

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ANDRE DA SILVA RODRIGUES**

**TRATAMENTO PRIMÁRIO DO EFLUENTE PROVENIENTE DE UMA  
INDÚSTRIA DE ABATE DE AVES UTILIZANDO DIFERENTES COAGULANTES**

**CAMPO MOURÃO**

**2023**

**ANDRE DA SILVA RODRIGUES**

**TRATAMENTO PRIMÁRIO DO EFLUENTE PROVENIENTE DE UMA  
INDÚSTRIA DE ABATE DE AVES UTILIZANDO DIFERENTES COAGULANTES**

**Primary treatment of effluent from a poultry slaughtering industry using  
different coagulants**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes

**CAMPO MOURÃO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ANDRE DA SILVA RODRIGUES**

**TRATAMENTO PRIMÁRIO DO EFLUENTE PROVENIENTE DE UMA  
INDÚSTRIA DE ABATE DE AVES UTILIZANDO DIFERENTES COAGULANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Ambiental  
do Curso de Bacharelado em Engenharia  
Ambiental da Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná.

Data de aprovação: 17/novembro/2023

---

Eudes José Arantes  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Thiago Morais de Castro  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Flávia Vieira da Silva Medeiros  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CAMPO MOURÃO  
2023**

Dedico este trabalho à minha família, por todo o apoio durante esses anos.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por todos os momentos de companhia, todo o amor e cuidado que ele tem comigo e com minha família durante essa caminhada acadêmica, sem ele nada disso seria possível.

À toda minha família, em especial aos meus pais, Nelson Rodrigues e Vilma da Silva, aos meus irmãos, Gabriel e Geovane e ao meu querido sobrinho Ravi Santiago.

À toda equipe da empresa que me concedeu todo material e suporte para realização deste trabalho, em especial para minha supervisora de estágio Bianca Fachin e a Naira Vieira pelo 'empurrão' para trocar o tema do TCC.

Agradeço ao meu orientador Prof Dr. Eudes, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória, pela parceria durante grande parte da faculdade, pelos projetos em que fui seu orientado e por toda paciência que teve comigo durante a realização desse trabalho. Muito Obrigado.

Não posso deixar de esquecer a todo corpo técnico da UTFPR, todos profissionais de excelentíssima qualidade, um muito obrigado pelo aprendizado passado e pelo desenvolvimento humano.

Por fim, agradeço a todos os amigos que fiz durante a faculdade, em especial ao Iago Souza e a Alessandra, vocês com certeza foram fundamentais durante essa fase da minha vida, tenho certeza que seremos amigos por toda nossas vidas, obrigado do fundo do meu coração!

## RESUMO

As indústrias alimentícias fazem uso de uma quantidade de água considerável em todo seu processo produtivo, no caso de frigoríficos de aves não é diferente, o consumo de água está presente desde a chegada das aves na indústria até sua partida para comercialização, em virtude desse alto consumo de água é gerado um grande volume de efluente líquido industrial, o tratamento destes tipos de efluentes ocorre por métodos de tratamento físico-químico seguido de métodos biológicos. Este estudo teve como objetivo analisar e avaliar o emprego de coagulantes inorgânico e orgânico no tratamento primário do efluente, além de analisar a acidez do óleo flotado proveniente de um indústria abatedora de aves no município de Cascavel-PR. Neste trabalho foram utilizados os coagulantes Magnofloc LT 7990 e o Sulfato férrico. Primeiramente foi feito um levantamento de como é gerado o efluente de um abatedouro de aves, analisando quais características são marcantes no efluente gerado. Para caracterizar o efluente foram feitas coletas durante quatro meses de produção, os materiais coletados foram enviados para análises físico- química do efluente pré e pós tratamento com os dois coagulantes. Com o coagulante inorgânico, sulfato férrico, obteve-se uma média de remoção dos parâmetros de matéria orgânica (DBO e DQO) de cerca de 80%, já em relação a turbidez a remoção foi próxima a 95%. Já com o coagulante orgânico, os valores de remoção da DBO e DQO foram menores que os do inorgânico, algo próximo de 75% de remoção, mas em contrapartida, a remoção da turbidez foi de 98%. Demonstrou-se neste estudo que ambos os coagulantes apresentaram valores de eficiência de remoção próximos, com o coagulante orgânico ocorreu uma melhora significativa na remoção da turbidez e uma melhora na acidez do óleo flotado proveniente do lodo gerado com o cogulante, sugere-se a realização de mais estudos relacionados a geração de subprodutos com os coagulantes orgânicos, como o lodo e o óleo flotado, bem como seus potenciais econômico.

**Palavras-chave:** flotador; frigorífico de aves; efluente industrial; coagulação.

## ABSTRACT

Food industries use a considerable amount of water throughout their production process, in the case of poultry slaughterhouses it is no different, water consumption is present from the arrival of the birds in the industry until their departure for commercialization, due to this high water consumption a large volume of industrial liquid effluent is generated, the treatment of these types of effluents occurs using physical-chemical treatment methods followed by biological methods. This study aimed to analyze and evaluate the use of inorganic and organic coagulants in the primary treatment of effluent, in addition to analyzing the acidity of flotation oil from a poultry slaughtering industry in the municipality of Cascavel-PR. In this work, Magnofloc LT 7990 coagulants and ferric sulfate were used. Firstly, a survey was carried out on how effluent from a poultry slaughterhouse is generated, analyzing which characteristics are striking in the effluent generated. To characterize the effluent, collections were made during four months of production, the collected materials were sent for physical-chemical analysis of the effluent before and after treatment with the two coagulants. With the inorganic coagulant, ferric sulfate, an average removal of organic matter parameters (BOD and COD) of around 80% was obtained, while in relation to turbidity the removal was close to 95%. With the organic coagulant, the BOD and COD removal values were lower than those of the inorganic coagulant, something close to 75% removal, but on the other hand, the turbidity removal was 98%. It was demonstrated in this study that both coagulants presented similar removal efficiency values, with the organic coagulant there was a significant improvement in the removal of turbidity and an improvement in the acidity of the floated oil from the sludge generated with the coagulant, it is suggested to carry out further studies related to the generation of by-products with organic coagulants, such as sludge and float oil, as well as their economic potential.

**Keywords:** float; poultry slaughterhouse; industrial effluent; coagulation.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Localização da área de estudo . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>Figura 2 – Ponto coleta de efluente bruto e kit de coleta . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>Figura 3 – Ponto de coleta do efluente tratado na saída dos flotadores . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>Figura 4 – Centrifuga Tridecanter: (a) Centrifuga, (b) Saída da tridecanter . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>Figura 5 – Fluxograma de abate do frigorífico . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>Figura 6 – Tanque de Equalização . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>Figura 7 – Flotador . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>Figura 8 – Sistema de tratamento . . . . .</b>	<b>30</b>
<b>Figura 9 – Índice de Acidez do óleo flotado inorgânico (mgKOH/g) . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>Figura 10 – Índice de Acidez do óleo flotado orgânico (mgKOH/g) . . . . .</b>	<b>35</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 – Parâmetros analisados e suas respectivas metodologias . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>Tabela 2 – Caracterização do Efluente bruto . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 3 – Variação dos valores dos parâmetros do efluente de abate e processamento de aves . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>Tabela 4 – Efluente com sulfato férrico . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>Tabela 5 – Efluente com o coagulante orgânico . . . . .</b>	<b>33</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

### Siglas

ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FFO	Fábrica de farinhas e óleos
IA	Índice de Acidez
ISO	International Organization of Standardization
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
OD	Óxigênio Dissolvido
OG	Óleos e Graxas
pH	Potencial Hidrogênico
SST	Sólidos suspenso totais

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>15</b>
<b>4.1</b>	<b>Efluente proveniente do abate de frangos</b>	<b>15</b>
<b>4.2</b>	<b>Potencial poluidor dos efluentes industriais</b>	<b>15</b>
4.2.1	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	15
4.2.2	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	16
4.2.3	Sólidos	16
4.2.4	Fósforo e Nitrogênio	16
4.2.5	Óleos e Graxas	17
4.2.6	Potência Hidrogeniônico (pH)	17
4.2.7	Temperatura	17
4.2.8	Turbidez	17
<b>4.3</b>	<b>Sistemas de tratamento de efluentes de abatedouro</b>	<b>17</b>
<b>4.4</b>	<b>Coagulação</b>	<b>18</b>
4.4.1	Coagulantes Inorgânicos	19
4.4.2	Coagulantes Orgânicos	19
<b>4.5</b>	<b>Floculação</b>	<b>19</b>
4.5.1	Agentes auxiliares da floculação	20
<b>4.6</b>	<b>Legislação pertinente</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>22</b>
<b>5.1</b>	<b>Delimitação da área de estudo</b>	<b>22</b>
<b>5.2</b>	<b>Coleta das amostras</b>	<b>22</b>
5.2.1	Efluente bruto	23
5.2.2	Efluente tratado	23
5.2.3	Óleo flotado	23
<b>5.3</b>	<b>Caracterização do efluente</b>	<b>24</b>

<b>5.4</b>	<b>Acidez do óleo flotado</b> . . . . .	<b>25</b>
<b>5.5</b>	<b>Eficiência do tratamento</b> . . . . .	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> . . . . .	<b>27</b>
<b>6.1</b>	<b>Processo produtivo do frigorífico estudado</b> . . . . .	<b>27</b>
6.1.1	Etapas do tratamento do efluente . . . . .	28
<b>6.2</b>	<b>Efluente Bruto</b> . . . . .	<b>29</b>
<b>6.3</b>	<b>Efluente pós tratamento primário</b> . . . . .	<b>32</b>
6.3.1	Tratamento com o sulfato férrico . . . . .	32
6.3.2	Tratamento com o coagulante Magnofloc . . . . .	32
<b>6.4</b>	<b>Acidez do óleo</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o grande aumento populacional das últimas décadas ocorreu também uma grande necessidade de crescimento das indústrias processadoras de alimentos, entretanto, no atual momento se apresenta um cenário de escassez de recursos como água e energia. Com isso é necessário fazer uma otimização da utilização destes recursos na produção alimentícia e um bom retorno dos mesmos ao meio ambiente.

Um dos setores de maior geração de efluentes industriais é o setor avícola, sendo a água um dos principais recursos utilizados em frigoríficos e suas unidades de abates e processamento. Somente em 2022, segundo a Embrapa (2023), o Brasil produziu cerca de 14.524 milhões de toneladas de frango de corte, sendo 67% mantido no mercado interno e 33% indo para exportação.

O estado do Paraná é o maior produtor e exportador de frangos, sendo responsável por 36,15% dos abates em âmbito nacional (ABPA, 2023). Levando em consideração que o consumo médio de água por ave abatida varia entre 20 a 30 litros, faz se necessário o melhor tratamento do efluente possível, para assim contribuir com o equilíbrio ambiental.

A análise realizada por Krieger (2007), apresenta que o consumo de água em uma indústria avícola é proveniente da lavagem de caminhões, escaldagem, lavagem de carcaças e vísceras, transporte interno de produtos e resíduos, limpeza e esterilização de facas, alimentação de caldeiras e resfriamento de compressores.

Após estar presentes em todos esses processos, o efluente que é gerado pode conter: sangue, gordura, excrementos, substâncias contidas no trato digestivo dos animais, fragmentos de tecido, entre outros, caracterizando um efluente com elevada concentração de matéria orgânica (NARDINO, 2019).

A utilização dos tratamentos de efluentes em atividades industriais, se torna cada vez mais um assunto importante à medida que aparecem novas demandas para utilização mais sustentável dos recursos hídricos (GUEDES, 2018).

Em quase que sua totalidade, o tratamento de efluentes de abatedouros de aves é composto por tratamento preliminar, primário e secundário, o preliminar geralmente é composto por processo de peneiramento, já o tratamento primário tem seu processo iniciado em tanques de equalização seguidos por sistema de flutuadores físico/ físico-químicos, por fim, o tratamento secundário é composto pelo tratamento biológico por meio de lagoas de tratamento (FAGNANI, 2017).

Em conjunto com os flutuadores, pode-se citar como exemplos de avanços no tratamento de efluentes industriais, os processos de coagulação, sedimentação e floculação, que buscam otimizar o tratamento e substituem os métodos tradicionais (METCAL; EDDY, 2016).

Dependendo dos componentes escolhidos para o tratamento do efluente industrial, pode se gerar uma alternativa para utilização de todo material gerado nas etapas do tratamento primário. Algo que Virmond (2007) analisou, para ele tanto o lodo quanto a gordura (óleo) podem

passar combustão direta, tornando-se fontes renováveis de energia disponíveis a custos mais em conta comparado aos combustíveis primários.

Mas para que os materiais residuais do tratamento primário possam ser utilizados como fontes renováveis de energia ou reaproveitadas em algum processo produtivo, precisa-se analisar diferentes tipos de coagulantes, dessa forma, o presente estudo pretende analisar as diferenças nos parâmetros DBO, DQO, óleos e graxas, turbidez e teor de sólidos suspensos, após o tratamento primário de uma ETE com o uso de diferentes coagulantes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho teve como objetivo analisar a eficácia dos coagulantes Sulfato Férrico e Magnofloc no tratamento primário do efluente líquido proveniente de um frigorífico de aves, bem como compará-los em relação ao subproduto gerado por cada coagulante.

### **2.2 Objetivos específicos**

Para o alcance do objetivo geral proposto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Descrever o processo e o tratamento do efluente gerado em um abatedouro de aves;
- Analisar os parâmetros físicos-químicos como pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica Oxigênio (DBO), óleos e graxas, turbidez e teor de sólidos suspenso do efluente tratado com os diferentes coagulantes;
- Avaliar a produção de óleo flotado proveniente do lodo gerado nos tratamento primário e separado na centrífuga tridecanter.

### 3 JUSTIFICATIVA

Nos dias atuais existem diversas alternativas de coagulantes para o tratamento de efluentes industriais, mas cada um tem sua peculiaridade e resultado esperado, dependendo do que é almejado pela empresa os coagulantes podem ser até orgânicos. Um ponto a se observar na escolha de um novo coagulante são os subprodutos gerados por cada tipo, no caso do lodo gerado na utilização de um coagulante inorgânico, pode ser utilizado como matéria prima em conjunto com o combustível principal de uma caldeira.

Outra alternativa é a utilização do lodo desidratado na compostagem junto a diversos outros resíduos, porém, essa alternativa não possui um retorno financeiro alto e tem outro grande problema, a necessidade de transportar e uma grande área para armazenamento e realização do processo da compostagem, além de o processo ocorrer durante um longo período variando de 90 a 180 dias para o composto ficar pronto, assim não sendo muito atrativo para grandes corporações.

Algo que vem se tornando mais presente nas grandes empresas é a utilização de coagulantes orgânicos, para a utilização do lodo desidratado como matéria prima nas fábricas de farinha de vísceras, sendo incorporado junto as vísceras, cozidos e prensados se transformando em farinhas de alto nível proteico. Essa alternativa também pode melhorar os teores de acidez do óleo flotado, mas possuem um elevado valor econômico para sua implementação. Portanto, prova-se a necessidade de estudos relacionados ao uso de coagulantes não convencionais e as diferenças nos subprodutos gerados.



## 4 REVISÃO DE LITERATURA

Para realização deste estudo fez-se necessário um levantamento bibliográfico dos principais fatores relacionados ao tema em análise.

### 4.1 Efluente proveniente do abate de frangos

Em maioria, o efluente gerado na indústria de processamento e abate de aves é proporcional ao consumo de água potável do processo, e, em grande quantidade de geração. Dito isso, os setores de maior consumo e demanda de água são; abate, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração e resfriamento. O consumo neste setores estão relacionados à demanda de incorporação da água ao produto, lavagem de máquinas e equipamentos, limpeza dos setores, retirada das penas e vísceras e na climatização das carcaças (SCHOENHALS, 2006).

Segundo Beaux (2005), esse tipo de efluente industrial é muito característico por ser composto por sangue, gorduras, excrementos, vísceras dos animais, dentre outros, assim contribuindo para um efluente de alta concentração de matéria orgânica. Já para Zanotto (2006), por possuir essa característica de grande periculosidade é necessário cuidados especiais referente à destinação final, para se prevenir contra possíveis contaminações ao meio ambiente e a biossegurança.

Dentro destas ameaças ao meio ambiente está a possível presença de microrganismos com patogenicidade elevada, como a *Salmonella* sp, *Staphylococcus* sp. e *Clostridium* sp, estes microrganismos podem estar presentes nas carcaças das aves, com isso podem ser materiais que compõem o efluente industrial (SALMINEM; RINTALA, 2002).

Vale ressaltar também que todo resíduo inapropriado ao consumo do ser humano gerado no processo industrial do abate frangos é de responsabilidade do abatedouro.

### 4.2 Potencial poluidor dos efluentes industriais

Pode-se dizer que as taxas de DBO/DQO são as mais importantes para avaliar a eficiência de uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e também para definir limites para o lançamento de matéria orgânica em corpos hídricos receptores. O impacto da DBO é indireto por diminuir o oxigênio no meio, mas a DBO em si não significa um indicador de toxicidade, pois não representa nenhum dano direto aos seres vivos (LEITE ALFEDRO, 2004).

#### 4.2.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é definida como quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.

A presença de uns altos teores de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (CETESB., 2023a).

#### 4.2.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Geralmente, valores de DQO são maiores que os da DBO, e despejos industriais costumam ser o principal fator de aumento da concentração de DQO num corpo hídrico (CETESB., 2023b).

#### 4.2.3 Sólidos

Os sólidos de forma geral, correspondem a parcela de matéria orgânica que permanece como resíduo mesmo após processos de evaporação, secagem ou calcinação. Essas operações permitem diferenciar as frações de sólidos presentes na água, como sólidos totais, em suspensão, dissolvido, fixos e voláteis. Em um corpo hídrico, os sólidos podem ser nocivos à vida aquática quando em alta concentração. As diversas frações de sólidos não são definitivas para se entender o comportamento da água ou de efluentes. Embora as concentrações de sólidos voláteis sejam associadas a presença de compostos orgânicos na água, não propicia qualquer informação específica sobre as diferentes moléculas orgânicas (DACACH, 1991).

#### 4.2.4 Fósforo e Nitrogênio

O aumento de matéria orgânica - principalmente Fósforo e Nitrogênio - no ambiente aquático, altera a quantidade de nutrientes disponíveis no meio, podendo levar ao processo conhecido como eutrofização, este, tem consequências negativas, pois aumenta a quantidade de algas e plantas flutuantes, prejudicando a qualidade da água e podendo comprometer até mesmo a funcionalidade do corpo hídrico quanto a recreação e uso de embarcações por exemplo (CETESB., 2023b).

A eutrofização diminui consideravelmente a incidência de luz no corpo hídrico, além de também impedir o contato da água com o ar, e de consumir o oxigênio através do seu metabolismo, reduzindo drasticamente as quantidades de Óxigênio Dissolvido (OD) no ambiente e ocasionando morte da fauna aquática, devido a depleção do oxigênio, aumento da DBO e outras causas como possível liberação de toxinas a depender da espécie (CETESB., 2023b).

#### 4.2.5 Óleos e Graxas

Quando despejados em corpos hídricos, óleos e graxas podem vir a formar uma espécie de filme na superfície, levando a redução da incidência de luz. Óleos e graxas também podem vir a se depositar nas margens do corpo receptor, causando degradação visual (SÊNA, 2012).

#### 4.2.6 Potência Hidrogeniônico (pH)

As características do pH (acidez, neutralidade ou alcalinidade) são determinadas de acordo com as substâncias e quantidade das mesmas presentes no efluente, como ácidos, bases, sais ácidos e básicos e gases dissolvidos. Valores fora dos limites impostos pela legislação, podem vir a tornar inviável a vida aquática no corpo receptor (SÊNA, 2012), visto que causa efeitos diretos sobre a fisiologia de diversas espécies, segundo (kubtza 2003), alterações no pH podem afetar o funcionamento branquial, o que prejudica o equilíbrio osmótico e a respiração de animais aquáticos por exemplo.

#### 4.2.7 Temperatura

O aumento da temperatura e oxigênio dissolvido, são fatores que estão interligados, visto que quanto maior a temperatura, maior a taxa metabólica dos organismos, o que leva a um maior gasto energético, consumo de oxigênio e conseqüentemente, há uma sensibilização quanto aos efeitos dos poluentes. Além disso, deve ser levado em consideração que a tolerância das espécies aquáticas também varia (CETESB., 2023c).

#### 4.2.8 Turbidez

Um dos parâmetros de maior importância para analisar um efluente é a turbidez. Esse parâmetro acontece devido à partículas em suspensão no efluente, ou seja, materiais sólidos em pequenos tamanhos ou coloidais. É um parâmetro ligado diretamente a transparência do meio, sendo quanto maior o número de partículas em suspensão maior é a turbidez do efluente (MOREIRA, 2022). A unidade de medida da turbidez é a Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU), traduzindo da sigla em inglês (IBRAHIN; IBRAHIN; CANTUÁRIA, 2015).

### 4.3 Sistemas de tratamento de efluentes de abatedouro

Nas indústrias alimentícias de processamento de carne, o tratamento do efluente inclui a maioria das etapas de tratamento de resíduos existentes. Podendo ir desde uma simples

sedimentação por gravidade a tratamentos mais elaborados compostos por sistemas físicos, químicos e biológicos em conjunto (CLASS; MAIA, 2001).

Para Bongiovani (2010) para escolha de um sistema de tratamento de efluentes, deve se levar em conta principalmente os tipos e as características dos contaminantes presentes no mesmo, dos resultados almejados de acordo com a legislação pertinente, e também os custos de instalação e operação que envolvem a operação da estação de tratamento.

Geralmente um sistema de tratamento de efluente industrial é composto por três métodos em conjunto, os tratamentos físicos, químicos e biológicos. Cada método é distribuído ao longo de quatro níveis, variando e levando em consideração com os parâmetros que interferem e a complexidade da técnica de execução (PEDROSA, 2019), sendo esses níveis:

a) Tratamento preliminar: Esse nível é onde ocorre a maior parte da remoção de sólidos grosseiros e materiais sobrenadantes por meio de ação física (DACACH, 1991). Geralmente é composto por equipamentos como peneiras, grades, caixas desarenadoras e caixas separadoras de água-óleo;

b) Tratamento primário: O nível primário objetiva remover grande parte da matéria orgânica e inorgânica em suspensão. É composto, em grande maioria, por processos físico-químicos de coagulação, floculação e sedimentação, por ser o objeto de estudo principal deste trabalho, será explicado em subtópicos mais à frente (METCAL; EDDY, 2016);

c) Tratamento secundário: Aqui o objetivo principal é a retirada de matéria orgânica dissolvida e em suspensão. Essa etapa é composta por mecanismos biológicos de remoção, sendo os principais, sistemas de lagoas anaeróbias e aeróbias, lodos ativados e filtros biológicos (DACACH, 1991);

d) Tratamento terciário: Tratamento mais complexo, nele são aplicados métodos para correção de parâmetros que não foram contemplados nas etapas anteriores. São métodos de tratamento terciário a desinfecção, filtração, nanofiltração e adsorção por carvão ativado. Uma das principais aplicações do tratamento terciário é a para remoção microorganismos indesejável, como coliformes, organismos de característica patogênica entre outros (CLASS; MAIA, 2001).

Vale ressaltar que a eficiência no tratamento do efluente vai crescer do tratamento preliminar ao terciário, ou seja, quanto mais complexo o tratamento mais eficiente ele vai ser (DACACH, 1991).

#### **4.4 Coagulação**

A terminologia “coagulação química” abrange todas as reações químicas e mecanismos que ocasionam a desestabilização química de partículas coloidais (METCAL; EDDY, 2016). Quando se trata do tratamento de efluentes, o processo de coagulação é utilizado quando se tem como efluentes com partículas finas, em forma de suspensão coloidal, que são de grande estabilidade por conta da sua pequena dimensão e a existência de cargas que provoquem sua

repulsão, impossibilitando a retirada desses materiais por métodos físicos convencionais de separação insuficientes (SCHOENHALS, 2006).

A mistura entre o coagulante e o efluente acontece por meio de misturadores hidráulicos ou mecânicos que fazem a dispersão do coagulante, e com energia específica suficiente para dispersão total, dada pelo gradiente de velocidade (NUNES, 2008)

#### 4.4.1 Coagulantes Inorgânicos

Por possuírem menor custo e uma eficiência alta, os coagulantes a base de sais de alumínio e ferro, são os mais utilizados nos dias atuais para o tratamento de efluente.

Para Ferreira (2012) esses tipos de coagulante possuem uma grande desvantagem, seus íons metálicos na sua composição, podem alterar significativamente a qualidade do efluente, gerar subprodutos tóxicos, podendo até estar relacionados a doenças carcinogênicas.

De maneira geral, os principais coagulantes inorgânicos para o tratamento de efluentes são os sais inorgânicos de alumínio e ferro, sendo os mais usados o Cloreto férrico ( $FeCl_3$ ), Sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) e o Sulfato ferroso ( $FeSO_4$ ).

O Sulfato férrico é um dos mais utilizados para o tratamento de efluentes industriais, é um coagulante à base de ferro trivalente ( $Fe^{+3}$ ), é um líquido denso, de cor marrom avermelhado (CSM, 2023).

#### 4.4.2 Coagulantes Orgânicos

Uma das melhores alternativas aos efluentes com tratamentos de coagulantes convencionais (sais de ferro e alumínio) são os chamados coagulantes orgânicos, pois, dentre suas vantagens apresentadas estão a não geração de precipitados de metal e a geração menor de subprodutos, tanto que o volume de lodo gerado com os coagulantes orgânicos podem ser até cinco vezes menor, possuindo menos teores de metais e substâncias tóxicas, além de maior biodegradabilidade e pode ser utilizado até mesmo como adubo (PETRY, 2017).

Um dos principais coagulantes de característica orgânica é o Magnofloc LT7 990, fabricado pela empresa BASF, se trata de um coagulante catiônico, peso molecular médio, com coloração amarelo-incolor, líquido e viscoso (BASF, 2023).

### 4.5 Floculação

Já a floculação é um processo físico onde as partículas coloidais, que já sofreram uma desestabilização, são agregadas umas às outras, aumentando assim seu tamanho físico e sua granulometria. Deve-se ocorrer o processo de floculação em mistura lenta, possibilitando a formação dos flocos e dificultando a ruptura destes (FABRETI, 2006).

A floculação é uma operações unitárias que quando combinada com a coagulação gera muito eficácia na retirada de materiais em suspensão que não são removidos por meio dos processos físicos do tratamento preliminar (NUNES, 2008).

#### 4.5.1 Agentes auxiliares da floculação

É característico de efluente industriais a geração de flocos com densidade insuficiente para sedimentação, por tal motivo necessita-se da utilização de auxiliares de floculação (polieletrólitos) que possuem a função de aumentar a resistência das forças de cisalhamento e a velocidade de sedimentação dos flocos (NUNES, 2008).

Os agentes auxiliares do processo de floculação podem ser chamados de floculantes, tem sua divisão feita quanto a sua origem (natural ou sintética), de acordo com sua natureza (mineral ou orgânica). Em alguns casos os polímeros de origem orgânica podem ser naturais (amidos e derivados de celulose) ou serem sintéticos (CLASS; MAIA, 2001).

Os polieletrólitos possuem peso molecular elevado e são de longa cadeia. Geralmente, são formados por grupos funcionais iônicos que conferem cargas elétricas na sua cadeia. Essas cargas podem ter saldo final positivo, negativo ou neutro, sendo classificados em, catiônicos, aniônicos e não-iônicos, respectivamente. Possuindo assim a capacidade de formar pontes e interagir com as partículas, após a desestabilização das mesmas (METCAL; EDDY, 2016).

Polímero Catiônico sintéticos tem seu funcionamento baseado na neutralização de cargas ou na adsorção de pontes, ou ainda uma combinação desses dois mecanismos. Os floculantes carboxílico, dependem muito das variações de pH, esta variação é o que determina a densidade da carga, conseqüentemente a característica desses polímeros em promover a floculação será diretamente prejudicada, por outro lado os floculantes sulfônicos (ácido forte), sofrem menos com mudanças de pH (DiBERNARDO, 2000).

Polímero Aniônico ou de cargas negativas são mais efetivos dentro de uma faixa de pH maior que os catiônicos, por terem saldo de carga negativa possuem a capacidade de neutralizar as cargas positivas presentes na parte superior do meio aquoso. Através da adsorção e formação de pontes intermoleculares, pode formar maiores flocos que serão mais facilmente separados do meio aquoso. As massas moleculares dos polímeros aniônicos podem variar entre 12-15 mg.mol<sup>-1</sup>, se apresenta em forma sólida, por isso precisam passar por intensa agitação durante dissolução (DosSANTOS, 2011)

#### 4.6 Legislação pertinente

Em relação às legislações pertinentes aos efluentes industriais, no Brasil, o maior foco é no efluente final do tratamento, ou seja, o efluente pronto para retornar ao corpo hídrico, sendo

as principais a serem levadas em consideração as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 430 e 357, as leis 9.433, 12.726 e 12.726.

- Resolução CONAMA n° 430, que dispõe sobre os padrões e condições de lançamento de efluentes(BRASIL, 2011);
- Resolução CONAMA n° 357, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes(BRASIL, 2005);
- Lei Federal n° 9.433/97, institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o SINGREH (BRASIL, 1997);
- Lei Estadual n° 12.726/99, institui a Política Estadual de Recursos Hídricos (PARANÁ, 1999);
- Resolução CEMA 70/09, anexo 7 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes líquidos industriais(PARANÁ, 2009).

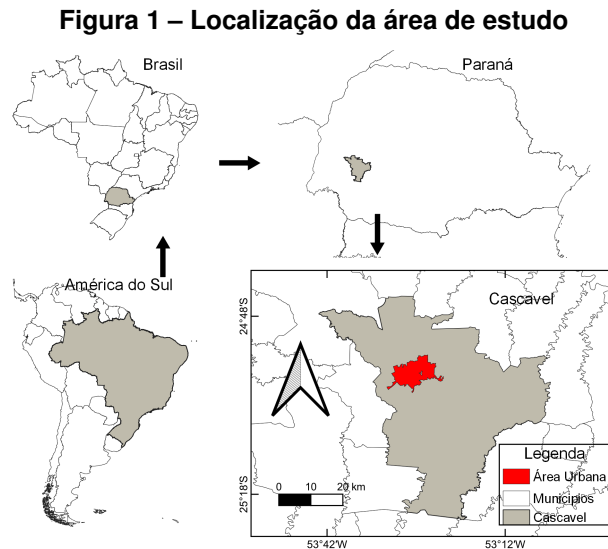
Vale ressaltar que para cada empreendimento existe uma outorga para lançamento do efluente industrial, tendo a possibilidade de se ter limites diferentes dos parâmetros exigidos pela legislação citada acima, ou até mesmo outros parâmetros a serem analisados.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em diferentes etapas, sendo elas: caracterização do local de estudo, coleta e caracterização do efluente bruto, coleta e caracterização do efluente tratado com os coagulantes diferentes e comparação dos subprodutos gerados por cada coagulante.

### 5.1 Delimitação da área de estudo

O local deste estudo, bem como seu efluente e suas informações, foram obtidas em uma indústria frigorífica de aves localizada no município de Cascavel, na porção oeste do estado do Paraná (Figura1), o trabalho foi realizado entre o período de agosto e outubro de 2023.



Fonte: (QGIS, 2023).

Atualmente o abatedouro em estudo possui um média de 225.000 aves abatidas por dia, com um consumo médio de água por ave de 27,5 litros, gerando um volume de efluente de 250 m<sup>3</sup>/h, trabalhando todos os dias.

### 5.2 Coleta das amostras

A coleta de amostras foi realizada para os dois coagulantes em estudo, para melhor qualidade e confiabilidade nos resultados foram coletadas amostras em quatro dias para cada coagulante, as amostras foram coletadas em dias normais de produção, para assim representar as condições mais comuns do efluente e expressar resultados mais efetivos para a rotina da empresa.



### 5.2.1 Efluente bruto

O efluente bruto foi coletado diretamente do tanque de equalização com o auxílio de um kit de coleta de inox (Figura 2). Após coleta, a amostra foi armazenada em frascos plásticos e refrigeradas no laboratório da unidade para depois serem enviadas para análise em laboratório externo.

**Figura 2 – Ponto coleta de efluente bruto e kit de coleta**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

### 5.2.2 Efluente tratado

O efluente tratado foi coletado diretamente da saída dos flutuadores com o auxílio de béqueres (Figura 3), as amostras foram enumeradas e enviadas para laboratório para as análises descritas no tópico 5.3.

### 5.2.3 Óleo flotado

Para coleta do óleo flotado foram utilizados recipientes plásticos com tampa, a coleta foi realizada diretamente da saída de óleo na centrífuga tridecanter (Figura 4).

Após serem coletadas, as amostras foram levadas ao laboratório da unidade para análise do teor de acidez do óleo.

**Figura 3 – Ponto de coleta do efluente tratado na saída dos flutuadores**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

**Figura 4 – Centrifuga Tridecanter: (a) Centrifuga, (b) Saída da tridecanter**  
(a) Centrifuga (b) Saída da tridencanter



**Fonte: Autoria própria (2023).**

### **5.3 Caracterização do efluente**

Para caracterização do efluente bruto e tratado foi realizado uma análise utilizando laudos técnicos disponibilizados pela própria empresa, esses laudos técnicos apresentaram os valores referente a matéria orgânica por meio da DBO, DQO, Óleos e Graxas (OG), Potencial Hidrogênico (pH) e Sólidos suspenso totais (SST) para determinação desses parâmetros as análises realizadas em laboratório utilizaram os métodos descritos por APHA (1999), essas

metodologias estão presentes na tabela 1. Para Turbidez realizou-se a medição direta deste parâmetro por meio de um turbidímetro, Turbidez Max da marca Akso.

**Tabela 1 – Parâmetros analisados e suas respectivas metodologias**

Parâmetro	Unidade	(APHA, 1999)
DBO	mg/L	5210 B (DBO 5 dias)
DQO	mg/L	5220 D (Colorimétrico)
OG	mg/L	5220 D (Extração Soxhlet)
pH	-	4500-H* - B (Potenciométrico)
Turbidez	NTU	2130 - B (Nefelométrico)
SST	mg/L	2240 D (Gravimétrico)

**Fonte: Empreendimento estudado.**

#### 5.4 Acidez do óleo flotado

Para determinação do Índice de Acidez (IA) do óleo proveniente do lodo gerado no tratamento primário, utilizou-se os métodos propostos por Lutz (2008) e pelo Sindirações (2023), que usam como solução titulante o hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 M e a fenolftaleína como indicador.

Primeiramente as amostras foram bem homogenizadas sem a presença de partes sólidas, com o auxílio de uma pipeta pasteur colocou-se dentro de um Erlenmeyer cerca de 5g da amostra de óleo, no Erlenmeyer adicionou-se 100 mL da solução Éter-Álcool (2:1) neutralizada, posteriormente foi adicionado cerca de 5 gotas fenolftaleína como indicador, após adicionado o indicador a amostra foi titulada com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 M até aparecimento da coloração rósea que persista por 30 segundos em agitação. Feito a titulação, a acidez foi determinada pela equação 1:

$$Acidez = \left( \frac{Va * Fc * Me * 282,5 * 100}{P * 1000} \right) \quad (1)$$

Onde:

*Acidez*: É o índice de acidez em óleo oleico;

*Fc*: fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

*Me*: É a molaridade da solução de NaOH;

*Va*: É o nº de mL de solução de hidróxido de sódio 0,1M gasto na titulação;

*P*: nº de g da amostra.

#### 5.5 Eficiência do tratamento

Para análise da eficiência do tratamento primário da ETE, foi utilizado a seguinte equação 2:

$$E = \left( \frac{C_o * C_e}{C_o} * 100 \right) \quad (2)$$

Onde:

$E$ : Eficiência de remoção;

$C_o$ : Concentração do parâmetro no efluente bruto (mg/L);

$C_e$ : Concentração do parâmetro no efluente tratado (mg/L).

A aplicação da equação 2 foi utilizada para os parâmetros de matéria orgânica (DQO e DBO), OG, Turbidez e SST.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Processo produtivo do frigorífico estudado

O processo produtivo é bem semelhante ao apresentado por Pes e Libardoni (2021), tendo início no setor de descanso de aves, nessa etapa as aves devem permanecer entre um período entre uma ou duas horas para se evitar que as mesmas passem por um estresse térmico.

Na sequência as aves seguem para a pendura, sendo coletadas de cabeça para baixo, nesse momento já é feita a primeira triagem do produto, os animais que por algum motivo morreram durante o transporte são descartados direto para Fábrica de farinhas e óleos (FFO).

Os animais que continuam no processo partem para o setor de sangria, onde, antes de serem abatidos sofrem um atordoamento por descarga elétrica para insensibilização, na sequência as aves têm seus pescoços cortados mecanicamente e seu sangue retirado por gravidade.

Após sangria as aves partem para o setor de escaldagem, neste setor é feito a depenação das aves por meio de um depenador industrial. Neste setor também é feita a retirada dos pés das aves mecanicamente.

Após a depenação, as aves partem para o setor de evisceração, onde suas vísceras são retiradas. As vísceras partem para a FFO, exceto as partes dos miúdos (coração, fígado, moela). O frango separado das vísceras passa por uma inspeção federal na procura de aves inadequadas para comercialização, as que são consideradas impróprias para continuar na produção são mandados para a FFO para serem incorporadas na farinha de vísceras posteriormente.

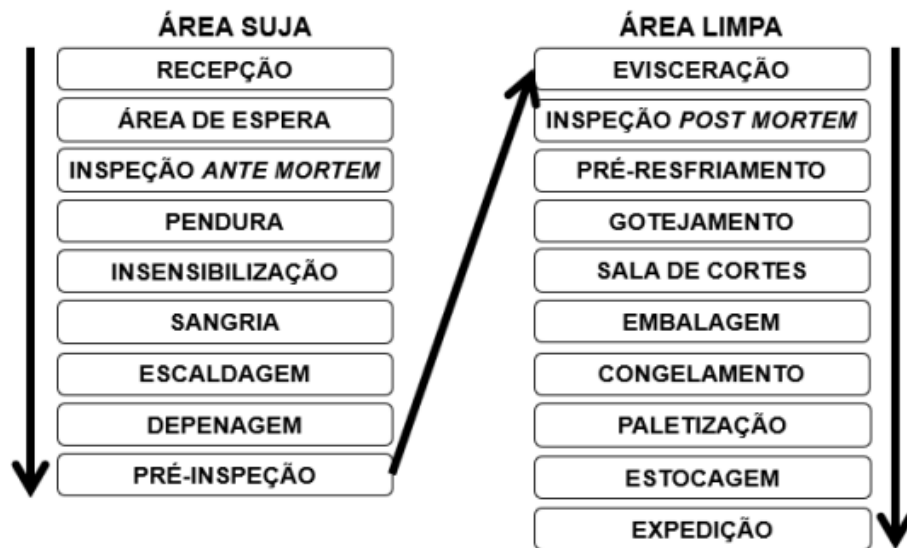
Com as aves aprovadas a produção segue para o setor de resfriamento por meio de chillers, quando em temperatura ideal as aves seguem para a sala de cortes, onde são feitos os cortes mais convencionais para venda.

Por fim, os produtos são embalados e encaminhados para o setor de expedição, aqui são mantidos em resfriamento até serem transportados para comercialização. Todo o processo do abatedouro está apresentado na Figura 5.

O efluente industrial é gerado desde o início do processo produtivo do frigorífico estudado, sendo assim, tem elevada produção de efluente equiparando-se ao consumo de água potável na unidade.

Por se tratar de um efluente de abatedouro, é de alta carga orgânica, contendo sangue, excrementos, gorduras e vísceras dos animais abatidos.

**Figura 5 – Fluxograma de abate do frigorífico**



Fonte: Pes e Libardoni (2021).

#### 6.1.1 Etapas do tratamento do efluente

Todo efluente industrial é direcionado por tubulações ao tanque de equalização (Figura 6), e, com o auxílio de um agitador mecânico é feita a homogeneização deste efluente para dar início ao tratamento.

**Figura 6 – Tanque de Equalização**



Fonte: Autoria própria (2023).



Com o efluente homogeneizado, o mesmo é transportado aos flotasores por meio de bombas de sucção, durante esse transporte é adicionado no início das tubulações as dosagens de coagulante, este estudo analisou os seguintes coagulantes: inorgânico Sulfato férrico, orgânico Magnofloc LT 7990. Os polímeros são adicionados próximos a entrada dos flotasores (Figura 7).

**Figura 7 – Flotador**



**Fonte: Aatoria própria (2023).**

O local de estudo ainda possui um tratamento secundário para tratamento do seu efluente, esse sistema é composto por lagoas, sendo inicialmente composto por lagoas anaeróbias, seguidos de um conjunto de duas lagoas aeróbias, por fim o efluente ainda passa por duas lagoas para polimento final para finalmente ser despejada no córrego próximo a unidade. A Figura 8 exemplifica o tratamento utilizado no frigorífico estudado.

## **6.2 Efluente Bruto**

A caracterização do efluente pré tratamento primário com os diferentes coagulantes, se deu pela análise de dados disponibilizados pelo empreendimento estudado, sendo as análises realizadas em laboratório certificado pela International Organization of Standardization (ISO) 17025.

Figura 8 – Sistema de tratamento

Nível de tratamento	Processo	Descrição	Imagem
Preliminar	Peneiramento	Equipamento com o obtivo principal a remoção de materias grosseiros.	
Primário	Tanque de equalização	Tem a função de padronizar a vazão que é mandada aos flotadores e homogenizar alguns parâmetros do efluente.	
	Flotação	Equipamento utilizado para a remoção de material de sólidos em suspensão e óleos e graxas e na geração do lodo.	
Secundário	Lagoas aneróbias	Lagoas profundas e sem a presença de oxigênio, objetiva a remoção de matéria orgânica.	
	Lagoas aeróbias	Lagoas rasas e com a presença de aeradores para gerar oxigênio no meio, objetiva a remoção de matéria orgânica.	
	Lagoa de estabilização	Lagoa sem aeradores para decantação da matéria orgânica	
	Lagoa de polimento final	Lagoa para retirada final de matéria orgânica	

Fonte: Autoria própria (2023).

Foram analisados os parâmetros físico-químicos pH, DBO, DQO, Óleos e graxas, Turbidez, SST. Foi realizada uma média aritmética de sete laudos durante quatro meses de produção, os valores quantificados do efluente bruto estão apresentados na Tabela 2.

A caracterização apresentou valores dentro das médias encontradas para abatedouros de aves, segundo Pinto (2015), onde em seu trabalho realizou levantamento sobre os parâme-



**Tabela 2 – Caracterização do Efluente bruto**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Média Aritimética ± desvio padrão</b>
DBO	mg/L	2470,60 ± 861,92
DQO	mg/L	4098,28 ± 961,08
OG	mg/L	1197,50 ± 718,94
pH	-	6,17 ± 0,18
Turbidez	NTU	1475 ± 250
SST	mg/L	1637,50 ± 481,61

**Fonte: Autoria própria (2023).**

tros físico-químico dos efluentes desse tipo de industria, os valores médios descritos em seu trabalho estão apresentados na tabela 3.

**Tabela 3 – Variação dos valores dos parâmetros do efluente de abate e processamento de aves**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valores</b>
DBO	710 - 4.633
DQO	1.400 - 11.118
OG	50 - 897
pH	5 - 9

**Fonte: Adaptada de Pinto 2015.**

Observa-se que os valores de DBO, DQO e pH encontrados estão dentro da faixa média esperada do efluente de abate de frangos, porém, os valores encontrados para OG estão muito superiores as médias previstas para esse tipo de industria, algo que pode ser explicado pelo fato de no local desse estudo não ter muitas ferramentas que possibilitem a retirada de grande parte de resíduos grosseiros proveniente do abate, causando assim a geração de um efluente com muita carga e conseqüentemente altos valores de OG.

Os valores encontrados também estiverem próximos aos obtidos por Potrich (2019) em um frigorífico que abate cerca de 180.000 aves por dia na região oeste de Santa Catarina, onde apresentou pH 6,26, DQO de 4,381 mg/L, OG de 878,80 mg/L, turbidez maior que 1000 NTU e SST de 1625 mg/L.

Em relação a DBO, Rosa (2019) encontrou valores próximos ao dobro dos encontrados no presente estudo, mostrando assim, a relação do número de abates com os valores de matéria orgânica do meio, pois, em seu estudo foi encontrado um valor de 5940 para a DBO em um frigorífico com cerca do dobro da capacidade, com 340.000 aves abatidas por dia.

### 6.3 Efluente pós tratamento primário

#### 6.3.1 Tratamento com o sulfato férrico

Na tabela 4 estão apresentados os valores físico químico do efluente pós tratamento primário com o coagulante inorgânico, também estão presentes os valores médios da eficiência do coagulante em relação ao tratamento.

**Tabela 4 – Efluente com sulfato férrico**

Parâmetro	Unidade	Média Aritimética $\pm$ desvio padrão	Eficiência de remoção
DBO	mgO.L <sup>-1</sup>	429,25 $\pm$ 109,25	79%
DQO	mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	851,87 $\pm$ 227,99	78%
OG	mg.L <sup>-1</sup>	27,70 $\pm$ 33,14	97%
pH	-	5,88 $\pm$ 0,23	-
Turbidez	NTU	75 $\pm$ 55,27	95%
SST	mg.L <sup>-1</sup>	125,00 $\pm$ 55	90%

**Fonte: Aatoria própria (2023).**

Primeiramente é possível observar que o pH sofre uma leve acidificação, mas mantendo-se dentro da faixa esperada entre 5 e 9. Fazendo uma análise presencial na ETE, foi possível observar que o efluente com o coagulante inorgânico se manteve muito mais instável, onde qualquer alteração na vazão do efluente de entrada, altera negativamente o tratamento do efluente, acarretando em longos períodos com o tratamento não sendo satisfatório e apresentando valores de eficácia de tratamento baixos.

Em relação a remoção de matéria orgânica (DQO e DBO), a eficiência do tratamento obteve valores próximos a 80%, sendo 79% para DBO e 78% para a DQO.

O parâmetro com melhor eficácia de tratamento foi os óleos e graxas totais, sendo a eficiência encontrada de 97%, demonstrando assim grande sucesso do coagulante para tratabilidade desse parâmetro.

É importante salientar que o sulfato férrico é um produto de valor comercial mais barato se comparado ao Magnofloc LT 7990, porém, por suas características químicas gera um lodo que não pode ser incorporado na farinha de vísceras, por exemplo, isso se dá pelo fato de seus íons metálicos alterarem as características química do lodo (FERREIRA, 2012). Acarretando na sua não incorporação na farinha de vísceras, pois se trata de um produto destinado a alimentação animal.

#### 6.3.2 Tratamento com o coagulante Magnofloc

Na tabela 5 estão apresentados os valores físico químico do efluente pós tratamento primário com o coagulante orgânico Magnofloc, também está apresentado a eficiência do tratamento.

Tabela 5 – Efluente com o coagulante orgânico

Parâmetro	Unidade	Média Aritimética ± desvio padrão	Eficiência de remoção
DBO	mgO.L <sup>-1</sup>	401 ± 265,27	80%
DQO	mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	1035 ± 462,73	75%
OG	mg.L <sup>-1</sup>	119 ± 62,5	91%
pH	-	6,58 ± 0,36	-
Turbidez	NTU	16,4 ± 7,3	98%
SST	mg.L <sup>-1</sup>	180 ± 29,43	87%

Fonte: Autoria própria (2023).

Comparando-se os valores da eficiência do tratamento em relação a remoção da matéria orgânica (DBO e DQO), observa-se que para ambos os coagulantes não possuem uma grande diferença, com valores próximo a 80%, sendo um pouco menores que o sulfato férrico, sendo 80% para a DBO e 75% para DQO.

Por se tratar de um coagulante orgânico, a produção de lodo foi cerca de metade do que era produzido com o sulfato férrico, porém, o lodo gerado pelo magnofloc é de grande valor nutricional, por esse motivo não é mais queimado como combustível da caldeira da unidade, sendo agora incorporado na farinha de vísceras gerando um maior volume de farinha gerado e consequentemente mais cargas comercializadas.

Em relação ao pH, o tratamento com o Magnofloc manteve os valores próximos ao do efluente bruto, sendo a média pós tratamento de 6,58, valores esperados por se tratar de um coagulante orgânico, onde sua faixa de pH de tratamento varia entre 5 e 9 (BASF, 2023). Algo que foi muito característico do efluente com o Magnofloc, foi sua estabilidade no efluente tratado, não precisando de muitos ajustes para conseguir um efluente com turbidez e DQO estáveis, e, suportando variações maiores no efluente a ser tratado.

Por fim, a turbidez obtida pós tratamento com o Magnofloc apresentou resultado muito satisfatório, com uma remoção de 98% pós tratamento, valores bem similares aos encontrados por Rosa (2019), onde em seu trabalho analisou a eficácia na remoção de turbidez em um efluente avícola, e, observou uma remoção entre 96% e 98%, superando em cerca de 5% o coagulante inorgânico PAC.

#### 6.4 Acidez do óleo

Apresentar os parâmetros de um óleo ou gordura é uma ferramenta de grande importância para avaliar a degradação do mesmo, tal degradação pode influenciar em um declínio no rendimento na produção dos ésteres. Para este estudo, um dos parâmetros de maior relevância é o teor de acidez no óleo flotado, pois está diretamente ligado a produção de lodo por cada coagulante.

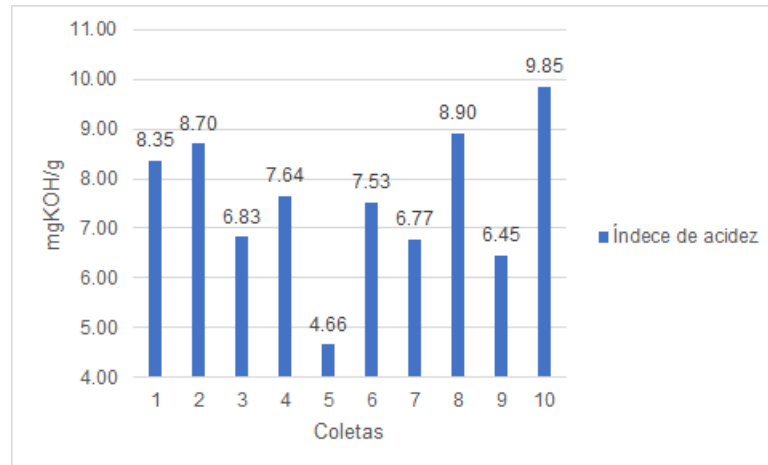
Na Figura 9, é possível analisar que o índice de acidez no óleo proveniente do tratamento com o coagulante inorgânico variou entre 4,66 a 9,85 mgKOH/g, com um média de acidez de

7,57 mgKOH/g. Valores próximos ao encontrado por Bueno (2022), onde foi encontrado um valor de 10,52 mgKOH/g para o óleo flotado de uma indústria frigorífica no estado do Paraná.

Os valores encontrados com o coagulante inorgânico podem ser considerados altos, ainda mais considerando os valores de referência apresentados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (ANP), onde, um óleo de origem animal deve apresentar índice de acidez de no máximo 0,5 mgKOH/g.

Segundo Lutz (2008) os índices de acidez podem indicar altos teores de decomposição dos glicerídeos e, conseqüentemente o grau de decomposição, ou seja, os valores encontrados nesse estudo com o coagulante sulfato férrico, indicam uma baixa qualidade no óleo produzido e conseqüentemente um valor de venda para empresa insatisfatório.

**Figura 9 – Índice de Acidez do óleo flotado inorgânico (mgKOH/g)**



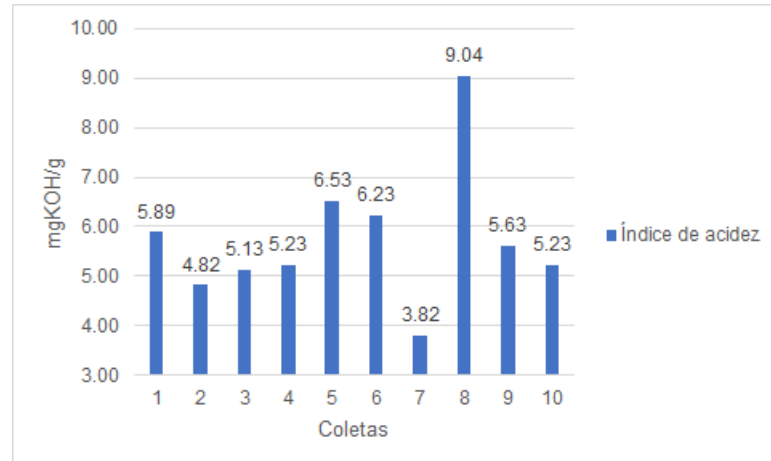
**Fonte: Autoria própria (2023).**

Já na figura 10 é apresentado os valores obtidos da acidez do óleo flotado utilizando o coagulante orgânico, é possível observar que os valores variaram entre 3,82 e 9,04 mgKOH/g, com um valor médio de 5,75 mgKOH/g, sendo consideravelmente mais baixo que o valor encontrado para o óleo proveniente do tratamento com o coagulante férrico.

A média de acidez encontrada esteve próximo ao encontrado por Kunh (2017), onde a média foi próximo a 3,0 mgKOH/g em uma indústria de aves no Oeste do Paraná, com alguns valores sendo bem próximos a faixa entre 3,0 e 6,0 mgKOH/g, bem semelhante ao encontrado nessa análise.

Levando em conta que para produção de Biodiesel os valores aceitáveis devem de menores que o limite admissível de 2,0 mgKOH/g para sua produção. Os valores encontrados para o coagulante orgânico foram mais próximo a esse valor em comparação aos valores encontrados com o coagulante inorgânico, podendo assim ser incorporado junto a outros óleos de menor acidez para produção de Biodiesel (OLIVEIRA, 2014).

Vale ressaltar que o IA é de suma importância para caracterização do óleo flotado e, conseqüentemente para precificação do mesmo, sendo assim é possível afirmar que os valores

**Figura 10 – Índice de Acidez do óleo flotado orgânico (mgKOH/g)**

**Fonte: Autoria própria (2023).**

menores de acidez encontrados para o coagulante orgânico refletem em um maior preço para venda do produto, gerando mais lucro para a empresa.

## 7 CONCLUSÃO

Como o proposto por este trabalho foi a análise da eficácia no tratamento de um efluente industrial, utilizando coagulantes de diferentes composições, realizou-se a caracterização físico-química do efluente agroindustrial por meio dos parâmetros: DQO e DBO, Óleos e Graxas, pH e o teor de sólidos suspensos totais através de laudos disponibilizados pelo empreendimento em estudo.

Inicialmente, realizou-se um levantamento sobre como é gerado os efluentes industriais de um frigorífico avícola, verificou-se que esse tipo de efluente possui alta geração em frigoríficos e que suas cargas orgânicas são de grau elevado, com uma alta turbidez, com isso, é relevante apresentar diferentes formas de realizar o tratamento do efluente.

Observou-se que em relação aos parâmetros físico-químicos, o coagulante inorgânico teve resultados ligeiramente superiores ao orgânico, porém, a turbidez com o coagulante orgânico apresentou melhores resultados, demonstrando assim que cada produto tem suas vantagens.

Já em relação ao óleo flotado, foi possível perceber que os valores médios de acidez foram consideravelmente mais baixos para o óleo do lodo gerado utilizando o coagulante orgânico, 1,82% a menos, conseqüentemente agregando maior valor de venda a este determinado produto.

Vale dizer também, que por se tratar de um produto orgânico, o Magnofloc gerou um lodo que além de possuir uma acidez menor no óleo flotado, gerou um material de alta valor nutricional que pode ser incorporado na farinha de vísceras, aumentando a produção desse produto e evitando a sua queima e desperdício.

Como recomendações para novos trabalhos, sugere-se a realização de mais estudos a cerca dos coagulantes orgânicos, analisando a quantidade e a qualidade do lodo gerado por esse produto, sugere-se também análises do poder calorífico do lodo gerado e também estudos mais focados no teor de acidez no óleo flotado gerado por diferentes coagulantes.

## REFERÊNCIAS

- ABPA. **Estatísticas Setoriais**. 2023. Disponível em: <https://abpa-br.org/estatisticas-setoriais/>. Acesso em: 15 out. 2023.
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. [S.l.: s.n.], 1999. 315 p. Acesso em: 14 out. 2023.
- BASF. **Water Solutions**. 2023. Disponível em: [https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Magnafloc\\_LT7990\(HT\).pdf](https://aniq.org.mx/pqta/pdf/Magnafloc_LT7990(HT).pdf). Acesso em: 01 out. 2023.
- BEAUX, S. **Avaliação do tratamento de efluente de abatedouro em digestores anaeróbios de duas fases**. fev. 2005. 102 p. Dissertação (Mestrado) — Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, fev. 2005.
- BONGIOVANI, M. C. **Aplicação do processo de lodos ativados com posteriores processos físico-químicos no tratamento de efluente industrial salino visando ao reuso**. dez. 2010. 155 p. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, dez. 2010.
- BRASIL. **Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997**: Institui a política nacional de recursos hídricos, e cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos. 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 18 set. 2023.
- BRASIL. **Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005**: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfcd\\_a\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf). Acesso em: 03 out. 2023.
- BRASIL. **Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011**: Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução no 357, de 17 de março de 2005. 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>. Acesso em: 03 out. 2023.
- BUENO, V. M. **Caracterização físico-química de resíduos de abatedouros de frangos**. 2022. 43 f. Monografia (Graduação) — Universidade estadual Paulista, Rosana, 2022.
- CETESB., S. P. **Glossário**. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/glossario/>. Acesso em: 26 set. 2023.
- CETESB., S. P. **Matéria Orgânica e Nutrientes**. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/materia-organica-e-nutrientes/>. Acesso em: 26 set. 2023.
- CETESB., S. P. **Temperatura**. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/temperatura-da-agua/>. Acesso em: 26 set. 2023.
- CLASS, I. C.; MAIA, R. A. M. **Tecnologias e Gestão Ambiental - Efluentes Líquidos**. Brasília: [s.n.], 2001.
- CSM. **Sulfato Férrico Líquido**. 2023. Disponível em: <http://csmmq.com.br/produtos/sulfato-ferrico-liquido-42/>. Acesso em: 01 out. 2023.

- DACACH, N. G. **Tratamento primário de esgoto**. Rio de Janeiro: EDC, 1991. 106 p.
- DiBERNARDO, A. S. **Influência das condições de aplicação de polímeros catiônicos na eficiência da floculação**. abr. 2000. 207 p. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-graduação em Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, abr. 2000.
- DosSANTOS, G. R. **Estudo de clarificação de água de abastecimento público e otimização da estação de tratamento de água**. fev. 2011. 101 p. Dissertação (Mestrado) — Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, fev. 2011.
- EMBRAPA. **Central de Inteligência de Aves e Suínos**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>. Acesso em: 15 out. 2023.
- FABRETI, A. A. **Pós-tratamento de efluente de lagoa de estabilização através de processo físico-químico**. dez. 2006. 159 p. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, dez. 2006.
- FAGNANI, K. C. **Comparação do potencial energético do Lodo Gerado no Tratamento Físico-Químico de Efluentes Provenientes do Abate de Aves Utilizando Diferentes Coagulantes**. mar. 2017. 140 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Paraná, Palotina, mar. 2017.
- FERREIRA, R. P. **Uso de coagulantes naturais como pré-tratamento de efluente de laticínio**. 2012. 76 f. Monografia (Graduação) — Universidade de São Paulo, Lorena, 2012.
- GUEDES, M. R. **Estudo dos processos de coagulação floculação e decantação para o tratamento de efluentes gerados em uma indústria de tintas local**. 2018. 50 f. Monografia (Graduação) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- IBRAHIN, F. I. D.; IBRAHIN, F. J.; CANTUÁRIA, E. R. **Análise Ambiental - Gerenciamento de Resíduos e Tratamento de Efluentes**. [S.l.]: Saraiva, 2015. 226 p.
- KRIEGER, E. I. F. **Avaliação do consumo de água, racionalização do uso e reuso efluente líquido de frigorífico de suínas na busca da sustentabilidade socioambiental da empresa**. nov. 2007. 145 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, nov. 2007.
- KUNH, S. S. **Produção de biodiesel a partir de blendas de óleo de soja e óleo de lodo proveniente do efluente de abatedouro avícola**. mar. 2017. 74 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Paraná, Palotina, mar. 2017.
- LEITE ALFEDRO, E. B. **Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA®**. jun. 2004. 94 p. Dissertação (Mestrado) — Fundação Oswaldo Cruz., Rio de Janeiro, jun. 2004.
- LUTZ, I. A. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. [S.l.: s.n.], 2008. Acesso em: 12 ago. 2023.
- METCAL; EDDY. **Tratamento de Efluentes e recuperação de recursos**. Porto Alegre: AMGH, 2016. 1980 p.
- MOREIRA, M. C. **Avaliação do uso de coagulantes orgânicos e inorgânicos para tratamento de efluente de tintas**. 2022. 59 f. Monografia (Graduação) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.



- NARDINO, R. L. **Concepção do Mapa de Processo e Procedimento Operacional Padrão de uma Estação De Tratamento de Efluentes em um Frigorífico de Aves**. 2019. 38 f. Monografia (Especialização) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.
- NUNES, J. A. **Tratamento Físico-Químico de águas residuárias industriais**. Aracajú: Info Graphics editora, 2008. 315 p.
- OLIVEIRA, S. M. **Blena sebo bovino/óleo de fritura: Proposta de produção de éster etílico a partir da reciclagem de resíduos**. fev. 2014. 67 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Maringá, Maringá, fev. 2014.
- PARANÁ. **Lei nº 12726, de 26 de novembro de 1999**: Instituiu a política estadual de recursos hídricos e criou o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos. 1999. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Politica-Estadual-de-Recursos-Hidricos>. Acesso em: 18 set. 2023.
- PARANÁ. **Resolução CEMA nº 070, de 1 de outubro de 2009**: Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos industriais. 2009. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=144192>. Acesso em: 23 out. 2023.
- PEDROSA, A. L. **Utilização do carvão produzido a partir do capim *Andropogon (Andropogon Gayanus Kunt cv. Planaltina)* para o pós-tratamento de efluente de indústria de tinta por filtração**. mar. 2019. 88 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Tocantins, Garupí, mar. 2019.
- PES, L. G.; LIBARDONI, F. **Fluxograma de abate e inspeção de frango de corte**. Canoas: Mérida, 2021. 37 p.
- PETRY, J. C. **Tratamento Físico-Químico por Flotação FAD de Efluente Laboratorial**. 2017. Monografia (Graduação) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2017.
- PINTO, L. A. e. a. Aspectos ambientais do abate de aves. **Revista UNINGÁ Review**, v. 22, n. 3, p. 44–50, jun. 2015.
- POTRICH, M. C. **Aplicação de eletrocoagulação no tratamento de efluentes de abatedouro de aves utilizando eletrodos de ferro e alumínio para remoção de nutrientes**. 2019. 95 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.
- QGIS, G. I. S. **QGIS, Geographic Information System**. 2023. Disponível em: [https://qgis.org/pt\\_BR/site/](https://qgis.org/pt_BR/site/). Acesso em: 11 set. 2023.
- ROSA, M. S. **Avaliação do emprego de coagulante orgânico e inorgânico no tratamento primário de efluente de abate e industrialização de aves**. 2019. 52 f. Monografia (Graduação) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.
- SALMINEM, E. A.; RINTALA, J. A. Semi-continuous anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste: effect of hydraulic retention time and loading: a virtual laboratory for mobile robot experiment. **Elsier Science**, v. 36, n. 13, p. 3175–3182, jul. 2002.
- SCHOENHALS, M. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola**. fev. 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, fev. 2006.

SÊNA, J. R. D. **Tratamento de efluentes em indústria de bebidas**. 2012. 48 f. Monografia (Especialização) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SINDIRAÇÕES. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal 2023**. Brasil: Sindirações, 2023. 159–163 p.

VIRMOND, E. **Aproveitamento do lodo de tratamento primário de efluentes de um frigorífico como fonte de energia**. 2007. 137 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

ZANOTTO, D. L. **Flotado de efluentes de frigorífico de suínos e aves - 1. Composição química**. Concórdia, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/443718/flotado-de-efluentes-de-frigorifico-de-suinos-e-aves---1-composicao-quimica>. Acesso em: 14 set. 2023.

..