

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**NELSON HENRIQUE POSSA BENDO**

**ESTUDO DE REUSO DO EFLUENTE TRATADO NUMA INDÚSTRIA DE  
PROCESSO DE ABATE DE FRANGOS**

**CRICIÚMA**

**2022**

**NELSON HENRIQUE POSSA BENDO**

**ESTUDO DE REUSO DO EFLUENTE TRATADO NUMA INDÚSTRIA DE  
PROCESSO DE ABATE DE FRANGOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador(a): Prof. (a) Ma. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffman

**CRICIÚMA**

**2022**

**NELSON HENRIQUE POSSA BENDO**

**ESTUDO DE REUSO DO EFLUENTE TRATADO NUMA INDÚSTRIA DE  
PROCESSO DE ABATE DE FRANGOS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Criciúma, 22 de novembro de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Ma. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffman – Engenheira Química  
- Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC - Orientador

Prof. M.e. José Alfredo Dallarmi da Costa – Engenheiro Químico - Universidade do  
Extremo Sul Catarinense, UNESC

Prof. M.e. Lucas Kister Amaral – Engenheiro Sanitarista e Ambiental - Universidade  
do Extremo Sul Catarinense, UNESC

Dedico todo o esforço da realização deste trabalho a minha mãe, Maria Luiza Possa, quem desde sempre me deu todo apoio e encorajamento.

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho teve o importante apoio científico, técnico e humano de muitas pessoas a quem gostaria de agradecer:

A toda minha família, minha mãe Maria Luiza Possa, Meus avós Nelson João Possa e Maria Salete Rabelo Possa, e meus irmãos Luiz Carlos Possa Bendo e Gabriel Possa Bendo.

A minha companheira de todas as horas Rogéria Bez Fontana de Moraes, que sempre me incentivou e apoiou em tudo, com todo amor e compreensão.

A professora Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffman, pela orientação e confiança, na realização desse trabalho.

A equipe da empresa onde o estudo foi realizado: Vicervânio Bez Fontana, Eviner Fragnani Bez Fontana, Paula Choseck Zacarão.

A Deus, por guiar o meu caminho sempre.

**MUITO OBRIGADO!**

“O desenvolvimento urbano, industrial e agrícola tem como um dos principais fatores limitantes a disponibilidade hídrica.”

Heloise Schatzmann

## RESUMO

No ramo de alimentos, referente ao setor frigorífico de abate de frangos em especial, utilizam de uma grande quantidade de água para o seu processamento. Por conta disso geram um grande volume de efluente no processo. Os órgãos ambientais têm se tornado cada vez mais restritivos no que se diz respeito ao lançamento de efluentes nos corpos hídricos, por isso a adequação do sistema de tratamento é de suma importância. Importante salientar que o reuso do efluente tratado, como forma de destinação final do mesmo, tem se tornado um facilitador do licenciamento ambiental, desde que atenda os padrões de qualidade. O reuso como destinação final do efluente tratado é uma opção sustentável e que traz economia para o empreendedor, visto que a demanda por água dentro dessa atividade é muito grande. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo um estudo para avaliar a possibilidade de reuso do efluente tratado do processo de abate de frangos. Para realização desse estudo foi necessário primeiramente, conhecer o sistema produtivo do abate de aves e avaliar o processo de tratamento do efluente bruto. Posteriormente, realizou-se o levantamento histórico das análises e caracterização dos efluentes brutos e tratados, a fim de avaliar a eficiência do sistema de tratamento ao longo do tempo, bem como evidenciar se atendem aos padrões de lançamento definidos da Resolução CONAMA Nº 430/2011 e CONSEMA Nº 181/2021. Ainda referente aos resultados de caracterização do efluente tratado, comparou-se aos padrões de qualidade para águas de reuso, de acordo com as normativas NBR Nº 16783/ 2019 e NBR Nº 13969/ 1997, bem como determinou-se a vazão diária a fim de avaliar se atende as demandas de reutilização propostas. O estudo constatou que o reuso se mostrou favorável e possível, sendo que os padrões do efluente tratado atuais se encontram satisfatórios aos determinados pelas NBRs bem como volume disponível para reuso, que será de 10m<sup>3</sup>/dia, atende as demandas propostas de reutilização nos setores de lavagem de caminhões, limpeza área suja e limpeza pátio externo. Entretanto sugere-se, com objetivo de atender efetivamente as normas citadas de reuso, tratamento através dos processos de desinfecção seguido de filtração rápida de fluxo descendente com o objetivo de reduzir Sólidos Dissolvidos, diminuir a Carga Orgânica e de Coliformes Termotolerantes, assim como obter um residual de Cloro, exigido pela normativa.

**Palavras-chave:** Reuso de efluente, tratamento de efluente, abate de frangos,

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga. ....	32
Figura 2: Fluxograma do processo produtivo .....	34
Figura 3: Lavação das caixas de transporte.....	35
Figura 4: Local de lavação dos caminhões .....	36
Figura 5: Fluxograma do sistema de tratamento de efluentes - ETE .....	38
Figura 6: (A) Gradeamento dos efluentes (B) Efluentes da Linha Vermelha/ Área da Linha Verde/ Área suja. limpa.....	39
Figura 7: Peneira rotativa. ....	40
Figura 8: Tanques de decantação.....	41
Figura 9: Lagoa anaeróbia. ....	42
Figura 10: Lagoa Facultativa Aerada Revestida.....	42
Figura 11: Lagoa facultativa aerada sem revestimento.....	43
Figura 12: A - Lagoa de decantação sem revestimento B - Ponto de lançamento no corpo receptor .....	44
Figura 13: Análise do Efluente bruto e tratado 2017. ....	49
Figura 14: Análise do Efluente bruto e tratado 2018. ....	49
Figura 15: Análise do Efluente bruto e tratado 2022. ....	49
Figura 16: Porcentagem de utilização da água de reuso. ....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variação das características dos efluentes avícolas. ....	21
Tabela 2: Parâmetros analisados e métodos utilizados, para análise do efluente tratado .....	48
Tabela 3: Comparação das amostras de efluente bruto com valores de referência literária .....	50
Tabela 4: Parâmetros de qualidade da água de reuso.....	53
Tabela 5: Utilização da água de reuso .....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ABPA - Associação brasileira de Proteína Animal  
ABS – Alquilbenzenosulfonatos  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente  
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DQO - Demanda Química de Oxigênio  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EPA - Environmental Protection Agency  
EPI – Equipamento de Proteção Individual  
ETA - Estação de Tratamento de Águas  
ETE - Estação de Tratamento de Efluentes  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IMA - Instituto do Meio Ambiente  
IN - Instrução Normativa  
ISO - International Organization for Standardization  
LAO - Licença Ambiental de Operação  
LTDA - Sociedade Limitada  
NBR - Norma Brasileira  
PEAD - Polietileno de Alta Densidade  
PIB - Produto Interno Bruto  
PSO - Procedimentos Sanitários Operacionais  
RAP - Relatório Ambiental Prévio  
SIF - Sistema de Inspeção Federal  
SMWW - Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater  
USDA - United States Department of Agriculture  
ZDC - Zona de Desenvolvimento Controlado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1 PRODUÇÃO DE FRANGOS .....	14
2.2 PROCESSO PRODUTIVO DO ABATE.....	15
2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES PROVENIENTE DO ABATE DE AVES.....	17
2.4 CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE GERADOS NO ABATE DE AVES .....	19
<b>2.4.1 Parâmetros de caracterização e qualidade do efluente .....</b>	<b>21</b>
2.5 LEGISLAÇÕES E NORMAS VIGENTES .....	26
2.6 REUSO DO EFLUENTE.....	28
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>30</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	31
3.2 PROCESO DE ABATE DE FRANGOS .....	33
<b>3.2.1 Fluxograma do processo produtivo .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.2 Descrição do processo produtivo de abate de frangos.....</b>	<b>35</b>
3.3 DESCRIÇÃO DO ATUAL PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES ...	37
<b>3.3.1 Descrição das etapas da estação de tratamento de efluentes - ETE.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.2 Programa de monitoramento ambiental de efluentes .....</b>	<b>44</b>
3.4 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DO EFLUENTE BRUTO .....	45
3.5 PROPOSTA DE REUSO DO EFLUENTE TRATADO.....	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>47</b>
4.1 MÉTODO DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS DO EFLUENTE BRUTO E TRATADO .....	47
4.2 LEVANTAMENTO DOS RESULTADOS DE ANÁLISES DOS EFLUENTES BRUTO E TRATADO .....	48
4.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE PARA ÁGUA DE REUSO .....	52
4.4 VOLUME DE ÁGUA DISPONÍVEL PARA REUSO VERSUS REQUERIDO.....	55
4.5 PROPOSTA DE TRATAMENTO PARA ÁGUA DE REUSO .....	57
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O frango, entre as carnes animais, é uma das preferidas do mundo sendo a mais consumida mundialmente. Só no Brasil o consumo médio é de cerca de 45,56 kg/hab anualmente (ABPA,2022). Sem dúvida é um dos maiores mercados do setor de alimentos, sua produção gera emprego e renda para bilhões de famílias mundialmente, movimentando a economia desde a agricultura, no cultivo de grão para serem empregados em rações, na criação das aves, no transporte, abate, processamento, venda, exportação e a mesa dos consumidores.

Dados econômicos que relacionam a produção dessas aves são impressionantes. Segundo dados da Embrapa em parceria com a USDA (United States Department of Agriculture), até o momento, o ranking dos maiores países exportadores da carne de frango é liderado pelo Brasil seguido pelos Estados Unidos e União Europeia. Já no quesito importação o Japão, México e China são os líderes. Sendo que os maiores produtores e consumidores de frangos em sequência Estados Unidos, China e Brasil, batendo recorde em 2021, alcançando o impressionante número de 6,18 bilhões de cabeças abatidas. Ainda em 2021, conforme o relatório anual da Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), 14,329 milhões de toneladas de carne de frango foram produzidas no Brasil, dos quais 67,83% foram consumidos pelo mercado nacional e 32,17% destinados à exportação. No ano de 2021 o mercado de frangos no Brasil, faturou cerca de 108,926 bilhões de reais, sendo um grande impulsionador da economia nacional (IBGE, 2022).

Como o intuito do presente trabalho é o reuso do efluente tratado gerado a partir do abate e processamento de frangos, se faz necessário mostrar o porquê desse tema ter tanta importância no quesito de utilização dos recursos hídricos. Importante salientar que a demanda por abastecimento hídrico, somente nos abatedores de frangos, é relevante, fora as outras demandas que vão desde o fornecimento de alimentos até a produção. Como o enfoque do estudo é somente o abate de frangos, levando em consideração que para cada carcaça abatida e processada são necessários 30 litros d'água (BRASIL,1998), e que somente no Brasil, segundo IBGE em 2021, foram 6,18 bilhões de cabeças abatidas totalizando 185 bilhões de litros d'água consumida no processo, volume esse na grande maioria, tratado e descartado nos recursos hídricos (IBGE, 2022).

Considerando que o efluente gerado a partir dessa atividade possui um grande potencial poluidor, tendo em vista que possui elevada Carga Orgânica e níveis consideráveis de Nitrogênio e Fósforo, além de carrear consigo microrganismos patogênicos e do grande potencial em causar eutrofização dos recursos hídricos, ocasionando mortalidade dos organismos aquáticos e proliferação de doenças; em hipótese alguma deve se fazer o descarte do efluente bruto em mananciais. Tendo isso em vista, o tratamento adequado desse efluente é de suma importância para mitigar os impactos causados por ele (SCHATZMANN, 2009).

Diante do grande volume de efluente que é gerado no processo de abate de frangos, a citar 185 milhões de m<sup>3</sup> de efluente por ano, como no caso de 2021, onde muito desse efluente é tratado e descartado, a escassez dos recursos hídricos e a importância de preservação dos mesmos, o reuso como destino final torna-se fundamental como opção mais sustentável e econômica. Onde ao aplicar-se o devido tratamento, para adequação dos parâmetros de qualidade mínimos para utilização, esse pode ser empregado para fins menos nobres dentro do empreendimento, utilizando o efluente tratado em um sistema de reciclo de água, gerando economia e redução dos gastos hídricos.

Salienta-se que a água como todo recurso natural é finito, e com a expansão do crescimento populacional sua demanda aumenta. Sem contar que em algumas regiões do país e do mundo a escassez hídrica é severa, e em alguns casos, falta água até para as necessidades básicas. Por isso cada litro de água que possa ser reutilizado no objetivo de preservar esse recurso deve ser posto em prática. Sua utilização pelo mundo corresponde a 73% para irrigação na agricultura, 21% para indústria e apenas 6% do consumo de água é doméstico (CETESB,2022), verificando-se a grande contribuição das indústrias no consumo de água.

O incentivo a reutilização da água é uma medida ecologicamente sustentável, que no caso da indústria de frangos de corte, leva-se em consideração tanto pelos benefícios ecológicos quanto pelo econômicos. Entretanto, com relação ao reuso do efluente tratado em abatedouros, não se tem nenhuma legislação ou normativa que promova essa ação, porém essa alternativa de destinação final pode até se torna um facilitador para o licenciamento ambiental, visto que há casos de outros empreendimentos que realizam esse sistema de reciclo e reduzem em até 30% os gastos com água (SCHATZMANN, 2009).

Por meio dessa motivação descrita esse trabalho buscou avaliar a

possibilidade de um empreendimento do setor de abate de frangos estar reutilizando seu efluente tratado para fins menos nobres. Para isso essa pesquisa buscou analisar se o mesmo atende os requisitos de qualidade e reserva volumétrica disponíveis para atender as demandas necessárias.

O trabalho teve como objetivo geral: **Avaliar processo de reuso de efluente gerado no processo de abate de frangos por meio de um estudo metodológico**, utilizando como objetivos específicos:

- Conhecer o processo produtivo do abate de aves;
- Caracterizar o efluente bruto e tratado;
- Avaliar o processo de tratamento do efluente bruto;
- Realizar levantamento histórico de resultados de análises do efluente bruto e tratado;
- Propor uso do efluente tratado no processo de abate de aves.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PRODUÇÃO DE FRANGOS

A avicultura durante muito tempo foi representada através do perfil familiar de produção, onde pequenas propriedades produziam carne e ovos para consumo próprio, e comercializava o excedente. Hoje, o mercado produtivo da avicultura representa um enorme potencial na economia nacional e global, pois a carne de frango é um dos alimentos mais presentes na dieta do brasileiro devido a sua qualidade nutricional, facilidade de preparo, disponibilidade e custo, garantindo a nutrição saudável (EMBRAPA, 2022).

A cadeia produtiva de frango no Brasil se tornou tão eficiente a ponto de colocar o país na terceira posição do ranking mundial de produtores de carne de frangos, segundo dados da EMBRAPA em 2022. Essa cadeia engloba desde o produtor de grãos e as fábricas de rações, os transportadores, os abatedouros e frigoríficos até o segmento de equipamentos, medicamentos, distribuição e o consumidor final. Essa eficiência muito se dá ao fato que os frangos serem aves com crescimento rápido pois são ótimas em transformar ração em carne, e isso se dá a décadas de estudos em função do melhoramento genético (EMBRAPA, 2022).

No mercado mundial a produção de frangos atingiu em 2021 cerca de 99.901 toneladas. Os maiores produtores de frangos em 2021 foram em primeiro lugar os Estados Unidos, com uma produção alcançou 20.378 toneladas, seguido pela China com 14.700 toneladas e o Brasil em terceiro lugar, com uma produção que chegou a 14.329 toneladas batendo recordes históricos do país. Já entre os estados brasileiros quem se destacou na produção de frangos de corte foi o Paraná, responsável por 35,54% da produção nacional, enquanto Santa Catarina foi o segundo maior estado produtor, correspondendo a 14,89% da produção nacional (ABPA, 2022).

O setor avícola hoje é responsável por aproximadamente 1,5% do PIB nacional, pela geração de e quase 5 milhões de empregos envolvidos diretos e indiretos, na produção e na indústria, e mais de 6 bilhões de reais arrecadados em impostos (TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2021). Esses resultados se deram devido a introdução de novas tecnologias no processo de produção, a importação de material genético para aprimorar os plantéis e melhorando a qualidade dos produtos, e aos incentivos governamentais ao setor que se consolidou como um segmento moderno

possibilitando o rápido avanço da atividade no país, especialmente nas regiões Sudeste, Sul e Centrooeste (TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2021).

Tendo conhecimento desses dados, não é surpreendente que a carne de frango tornou-se a proteína animal mais consumida no mundo, superando as carnes bovina e suína. É por isso que devido a importância da produção avícola brasileira, no contexto nacional e internacional, que o Sistema de Inspeção Federal – SIF assegura o cumprimento, pelos abatedouros, das normas sanitárias por meio de uma fiscalização rígida em todas as etapas da cadeia produtiva (TEIXEIRA; TEIXEIRA, 2021).

## 2.2 PROCESSO PRODUTIVO DO ABATE

No abate a primeira etapa é a recepção dos frangos onde os caminhões carregados chegam a uma garagem. O local deve ser coberto e possuir ventiladores para ventilação do ambiente e dos animais. Logo em seguida as caixas contendo de 6 a 10 aves são removidas dos caminhões e os mesmos pendurados em ganchos pelos pés em uma esteira aérea (ROÇA, 2022).

A seguir vem a insensibilização que deve ser, preferencialmente, por eletronarcore, que é a imersão da cabeça das aves, para que não haja problemas com a sangria, em água ou salmoura contendo corrente elétrica durante 1 a 2 segundos onde aplica-se, geralmente, uma corrente elétrica de 60V para frangos e de 70 a 80V para galinha (BRASIL,1998). Importante salientar que, segundo o Ministério da Agricultura e do Abastecimento (Brasil,1998, p.06), “A insensibilização não deve promover, em nenhuma hipótese, a morte das aves e deve ser seguida de sangria no prazo máximo de 12 (doze) segundos”.

A sangria deve ser realizada em um ambiente exclusivo denominado de “área de sangria”. A mesma deve ser totalmente impermeabilizada em suas paredes e teto. A sangria será realizada com as aves contidas pelos pés nos ganchos, feitos de material inox, que devem percorrer um túnel onde seu comprimento corresponda ao tempo total da sangria, ou seja, três minutos (BRASIL,1998).

O sangue representa de 3 a 4% do peso vivo do animal por isso na área de sangria o sangue deverá ser recolhido em calha própria que deve ser de matéria inoxidável ou de alvenaria, onde o mesmo deve dispor de dois ralos, um destinado

ao sangue e outro à água de lavagem (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, 1998).

Logo em seguida há o procedimento de escalda, que é a imersão das aves em água quente à temperatura média de 52°C. Segundo Roça (2022, p. 02) a escalda:

Tem como objetivo uma lavagem prévia e afrouxamento das penas. Deve ser ajustada com a espécie da ave a ser abatida, levando em consideração o aspecto higiênico e os cuidados para escalda excessiva ocorrendo queimaduras no peito e coxas.

Posteriormente as aves seguem para depenagem, que de acordo com Sarcinelli, Venturini e Silva (2007, p. 04), “É o processo de retirada das penas feita através de um rolo que possui um dedo de borracha para não machucar a carcaça. Durante esse processo podem ocorrer algumas lesões na carcaça sendo a mais comum à fratura das asas”. Depois desse procedimento ainda é necessário fazer um acabamento manual de retirada das penas que ainda ficarem na carcaça.

Após, as carcaças passam por um chuveiro com aspensão de água e seguem para o procedimento de evisceração, onde é realizado um corte na cloaca e abertura do abdômen, e as vísceras são expostas, examinadas e separadas (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

A seguir as aves seguem para a etapa de pré-resfriamento onde são imergidas em tanques de inox a uma temperatura de 10 a 18°C, durante 12 minutos, com 2 litros de água por ave. Posteriormente, seguem para o resfriamento que ocorre com temperatura de 2°C durante 17 minutos sendo necessário 1,5 litros de água por ave. Feito isso, as carcaças são penduradas pelas asas ou pescoço para iniciar a fase de gotejamento, cujo objetivo é escorrer a água da carcaça. Essa etapa dura em média três minutos (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Ao final do gotejamento as aves seguem para classificação, embalagem e armazenamento. Nesta etapa as aves podem ser classificadas em frangos inteiros e frangos em cortes. Aves com lesões têm aproveitamento parcial. A seguir, normalmente o produto é embalado a vácuo e para o armazenamento, os frangos são congelados (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

## 2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES PROVENIENTE DO ABATE DE AVES

O tratamento de águas residuárias são processos cuja finalidade é a remoção de poluentes e adequação dos parâmetros do efluente, de modo a torná-lo propício para o lançamento e disposição final, visando preservar as condições e padrões de qualidade dos corpos hídricos receptores (NUNES, 2012).

Os sistemas de tratamento de efluentes proveniente do abate de aves, comumente são compostos por três etapas: físico, químico e biológico. O tratamento físico são processos que possuem a finalidade de remover sólidos em suspensão sedimentáveis e flutuantes, através de métodos de tratamento no qual predominam a aplicação de forças físicas como gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação e filtração (SPERLING, 1996).

Segundo Olivo (2006), os efluentes oriundos do abate de frangos são divididos em duas linhas, comumente chamadas de linha verde e linha vermelha e, devido ao fato dessas linhas possuírem características e graus de contaminação diferentes, há necessidade de que esses efluentes sejam separados e tratados de formas diferentes. Os da linha vermelha possuem um baixo grau de contaminação e elevado teor de reaproveitamento. Entretanto, os da linha verde, por serem de origem sanitária, possuem elevado grau de contaminação e não tem valor de aproveitamento. Devido a esse fator as duas linhas de efluentes não devem ser misturadas até que todos os resíduos tenham sido devidamente removidos com o máximo de eficiência.

Para um sistema de tratamento primário da linha verde ser eficiente deve contemplar os seguintes equipamentos: tanque de recebimento, provido de agitador submerso; prensa separadora (opcionalmente peneira hidrodinâmica); hidrocentrífuga (opcionalmente decantador tipo Dortmund); retorno de sólidos sedimentáveis (para opção com prensa separadora); coletador de sólidos sedimentáveis (para opção com peneira hidrodinâmica); contêiner para recebimento e estocagem dos sólidos removidos. O funcionamento desse sistema é simples e não requer a utilização de produtos químicos como floculantes ou reguladores de pH (OLIVO, 2006).

Os processos químicos envolvidos no tratamento de efluentes, podem ser descritos, segundo Sperling (1996, p.172), como, “métodos de tratamento nos quais

a remoção ou conversão de contaminantes ocorre pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas (ex: precipitação, adsorção, desinfecção) ”.

Segundo Olivo (2006), para o sistema de tratamento da linha vermelha ser eficiente, espera que o mesmo obtenha os seguintes equipamentos: peneira hidrodinâmica; hidrocentrífuga; tanque de equalização, provido de agitador submerso e controle de nível; sistema de recalque com ajuste automático de vazão; tanque de flotação físico-químico; tanque para coleta e armazenamento de borra flotada; sistema para deságue de borra; sistema para preparo e aplicação de coadjuvantes químicos.

Enquanto os resíduos da linha vermelha possibilitam futura utilização, os da linha vermelha, por serem utilizados produtos químicos no processo de flotação, podem ter impacto direto na qualidade e nas características desse resíduo. Por isso devem ser avaliados e controlados cuidadosamente para que os coadjuvantes químicos utilizados não alterem as propriedades organolépticas dos resíduos, não oxidem a matéria orgânica, não alterem o pH do meio e não sejam inibidores ou seletivadores biológicos. Deste modo, preservam-se as propriedades dos sólidos recuperados bem como a tratabilidade dos efluentes na fase secundária do sistema (OLIVO, 2006).

E por fim os processos biológicos, os quais aplicam-se métodos de remoção de contaminantes por meio de atividade biológica, como, a remoção da matéria orgânica carbonácea e desnitrificação. Segundo Nunes (2012, p.43):

Os processos para remoção de matéria orgânica através da oxidação bioquímica podem ser aeróbios, anaeróbios ou facultativos, tais como: lodos ativados, lagoas de estabilização, lagoas aeradas, filtros biológicos, biodiscos, reatores anaeróbios, etc.

Segundo Olivo (2006) para o tratamento biológico, são inúmeras as alternativas que podem ser adotadas para o empreendimento. Entretanto, para se escolher o melhor sistema deve-se levar em consideração os fatores externos e internos. Os fatores externos são: topografia, núcleos habitacionais, legislação ambiental, restrições locais, geologia, hidrologia, características dos efluentes, características do corpo receptor, pluviometria e direção predominante dos ventos. Já os internos são aqueles referentes aos custos de implantação e operação da ETE, necessidade de mão de obra qualificada, e necessidade ou não de reciclagem de água.

Comumente em abatedouros de aves encontram-se sistemas de tratamentos que fazem uso de procedimentos físico-químicos para o tratamento primário, e lagoas de estabilização para o tratamento secundário. Pode também fazer uso de lagoa facultativa, lagoa anaeróbia, lagoa aerada facultativa e lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação (SPERLING, 1996).

Independente do sistema que for escolhido, seja de lodos ativados, lagoas de estabilização, lagoas aeradas, filtros biológicos, biodiscos, reatores anaeróbios, etc, é através da microbiologia pode-se determinar a aceleração ou desaceleração do processo de degradação, bem como seletiva o meio de depuração de determinado substrato assim como evitar a formação de gases e odores (OLIVO, 2006). Basta selecionar os microrganismos naturalmente presentes no sistema mediante a seguinte sequência de operações, segundo Olivo (2006, p.555):

Coleta de amostras do efluente a ser tratado, identificação microscópica das cepas naturalmente presentes no meio, isolamento dos microrganismos desejáveis para produção de consórcios específicos e produção industrial de inóculos. Na sequência, promove-se a dosagem dos consórcios nos sistemas de tratamento, em quantidades pré-determinadas, assegurando a predominância ecológica desejada.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS DO EFLUENTE GERADOS NO ABATE DE AVES

Conforme relatado os efluentes oriundos dos abatedouros de aves podem ser divididos em duas principais linhas: a linha vermelha e a linha verde (SCHATZMANN, 2009).

Os efluentes da linha vermelha correspondem de 80 a 85% da vazão total da fábrica e possuem baixo teor de contaminantes. Possuem penas, vísceras, ossos e sangue em sua composição e alto valor nutritivo, e devem ser recuperados, pois podem ser empregados na fabricação de ração e farinha (SCHATZMANN, 2009).

Já os da linha verde, também chamados de Linha Recepção, possuem alto grau de contaminação biológica. Recebem contribuições dos setores hidrossanitário, lavanderia, refeitório, purga de caldeiras, compressores e torres evaporativas. Importante salientar a importância de se evitar que os efluentes da linha vermelha se contaminem com os da linha verde, pois os mesmos devem ser recuperados. Por isso a importância da implantação de sistemas primários de

tratamento de efluentes independentes para cada linha de geração (SCHATZMANN, 2009).

No geral, Sunada 2011 traz que, os efluentes de abatedouros de aves, caracterizam-se por conter sangue, gordura, excrementos, substâncias do trato digestório dos animais entre outros, representando assim um resíduo com elevada concentração de matéria orgânica. Fatores como quantidade de água e a concentração de sangue também podem ocasionar variações na composição do efluente. Outro fator externo que pode influenciar nos valores de concentração dos parâmetros é o clima, visto que em condições tropicais a caracterização do efluente sofre considerável modificação com relação à composição química e física (SUNADA, 2011).

Outra importante preocupação com esse efluente é a presença de microrganismos com elevado potencial patogênico, como a *Salmonella sp*, *Staphylococcus sp*. e *Clostridium sp*, que podem estar presentes nas carcaças de animais contaminados e vir a compor o efluente gerado com o abate (SUNADA, 2011).

Além do mais uma das principais características do efluente do abatedouro é a DBO (demanda bioquímica de oxigênio), que aumenta de forma proporcional ao maior consumo da água no abatedouro. De maneira geral para as indústrias de abate de frangos, os parâmetros mais importantes segundo Schatzmann (2009, p.41), são:

A carga orgânica (DBO), pH, temperatura, materiais sedimentáveis, óleos e graxas (apresentado na legislação como óleos minerais), nitrogênio total e fósforo total. Dentre estes, os parâmetros mais difíceis de serem atingidos são a DBO, nitrogênio e fósforo, devido à alta carga proteica e lipídica do efluente.

Importante salientar que os Sólidos Suspensos (SS) e Óleos e Graxas (OG) nas águas residuais do abatedouro correspondem a usualmente de 30 a 70 % da DBO total na água. Por isso sua remoção efetiva pode diminuir a DBO em percentagem relativamente iguais, reduzindo o custo de capital do tratamento biológico secundário (FERREIRA, 2016).

Outro ponto a ser observado é que os efluentes avícolas podem apresentar variações significantes em seus parâmetros, de um abatedouro de frangos para outro. Isso pode ocorrer devido a fatores como consumo de água,

quantidades de cabeças abatidas, volume de efluentes gerados, condições de transportes e estado das caixas e gaiolas. Por isso Schatzmann (2009) traz em sua pesquisa uma diversificação de valores para parâmetros descritos por diversos autores, apresentados na tabela 1 abaixo.

**Tabela 1: Variação das características dos efluentes avícolas.**

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores de referência</b>
pH	(mg/L)	6,0 a 7,4
Sólidos Totais	(mg/L)	650 a 3.000
Sólidos Suspensos	(mg/L)	340 a 2.300
Sólidos Dissolvidos	(mg/L)	700 a 1530
Sólidos Sedimentáveis	(mg/L)	1 a 202
Óleos e Graxas	(mg/L)	170 a 1.500
Demanda Química de Oxigênio	(mg/L)	460 a 9.115
Demanda Bioquímica de Oxigênio	(mg/L)	370 a 4.593
Nitrogênio Amoniacal	(mg/L)	2 a 100
Nitrogênio Total	(mg/L)	147
Sulfetos	(mg/L)	50 a 100
Fosfato Total	(mg/L)	114

Fonte: Adaptado de Schatzmann, 2009.

Outro ponto a se destacar é que os efluentes oriundos de avícolas quando não devidamente tratados tornam-se focos de proliferação de insetos, agentes infecciosos, emissão de gases do efeito estufa, odores (SUNADA, 2011). Ainda quando lançados em um corpo hídrico, sem tratamento, podem causar sua eutrofização, processo que se caracteriza por causar a diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido no meio e proliferação exagerada de plantas aquáticas como algas, causando o comprometimento da sobrevivência de peixes, redução da biodiversidade e crescimento de organismos tóxicos (SUNADA, 2011).

#### **2.4.1 Parâmetros de caracterização e qualidade do efluente**

Os efluentes oriundos de abatedouros de aves carregam consigo um alto teor de carga biológica, principalmente no quesito referente aos parâmetros causadores da eutrofização de corpos hídricos. Por isso é de suma importância que esses efluentes sejam analisados e caracterizados, para assim escolher qual melhor

sistema de tratamento a ser utilizado na ETE. Seguindo esses preceitos, as análises de alguns parâmetros são essenciais para caracterização das águas residuais da indústria avícola, sendo os mais aplicados: DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), pH, Sólidos Totais, Óleos e Graxas, Fosfato Total, Sulfetos, Nitrogênio total.

Para melhor entendimento, a seguir encontram-se conceitos dos parâmetros mais aplicados:

#### A) pH

O Potencial Hidrogeniônico – pH é uma variável abiótica importante nos ecossistemas aquáticos de difícil interpretação pela quantidade de fatores que o podem afetá-lo. Ele é determinado pela concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) no meio e serve para definir o grau de acidez (PIRATOBA et al, 2017).

Para os efluentes brutos, provenientes dos abatedouros de aves os valores de pH ficam em média entre 6 a 7,4 (SCHATZMANN, 2009), sendo que para resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), para o lançamento do efluente tratado, o padrão é de 5 a 9 e para Resolução CONSEMA 181/2021 o padrão é de 6 a 9 (SANTA CATARINA, 2021).

#### B) Sólidos Totais

Os Sólidos Totais compreendem a soma de todas as frações de sólidos presentes numa amostra, tanto os sólidos em suspensão quanto os sólidos dissolvidos, sendo classificadas de acordo com o tamanho, estado, características químicas e a decantabilidade das partículas. Normalmente são medidos por análises gravimétricas, retirando-se a água por evaporação (UFSC, 2003).

Schatzmann (2009) traz que os valores de referência para Sólidos Totais é de 650mg/L a 3.000mg/L, para efluentes de origem avícola. Porém a resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) decreta, para o lançamento do efluente tratado, que os sólidos grosseiros e materiais flutuantes devem ser ausentes e os sólidos em suspensão totais devem apresentar remoção mínima de 20%, após desarenação. Importante salientar que a resolução catarinense definida através do CONSEMA 181/2021 ressalta que, os limites para materiais sedimentáveis devem ser determinados pelo órgão licenciador em cada caso, após a realização do estudo de impacto ambiental (Santa Catarina, 2021).

### C) Óleos e Graxas

Óleos e Graxas são substâncias de origem animal, vegetal ou mineral, constituindo-se, predominantemente, de hidrocarbonetos, gorduras, ésteres, entre outros. Quando em excesso essas substâncias dificultam a degradação em processos biológicos por possuírem baixa solubilidade e, devido sua baixa densidade, formam filme que impedem a transferência de oxigênio do ar para a água e, conseqüentemente, aumentando a carga orgânica em corpos d'água causando poluição difusa (SABESP, 2007).

Segundo Schatzmann (2009), para o efluente de abatedouros de frangos os valores de óleos e graxas ficam entre 170mg/L a 1.500mg/L, entretanto para legislação catarinense, apresentada através da resolução CONSEMA 181/2021, esse parâmetro é apresentado como óleos vegetais e gorduras animais, tem como limite máximo de lançamento de 30 mg/L (Santa Catarina, 2021). Já no âmbito Federal a resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), define óleos e graxas como óleos minerais com padrão de lançamento do efluente tratado, de até 20 mg/L e óleos vegetais e gorduras animais com limite de lançamento de até 50 mg/L.

### D) DBO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, assim chamada, é à medida que se refere ao principal efeito ecológico da poluição orgânica em um corpo hídrico, a diminuição dos teores de oxigênio dissolvido. Ela retrata a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea sendo uma indicação indireta do carbono orgânico biodegradável (UFSC, 2003).

Pode ser apresentado de duas formas, DBO<sub>5</sub> e DBO<sub>20</sub>, as quais referem-se ao tempo de estabilização das amostras, sendo DBO<sub>5</sub>, analisada a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias e a DBO<sub>20</sub>, analisada em 20 dias (UFSC, 2003).

O efluente bruto de abatedores apresenta variações de DBO<sub>5</sub> que ficam em média entre 370 mg/L até 4.593 mg/L (SCHATZMANN, 2009). A resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), traz que a DBO 5 dias a 20°C, para o lançamento do efluente tratado, deve apresentar remoção mínima de 60% e limite máximo de 120 mg/L, sendo que esse limite só poderá ser ultrapassado mediante ao estudo de autodepuração do corpo receptor. Já a normativa estadual CONSEMA

181/2021, traz que a  $DBO_5$  deve obter limite máximo de 60 mg/L, sendo que este limite somente pode ser ultrapassado caso efluente de sistema de tratamento reduza a carga poluidora em termos de  $DBO_5$ , 20°C em no mínimo 80% (SANTA CATARINA, 2021).

#### E) DQO

A Demanda Química de Oxigênio corresponde ao consumo químico do oxigênio necessário à oxidação do material carbonáceo. Ela quantifica, indiretamente, a matéria orgânica oxidável quimicamente, ou seja, engloba toda a fração da matéria orgânica, a biodegradável e a inerte. A relação entre a  $DBO$  e a  $DQO$  fornece uma indicação da biodegradabilidade do efluente no meio aquático, sendo que quanto menor a relação, maior a degradabilidade biológica da matéria (UFSC, 2003).

Com relação aos níveis médios de  $DQO$  nas amostras de efluente bruto de avícolas, as concentrações ficam entre 460 mg/L a 9.115 mg/L, variando conforme as condições do abatedouro (SCHATZMANN, 2009). Já tanto a CONAMA 430/2011, como a CONSEMA 181/2021 não trazem limites de lançamento para efluentes tratados a respeito desse parâmetro.

#### F) Nitrogênio Total

O Nitrogênio Total representa toda a quantidade de nitrogênio presente na amostra do efluente. Ele engloba a soma do nitrogênio orgânico (proteínas, aminoácidos, ureia, enzimas) ao nitrogênio inorgânico (amônia, nitrito e nitrato) (UFSC, 2003).

Nos cursos d'água a forma predominante de Nitrogênio pode indicar seu estágio de poluição. Se a poluição for recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico e/ou amônia e, se antiga, basicamente na forma de nitrato (VON SPERLING, 1996).

Em média os efluentes de abatedouro de frangos apresentam cerca 147 mg/L de Nitrogênio Amoniacal Total nas amostras (SCHATZMANN, 2009); já na resolução CONAMA 430/2011, para o lançamento do efluente tratado, o valor máximo para esse parâmetro é de 20 mg/L (BRASIL, 2011). E as normativas no âmbito estadual não definem limites para esse parâmetro.

### G) Sulfetos

Os Sulfetos são compostos formados por enxofre em uma grande variedade de elementos químicos. São conhecidos por sua baixíssima solubilidade, tanto que é comum nas literaturas caracterizarem os sulfetos como compostos insolúveis, exceto alguns casos como os íons  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  e dos metais alcalinos (MARTINS; SILVA; ANDRADE, 2010). Nos efluentes há decomposição natural da matéria orgânica por meio de bactérias redutoras de sulfato transformando-o em sulfeto, ocorrendo a exalação de gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), que nas águas pode provocar a morte de peixes além do efeito indireto do consumo de oxigênio ao se oxidar. Este fenômeno é conhecido por demanda imediata de oxigênio (PIVELI, 2007).

Os valores médios de sulfetos apresentados em abatedouros de aves ficam entre 50 mg/L até 100mg/L (SCHATZMANN, 2009). Já o limite estabelecido pela CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), para o lançamento do efluente tratado, e pelo CONSEMA 181/2021 (SANTA CATARINA, 2021), é de 1,0 mg/L.

### H) Fosfato Total

O Fósforo assim como o nitrogênio, é um importante nutriente para os processos biológicos, porém em excesso, pode causar eutrofização das águas (ANA, 2004). Ao combinar com oxigênio, forma o fosfato, podendo estar presente na água de forma natural ou antropogênica. Na forma natural pode ocorrer através da decomposição da matéria biológica e lixiviação de minerais, porém na forma antropogênica, pode ser resultado do contato da água com terras agrícolas e fertilizadas (EMÍDIO, 2012).

Em média os efluentes brutos provenientes de abatedouros de frangos possuem valor para Fosfato Total de 114 mg/L (SCHATZMANN, 2009). As legislações, tanto federal quanto estadual, não trazem valores máximos de lançamento do efluente tratado para esse parâmetro. Entretanto para o Fósforo Total, a resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011) deixa a critério do órgão ambiental competente definir padrões específicos deste parâmetro para o lançamento do efluente tratado. E no caso do estado de Santa Catarina, a Resolução CONSEMA 181/2021 define o limite, para o lançamento do efluente tratado, de 4 mg/L de concentração de Fósforo Total em trechos de lagoas, lagunas e estuários (SANTA CATARINA, 2021).

## 2.5 LEGISLAÇÕES E NORMAS VIGENTES

A água é um bem de domínio público e como tal deve ser preservada, pois é um recurso natural limitado e de valoração econômica, além de ser essencial para sustentabilidade da vida na Terra. Tendo em vista o crescimento populacional, não somente em territórios nacionais, mas também no aspecto global, a necessidade de se obter água em condições potáveis se tornou gigantesca, isso alinhado aos problemas de escassez hídrica, tomou proporções aonde se fez necessário a criação de leis que garantissem o gerenciamento dos recursos hídricos afim de preservá-los.

Uma dessas legislações foi a Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Na busca de compreender os corpos da água conforme o seu nível de qualidade, além de assegurar que a saúde do ser humano e o equilíbrio ecológico não sejam deteriorados por problemas de qualidade deste recurso, em 2005 o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), cria a resolução N° 357 que “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento” (BRASIL, 2005), afim de classificar os recursos hídricos nacionais para que as medidas de preservação fossem condicionadas de acordo com sua classificação.

Em 2011 derivada da resolução N° 357 de 2005, o CONAMA institui a resolução N° 430, que “Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes” (BRASIL, 2011) em corpos de água receptores, afim de mitigar os impactos ambientais de modo que esses lançamentos não oferecem riscos de contaminação aos recursos e a vida aquática.

Segundo a resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005), em seu Art.3° descreve que “As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade”. A mesma resolução classifica as águas doces como: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Para as águas salinas como sendo: classe especial, classe 1, classe 2 e classe 3. E para as águas salobras: classe especial, classe 1, classe 2 e classe 3.

Já para empreendimentos que possuem lançamentos de efluentes em recursos hídricos, devem tomar como base a resolução CONAMA Nº 430/2011 (BRASIL, 2011), desde que obedeçam às condições e padrões previstos no artigo 16 desta resolução, resguardadas outras exigências cabíveis.

JÁ no âmbito estadual, em 13 de abril de 2009, Santa Catarina institui a Lei 14.675 denominado Código Estadual do Meio Ambiente. Este Código, além de tratar das questões de forma geral relacionadas a área ambiental, em seu capítulo 7 traz os padrões ambientais e em seu artigo 177 define os parâmetros e padrões de lançamento direto ou indireto de efluentes em recursos hídricos. Essa legislação trata também da importância na realização dos ensaios ecotoxicológicos aos empreendimentos que o Instituto do Meio Ambiente (IMA) julgar necessário, conferindo ao CONSEMA a regulamentação da realização dos mesmos e definição dos padrões de ecotoxicidade. Determina também que os usuários de recursos hídricos devem monitorar, periodicamente, o efluente e o corpo receptor a montante e a jusante do ponto de lançamento, conforme as exigências estabelecidas pelo órgão licenciador (SANTA CATARINA, 2009).

Já mais atual, a Lei 18.350 de 27 de janeiro do 2022, que Altera a Lei nº 14.675, de 2009, em alguns aspectos e artigos e toma outras providências. Porém não faz mudanças com relação aos parâmetros e padrões de lançamento direto ou indireto de efluentes em recursos hídricos, tratados na legislação de 2009. (SANTA CATARINA, 2022).

Até meados de 2021 esta era a legislação catarinense vigente que tratava dos padrões de lançamento de efluentes tratados em corpos receptores. Porém com a necessidade de se intitular uma normativa específica, o Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA), em 02 de agosto de 2021 lança a Resolução Nº 181 que “Estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de efluentes” (SANTA CATARINA, 2021). Com o intuito de ampliar diretrizes da Resolução CONSEMA 181/2021, o Conselho Estadual de Meio Ambiente instituiu, em 04 de março de 2022, a Resolução Nº 189 que altera as Resoluções CONSEMA nº 181/2021 e nº 182/202, incluindo “as diretrizes para os padrões de lançamento de esgotos domésticos de sistemas de tratamento públicos e privados”. Entretanto para os parâmetros e padrões de lançamento de efluente tratado continuam sendo os definidos pela Resolução CONSEMA Nº 181/2021 (SANTA CATARINA, 2022).

Quanto a legislação referente a reuso da água, a primeira norma regulamentadora que apresentou parâmetros para o reuso foi a NBR 13.696 de 1997. Essa norma tratou do reuso como uma alternativa ao destino do efluente doméstico ou de outros com características similares e definiu quatro classes de água de reuso, sendo elas: Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4 (SCHATZMANN, 2009).

Segundo a norma, para água de reuso Classe 1 é indicada para a lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário. Para Classe 2, indicada para lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes. Já para a Classe 3, indicada para descargas em vasos sanitários e a Classe 4, para irrigações de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual (SCHATZMANN, 2009).

Em 2019 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), lança a NBR 16.783 que regulamenta o uso de fontes alternativas de água não potável em edificações considerando a utilização das seguintes fontes alternativas de água: água de chuva; água pluvial; água de rebaixamento de lençol freático; água clara; água cinza clara; água cinza escura; água negra e esgoto sanitário. Essa norma também define os potenciais usos dessa água, abrangendo sua utilização em descarga de bacias sanitárias e mictórios, independentemente do sistema de acionamento; lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas; lavagem de veículos; irrigação para fins paisagísticos; uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos); sistemas de resfriamento de água; arrefecimento de telhados, bem como apresenta parâmetros de qualidade para o uso da água não potável (ABNT, 2019).

## 2.6 REUSO DO EFLUENTE

Em inúmeras regiões do planeta a disponibilidade hídrica de qualidade está sendo superada pelas demandas. Milhões de pessoas e animais morrem todos os anos por falta d'água, e indústrias são impedidas de se desenvolverem por isso. O crescimento populacional, a expansão, agrícola e industrial, influenciaram a degradação dos recursos hídricos. Por isso, hoje há um consenso mundial a respeito da necessidade de racionalizar o uso da água, procurar formas de reuso e de recuperação da qualidade dos recursos hídricos (NUVOLARI, 2011).

Abatedouros são empreendimentos que possuem uma alta demanda por água. Segundo IBGE (2021), só no primeiro trimestre de 2022 cerca de 1,5 bilhões de cabeças de frangos já foram abatidas. Considerando que para o processamento de uma carcaça são necessários 30 litros de água, já foram consumidos mais de 46 milhões de metros cúbicos nos abatedouros brasileiros, fora o uso em abates clandestinos não contabilizados. Por isso se torna essencial tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico encontrar maneiras de poupar água, e a reutilização do efluente após seu tratamento, demonstra ser uma alternativa sustentável a essa demanda. Segundo Schatzmann (2009, p.94) é possível estimar que:

[...] cerca de 30% do consumo total de água de um abatedouro de frangos pode ser proveniente de água de reúso, desde que devidamente tratada e que tenha sua qualidade garantida. Os volumes estimados incluem limpeza de caminhões, limpeza de pátio do setor de graxaria, limpeza e diluição de produtos químicos da ETE e ETA, sistema de resfriamento, limpeza de caixas e gaiolas e rega de jardim.

Assim como em outras aplicações industriais o reúso da água dentro de uma indústria pode ser dado de duas formas, macro externo e o macro interno. No reúso macro externo, a fábrica utiliza água proveniente do efluente tratado por estações de tratamento administradas por concessionárias ou outras indústrias. Já no reúso macro interno é a utilização do efluente gerado dentro da própria indústria que pode ou não ser tratado (FIESP/CIESP, 2004 e FIRJAN/SEBRAE, 2007 apud SCHATZMANN *et al.*, 2009).

A prática do reúso macro interno, pode ser implantada na indústria de duas formas. A primeira seria o reúso em cascata que é quando as características do efluente de um processo é compatível com os padrões de qualidade da água a ser utilizada em processo subsequente sem a necessidade de tratamento, assim o efluente gerado em um processo é diretamente reutilizado em outro. E a segunda forma é o reúso de efluentes tratados, que consiste na utilização de efluentes que foram submetidos a um processo de tratamento (FIESP/CIESP, 2004 e FIRJAN/SEBRAE, 2007 apud SCHATZMANN *et al.*, 2009).

Para a os processos industriais de abate de frango a segunda forma é a indicada, visto que a água utilizada no processamento das carcaças, que precisa apresentar padrões semelhantes aos da água de consumo humano, acaba gerando um efluente com um grau alto de contaminação, e este deve ser tratado, afim de que seus parâmetros não apresentem riscos à saúde.

### 3 METODOLOGIA

Uma pesquisa pode ser classificada em duas grandes categorias, sendo elas Básica ou Aplicada. Na Básica tem-se por objetivo reunir estudos que tenham como propósito preencher uma lacuna no conhecimento. Já a Aplicada abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas identificados no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem (GIL, 2022).

Tendo isso em vista, a natureza do presente estudo pode ser definida como sendo Aplicada que segundo Gil, (2022, p.41), “Pesquisas voltadas à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica”.

Entender sobre a utilização das pesquisas Qualitativas e Quantitativas, proporciona uma melhor escolha das metodologias e ferramentas de coleta de análise de dados e informações de modo correto, produtivo e eficaz.

Na pesquisa Quantitativa os resultados são apresentados em termos numéricos, assim podem ser definidas como pesquisas Quantitativas: pesquisa experimental, ensaio clínico, estudo de corte, estudo caso-controle e levantamento (GIL, 2022).

Já a pesquisa qualitativa possui um enfoque interpretativista, apresentando os resultados mediante descrições verbais. Por sua vez, as pesquisas Qualitativas podem ser definidas como: estudo de caso, pesquisa narrativa, pesquisa etnográfica, pesquisa fenomenológica, grounded theory, pesquisa-ação e pesquisa participante (GIL, 2022).

Por tanto para o presente estudo adotou-se como forma de abordagem o método Quantitativo, pois para definição do projeto e tomada de decisão, deverá ser atribuída diretamente aos resultados experimentais. Pois eles é que determinarão se o efluente tem condições de ser reutilizado ou se faz necessário o aperfeiçoamento do sistema de tratamento atual, para atender a qualidade necessária da água de reuso.

Toda pesquisa possui seus objetivos que se diferem de qualquer outra, porém em relação aos objetivos mais gerais ou propósitos, as pesquisas podem ser classificadas como Exploratórias, Descritivas e Explicativas (GIL, 2022).

Para os Exploratórios seu propósito é proporcionar maior familiaridade com o problema, de forma a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Seu

planejamento tende a ser flexível, pois interessa considerar os mais variados aspectos relativos ao fato ou fenômeno estudado. Já pesquisas Descritivas, seu propósito é de descrição das características de determinada população ou fenômeno. Podem ser também elaboradas com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis. E as pesquisas Explicativas têm o propósito identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos, e têm como finalidade explicar a razão, o porquê das coisas (GIL, 2022).

Sendo assim pode se dizer que a presente pesquisa possui objetivos exploratórios, pois envolverá o levantamento bibliográfico do tema, acompanhamento com pessoas que tiveram experiências práticas no assunto e análise de dados experimentais e de exemplos já realizados na área de estudo.

Fazendo parte da metodologia deste estudo serão realizadas pesquisas bibliográficas em: livros, teses, dissertações, artigos, monografias e TCCs. Tem como objetivo obter maior ciência dos procedimentos, parâmetros e informações de pesquisas já realizadas na área, que venham a somar para maior compreensão deste estudo.

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado em uma empresa, do ramo de abate de frangos, no município de Cocal do Sul, Santa Catarina. Segundo a resolução CONSEMA Nº 98 de maio de 2007 (SANTA CATARINA, 2007), em seu anexo VI onde trata da listagem das atividades sujeitas ao licenciamento ambiental e respectivos estudos ambientais, o empreendimento está descrito no código 26.50.20 - Abate de animais de pequeno porte (aves, rãs, coelhos, etc.) em abatedouros, frigoríficos e charqueadas, com ou sem industrialização de produtos de origem animal. Logo a mesma deve seguir a instrução normativa IN 04 do IMA (Instituto do Meio Ambiente), que trata das atividades industriais, a qual é o documento oficial que visa estabelecer critérios, conceitos e procedimentos a serem observados no licenciamento ambiental para atividades potencialmente poluidoras e utilizadoras de recursos ambientais, no âmbito das competências atribuídas ao estado de Santa Catarina.

O empreendimento está localizado, dentro da Zona de Desenvolvimento Controlado – ZDC do município, segundo o Plano Diretor municipal. Sendo que o



de efluente bruto e resultando cerca de 10 m<sup>3</sup>/dia de efluente tratado que são descartados em um recurso hídrico próximo.

### 3.2 PROCESSO DE ABATE DE FRANGOS

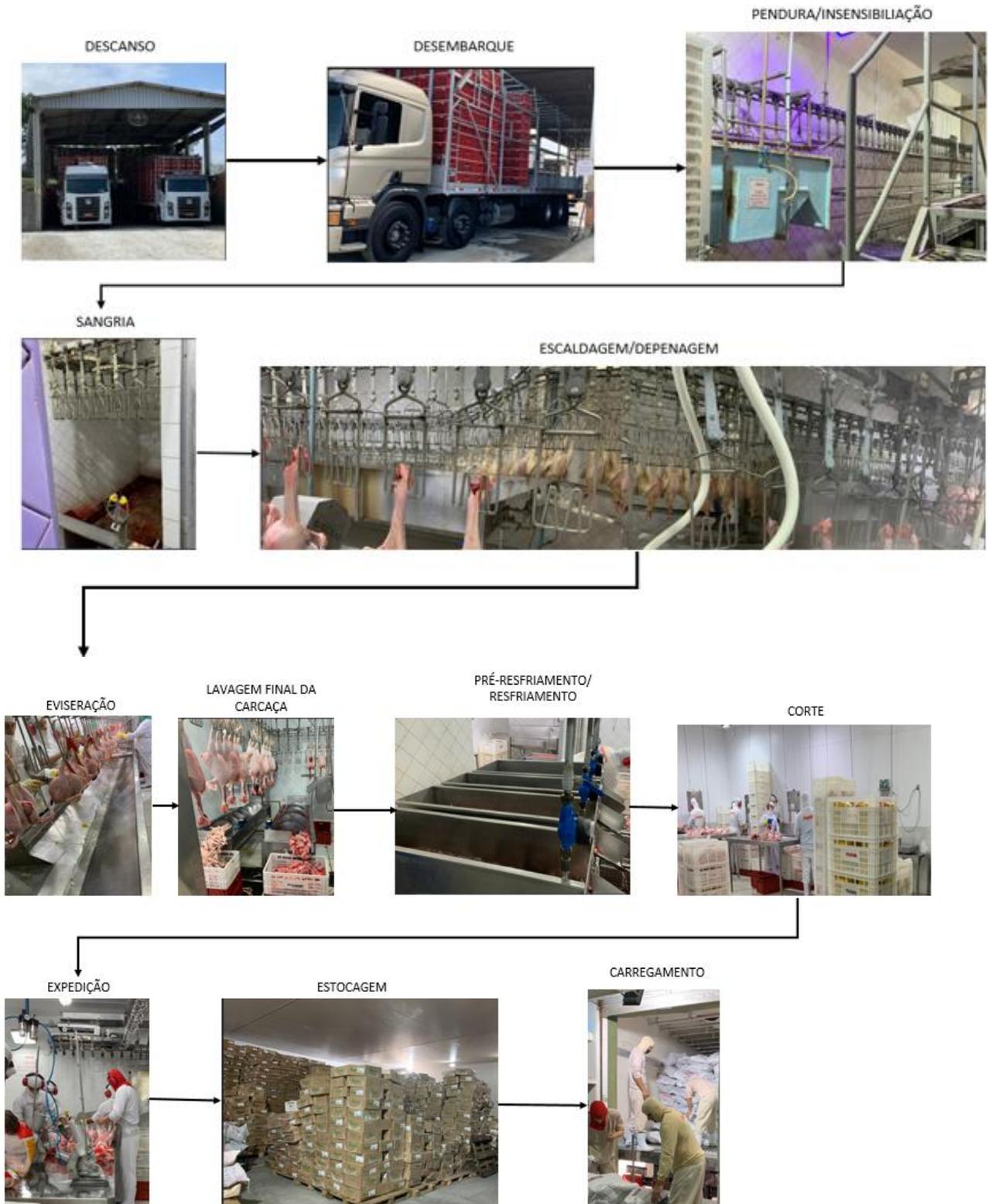
Os procedimentos adotados durante o abate devem garantir o cumprimento dos chamados Procedimentos Sanitários Operacionais (PSO), visando assegurar produtos com qualidade, segurança e livres de qualquer tipo de contaminação, além de assegurar o bem-estar animal não causando estresse desnecessário as aves.

Para este fim, o empreendimento utiliza-se de duas distintas áreas durante o processo de abate, que consistem em “área suja” e “área limpa”, as quais são divididas por razões sanitárias, afim de evitar a proliferação de contaminantes no produto final. A área suja consiste nos processos iniciais de abate que vão desde a recepção até a lavagem pós depenagem. Já a área limpa inicia-se na evisceração e vai até o final do processo.

#### 3.2.1 Fluxograma do processo produtivo

A figura 2 a seguir, apresenta o fluxograma do processo de abate de aves da área de estudo.

Figura 2: Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Do autor, 2022.

### 3.2.2 Descrição do processo produtivo de abate de frangos

O processo produtivo da empresa inicia na chegada dos caminhões onde são recebidos, diariamente, três cargas contendo em média 2.800 aves/carga, totalizando abate de até 8.400 aves/dia, entretanto esse número pode variar conforme o lote de frangos comprados. Para o abate dessas aves é necessária que haja um tempo de jejum que pode ser superior a doze horas, por isso o abatedor faz uso de uma área de espera coberta, com toldos nas laterais, ventiladores e com aspersão de água, visando o bem-estar e possibilitando o descanso dos animais. Essa área de espera passa por lavação semanal e seu efluente, pertencente a linha verde, é coletado e encaminhado ao sistema de tratamento.

Passado o tempo de descanso, os caminhões seguem para o desembarque onde na plataforma de recepção é realizado o descarregamento de forma manual, onde o colaborador coloca a caixa, contendo os frangos, em uma esteira motorizada que descem para área de pendura.

Na pendura as aves são retiradas uma a uma da caixa e pendurada de forma manual pelos pés, de cabeça para baixo, onde seguem para insensibilização. A insensibilização é realizada através da imersão das aves na cuba com água eletrificada, de modo que a corrente elétrica cause a perda da consciência imediata, e não a morte. A empresa garante o tempo mínimo entre insensibilização e sangria de 12 segundos. Os caminhões e as caixas de transporte já descarregados, seguem para lavação. A lavação das caixas é feita por uma máquina e os caminhões em um local próximo a plataforma de descarga, como verificado nas figuras 3 e 4 abaixo.

Figura 3: Lavção das caixas de transporte



Fonte: Do autor, 2022.

Figura 4: Local de lavação dos caminhões



Fonte: Do autor, 2022.

A próxima etapa é a sangria onde o procedimento é realizado de forma manual através do corte dos grandes vasos que emergem o coração, garantindo o tempo mínimo de três minutos para uma sangria total. Todo o sangue dessa etapa é coletado por calhas ligadas a canos e encaminhado a um tanque, onde no encerramento do abate uma empresa externa faz a coleta do mesmo. No final do abate todas as áreas de recepção, a citar, a plataforma de recepção, pendura e sangria passam por processo de lavação com jatos d'água e o efluente, pertencente a linha verde por conter contaminação de fezes, é encaminhado a ETE.

Após a sangria as aves seguem para a escaldagem, processo que é realizado em um tanque com temperatura média de 62°C, onde as aves são submergidas em torno de 3 minutos. Em seguida são encaminhadas para depenagem, que é realizada através da depenadeira que possui um sistema de dedos de borracha que trabalham de forma rotatória, retirando as penas das aves e aspergindo água a 62°C, visando maior eficiência na depenagem. Após saírem da depenadeira, as aves passam por uma revisão da presença ainda de penas realizadas por colaboradores, de forma manual. Posteriormente, a carcaça é lavada em chuveiro a alta pressão, com água clorada, e seguem para área limpa. Esses setores também passam por lavação após o final do abate. Os efluentes provenientes desses setores são classificados como de linha vermelha e possuem um sistema de coleta separado, em relação aos da linha verde das fases iniciais.

Ao entrarem na área limpa, a primeira etapa é a evisceração, onde é realizado o corte do pescoço, retirada do papo, do esôfago e traqueia, extração de cloaca, abertura abdominal, exposição das vísceras, retirada das moelas, remoção de pulmão, cabeça e pescoço. As vísceras caem em uma calha onde são segregadas, as que podem ser aproveitadas são limpas e as demais enviadas para descarte. Seguindo o processo, as carcaças passam por uma lavagem final em chuveiro de alta pressão com água clorada e entram no setor de pré-resfriamento livre de sujidades ou qualquer outro material estranho. Todos os efluentes gerados na área limpa são de origem da linha vermelha e sua coleta é separada, onde os sólidos presentes que podem ser reaproveitados são separados, e o efluente restante segue pra ETE.

No pré-resfriamento, os pés das carcaças são cortados e as mesmas são imersas no tanque de pré-resfriamento. A temperatura máxima da água deve ser de 16°C, além de ser clorada, com fluxo contracorrente. No resfriamento as carcaças passam para o segundo estágio do tanque, onde a temperatura da água, também clorada, é de no máximo 4°C, e as carcaças devem sair do sistema de resfriamento com temperatura máxima de 7° C. O tanque deve ser esvaziado para higienização ao fim de cada jornada de trabalho.

Após resfriadas, as carcaças são encaminhadas para o setor de corte e expedição, onde as mesmas são embaladas em pedaços ou inteiras e estocadas na câmara fria ou carregadas direto nos caminhões. Essa etapa do processo não ocasiona a geração de efluentes, exceto pela limpeza do piso e dos equipamentos.

### 3.3 DESCRIÇÃO DO ATUAL PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Todas as etapas do processamento das carcaças dos frangos, dentro do abatedouro, contribuem de alguma forma para a carga do efluente e no seu potencial de impacto ao meio ambiente. Entretanto destaca-se como principais materiais que contribuem para geração do efluente os resíduos como sangue, vísceras, penas, carne e tecidos gordurosos, perdas do processo, detergentes ativos e cáusticos.

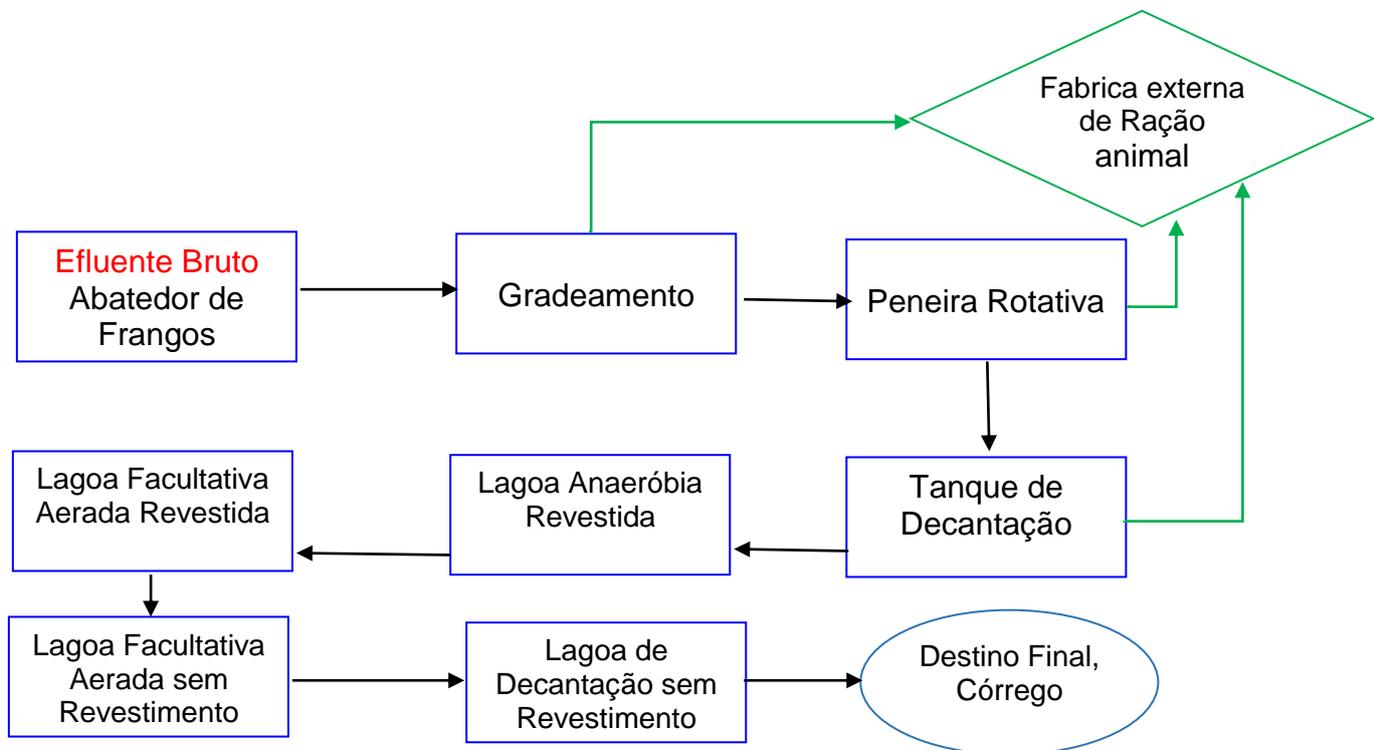
Na maioria dos casos pode-se adotar soluções como separação mecânica para segregar os resíduos com potencial econômico de serem reutilizados, a citar na produção de farinhas, óleos e rações. Ainda assim, há resíduos que não podem ser

destinados a esse fim como o sangue, esterco e sujeiras, e por estarem misturados a água geram um efluente com alta carga biológica e potencial poluidor.

Por essa razão no empreendimento se faz necessário o emprego de uma ETE para que se trate o efluente de maneira correta, reduzindo significativamente sua carga biológica, de modo que o descarte em um recurso hídrico tenha seus impactos mitigados e não cause contaminação do mesmo, trazendo prejuízos ao desenvolvimento da biota aquática.

Em consideração a esses fatores, a empresa em questão possui uma Estação de Tratamento de Efluentes líquidos e industriais, que é composta por: gradeamento, peneira rotativa, tanque de decantação, lagoa anaeróbia revestida, lagoa facultativa aerada revestida, lagoa facultativa aerada sem revestimento, lagoa de decantação sem revestimento. E ao final o efluente tratado é encaminhado a um córrego como destino final. As etapas do tratamento podem ser identificadas no fluxograma (Figura 5) abaixo.

Figura 5: Fluxograma do sistema de tratamento de efluentes - ETE



Fonte: Do autor, 2022.

### 3.3.1 Descrição das etapas da estação de tratamento de efluentes - ETE

O efluente gerado dentro do abatedouro é encaminhado a ETE por calhas e canos instalados dentro das etapas do processamento dos frangos. Vale lembrar que esse efluentes são separados em duas linhas, a linha vermelha e a linha verde, que não devem se misturarem nas fases iniciais do sistema de tratamento, afim de evitar que os efluentes da linha verde contaminem os sólidos presentes, no efluente da linha vermelha, que podem ser reaproveitados. Por isso ao entrar na ETE o efluente passa primeiramente pelo Gradeamento, onde duas peneiras distintas separam os efluentes das duas linhas, como pode ser identificado na figura 6 (A e B).

Figura 6: (A) Gradeamento dos efluentes da Linha Verde/ Área suja. (B) Efluentes da Linha Vermelha/ Área limpa



Fonte: Do autor, 2022.

O peneiramento é responsável pela primeira etapa de remoção dos sólidos. Nesse processo são retidos material grosseiro em suspensão e corpos flutuantes, e tem como objetivo proteger as tubulações que conduzem o efluente, evitando obstruções.

As grades utilizadas nesse procedimento são simples e de limpeza manual. Devem ser limpas diariamente, afim de evitar represamentos dos efluentes, de modo que permita a passagem entre seus espaços livres. Os materiais removidos

das grades são encaminhados a empresa externa terceirizada que faz a coleta para produção de ração.

Logo após passar pelas grades, o efluente segue para mais uma fase de separação de sólidos mecânica, que é o peneiramento rotativo. A peneira rotativa é um equipamento utilizado para separação de líquidos e sólidos (efluentes com alto teor de sólidos). Seu funcionamento consiste na rotação contínua de uma tela cilíndrica onde o efluente entra em contato direto com as telas, que por estarem sempre girando permite que o efluente esteja sempre em contato com a zona limpa, onde os efluentes filtrados saem pela parte inferior do equipamento. O equipamento pode ser identificado pela figura 7 abaixo.

Figura 7: Peneira rotativa.



Fonte: Do autor, 2022.

A próxima etapa do tratamento são os tanques de decantação que desempenha a função de sedimentação e remoção de materiais flutuantes. O efluente entra no tanque depositando no fundo os sólidos sedimentáveis presentes, formando uma camada de lodo. Já os outros materiais mais leves presentes flutuam até a superfície formando uma camada de espuma, enquanto o efluente, livre dos materiais sedimentáveis e flutuantes, flui entre as camadas de lodo e espuma para a próxima etapa do tratamento.

O lodo no fundo do tanque é composto por material orgânico, que com o tempo sofre decomposição facultativa e anaeróbia sendo convertido em compostos mais estáveis como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{H}_2\text{S}$ . A decomposição proporciona a redução contínua do lodo, entretanto, após meses de operação, ocorre acúmulo de lodo e espuma que leva a uma redução do volume útil do tanque, necessitando de remoção. Com isso, a empresa faz a limpeza anualmente ou sempre que verifique a sua necessidade. Os tanques implantados no abatedouro são de alvenaria e podem ser observados na figura 8, logo abaixo.

Figura 8: Tanques de decantação.



Fonte: Do autor,2022.

Seguindo o processo, o efluente vai para o tratamento biológico na primeira lagoa, identificada na figura 9, onde trata-se de uma lagoa anaeróbia revestida com lona PEAD (Polietileno de Alta Densidade) de 1 mm, com profundidade de 4,5 m, 13,33 m de largura e 20 m de comprimento, resultando num volume de 1.199,7  $\text{m}^3$ . Na lagoa anaeróbia o tratamento ocorre em duas etapas: na primeira, as moléculas de matéria orgânica são quebradas e transformadas em estruturas mais simples, e na segunda, a matéria orgânica é convertida em metano, gás carbônico e água. Esse tipo de lagoa necessita ser profunda para reduzir a penetração de luz nas camadas inferiores, reduzindo a produção de oxigênio. Importante salientar que nas lagoas anaeróbias os níveis de oxigênio consumido

devem ser bem maiores que os níveis de oxigênio produzido, por isso se realiza o lançamento de uma grande carga de DBO por unidade de volume da lagoa.

Figura 9: Lagoa anaeróbia.



Fonte: Do autor, 2022.

A seguir o efluente segue para Lagoa Facultativa Aerada Revestida. Essa lagoa possui 3 m de profundidade, 14,14 m de largura, 28,28 m de comprimento, resultando num volume de 1.199,64 m<sup>3</sup> revestida por uma lona PEAD (Polietileno de Alta Densidade) de 1 mm, além de possuir 2 aeradores com potência de 5 CV cada, como pode ser identificada na figura 10.

Figura 10: Lagoa Facultativa Aerada Revestida.



Fonte: Do autor, 2022.

O processo de tratamento dentro da lagoa facultativa ocorre em três zonas: zona anaeróbia, zona aeróbia e zona facultativa. Após entrada do efluente, a matéria orgânica em suspensão começa a sedimentar formando o lodo de fundo que sofre tratamento anaeróbio na zona anaeróbia da lagoa. Já a matéria orgânica

dissolvida e as partículas pequenas em suspensão que não sedimentaram, sofrem tratamento aeróbio na parte mais superficial da lagoa, também chamada de zona aeróbia. Nessa zona há necessidade de oxigênio, que é obtido através da troca gasosa da superfície líquida com a atmosfera, fornecida pelos aeradores e pela fotossíntese realizada pelas algas presentes. A medida que se afasta da superfície da lagoa, a concentração de oxigênio diminui dando origem a zona facultativa (pode ocorrer ausência ou presença de oxigênio). Esse tipo de lagoa necessita de um tempo longo de detenção, onde o efluente entra por uma extremidade e sai pela outra podendo levar de 15 a 20 dias para percorre-la chegando a valores de 70 a 90 % de remoção de DBO.

Ao passar por essa lagoa o efluente é encaminhado para uma segunda lagoa facultativa aerada que possui as mesmas dimensões da anterior, porém, não possui revestimento, e também conta com dois aeradores (figura 11).

Figura 11: Lagoa facultativa aerada sem revestimento.

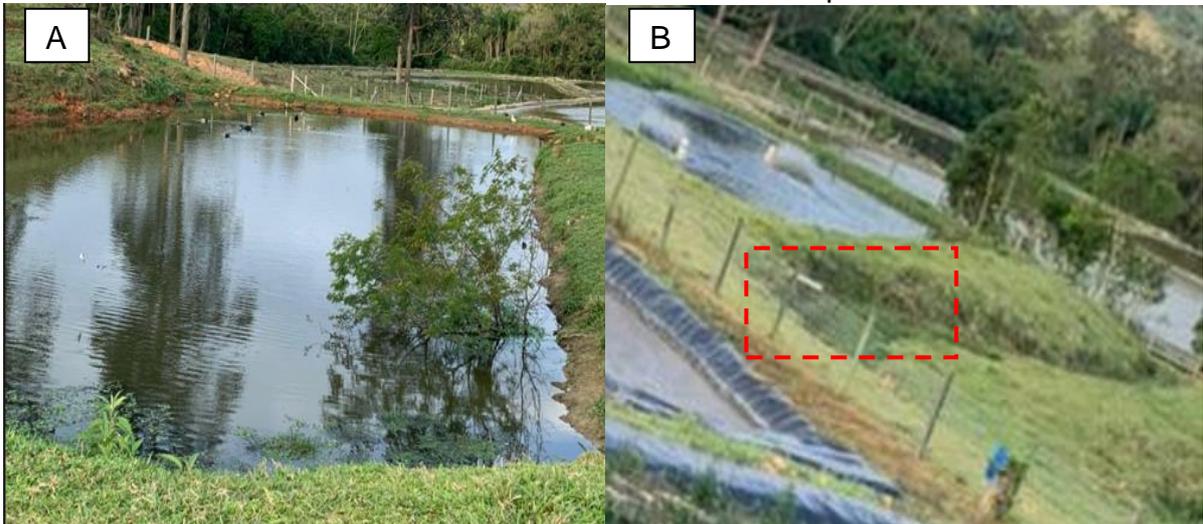


Fonte: Do autor, 2022.

E por último, antes de ser descartado no manancial, o efluente passa por uma lagoa de decantação sem revestimento (açude), identificada na figura 12A, que funciona também como uma espécie de lagoa de polimento. Após, o efluente tratado é descartado no recurso hídrico, ou seja, no córrego próximo a última lagoa (figura 12B).

Figura 12: A - Lagoa de decantação

B - Ponto de lançamento no corpo receptor sem revestimento



Fonte: Do autor, 2022.

### 3.3.2 Programa de monitoramento ambiental de efluentes

Todo processo de abate de aves acaba gerando aspectos e impactos ambientais os quais devem ser mitigados. O Plano de Monitoramento Ambiental tem como objetivo avaliar e comprovar a eficiência das medidas mitigadoras que foram tomadas. Dentre os aspectos ambientais ocasionados pelo empreendimento destacam-se: os efluentes líquidos industriais, resíduos sólidos e emissões atmosféricas. Porém como o objetivo desse trabalho é a analisar a possibilidade da reutilização do efluente, o foco se dará ao monitoramento dos efluentes líquidos, principalmente os gerados pelo processo industrial.

Dentro do empreendimento os efluentes se separam em duas diferentes origens, os efluentes de origem sanitária e os de origem industrial. Os efluentes sanitários são oriundos do refeitório, cozinha, vestiários e dos sanitários, basicamente esgoto doméstico comum. Esses passam por um tanque séptico, um filtro anaeróbio e posteriormente são encaminhados a um sumidouro, onde a empresa realiza a limpeza do tanque séptico e do filtro anaeróbio a cada ano. Os efluentes dessa origem não necessitam de análises periódicas.

Já os efluentes de origem industrial caracterizam-se por possuir uma alta carga orgânica, alto conteúdo de gordura, variações de pH devido a utilização de produtos de limpeza, elevados valores de nitrogênio e fósforo e variações de

temperatura. Ou seja, possuem um alto potencial poluidor e por isso necessitam de tratamento, que é realizado pela própria empresa na estação de tratamento de efluentes, instalada e operada pela mesma.

Para avaliar a eficiência do tratamento realizado pela ETE, a empresa deve realizar o monitoramento periódico do efluente bruto, tratado e do corpo receptor, de acordo com o que está especificado no Plano de Monitoramento Ambiental da empresa. O plano determina que as análises de efluente bruto devem ser realizadas trimestralmente e contempla os seguintes parâmetros: pH, DBO<sub>5</sub>, DQO e Fósforo Total. Já para o efluente tratado, as análises também devem ser realizadas trimestralmente contemplando os seguintes parâmetros: pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, fósforo, sólidos totais, sólidos em suspensão, material sedimentáveis, materiais flutuantes, óleo e graxas, alquilbenzenosulfonatos (ABS), sulfetos, nitrogênio amoniacal total e coliformes termotolerantes. Tanto as análises do efluente bruto quanto as do tratado devem ser encaminhados ao órgão ambiental.

Em relação ao monitoramento do corpo receptor, as análises devem ser realizadas a montante e a jusante do ponto de lançamento com frequência semestral e contemplando os seguintes parâmetros: DBO<sub>5</sub>, turbidez, cloreto total, fósforo, óleos e graxas, nitrogênio amoniacal total, nitrato, pH, sólidos dissolvidos totais, substâncias tensoativas que reagem com azul de metileno, sulfeto, coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido e cor verdadeira.

Importante salientar que todos os monitoramentos determinados no Plano de Monitoramento Ambiental visa garantir se o sistema de tratamento (ETE) está sendo operado de forma eficiente, atendendo as legislações vigentes e garantindo a preservação do manancial receptor.

### 3.4 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DO EFLUENTE BRUTO

A avaliação do processo de tratamento do efluente bruto foi realizada, primeiramente, através de levantamento histórico das análises realizadas pela empresa, as quais são requisitadas pelo órgão ambiental responsável, e compará-las com os parâmetros exigidos e legislação vigente.

Posteriormente, realizou-se a caracterização do efluente bruto e tratado através de análises, em laboratório externo, dos seguintes parâmetros: Demanda

Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Total, Óleos e Graxas Totais, pH e Sólidos Totais.

O intuito é evidenciar se o tratamento atual do efluente atende aos requisitos normativos exigidos, e definir se há necessidade de modificações nesse sistema, além do levantamento do volume de efluente tratado, para definir se a capacidade hídrica atende às demandas.

### 3.5 PROPOSTA DE REUSO DO EFLUENTE TRATADO

Para propor o reuso do efluente após tratamento foram avaliadas as análises laboratoriais e verificados se o tratamento atual tem condições de fornecer água de qualidade aos sistemas industriais do abatedouro, sem colocar em risco o processo.

Além da qualidade do efluente tratado foi importante definir o volume do mesmo (assim como a vazão), com o objetivo de avaliar se atende ao volume necessário para abastecer os setores de lavação de caixas e gaiolas, limpeza dos pisos e calçadas e lavagem dos caminhões.

Importante salientar que ainda faz parte da metodologia deste estudo pesquisas bibliográficas em livros, teses, dissertações, artigos, monografias e TCCs, legislações e normas, em âmbito estadual e nacional, com objetivo de se obter maior ciência dos procedimentos, parâmetros e informações de pesquisas já realizadas na área que venham a contribuir para maior compreensão deste estudo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 MÉTODO DE ANÁLISE DOS PARÂMETROS DO EFLUENTE BRUTO E TRATADO

Os efluentes gerados a partir do processo de abate de frangos são distintamente separados nas fases iniciais do tratamento, afim de evitar que os efluentes da linha verde/área suja contaminem os da linha vermelha/área limpa, que podem ser aproveitados na fabricação de rações e farinhas. Porém, após a separação dos sólidos da linha vermelha que serão reaproveitados, esses efluentes são misturados e destinados aos próximos níveis do tratamento.

As amostras dos efluentes brutos e tratados foram coletadas e analisadas por um laboratório externo reconhecido e certificado pelo IMA. Já as coletas das amostras do efluente bruto foram realizadas na fase do peneiramento rotativo, onde as linhas se encontram.

Essas análises foram realizadas seguindo a descrição do Plano de Monitoramento de Efluentes da empresa no qual determina que o efluente bruto seja monitorado bimestralmente através dos parâmetros pH, DBO<sub>5</sub>, DQO e Fósforo Total. Os quatro parâmetros foram analisados pelos seguintes métodos: DBO<sub>5</sub>, pelo método SMWW, 5210 D (Standard Methods For The Examination of Water And Wastewater), DQO, por meio do método ISO 15705 (the International Organization for Standardization), Fósforo Total, por SMWW, 4500-P C e pH, por método SMWW, 4500 H+B.

Já as coletas dos efluentes que passam pelo sistema de tratamento foram realizadas após saída última lagoa (lagoa de polimento), que de acordo com o Plano de Monitoramento de Efluentes da empresa, determina análises trimestrais dos parâmetros pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, Fósforo, Sólidos Totais, Sólidos em Suspensão, Material Sedimentáveis, Materiais Flutuantes, Óleo e Graxas (animal, vegetal e mineral), ABS, Sulfetos, Nitrogênio Amoniacal Total e Coliformes Termotolerantes. Sendo assim, esses 14 parâmetros foram analisados utilizando as metodologias correspondentes, conforme descritos na tabela 2 abaixo.

Tabela 2: Parâmetros analisados e métodos utilizados, para análise do efluente tratado

Parâmetros	Método
DBO <sub>5</sub>	SMWW, 5210 D.
DQO	ISO 15705.
Fósforo Total	SMWW, 4500-P C.
pH	SMWW, 4500 H+B.
Coliformes Termotolerantes	SMWW, 9222 D
Materiais Flutuantes	SMWW, 2110.
Nitrogênio Amoniacal Total	SMWW, 4500-NH3 B, C.
Óleos Minerais	EPA, 1664 B.
Óleos Vegetais e Gordura Animal	EPA, 1664 B.
Sólidos em Suspensão	SMWW, 2540 D.
Sólidos Sedimentáveis	SMWW, 2540 F.
Sólidos Totais	SMWW, 2540 B.
Sulfeto	SMWW, 4500 D.
Surfactantes Aniônicos	SMWW, 5540 C.

Fonte: Do autor, 2022.

## 4.2 LEVANTAMENTO DOS RESULTADOS DE ANÁLISES DOS EFLUENTES BRUTO E TRATADO

Foram realizados levantamentos de resultados de análises realizadas nos efluentes bruto e tratado nos anos de 2017, 2018 e 2022, identificados nas figuras 13, 14 e 15, e comparado com as legislações vigentes nacional e estadual. Pode-se observar a grande quantidade de matéria orgânica que o efluente bruto possui, uma característica esperada de efluentes provenientes de abatedouros. Segundo Sunada (2011), o efluente é caracterizado por conter sangue, gordura, excrementos, substâncias do trato digestório dos animais entre outros, representando assim um resíduo com elevada concentração de matéria orgânica. Já Schatzmann (2009), relata que os parâmetros mais difíceis de serem atingidos são a DBO, Nitrogênio e Fósforo, devido à alta carga proteica e lipídica do efluente.

Figura 13: Resultado Análise do Efluente Bruto e Tratado de 2017.

2017				
Parâmetros	Efluente bruto	Efluente tratado	CONAMA Nº 430/2011	CONSEMA Nº 181/2021
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	12500	320 (97,4% de redução)	remoção de 60%	60 (ou redução de 80%)
DQO (mg/L)	-	803	-	-
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	4 mg/L (ou 75% de remoção)
pH (pH a 25 °C)	-	6,71	entre 5,0 e 9,0	entre 6,0 e 9,0
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	-	-	-
Materiais Flutuantes	-	-	Ausente	Ausente
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	-	84,62	≤ 20,0 mg/L	-
Óleos Minerais (mg/L)	-	-	≤ 20 mg/L	-
Óleos Vegetais e Gordura Animal (mg/L)	-	-	≤ 50 mg/L	≤ 30,0 mg/L
Óleos e Graxas Totais (mg/L)	-	16,6	≤ 100 mg/L	-
Sólidos em Suspensão (mg/L)	-	-	remoção de 20%	-
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	-	4,8	≤ 1,0 mL/L	-
Sólidos Totais (mg/L)	-	-	-	-
Sulfeto (mg/L)	-	-	1,0 mg/L	-
Surfactantes Aniônicos (mg/L)	-	-	-	≤ 2,0 mg/L

Fonte: Adaptado Biocontrol nº 615, junho de 2017.

Figura 14: Resultado Análise do Efluente Bruto e Tratado de 2018.

Parâmetros	Efluente bruto	Efluente tratado	CONAMA Nº 430/2011	CONSEMA Nº 181/2021
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2100	130	remoção de 60%	60 (ou redução de 80%)
DQO (mg/L)	3754,5	400,9	-	-
Fósforo Total (mg/L)	-	-	-	4 mg/L (ou 75% de remoção)
pH (pH a 25 °C)	6,32	7,18	entre 5,0 e 9,0	entre 6,0 e 9,0
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	-	-	-
Materiais Flutuantes	-	-	Ausente	Ausente
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	-	16,83	≤ 20,0 mg/L	-
Óleos Minerais (mg/L)	-	-	≤ 20 mg/L	-
Óleos Vegetais e Gordura Animal (mg/L)	-	-	≤ 50 mg/L	≤ 30,0 mg/L
Óleos e Graxas Totais (mg/L)	-	22	≤ 100 mg/L	-
Sólidos em Suspensão (mg/L)	-	-	remoção de 20%	-
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	-	<0,1	≤ 1,0 mL/L	-
Sólidos Totais (mg/L)	-	-	-	-
Sulfeto (mg/L)	-	-	1,0 mg/L	-
Surfactantes Aniônicos (mg/L)	-	-	-	≤ 2,0 mg/L

Fonte: Adaptado Biocontrol nº 1581, janeiro de 2018.

Figura 15: Resultado Análise do Efluente Bruto e Tratado de 2022.

2022				
Parâmetros	Efluente bruto	Efluente tratado	CONAMA Nº 430/2011	CONSEMA Nº 181/2021
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1.000	37	remoção de 60%	60 (ou redução de 80%)
DQO (mg/L)	2.290	69	-	-
Fósforo Total (mg/L)	41	5,4 (86,8 % de remoção)	-	4 mg/L (ou 75% de remoção)
pH (pH a 25 °C)	4,55	6,9	entre 5,0 e 9,0	entre 6,0 e 9,0
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	-	4,2x10 <sup>3</sup>	-	-
Materiais Flutuantes	-	ND	Ausente	Ausente
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	-	4,4	≤ 20,0 mg/L	-
Óleos Minerais (mg/L)	-	<6,0	≤ 20 mg/L	-
Óleos Vegetais e Gordura Animal (mg/L)	-	10,4	≤ 50 mg/L	≤ 30,0 mg/L
Óleos e Graxas Totais (mg/L)	-	-	≤ 100 mg/L	-
Sólidos em Suspensão (mg/L)	-	41	remoção de 20%	-
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	-	0,2	≤ 1,0 mL/L	-
Sólidos Totais (mg/L)	-	414	-	-
Sulfeto (mg/L)	-	<0,020	1,0 mg/L	-
Surfactantes Aniônicos (mg/L)	-	0,29	-	≤ 2,0 mg/L

Fonte: Adaptado Projelab nº 311, março de 2022.

De modo geral o efluente bruto do abatedouro apresentou elevados valores de DBO e DQO nas amostras, embora verificou-se redução a cada ano que pode estar relacionada pela eficiência no processo de tratamento. A análise de Fósforo Total também apresentou elevados níveis, estando cerca de 40 vezes maior do que o permitido pelas legislações que tratam do lançamento de efluente tratado assim como o pH, caráter ácido no ano de 2022, caracterizando que o tratamento desse efluente é de suma importância.

A seguir na tabela 3 observa-se uma comparação com os resultados históricos do efluente bruto do empreendimento em estudo e os valores de referência, no processo de abate de frangos, apresentados por Schatzmann (2009), apresentados na Tabela 1 deste trabalho.

Tabela 3: Comparação dos resultados de parâmetros do efluente bruto da empresa em estudo com valores de referência literária

Parâmetro	Efluente Bruto			Valores de referência (Schatzmann (2009))
	2017	2018	2022	
pH	-	6,32	4,55	6,0 a 7,4
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	-	3.754,5	2.290	460 a 9.115
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	12.500	2.100	1.000	370 a 4.593
Fosfato Total (mg/L)	-	-	41	114

Fonte: Do autor, 2022.

Pode-se evidenciar, através da Tabela 3 acima, que em 2022 os resultados de DBO e DQO seguiram dentro dos valores referenciados, assim como o Fósforo Total, valor bem abaixo, entretanto não observado quanto ao pH, apresentando caráter ácido, se comparado com a referência. Já no ano de 2018 foram realizadas análises apenas de DBO, DQO e pH, entretanto todas apresentaram valores dentro dos valores de referência tomados no estudo. Considerando em 2017 como foi realizada apenas análise de DBO, apresentando resultado bem acima do descrito na referência, dificultou uma melhor análise comparativa. A falta de parâmetros analisados nos anos de 2017 e 2018, se deu em razão da inexistência de um Plano de Monitoramento de Efluentes, definido apenas em 2019.

Já no que se diz respeito ao efluente tratado pode-se observar que nos anos de 2022 e 2018 todos os parâmetros exigidos para o lançamento do efluente tratado encontram-se de acordo com as resoluções vigentes, tanto pela CONAMA

430/2011, quanto pela CONSEMA 181/2021. Isso demonstra que o atual sistema de tratamento tem apresentado eficiência satisfatória. Fato não observado no ano de 2017, onde verificou-se alguns parâmetros em desacordo com as legislações, a citar, Nitrogênio Amoniacal Total cujo o resultado obtido foi de 84,62 mg/L, enquanto a CONAMA 430/2011 define o limite máximo de 20,0 mg/L, e Sólidos Sedimentáveis apresentando resultado de 4,8 mL/L, onde o limite máximo, também estabelecido pela CONAMA 430/2011, é de 1,0 mL/L.

Esses resultados fora dos padrões no ano de 2017 podem ser justificados em razão da unidade de tratamento de efluentes do empreendimento na época utilizar apenas lagos anaeróbias e facultativas sem revestimento, o que pode ter comprometido a eficiência do tratamento. Além das mesmas não passarem por manutenção periódica assim como a falta de controle adequado na inserção de bactérias decompositoras.

Verifica-se também, para o efluente tratado, a falta de análises de alguns parâmetros nos anos de 2017 e 2018 justificando-se pelo fato do Plano de Monitoramento de Efluentes, que define quais parâmetros devem ser analisados e frequência, ter sido formulado apenas em 2019.

Importante salientar que pela falta de monitoramento do efluente bruto e tratado nos anos de 2019, 2020 e 2021, limitando as informações no levantamento de dados históricos de resultados de análises, impossibilitou uma melhor avaliação da eficiência no sistema de tratamento de efluente do empreendimento. Outro ponto importante a se relatar é que embora o Plano de Monitoramento de efluente bruto determinava análises bimestrais e do tratado, trimestrais, os mesmos não estavam sendo realizadas, ocasionando uma lacuna no histórico de análises do empreendimento.

Outro ponto a se destacar, quando se fala da falta de monitoramento, é a responsabilidade do empreendimento em atender as condicionantes do seu licenciamento ambiental, que se dá pelo fato de que essas são condições impostas pelo órgão fiscalizadores, a fim de gerenciar os impactos ambientais decorrentes da instalação e operação do empreendimento. O não atendimento das condicionantes pode gerar complicações na administração do empreendimento, tendo em vista que isso é passível da aplicação de multa ou até mesmo embargo e fechamento do empreendimento. Por isso a empresa está se atentado em atualizar o monitoramento dos efluentes.

### 4.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE PARA ÁGUA DE REUSO

A princípio a proposta de reutilização do efluente tratado dentro da indústria tem se mostrado favorável, tendo em vista que nas últimas análises realizadas dos efluentes tratados atenderam todos os parâmetros exigidos tanto pela Resolução CONAMA 430/2011, quanto pela Resolução CONSEMA 181/2021.

Porém como não há normativas específicas para reutilização dos efluentes tratados de abatedouros de aves, como fonte alternativa de água, a presente pesquisa baseou-se na NBR 13.696 de 1997 (ABNT, 1997), primeira normativa a propor o reuso do efluente doméstico como alternativa para seu destino assim como especifica as classes de reuso, segundo sua possível utilização e o grau de tratamento necessário, bem como os parâmetros exigidos para seu tratamento, conforme sua classe.

Por um longo tempo essa foi a única normativa que apresentava o reuso como forma de destino ao efluente, porém em 2019 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) lançou a NBR 16.783 (ABNT, 2019) que regulamenta o uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Esta norma avalia a reutilização do esgoto sanitário como umas fontes alternativas de água não potável, bem como apresenta os parâmetros de qualidade para este uso, possibilitando que efluente após tratamento possa ser reutilizado, desde que atenda aos padrões determinados na norma.

Embora as NBRs são específicas para reutilização de esgoto sanitário, e não para reutilização de efluentes industriais ou específicos de abatedouros, decidiu-se adotar neste trabalho os parâmetros e seus padrões descritos nessas normativas, como base para orientação da qualidade da água de reuso (não potável).

Importante salientar que para utilização da água dentro dos processos produtivos do abate, a mesma deve seguir os padrões de potabilidades exigidos pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) descritos no Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Já água de reuso não pode ser utilizada nos processos e não deve entrar em contato com os produtos para não oferecer risco de contaminação.

Sendo assim optou-se por utilizar a água de reuso em ambientes onde não haja contato com os produtos, apenas nas fases de limpeza propostas (lavação

de caminhões, limpeza área suja, limpeza pátio externo). Como a RIISPOA não oferece parâmetros de qualidade para água de reuso, serão utilizados, conforme já descrito, os parâmetros descritos nas NBRs 16.783/2019 e 13.696/1997, e comparados com a análise do efluente tratado, conforme demonstrados na tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros de qualidade da água de reuso.

Parâmetros	Resultados	NBR 16783/ 2019	NBR 13969/ 1997	
			CLASSE 1	CLASSE 2
pH	6,9	6,0 a 9,0	6 e 8	6 e 8
Coliformes Termotolerantes	4,2x10 <sup>3</sup> (UFC/100mL)	≤ 200 NMP/100mL	< 200 NMP/100 mL	< 500 NMP/100 mL
Turbidez	15,5 UT	≤ 5 UT	< 5 UT	< 5 UT
DBO <sub>5,20</sub>	37,0	≤ 20 mgO <sub>2</sub> /L		
CRL (cloro residual livre)	-	Mínimo 0,5mg/L – Máximo de 5,0 mg/L Recomendável 0,5mg/L – Máximo de 2,0 mg/L	Entre 0,5 mg/L a 1,5 mg/L.	Superior a 0,5 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) ou condutividade elétrica	414 mg/L	≤ 2 000 mg/L ou ≤ 3 200 μS/cm	< 200 mg/L	
Carbono orgânico total (COT) b	-	< 4 mg/L	-	-

Fonte: Do autor, 2022.

Avaliando os resultados obtidos pode-se constatar algumas divergências de resultados em comparação com ambas as normativas, a citar, os valores de Coliformes Termotolerantes que apresentaram, aparentemente, resultados fora dos parâmetros necessários para reuso. Entretanto, no caso do resultado deste parâmetro, o laboratório que realiza a análise expressa em UFC/100mL e as normativas trazem a unidade em NMP/100mL, dificultando uma comparação mais efetiva, inclusive por não haver referências para a transformação destas unidades. Salienta-se que a diferença está no meio que as mesmas são realizadas: UFC (meio sólido) e NMP (meio líquido).

Referente a análise de DBO<sub>5,20</sub>, apresentado padrão apenas na NBR 16783/ 2019, apresentou resultados acima do determinado pela norma. Já o parâmetro pH esse apresentou resultado satisfatório atendendo ambas as normativas.

Para o parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais apresentou divergência entre as duas normativas, obtendo-se o resultado de 414 mg/L, o que atende os parâmetros propostos pela NBR 16783/ 2019, que permite Sólidos Dissolvidos Totais com concentração de até 2.000 mg/L, porém não atende a NBR 13969/ 1997, quesito Classe 1 que apresenta valor < 200mg/L, à qual tem sua finalidade destinada a lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador.

Em contrapartida, a NBR 16783/2019 define os potenciais usos da água, abrangendo sua utilização em descarga de bacias sanitárias e mictórios, independentemente do sistema de acionamento; lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas; lavagem de veículos; irrigação para fins paisagísticos; uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos); sistemas de resfriamento de água; arrefecimento de telhados (ABNT, 2019).

Considerando que a norma acima citada é mais atual e que uso pretendido será em fases de limpeza de lavação de caminhões, limpeza área suja, limpeza pátio externo, não se verifica problema significativo para o seu uso, entretanto como, em alguns momentos, possa ter o contato direto com os colaboradores da área de limpeza, orienta-se o uso de EPIs (máscara, botas e luvas) e/ou indicação de tratamento do efluente tratado adequando os parâmetros de acordo com as normativas.

Já o parâmetro turbidez, esse apresentou resultados acima dos padrões exigidos em ambas as normativas, já que as NBRs definem o padrão como sendo de na máxima 5 UT (o mesmo determinado para água de abastecimento) e o resultado obtido foi de 15,5 UT. Isso se deve, provavelmente, a presença de Sólidos Suspensos na água e Matéria Orgânica, ainda presentes no efluente tratado, característica relacionada a eficiência no processo de tratamento.

Salienta-se que o desacordo desses parâmetros se dá devido a origem desse efluente, visto que o sistema de tratamento atual visa adequar os parâmetros com os padrões de lançamento de efluente tratados segundo a CONAMA 430/2011 e a CONSEMA 181/202, e não está preparado para cumprir as exigências de reuso. As alterações nos parâmetros de Coliformes Termotolerante, DBO<sub>5</sub> e Sólidos Suspensos e Dissolvidos se dão devido ao efluente bruto apresentar muita carga orgânica, devido a presença de sangue, fezes, esterco e sujeiras em geral (argila, sílica, coloides). As alterações de DBO<sub>5</sub> e a presença Sólidos, refletem no parâmetro

turbidez visto que a quantidade de Sólidos Suspensos e a Matéria Orgânica impactam diretamente nela.

Com relação ao valor de Cloro Residual Livre, o mesmo não foi avaliado por não ser um parâmetro monitorado no efluente tratado, assim como o Carbono Total analisado. Entretanto, pode-se incluir no caso de o efluente tratado passar por outro processo de tratamento antes do seu reuso.

#### 4.4 VOLUME DE ÁGUA DISPONÍVEL PARA REUSO VERSUS REQUERIDO

Em se tratando do volume do efluente bruto gerado levou-se em consideração que o empreendimento abate por dia, em média, 8.000 aves. Se para cada ave abatida são necessários cerca de 30 litros de água, resulta então num volume médio de 240.000 L/dia necessários para o funcionamento do abatedouro. Considerando que esse volume gasto de água seja convertido em efluente bruto, a ETE recebe uma entrada diária de 240 m<sup>3</sup>/dia de efluente bruto, sem considerar o vindo do refeitório e de outros setores, que possuem um sistema de tratamento independente, do sistema de tratamento de efluentes industriais.

O atual sistema de tratamento realizado na ETE é dimensionado para tratar os 240 m<sup>3</sup> de efluente bruto gerado diariamente. Porém, devido a condicionante da Licença Ambiental de Operação (LAO) emitida pelo Órgão Ambiental Municipal, o empreendimento está restrito a lançar somente 10m<sup>3</sup>/dia de efluente tratado no recurso hídrico diariamente. O restante do efluente tratado (230 m<sup>3</sup>), permanece na última lagoa, a qual atua como uma lagoa de polimento/reservatório, para garantir que a vazão de despejo seja cumprida. Sendo assim, foi considerada a vazão de 10 m<sup>3</sup>/dia de efluente tratado despejado no manancial tomado como referência disponibilizado para o reuso.

Considerando que se pretende destinar a água de reuso nos seguintes setores: lavação dos caminhões, limpeza da área suja (incluindo as áreas de recepção, pendura, sangria e depenagem) e a limpeza a do pátio externo, foi realizado um levantamento do consumo de água diário em cada setor, conforme observadas na tabela 5, com objetivo de avaliar se o volume de efluente tratado (água de reuso) é suficiente para atender a demanda dos setores.

Tabela 5: Consumo de água por setor

Setor	Volume (L)	%
Lavação de caminhões	4.914,676	54,54%
Limpeza área suja	3.276,451	36,36%
Limpeza pátio externo	819,1126	9,01%
Total	9.010,24	100%

Fonte: Do autor, 2022

Os valores acima foram obtidos levando em consideração os seguintes fatores:

Lavação de caminhões: volume necessário para lavagem de 3 caminhões/dia, considerando também a limpeza do setor após a lavagem dos veículos, correspondendo a um total de 4,9m<sup>3</sup>, o que compreende 54,54% do total de água consumida.

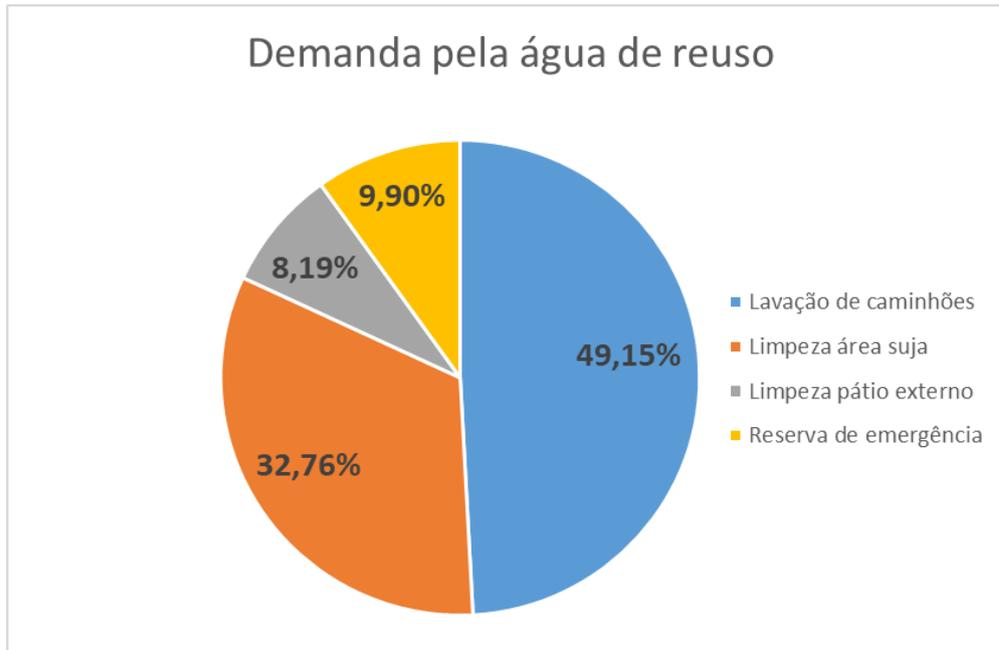
Limpeza da área suja: volume necessário para a lavagem das áreas de recepção dos frangos, pendura, sangria e depenagem, correspondendo a um total de 3,3m<sup>3</sup>, o que compreende a 36,36% do total de água consumida. Esse volume é requerido diariamente, visto que esse procedimento de limpeza ocorre uma vez ao dia, no final do expediente, logo após a finalização do abate quando todas as aves já foram abatidas e os caminhões encaminhados para lavagem.

Limpeza do pátio externo: são gastos cerca de 0,81m<sup>3</sup>, considerando o tempo médio para realização dessa tarefa de 30 minutos, o que compreende a 9,1% do total de água consumida.

Importante salientar que para suprir esses setores haverá a necessidade de cerca de 9,01m<sup>3</sup> de água diariamente, entretanto estará disponível uma quantidade diária de água de reuso de 10m<sup>3</sup>, ficando disponível ainda 0,9m<sup>3</sup>/dia que poderá ser reservada para qualquer emergência.

Reavaliando a disponibilidade da água de reuso versus distribuição de consumo, tem-se a seguinte demanda, conforme figura 16 abaixo.

Figura 16: Porcentagem de utilização da água de reuso.



Fonte: Do autor, 2022.

#### 4.5 PROPOSTA DE TRATAMENTO PARA ÁGUA DE REUSO

Através dos estudos realizados no que se refere ao volume de efluente tratado diariamente, pode-se observar que o mesmo apresenta condições favoráveis de reuso dentro dos setores propostos, pois atende ao volume demandado. Entretanto, mesmo que os padrões de lançamento do mesmo estejam dentro do que determina as legislações vigentes, para que possa ser reutilizado dentro do empreendimento com segurança, seria importante também avaliar a possibilidade de continuidade do tratamento com objetivo de adequá-lo ao reuso dentro das normas.

O tratamento em questão deve contemplar aspectos afim de adequar a água de reuso segundo as NBR 16783/2019 e/ou 13969/1997 para Classe 1. Avaliando a tabela 4, verifica-se a necessidade de adequar os parâmetros: Coliformes Termotolerantes, DBO<sub>5,20</sub>, Turbidez, Sólidos Dissolvidos Totais além da presença de Cloro Residual Livre, adquirido quando há desinfecção.

Entretanto como a diferença entre os resultados atuais e o que se espera atingir é pequena, e como a água de reuso será aplicada para fins menos nobres dentro do abatedouro, o tratamento indicado para atingir a eficiência desejada, com maior economia de recursos e área reduzida, seria a utilização de um processo de tratamento constituinte por desinfecção e filtração.

O processo de desinfecção pode ser realizado por meio da adição de hipoclorito de sódio, em dosagem suficiente a fim de atender o teor de Cloro Livre Residual determinado pela norma. Já a filtração indicada pode ser realizada por meio de um filtro rápido de fluxo descendente, o qual possui elevada eficiência na remoção de cor, turbidez e organismos patogênicos.

## 5 CONCLUSÃO

Pesquisando bibliograficamente o tema reuso de efluentes industriais, pode-se constatar que as legislações brasileiras não o abordam com o merecido enfoque, assunto de suma importância tendo em vista disponibilizar a oportunidade para o empreendedor economizar recursos financeiros quanto preservar recursos hídricos, este último muitas vezes incalculável. As legislações atuais parecem não oferecer incentivo ao reuso do efluente tratado, fato verificado na Portaria 210/1998 do Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1998), que impede a reutilização da água nos processos industriais alimentícios, assim como a Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011), que trata dos padrões de lançamento de efluentes tratados, também não apresenta o reuso como destinação final, nem faz incentivo a prática. Entretanto nada impede o reuso do efluente tratado para fins menos nobres.

Já a Resolução CONSEMA 181/2021 (SANTA CATARINA, 2021), que estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de efluentes, traz em seu art. 7º que a prática do reuso do efluente tratado deve ser aplicada sempre que possível, porém não apresenta padrões de qualidade para água de reuso. Já as NBRs 16783/2019 (ABNT, 2019) e 13969/ 1997 (ABNT, 1997) apontam o reuso como forma de destinação final do efluente tratado e trazem parâmetros de qualidade para reutilização do mesmo, porém ambas as legislações são aplicadas a efluentes domésticos, e não industriais, objetivo do presente trabalho. Entretanto devido à falta de normativas específicas para a reutilização de efluente industriais, em específico para atividade de abate de frangos, essas duas normativas foram tomadas como referência para realização da pesquisa. A falta de legislações ou normativas que tratam do reuso de efluentes industriais, em especial para o setor de abate de animais que requer uma demanda de abastecimento hídrico gigante, pode tornar o tema desencorajador aos olhos dos empreendedores do ramo, que encontram dificuldades na hora de implantar esse tipo de sistema. Por isso um enfoque maior por parte dos órgãos legislativos a esse tema seria um importante incentivo, visto que a reutilização torna o empreendimento econômica e ambientalmente sustentável.

Ao desenvolver o estudo, constatou-se que o atual sistema de tratamento de efluente do abatedouro tem apresentado eficiência satisfatória, visto que o

mesmo está descartando o efluente tratado dentro dos padrões de lançamento descritos na CONAMA 430/211 e na CONSEMA 181/202, embora verificou-se a ausência de dados em relação ao monitoramento que deveriam ser realizadas, seguindo o plano de monitoramento de efluentes da empresa, nos anos de 2019, 2020 e 2021. Entretanto ao analisar as amostras de 2017, 2018 e 2022 pode-se constatar a melhoria da eficiência do tratamento, principalmente após as modificações realizadas na ETE onde as lagoas de estabilização sem revestimento foram trocadas por lagoas revestidas assim como a adição de bactérias anaeróbias decompositoras, melhorando e adequando os padrões de lançamento do efluente tratado.

Contudo pode-se considerar que o empreendimento tem totais condições de estar reutilizando o efluente tratado para fins menos nobres, sugerindo-se um tratamento posterior, a citar desinfecção seguido de filtração, para adequar seus padrões as normas de reuso, visto que todos os parâmetros estão atendendo as legislações de lançamento, porém a  $DBO_5$ , Coliformes Termotolerantes, Turbidez, Sólidos Dissolvidos Totais precisam se adequar a normativas de reuso, assim como presença de um residual de Cloro Livre, que poderá ser obtido na desinfecção.

No quesito de volume disponíveis versus requerido, a ETE pode fornecer diariamente  $10m^3$  de efluente tratado para ser reutilizado, vazão de descarte determinado pelo Órgão Ambiental expediente da LAO e que atende as demandas dos setores propostos para a reutilização como lavação de caminhões, limpeza área suja, limpeza pátio externo, restando uma reserva de emergência correspondendo a 9,9% no volume total, que poderá também ser empregado até mesmo em regas de jardim ou fins ornamentais.

Ainda no que diz respeito a adequação da água de reuso, propõem-se um pós tratamento do efluente tratado, logo na saída da ETE. O tratamento proposto conta primeiramente com o processo de desinfecção, utilizando hipoclorito de sódio, que por ser um forte agente oxidante é capaz de eliminar vírus e bactérias, assim como oxidar poluentes solúveis, precipitando-os, reduzindo assim a quantidade de Sólidos Dissolvidos. Importante salientar que deverá ser utilizado dosagem suficiente a fim também de atender o teor de Cloro Livre Residual, determinado pela norma. Posteriormente tem-se a etapa filtração, indicada filtração rápida por fluxo descendente, para que haja a remoção excedente de Sólidos (precipitados) e

Matéria Orgânica adequando assim os parâmetros de  $DBO_{5,20}$ , Sólidos Dissolvidos Totais e Turbidez.

Como proposta de trabalhos futuros sugere-se estruturar o processo de tratamento proposto do efluente tratado (desinfecção seguida de filtração), em escala de bancada laboratorial, a fim de avaliar sua eficiência através de análises dos parâmetros determinados e padrões das NBRs 16783/2019 (ABNT, 2019) e 13969/ 1997 (ABNT, 1997). Só assim estará apto se pensar no projeto propriamente dito. Além de propor um estudo afim de avaliar os impactos da utilização da água de reúno do efluente bruto, afim de identificar s a mesma tende a alterar os parâmetros do efluente bruto.

Também seria interessante propor a ampliação do reuso, utilizando volumes maiores que os  $10m^3$  propostos inicialmente, visto que esse valor foi tomado como base afim de utilizar a vazão de lançamento diária de efluente tratado no corpo receptor. Mas nada impede que possam ser aplicados volumes maiores do que  $10m^3$ , afim de se aplicar seu reuso também a Classe 3 da NBR 13783/1997, indicada para descargas em vasos sanitários.

## REFERÊNCIAS

ABNT -ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro: Abnt, 2019. 25 p. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/NBR16783%20-%20Arquivo%20para%20impress%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 16 out. 2022.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: Copyright, 1997. 60 p. Disponível em: [https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_13969.pdf](https://www.acquasana.com.br/legislacao/nbr_13969.pdf). Acesso em: 16 out. 2022.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual de atividades 2021**. São Paulo: Agência Capella, 2022. 142 p. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**. 2004. Disponível em: [http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn3](http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn3). Acesso em: 18 set. 2022.

BRASIL. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 357**. 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 set. 2022.

BRASIL. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº 430**. 2011. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/arquivos/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-430-2011.pdf>. Acesso em: 03 set. 2022.

BRASIL. Constituição (1997). Lei nº 9.433, de 08 de fevereiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília, Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 10 out. 2022.

BRASIL. Decreto nº 9013, de 29 de março de 2017. **Regulamenta A Lei Nº 1.283, de 18 de Dezembro de 1950, e A Lei Nº 7.889, de 23 de Novembro de 1989, Que Dispõem Sobre A Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal**. Brasília, Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/legislacao/legislacao-geral-da-pesca/decreto-no-9-013-de-29-03-2017.pdf/view>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998. **Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária de carne de aves**. Brasília, p. 1-34. Disponível em:

<http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2012/08/port-210.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BIOCONTROL. **Relatório de Ensaio Nº 615**. Gravata: Biocontrol, 2017.

BIOCONTROL. **Relatório de Ensaio Nº 1581**. Gravatal: Biocontrol, 2018

CETESB. **O problema da escassez de água no mundo**. 2022. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo/>. Acesso em: 13 ago. 2022.

EMBRAPA. **Qualidade da carne de aves**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-de-aves>. Acesso em: 13 ago. 2022.

EMBRAPA. **Central de inteligência de aves e suínos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/frangos/mundo>. Acesso em: 05 nov. 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. Disponível em: <https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/3154/1/A%20problem%C3%A1tica%20do%20f%C3%B3foro%20nas%20%C3%A1guas%20para%20consumo%20humano%20e%20%C3%A1guas%20residuais%20.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.

FERREIRA, Agmar. **Estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização do lodo flotado proveniente do tratamento de efluentes de um frigorífico de aves como biomassa para produção de vapor**. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/45908/R%20-%20D%20-%20AGMAR%20FERREIRA.pdf?sequence=1>. Acesso em: 21 set. 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2022. 186 p. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/epubcfi/6/24\[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml2!\]/4/22/1:121\[ra%5E%2C%2C%20de\]](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/epubcfi/6/24[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml2!]/4/22/1:121[ra%5E%2C%2C%20de]). Acesso em: 22 ago. 2022.

IBGE. **Abate de frangos e suínos bate recorde e o de bovinos volta a cair em 2021**. 2022. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/33210-abate-de-frangos-e-suinos-bate-recorde-e-o-de-bovinos-volta-a-cair-em-2021>. Acesso em: 13 ago. 2022.

MARTINS, Cláudia Rocha; SILVA, Luciana Almeida; ANDRADE, Jailson Bittencourt de. Sulfetos: por que nem todos são insolúveis? **Química Nova**, [S.L.], v. 33, n. 10,

p. 2283-2286, 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422010001000044>.

NUNES, José Alves. **Tratamento biológico de águas residuárias**. 3. ed. Aracaju: Gráfica Editora J. Adrade, 2012. 277 p.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário**: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 365 p.

OLIVO, Rubinson. **O Mundo do Frango**, Cadeia Produtiva da Carne do Frango. Criciúma: Editora do Autor, 2006. 680p.

PIVELI, Prof. Dr. Roque Passos. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**: ânions de interesse em estudos de controle de qualidade das águas: sulfato, sulfeto, cloreto, cianeto. **ÂNIONS DE INTERESSE EM ESTUDOS DE CONTROLE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS: SULFATO, SULFETO, CLORETO, CIANETO**. 2007. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%207%20-%20Anions%20em%20Aguas.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar; RIBEIRO, Hebe Morganne Campos; MORALES, Gundisalvo Piratoba; GONÇALVES, Wanderson Gonçalves e. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 435, 2 maio 2017. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/f45JMMTdfXvPWLmM6mbDX6K/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 set. 2022.

PROJELAB. **RELATORIO DE ENSAIO 311.2022\_EF\_1\_1**. São Ludgero: Projelab, 2022.

RIO DESERTO. **Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga**. 2011. Disponível em: <https://www.riodeserto.com.br/blog/wp-content/uploads/2011/11/bacia-do-rio-urussanga.png>. Acesso em: 14 set. 2022.

ROÇA, Roberto de Oliveira. **Abate de aves**. Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca104.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2022.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (São Paulo). **Efeitos de óleos e graxas para a tratabilidade de esgotos e poluição difusa**. 2007. Disponível em: [https://site.sabesp.com.br/uploads/file/audiencias\\_sustentabilidade/Efeitos%20de%20%C3%93leos%20e%20Graxas%20na%20Tratabilidade%20de%20Esgotos%20e%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20Difusa.pdf](https://site.sabesp.com.br/uploads/file/audiencias_sustentabilidade/Efeitos%20de%20%C3%93leos%20e%20Graxas%20na%20Tratabilidade%20de%20Esgotos%20e%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20Difusa.pdf). Acesso em: 19 set. 2022.

SANTA CATARINA. CONSEMA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Listagem das atividades sujeitas ao licenciamento**

**ambiental, define os estudos ambientais necessários e estabelece outras providências. Resolução Nº 98.** 2017. Disponível em:

<https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/resolucoes/2017/2212-resolucao-consema-n-98-2017/file>. Acesso em: 14 set. 2022.

SANTA CATARINA. CONSEMA. Resolução nº 181, de 02 de agosto de 2021. **Estabelece As Diretrizes Para Os Padrões de Lançamento de Efluentes.**

Florianópolis, SC, Disponível em:

<https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/resolucoes/2021-1/2162-resolucao-consema-n-181-2021-1/file>. Acesso em: 10 out. 2022.

SANTA CATARINA. CONSEMA. Resolução nº 189, de 04 de março de 2022. **Altera a Resolução CONSEMA nº 181, de 02 de agosto de 2021, que “Estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de efluentes” e a Resolução CONSEMA nº 182, de 06 de agosto de 2021, que “Estabelece as diretrizes para os padrões de lançamento de esgotos domésticos de sistemas de tratamento públicos e privados”.** Florianópolis, SC, Disponível em:

<https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/resolucoes/2022-1/2147-resolucao-consema-n-189-2022-1/file>. Acesso em: 10 out. 2022.

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675**, de 13 de abril de 2009. Florianópolis, SC, Código ambiental de Santa Catarina. Disponível em:

[http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20\\_12\\_2013\\_14.30.40.b479cb7a256a963c9e0bbf87bd860d38.pdf](http://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/20_12_2013_14.30.40.b479cb7a256a963c9e0bbf87bd860d38.pdf). Acesso em: 17 set. 2022.

SANTA CATARINA. Lei nº 18.350, de 27 de janeiro de 2022. . Florianópolis, SC, Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=426838>. Acesso em: 28 nov. 2022.

SARCINELLI, Miryelle Freire; VENTURINI, Katiani Silva; SILVA, Luís César da. **Abate de aves.** 2007. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. Disponível em: [http://www.agais.com/telomc/b00607\\_abate\\_frandodecorte.pdf](http://www.agais.com/telomc/b00607_abate_frandodecorte.pdf). Acesso em: 15 ago. 2022.

SCHATZMANN, Heloíse 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. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/106649/272194.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 ago. 2022

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. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-ZOOTECNIA/Dissertac%C3%A3o%20Nat%C3%A1lia%20da%20Silva%20Sunada%20.pdf>. Acesso em: 17 set. 2022.

TEIXEIRA, Elaine da Silva Moura; TEIXEIRA, Moacir José. **Importância da carne de frango brasileira no mercado mundial**. 2021. Disponível em: <https://fateclog.com.br/anais/2021/94-86-1-RV.pdf>. Acesso em: 21 set. 2022.

UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina -. **Saneamento Básico II**. 2003. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos. Disponível em: [http://neagua.ufsc.br/tiki-download\\_file.php?fileId=35](http://neagua.ufsc.br/tiki-download_file.php?fileId=35). Acesso em: 17 set. 2022.

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