabela 10 – Eficiência de remoção entre as análises, Bendo e Morés.

<b>Eficiência de Remoção</b>				
<b>Parâmetros</b>	<b>Ago</b>	<b>Out</b>	<b>Bendo</b>	<b>Morés</b>
<b>DBO</b>	80%	-	96%	-
<b>DQO</b>	81%	60%	97%	96%
<b>ST</b>	68%	47%	-	72%
<b>Fósforo</b>	31%	29%	87%	-

Fonte: elaborado pela autora

Comparando os valores, tem-se que a eficiência de remoção de DBO e DQO das análises de agosto, Bendo e Morés são próximas. Porém, nesta comparação fica nítido como a eficiência de remoção de fósforo está tendo problemas na empresa.

As análises de Schoenhals apresentam valores com grande diferença das análises de agosto e outubro, impossibilitando a comparação em todos os parâmetros. Neste caso, onde está se analisando o efluente de entrada, a produção da empresa vai ditar os resultados, portanto, seria necessário avaliar em conjunto os dados da empresa, como vazão, capacidade de produção, número de abate, turno de trabalho, entre outros.

As análises de Gil têm valores próximos ao das análises de outubro, demonstrando aqui uma diferença das análises feitas até agora, onde as análises de agosto estavam com resultados mais próximos aos da literatura.

### 5.3 ENQUADRAMENTO NA LEGISLAÇÃO

Por fim, a Tabela 11 apresenta os resultados obtidos dos parâmetros analisados da saída do tratamento da ETE e compara com os valores determinados para lançamento de efluentes em corpo hídrico, CONAMA 430/11 e CONSEMA 181/21.

Tabela 11 – Comparação das análises com os limites de lançamento compreendidos pela legislação.

Parâmetros	Legislação de Lançamento			
	Ago	Out	CONAMA 430/11	CONSEMA 181/21
<b>pH</b>	6,5	7,0	5 - 9	6 – 9
<b>Óleos e graxas</b>	4	0	50	30
<b>Amônia</b>	84	185	20	5
<b>Fósforo</b>	22	17	-	4

Fonte: elaborado pela autora

Analisando os resultados temos que o efluente lançado se enquadra na legislação nos parâmetros pH e Óleos e Graxas. Porém, o valor de amônia está bem acima do limite da legislação, tanto para os limites do CONAMA, quanto para o CONSEMA. O valor de fósforo também está acima do limite, mas é uma diferença menor entre o valor observado e o limite.

Segundo Bendo (2022) o efluente oriundo de abate de animais, possui níveis consideráveis de nitrogênio e fósforo, portanto, é importante considerar o enquadramento a legislação, visto que nitrogênio e fosforo são elementos ligados diretamente ao potencial de eutrofização de corpos hídricos.

## 6 RECOMENDAÇÕES

### 6.1 SISTEMA DE COMPOSTAGEM

Como visto, o tratamento de efluente realizado na empresa, conta com duas separações de sólidos: material retido na peneira e Lodo formado na etapa de floculação, retirado na etapa de Deságue de lodo. Ambos os sólidos são separados e encaminhados para um aterro sanitário industrial.

É de interesse da empresa buscar por uma destinação mais adequada a estes materiais, assim minimizando seus impactos ambientais negativos. Com um sistema de tratamento para os resíduos retirados do tratamento de efluente, a empresa consegue ter um tratamento *in loco* de todo o efluente e seus subprodutos, deixando de ter a necessidade de uma gestão de destinação dos resíduos oriundos do tratamento de efluentes.

A compostagem do lodo com finalidade de produzir fertilizantes, é uma saída eficiente e fácil de se implementar na empresa. A compostagem é um processo de simples manutenção e implementação, não necessitando de grandes obras e nem de muito maquinários.

Como visto anteriormente, o sistema de compostagem necessita de um galpão com cobertura e piso impermeável, e suas dimensões vão depender da quantidade de composto a ser produzido.

A empresa produz diariamente 1.700 kg de resíduos, por mês esse valor equivale a 34.000 kg de resíduos. Para preparar a mistura é necessário que 60% do resíduo seja misturado a 40% de material vegetal. Portanto, para 34.000 kg de resíduos, é necessário 13.600 kg de material vegetal. O total de material destinado ao galpão de compostagem é de 47.600 kg de material para compostagem. Para facilitar os cálculos, utilizar o peso de lodo por mês como 50 toneladas.

Fazendo a conversão de 50 toneladas de lodo para volume, se tem aproximadamente 69 m<sup>3</sup> de lodo, assim o dimensionamento das leiras precisar ser feito de modo a armazenar esse volume.

Adotando uma altura de 1,5 metros das leiras, temos uma área de 46 m<sup>2</sup> para comportar a quantidade de lodo. Logo as dimensões da leira para comportar a quantidade mensal de lodo será:

Altura: 1,5 metros

Largura: 3,0 metros

Comprimento: 15 metros.

Pensando no tempo necessário para a composição do fertilizante, 3 a 6 meses de compostagem, foi dimensionado 7 leiras para que desta forma a cada 6 meses tenha uma leira de composto pronto e uma leira para ser preenchida com os resíduos.

A empresa consta com uma área nos fundos do terreno com cerca de 1.080 m<sup>2</sup> com 55 metros de comprimento e 20 metros de largura. Com esta área disponível é possível projetar um sistema de compostagem para a carga de resíduos da empresa de forma confortável, sem precisar utilizar toda a área.

Na Figura 24 consta a projeção das leiras na área disponível.

Figura 24 – Projeção da área do sistema de compostagem.



Fonte: Google Earth (2023).

O composto produzido precisa atender algumas especificações, pois seu uso depende das suas características químicas. Sendo assim, é importante a análise do lodo produzido para poder destinar corretamente ao seu uso.

De acordo com a legislação brasileira, Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009), para estar apto a utilização e comercialização o composto precisa atender as seguintes especificações:

- Mínimo de 25,86% de matéria orgânica total;
- pH de no mínimo 6,0;
- Mínimo de 0,5% de nitrogênio total;
- Mínimo de 1% para teores de enxofre, cálcio e magnésio.
- Relação C/N deverá ter valor máximo de 20/1.

O material vegetal para se utilizar no composto pode ser material das granjas, serragem que recebeu semanalmente dejetos líquidos durante meses, serragem pura e cascas retiradas na colheita de culturas (trigo, arroz, soja, cebola, entre outras). O material produzido ao final deve promover o crescimento das plantas, mas não pode ter contaminações por organismos patogênicos, nem metais pesados.

Recomenda-se a análise do alumínio, haja vista que decorrente ao acréscimo de agentes químicos no tratamento de efluentes, o teor de alumínio contido no lodo pode ser alto. Segundo Ferreira *et al.* (2006) quando encontrado em altas concentrações no solo, o alumínio se torna um fator limitante na produção de grãos e da vegetação, causando a diminuição da capacidade das plantas de obter água e nutrientes do solo, em virtude do enraizamento superficial, tornando-as menos produtivas e susceptíveis à seca.

## 6.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Como relatado anteriormente, ocorreram alguns erros nas análises de DBO, em agosto sendo em 3 amostras e em outubro em todas as análises. A determinação da DBO é muito importante, pois é o parâmetro mais utilizado para medir o nível de poluição ocorrendo nos corpos hídricos. E compreender a eficiência de remoção de DBO da ETE é um fator limitante para o enquadramento nas legislações de lançamento de efluente tratado. Portanto, recomenda-se realizar as análises de DBO para completar a caracterização do efluente da empresa.

Levando em consideração, que as análises tiveram resultados com divergentes e entre às duas análises, recomenda-se continuar as análises por um período de tempo maior, para realizar as análises com maior confiabilidade nos dados, tendo um histórico de resultados maior.

Para o sistema de tratamento existente é necessário a adequação para a melhor remoção dos parâmetros, portanto, uma revisão no sistema existente é necessária. Recomenda-se a separação do efluente em linha vermelha e verde, como é o mais usual para sistemas de tratamento de efluente oriundo de abate de animais, e ampliar o sistema de tratamento preliminar para cada linha. Essas medidas contribuirão significativamente para otimizar o desempenho do sistema e garantir a conformidade com os padrões ambientais estabelecidos.

## 7 CONCLUSÃO

Com a caracterização do efluente foi possível notar a disparidade nos valores no período de uma análise a outra, o que refletiu nos valores de eficiência de remoção dos parâmetros. Apenas Óleos e graxas não teve uma alteração tão grande na eficiência de remoção, mantendo o alto padrão do tratamento para este parâmetro.

Outro parâmetro que manteve sua eficiência de remoção, mas diferente de Óleos e graxas que teve uma eficiência de remoção alta, o Fósforo manteve a eficiência de remoção baixa, em 30%, o que aponta uma ineficiência do tratamento de efluente para este parâmetro.

A comparação dos resultados obtidos com os resultados da literatura demonstrou que em agosto os valores estão mais coerentes com os efluentes da indústria avícola no Brasil. Entretanto, quando analisado somente o efluente de saída com a bibliografia, os parâmetros analisados em ambos os trabalhos, mostra que outubro teve melhores resultados. Enquanto a comparação apenas do efluente de entrada, demonstrou resultados divergentes e a necessidade de compreender melhor cada caso, pois a característica de produção e gestão de cada empresa faz a diferença no efluente de entrada.

Sobre as variáveis Amônia e Fósforo elas não estão de acordo com a legislação ambiental de Santa Catarina e os resultados mostram respectivamente 4 a 30 vezes maior e de 4 a 5 vezes maior que o permitido.

Como solução para o tratamento dos resíduos retirados do processo de tratamento da ETE, foi proposto um sistema de compostagem *in loco* na empresa. O sistema dimensionado pode resultar em 50 toneladas de fertilizantes por mês para a empresa. Essa mudança além de diminuir o impacto ambiental negativo causado, pode trazer economia e gerar renda para a empresa, visto que com o tratamento dos resíduos ocorrendo na empresa, não é mais necessário o encaminhamento deste subproduto até o aterro sanitário industrial onde os efluentes são dispostos, e gerar renda com a possibilidade de venda do fertilizante produzido na empresa.

Por fim, pode-se concluir que a empresa tem um tratamento de efluentes com eficiência para Óleos e graxas e pH, porém necessita de revisão para o tratamento de fósforo e amônia. A falta das análises de DBO é muito significativo para a caracterização do efluente, sendo este parâmetro presente tanto nos resultados encontrados na literatura quanto na legislação. Para os parâmetros de DQO, Nitrato, Nitrito, Sólidos Dissolvidos, Sólidos Suspensos e Sólidos Totais necessitam de outras análises, pois, somente com os resultados obtidos nas duas análises, onde demonstrou grande diferença entre os resultados, não é possível

diagnosticar um comportamento no tratamento, necessitando de mais resultados para assim poder ter um embasamento confiável nos resultados.

O sistema de compostagem pode ser uma alternativa viável para o manejo dos sólidos flotados no tratamento de efluentes e para os sólidos retidos na peneira.

## REFERÊNCIAS

- BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2011. 844 p.
- BAIRD, Rodger; BRIDGEWATER, Laura. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23. ed. Washington: American Public Health Association, 2017.
- BARBOSA, Tatiana Morais. **A importância da água na avicultura**. 2013. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- BENDO, Nelson Henrique Possa. **Estudo de Reuso do Efluente Tratado Numa Indústria de Processo de Abate de Frangos**. 2022. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009**. Anexo III. 2009.
- CASCAIS, Bruna Fernandes Alves. **Monitoramento de efluentes e Comparação das Eficiências das Estações de Tratamento de Esgoto da Grande Florianópolis (Insular e Área Continental)**. 2008. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Constituição (1986). Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. **Resolução Conama Nº 20, de 18 de junho de 1986**. Brasília, DF.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Constituição (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Resolução Conama Nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, DF.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Constituição (2011). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Resolução Conama Nº 430, de 13 de maio de 2011**. Brasília, DF.
- CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (Estado). Constituição (2021). Resolução nº 181, de 02 de agosto de 2021. **Resolução Consema Nº 181, de 02 de agosto de 2021**: Estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de efluentes. Florianópolis, SC,
- COSTA, Vitória Letícia de Jesus. **Desempenho da ETE da UFS: Eficiência da ETE da UFS na remoção de matéria orgânica**. São Cristóvão: UFS, 2019. 57 p.
- DE ARAUJO, Bruno César Sartori et al. Tratamento de efluentes industriais. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 4, n. 2, 2008.
- DELLAGIUSTINA, Antônio. **Determinação das Concentrações de Nitrogênio e Fósforo Dissolvidos em Diferentes Locais do Rio Itajaí-Açu**. 2000. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- DE MENEZES, Itamires Santos; MENDONÇA, Luciana Côelho. Avaliação do tratamento preliminar da estação de tratamento de efluentes do campus de São Cristóvão da Universidade

Federal de Sergipe. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 13, n. 10, 2017. DOI: 10.14808/sci.plena.2017.109903.

EPAGRI. **Cartilha de Compostagem de resíduos da indústria frigorífica**. Florianópolis: Epagri/DEMC, v. 1, n. 1, 2022. Disponível em: <https://sistemas.epagri.sc.gov.br/semob/consulta.action?subFuncao=consultaPublicacoesDetalle&cdDoc=52301>

EPAGRI. **Manual de Compostagem**. Florianópolis: Epagri/DEMC, v. 1, n. 1, 2022. Disponível em: <https://sistemas.epagri.sc.gov.br/semob/consulta.action?subFuncao=consultaPublicacoesDetalle&cdDoc=50853>

EPAGRI/CEPA. **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina: 2021 - 2022**. Florianópolis: Epagri-Cepa, 2022.

EMÍDIO, Vanessa Joana Gomes. **A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento**. 2012. 96 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Universidade do Algarve, Penha, 2012.

FERREIRA, Reinaldo de Paula *et al.* **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 35 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/47901>

FONSECA, André Lemos. **Determinação do Índice de Nitrato, Nitrito e Nitrogênio Amoniacal na Água da Lagoa de Extremoz/RN**. 2017. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

GIL, Anelise Sertoli Lopes. **Caracterização do efluente de ETE de Abatedouro visando o reúso**. 2010. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL. **Brasil lidera ranking mundial de exportação de carne de frango**. Brasília: 10 out. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2022/09/brasil-lidera-ranking-mundial-de-exportacao-de-carne-de-frango>

GOVERNO DE SANTA CATARINA. **Santa Catarina registra alta de 27,8% no faturamento com exportações de carne de frango**. Secretaria de Estado da Agricultura, 24 mar. 2023. Disponível em: <https://www.agricultura.sc.gov.br/santa-catarina-registra-alta-de-278-no-faturamento-com-exportacoes-de-carne-de-frango/>

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & águas**. 3. ed. Belo Horizonte: Embrapa, 2007. 1027 p.

MORÉS, Silvane. **Avaliação de parâmetros físicos e químicos do efluente de uma grande indústria frigorífica de aves**. 2006. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PAMPLONA. **Relatório de Sustentabilidade Pamplona 2022**. Rio do Sul: Pamplona, v. 1, n. 1, 2023. Disponível em: [https://www.pamplona.com.br/fmanager/pamplona/transparencia/arquivo34\\_1.pdf](https://www.pamplona.com.br/fmanager/pamplona/transparencia/arquivo34_1.pdf)

SCHATZMANN, Heloise Cristine. **Tratamento avançado de efluentes de frigorífico de aves e o reuso da água**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SCHOENHALS, Marlise. **Avaliação da Eficiência do Processo de Flotação Aplicado ao Tratamento Primário de Efluentes de Abatedouro Avícola**. 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SILVA, Lucimar Novaes da. **Processo de compostagem com diferentes porcentagens de resíduos sólidos agroindustriais**. Dissertação de Mestrado. Cascavel. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007. 70p.

SUNADA, Natália da Silva *et al.* Compostagem de resíduo sólido de abatedouro avícola. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 45, n. 1, p. 178-183, 9 set. 2014. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20120261>.

SUNADA, Natália da Silva. **Efluente de Abatedouro Avícola: Processos de Biodigestão Anaeróbia e Compostagem**. 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-Ms, 2011.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. Belo Horizonte: Segrac, 1996. 243 p. 1 v.