



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA**



**Vitória Caroline Costa Dias**

**TRATAMENTO DE EFLUENTES E SUSTENTABILIDADE NA  
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA, COM FOCO EM FRIGORÍFICOS  
BRASILEIROS**

Uberlândia – MG – Brasil

2022

VITÓRIA CAROLINE COSTA DIAS

**TRATAMENTO DE EFLUENTES E SUSTENTABILIDADE NA  
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA, COM FOCO EM FRIGORÍFICOS  
BRASILEIROS**

Revisão bibliográfica a ser desenvolvida  
como Trabalho de Conclusão de Curso de  
graduação em Engenharia Química.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Patrícia Angélica  
Vieira

Uberlândia – MG – Brasil

2022

**Vitória Caroline Costa Dias**

**TRATAMENTO DE EFLUENTES E SUSTENTABILIDADE NA  
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA, COM FOCO EM FRIGORÍFICOS  
BRASILEIROS**

Monografia aprovada para a disciplina  
Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de  
Engenharia Química, da Universidade  
Federal de Uberlândia (MG) pela banca  
examinadora formada por:

Profa. Dra. Patrícia Angélica Vieira

Orientador

Faculdade de Engenharia Química / UFU

Prof. Dr. Ubirajara Coutinho Filho

Faculdade de Engenharia Química / UFU

Eng. Me. Amanda Carmelo da Rocha

Doutorando do PPGEQ / UFU

Uberlândia, 03 de novembro de 2022

## RESUMO

O tratamento de efluentes em indústrias faz parte do processo, pois é essencial para o funcionamento desta, visto que a legislação prescreve padrões a serem seguidos para a deságua dos efluentes gerados e tratados. Como toda indústria que gera efluentes, os frigoríficos consomem muita água e, conseqüentemente, geram uma grande quantidade de efluentes líquidos. Além disso, os efluentes gerados em abatedouros possuem grande carga poluidora, a carga orgânica, que demanda de recursos naturais para sua degradação, colocando em risco de levar ao esgotamento de tal recurso. Tendo em vista que efluentes industriais são grandes agentes poluidores e a importância da análise e acompanhamento desse processo nas indústrias, o presente trabalho teve como finalidade estudar e revisar a literatura sobre o assunto, além de analisar a importância da responsabilidade ambiental para as indústrias, e por fim foi realizado um estudo de caso sobre economia circular aplicada em frigoríficos de carne bovina. A partir disso foi feito um estudo e uma revisão bibliográfica através de livros, sites oficiais, artigos, teses e dissertações acerca de tratamento de efluentes com maior foco na indústria alimentícia do seguimento de carnes, entendendo assim os maiores problemas encontrados neste tipo de indústria. Atualmente a maioria das indústrias pretendem apenas atender a legislação, e há entraves tecnológicos e econômicos para o desenvolvimento mais sustentável nos frigoríficos analisados no estudo de caso. Porém, a escassez hídrica está cada vez mais próxima e os problemas de saúde devido a questões sanitárias advindo da água estão mais presentes. Portanto a legislação também tende a ser mais rigorosa com o passar dos anos, e as indústrias devem estar preparadas para essa etapa. Além de que, indústrias que tem como valor a sustentabilidade têm grande reconhecimento de mercado, o número de consumidores que procuram por empresas sustentáveis está crescente, então é uma vantagem tanto para indústria quanto para o meio ambiente o aumento da responsabilidade sustentável no âmbito comercial, e a aplicação da economia circular é um grande avanço para as empresas. No trabalho em questão foi discutido e analisado as dificuldades encontradas pelos frigoríficos para se adequar e buscar por meios mais sustentáveis. Estas dificuldades são, principalmente, a possibilidade de reuso de água e economia deste recurso, e uso de energias renováveis, ambos fatores são impasses devido ao nível elevado de tecnologias de alto custo e falta de interesse e consciência sustentável dos gestores dos abatedouros analisados.

**Palavras-chave:** Tratamento de efluentes. Indústria alimentícia. Frigoríficos. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

The treatment of effluents in industries is part of the process, because it is essential for the operation of the industry, since the legislation prescribes standards to be followed for the discharge of the effluents generated and treated. Like any industry that generates effluents, meat packing plants consume a lot of water and, consequently, generate a large amount of liquid effluents. Moreover, the effluents generated in slaughterhouses have a large polluting load, the organic load, which demands natural resources for its degradation, putting it at risk of leading to the depletion of this resource. Considering that industrial effluents are major polluting agents and the importance of the analysis and monitoring of this process in industries, this paper aimed to study and review the literature on the subject, besides analyzing the importance of environmental responsibility for industries, and finally a case study was conducted on circular economy applied in beef slaughterhouses. From this, a study and a literature review was done through books, official websites, articles, theses, and dissertations about wastewater treatment with a greater focus on the food industry in the meat segment, thus understanding the major problems found in this type of industry. Currently most industries intend only to comply with the legislation, and there are technological and economic barriers to a more sustainable development in the slaughterhouses analyzed in the case study. However, water scarcity is getting closer and health problems due to sanitary issues arising from water are more present. Therefore, the legislation also tends to be stricter as the years go by, and the industries must be prepared for this stage. In addition, industries that have sustainability as a value have great market recognition, the number of consumers looking for sustainable companies is growing, so it is an advantage for both industry and the environment the increase of sustainable responsibility in the commercial sphere, and the application of the circular economy is a great advance for companies. In the work in question, the difficulties encountered by meat packing plants to adapt and search for more sustainable means were discussed and analyzed. These difficulties are mainly the possibility of reusing water and saving this resource, and the use of renewable energy, both of which are obstacles due to the high level of high-cost technologies and the lack of interest and sustainable awareness of the managers of the slaughterhouses analyzed.

**Keywords:** Effluent treatment. Food industry. Slaughterhouses. Sustainability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Cadeia produtiva de carnes. ....	15
Figura 2 - Processo de abate. ....	17
Figura 3 - Grade de contenção para tratamento preliminar de efluentes .....	21
Figura 4 - Peneira estática para tratamento de efluentes.....	22
Figura 5 - Decantador circular com remoção de lodo mecanizada. ....	23
Figura 6 - Flotador utilizado para o tratamento de efluentes. ....	23
Figura 7 - Sistema do uso de lodos ativados.....	25
Figura 8 - Ciclo econômico linear vs circular.....	32
Figura 9 - Etapas da metodologia de coleta de dados da pesquisa. ....	36
Figura 10 - Modelo de análise: entraves para o ciclo biológico na cadeia de carne bovina.....	37

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
1.1	OBJETIVO .....	9
1.1.1	Objetivos específicos.....	9
2	METODOLOGIA .....	10
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
3.1	USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA.....	11
3.1.1	Efluentes Da Indústria Alimentícia .....	12
3.2	PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARNES VISANDO COMERCIALIZAÇÃO INTERNA E EXTERNA .....	14
3.2.1	Exigências para exportação de carne.....	17
3.3	PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS ..	20
3.3.1	Processos Físicos.....	20
3.3.2	Processos Biológicos.....	24
3.4	LEGISLAÇÃO SOBRE USO DE RECURSOS HÍDRICOS NA ATIVIDADE FRIGORÍFICA.....	27
3.5	SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA .....	29
3.5.1	Economia Circular .....	31
4	ESTUDO DE CASO.....	34
4.1	Resumo.....	34
4.2	Metodologia de pesquisa .....	34
4.3	Resultados .....	36
4.4	Conclusão .....	42
5	CONCLUSÃO GERAL.....	44
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A área alimentícia é um segmento que está sempre em alta no mercado e presente no dia a dia das pessoas, e vem apresentando crescimento nos últimos anos. Assim como cita a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação, a indústria brasileira de alimentos e bebidas está presente no PIB brasileiro com uma participação de 10,6%, além de apresentar dados de exportação para 190 países, sendo o segundo maior exportador de alimentos (ABIA, 2020).

Compõem a indústria alimentícia os frigoríficos, onde há o abate de animais e processamento da carne. O homem tem em sua alimentação, desde o princípio, a presença de carne como fonte de proteína e a partir disso é tão importante estudar o abate de animais. Tal processo de abate gera efluentes líquidos e estes têm grande carga poluidora. Normalmente, um frigorífico consome um grande volume de água e, posteriormente, deságua em rios, na maioria das vezes de pequeno porte, esse efluente tratado. Porém, esta água, apesar de tratada, contém resíduos que a tornam imprópria à vida aquática e a qualquer tipo de abastecimento, e isso faz com que os matadouros sejam grandes agentes poluidores das águas (SCARASSATI et al., 2003).

Efluentes líquidos são responsáveis por grande parte de poluentes no meio ambiente. O volume destes efluentes também vem aumentando devido ao crescimento da população e, conseqüentemente, o crescimento industrial, principalmente da indústria alimentícia. Já existem exigências, nacionais e internacionais, sobre o tratamento de efluentes. Estas tendem a ser crescentes, tendo em vista que o abastecimento e a demanda de água está cada vez maior. As premissas impostas por normas e leis têm levado as indústrias a buscar alternativas para atingir os padrões estabelecidos na legislação (DEZOTTI, 2008).

Há parâmetros que são medidos e devem ser monitorados pelas fontes poluidoras, inclusive as indústrias, para o lançamento, direto ou indireto, dos efluentes nos corpos de água. Para determinar estes parâmetros a serem monitorados o Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, dispõe da Resolução Nº357/2005 que cita os itens de controle e suas exigências sobre estes. Faz parte dessas exigências medidas o pH, a temperatura, materiais sedimentáveis, vazão máxima,



ausência de óleos e graxas e ausência de materiais flutuantes. (RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, 2005).

Os efluentes líquidos de frigoríficos têm grande porcentagem de carga orgânica, presentes como sangue, fezes, urina e alguns descartes que podem vir a ser levados pela água. Os resíduos líquidos gerados em frigoríficos causam grandes problemas de contaminação justamente por essa elevada concentração de carga orgânica, de sólidos e de nutrientes. Tal matéria orgânica causa mudanças profundas nos corpos hídricos receptores, modificando o funcionamento básico dos corpos aquáticos, além de prejudicar a flora e a fauna que dependem destes rios (MARTINELLI et al., 2002).

A abordagem desse tema e dessa visão sobre uma grande fonte poluidora das águas e, conseqüentemente, do meio ambiente, é de grande importância, visto que os recursos naturais estão cada vez mais limitados, principalmente a água. Além de que problemas com qualidade da água são muito presente no território nacional, o que causa grandes problemas na saúde pública. O aumento da complexidade dos problemas ambientais aponta também para a discussão sobre a responsabilidade das indústrias. Assim, é essencial a busca do equilíbrio entre meio ambiente, sociedade e economia (BERTOLINO, 2012).

A sustentabilidade nas empresas é um tema que tende ser crescente nas discussões e estudos, visto que os recursos naturais são limitados e não é possível continuar o crescimento econômico sem considerar o meio ambiente e a sociedade. Portanto, a busca por soluções ambientalmente corretas e sustentáveis estão cada vez mais presente nos sistemas produtivos (CORAL, 2002).

Juntamente a esta busca por meios sustentáveis de desenvolvimento surgiu o conceito de economia circular. A economia circular tem como conceito principal que os resíduos sejam reaproveitados e mantidos nas cadeias produtivas, o que se aplica bem a utilização de água e seu reuso. A economia circular traz a visão de ciclos fechados nas produções, eliminando o conceito de lixo e enxergando cada material dentro de um fluxo cíclico, o que preserva e transmite o valor daquele resíduo (WEBSTER, 2015).

Tendo a produção de alimentos em um dos principais pilares da economia brasileira e os frigoríficos como grandes agentes poluidores das águas, justifica-se a

realização deste estudo em que foi realizado uma revisão bibliográfica sobre os assuntos importantes sobre o tema e posteriormente um estudo de caso a respeito da implementação e dificuldades encontradas no conceito de economia circular em frigoríficos. Foi possível relacionar sobre a preocupação pelo meio ambiente e a busca por novas possibilidades mais sustentáveis para a discussão da responsabilidade ambiental e da produção sustentável.

## 1.1 OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo analisar e identificar as tecnologias utilizadas no tratamento de efluentes nas indústrias alimentícias com seguimento no abate de animais. Além de verificar a importância da sustentabilidade em tais indústrias.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- Descrever o processo de fabricação da indústria alimentícia, com foco em abatedouros.
- Descrever sobre as etapas de produção de efluentes no frigorífico.
- Realizar um levantamento dos principais aspectos da legislação brasileira acerca das normas e padrões para o descarte de efluentes industriais da indústria alimentícia.
- Realizar o levantamento dos principais processos de tratamento de efluentes da indústria de abate de animais.
- Descrever sobre a importância da responsabilidade sustentável para os processos industriais alimentícios/abatedouros.
- Realizar a avaliação de um estudo de caso aplicado sobre sustentabilidade na indústria alimentícia/abatedouros.

## 2 METODOLOGIA

O trabalho em questão será desenvolvido da forma de revisão bibliográfica, que consiste na análise e estudo de trabalhos anteriores sobre o assunto, agrupando e investigando informações sobre esta temática. Portanto, tem como finalidade fazer um estudo completo de informações já descobertas, sendo otimizado para descobrir pontos que ainda não foram estudados e algumas questões que ainda são existentes nesta temática.

Para o desenvolvimento desse trabalho de revisão bibliográfica será utilizada a metodologia indicada nos tópicos abaixo:

1. Pesquisar artigos, dissertações, teses e livros sobre o assunto nas plataformas disponíveis.
2. Após separação desses documentos, será realizado um estudo aprofundado do tema, sobre informações gerais e específicas a respeito.
3. Identificar itens e subitens que deverá conter no trabalho.
4. A partir dos itens definidos fazer a separação de documentos essenciais e referências plausíveis para o desenvolvimento da revisão bibliográfica.
5. Organizar os trabalhos a serem consultados.
6. Elaborar o Objetivo, Introdução e Resumo deste trabalho.
7. Elaborar a Revisão Literária, contendo os seguintes tópicos.
  - 7.1. Uso da água na indústria alimentícia (foco na atividade frigorífica).
  - 7.2. Efluentes da indústria alimentícia (foco nos frigoríficos).
  - 7.3. Tipos de tratamentos de efluentes da indústria frigorífica.
  - 7.4. Legislação sobre a atividade frigorífica.
  - 7.5. Sustentabilidade na indústria alimentícia/frigorífica.
8. Estudo de caso.
9. Conclusão geral do trabalho.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Para citar o uso da água nas indústrias, sejam elas alimentícias ou de outro setor, primeiramente deve ressaltar o quanto este elemento natural é importante para a vida humana. A água é comumente utilizada para o consumo do homem, geração de energia, irrigação, transporte, preservação da flora e da fauna, aquicultura, e, não menos relevante, para uso industrial. As indústrias são grandes consumidoras de água, seja como matéria-prima, incorporada no produto, ou como produto auxiliar na preparação de matérias-primas, fluido de transporte, fluido de aquecimento e/ou resfriamento e nos processos de limpeza (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Dentre as atividades industriais, o setor de alimentos destaca-se por um maior consumo de água, utilizando a água tanto como matéria-prima, como produto auxiliar, principalmente quando se trata de higienização, pois a indústria alimentícia requer muito cuidado e fiscalização nesta etapa do processo. Conseqüentemente, há uma grande geração de efluentes por unidade produzida, além de gerar um grande volume de lodo nas estações com tratamento biológico. Portanto, o efluente gerado requisita da mesma atenção e monitoramento que as etapas de produção (RAMJEAWON, 2000).

Tratando de uma indústria alimentícia do seguimento de abate de animais o consumo de água é utilizado para diversas finalidades, e é essencial para o funcionamento dessa atividade. Nos frigoríficos o uso da água está associado, principalmente, a padrões sanitários de higiene. E engloba atividades como o consumo do animal e a lavagem deste, lavagem dos caminhões, lavagem de carcaças, vísceras e intestino, escaldagem, movimentação de subprodutos e resíduos, limpeza e esterilização de facas e equipamentos, limpeza das dependências físicas do frigorífico, geração de vapor e para o resfriamento de compressores e condensadores (SOUZA; ORRICO, 2016).

O consumo de água nos abatedouros varia bastante de unidade para unidade, o que depende de vários fatores, como o layout da planta e equipamentos, tecnologias

utilizadas, procedimentos presentes na fabricação do produto e, por fim, o consumidor final, pois plantas feitas para exportação de certos países podem ter exigências específicas na higienização. Segundo estudos levantados, há uma estimativa sobre o consumo que depende do animal abatido, sendo (SCARASSATI et al., 2003):

- Para abate de aves: média de 25 – 50 litros por cabeça.
- Para abate de bovinos: média de 2.500 litros por cabeça.
- Para abate de suínos: média de 1.200 litros por cabeça.

Portanto, nos frigoríficos os principais aspectos e impactos ambientais estão ligados a um alto consumo de água, o que é devido à geração de efluentes líquidos com alta carga poluidora, principalmente orgânica (PACHECO, 2008).

### 3.1.1 Efluentes Da Indústria Alimentícia

A indústria alimentícia abrange diversos subsetores com diferentes matérias primas e etapas de produção. Como foi dito ao longo deste trabalho o setor com ênfase será os frigoríficos.

Os efluentes gerados nos abatedouros caracterizam-se pela alta carga orgânica, advindo principalmente da presença do sangue, alto conteúdo de gordura, flutuações de pH por conta do uso de agentes de limpeza ácidos e básicos, altos índices de nitrogênio e fósforo, teores significativos de sais diversos e, eventualmente, de compostos aromáticos (no caso de processos de defumação de produtos de carne), além de flutuações de temperatura graças ao uso da água para resfriamento e aquecimento (PACHECO, 2008).

Sendo assim, os efluentes dos frigoríficos apresentam valores elevados dos parâmetros utilizados para quantificar a carga orgânica poluidora, que são a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO). Além do sangue, é encontrado também materiais putrescíveis, possível de entrar em decomposição em poucas horas, principalmente se estiver em um ambiente de alta temperatura. O sangue tem a DQO mais elevada de todos os efluentes líquidos geradas no processamento de carne (PACHECO; YAMANAKA, 2008).

Devido a presença de materiais e substâncias tão características, os efluentes gerados no processo de abate de animais possuem aspectos específicos. Além da DBO e a DQO há outros parâmetros comumente analisados nos frigoríficos, entre eles o carbono orgânico total (TOC), nitrogênio total (TN), concentração de oxigênio dissolvidos em água (COD) e sólidos suspensos totais (SST). Estudos apontam valores médios que definem essas características para os efluentes gerados em abatedouros, que foram mostrados na Tabela 1 (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2014).

*Tabela 1 - Características comuns nos efluentes gerados em frigoríficos.*

<b>Parâmetro</b>	<b>Faixa</b>	<b>Média</b>
TOC (mg/L)	100 a 1.200	546
TN (mg/L)	50 a 841	427
COD (mg/L)	1.250 a 15.900	4.221
SST (mg/L)	300 a 2.800	1.167
DBO (mg/L)	610 a 4.635	1.209
pH	4,90 a 8,10	6,95

Fonte: (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2014)

A DBO e a DQO representam o conteúdo de matéria orgânica do resíduo líquido a ser digerido, além de indicar a eficiência de remoção desta mesma matéria orgânica do processo. A indústria deve seguir a legislação que prevê valores máximos de DBO e DQO, devido ao lançamento posterior desse efluente nos corpos d'água (OLIVEIRA, 1993).

A quantidade de carbono orgânico total (TOC) também é uma forma de monitorar a matéria orgânica e avalia a eficiência de métodos de degradação de compostos orgânicos tóxicos nos diferentes métodos de tratamento de efluentes industriais. Este parâmetro mede a quantidade de carbono ligado a um composto orgânico, por isso é comumente utilizado como indicador da qualidade da água (FONSECA et al., 2006).

O nitrogênio total (TN) mede o nitrogênio orgânico, o nitrogênio amoniacal, os nitratos e os nitritos nos efluentes gerados das indústrias. Apesar de que a Resolução CONAMA Nº 430 não exija esse acompanhamento e um valor máximo, pode existir demandas a nível regional. A remoção do nitrogênio presente em

efluentes líquidos é de extrema importância ambiental, se tratando da redução do impacto eutrofizante sobre os corpos d'água que receberão esse efluente. Além de que há um nível de toxicidade de algumas substâncias nitrogenadas, principalmente a amônia, que pode causar danos à biota aquática (FLECK; EYNG, 2015).

A concentração de oxigênio dissolvido em água (COD), é um parâmetro importante para analisar as características químicas e biológicas das águas, e pode ter sua concentração variada de acordo com o ambiente, dependendo da temperatura e pressão. A presença de grandes quantidades de matéria orgânica no ambiente aquático pode levar a menores concentrações de oxigênio dissolvido devido ao processo natural de oxidação da matéria orgânica. Então, indiretamente, é uma forma de quantificar a matéria orgânica presente no efluente (KRISTENSEN et al., 2008).

Por fim, a quantidade de sólidos em suspensão (SST) que também é um indicador de poluição e qualidade da água, é a análise e acompanhamento das partículas com pequenos diâmetros presentes na água. Essas partículas têm teores anormais que podem causar alterações físicas, químicas e biológicas nos corpos d'água receptores (FREITAS et al., 2018).

### **3.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CARNES VISANDO COMERCIALIZAÇÃO INTERNA E EXTERNA**

O processamento da carne no Brasil engloba várias áreas, e as etapas podem ser generalizadas para os três tipos de carnes mais comuns no território brasileiro, sendo a carne bovina, a carne suína e a carne de frango. Este processo se inicia no campo, passando para o transporte, posteriormente pelo abate e, por fim, a distribuição, o que foi ilustrado na Figura 1. Como o foco do trabalho são os frigoríficos será abordado o processo de abate, a partir do momento em que o animal chega no abatedouro (EMBRAPA, 2022).

Figura 1 - Cadeia produtiva de carnes.



Fonte: (EMBRAPA, 2022).

Na chegada dos animais na fábrica é feito o descarregamento destes, onde posteriormente deve ser lavado o caminhão, o que é uma exigência sanitária. Após o descarregamento, os animais ficam em uma dieta hídrica até o momento do abate para aliviar o “stress” causado pelo transporte, nesta etapa pode ser exigido aspersores para climatizar o ambiente, de acordo com o nível de bem-estar animal exigido pela indústria (SCARASSATI et al., 2003).

Após o sacrifício dos animais, esses passam pelo processo de sangria, comum entre o gado, suíno e aves, em que estes ficarão suspensos em um trilho aéreo até que o sangue seja drenado. Nesta etapa o sangue cai sobre uma calha, e pode ter diferentes destinos, entre eles, ser direcionado para a graxaria, para fábrica de ração, além de ser destinado para efluentes líquidos também (PACHECO; YAMANAKA, 2008).

Após concluída a etapa de sangria, nos bovinos, é retirado o couro, e passa pela lavagem da carcaça. Já nas aves e nos suínos, é realizado a escaldagem, que consiste em um tanque de escalda, em que as carcaças são submersas em água de elevadas temperaturas para facilitar na retirada nos pelos e penas, o tanque de escalda consome grande quantidade de água em ambos os casos. As aves e os



suínos passarão por uma depenadeira para retirada dos pelos e penas, logo após há a lavagem das carcaças (ARAÚJO; CARDOSO, 2022).

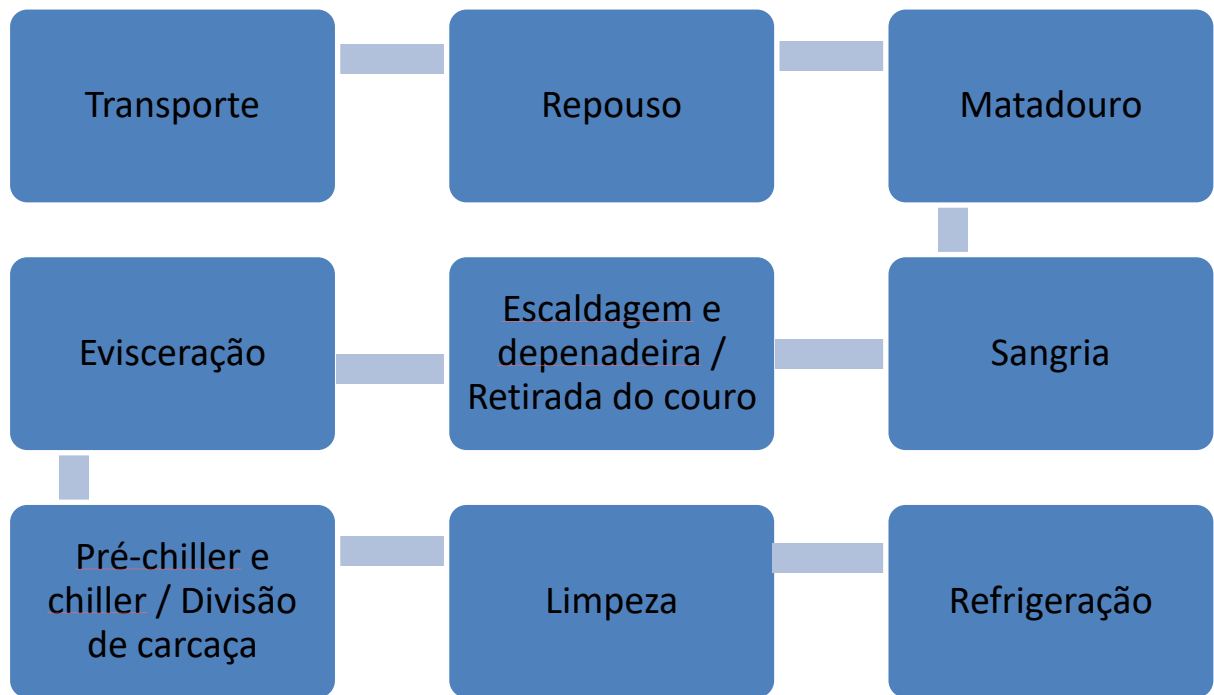
Outro processo comum entre os três tipos de frigoríficos é a evisceração, que é a retirada das vísceras, esta etapa envolve a remoção das vísceras abdominais e pélvicas, além dos intestinos, bexiga e estômagos. Após retiradas estas partes são carregadas em bandejas, da mesa de evisceração para inspeção, depois é transportada para a área de processamento, ou então direcionadas para as graxarias (PACHECO; YAMANAKA, 2008).

Retirada as vísceras o animal estará pronto para o corte e a refrigeração, assim, a próxima etapa, para os suínos e bovinos, a carcaça é serrada longitudinalmente ao meio. Entre um e outro animal, as serras recebem um “spray” de água para limpar os fragmentos de carne e ossos gerados, assim como as carcaças que são limpas com água sob pressão. Assim, as carcaças estarão limpas e prontas para refrigeração e são mandadas para câmaras frias, após o resfriamento as carcaças estão aptas para industrialização e/ou comercialização (PACHECO; YAMANAKA, 2008).

Já para o processo de aves, após a evisceração, os animais passam por um pré-resfriamento, conhecido como “*pré-chiller*”, que consiste na imersão em tanques de inox com água à uma temperatura de 10 a 18°C, durante aproximadamente 12 minutos, com, em média, 2 litros de água por ave. O *pré-chiller* serve para dar início ao resfriamento, limpeza e reidratação da carcaça, o que é terminado no *chiller*. O *chiller* que também consiste em um tanque, mas com água em temperatura de aproximadamente 2°C e média de 1,5 litros por ave. Logo após esse processo a carcaça passa por um gotejamento e classificação e está pronta para a industrialização (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

A área do abate se encerra no resfriamento, na Figura 2 é possível resumir as etapas descritas. Um frigorífico com apenas esta finalidade termina seu processo nesta etapa, mas grande parte dos frigoríficos também processam a carne, passando para a industrialização, onde há um leque muito grande de processos distintos. Portanto neste trabalho será focado no abatedouro propriamente dito.

*Figura 2 - Processo de abate.*



Fonte: autora

Nos abatedouros, como foi citado anteriormente, o consumo de água varia de unidade para unidade, dependendo de fatores como objetivo da fábrica, localidade, animal abatido, entre outras. Porém, é notável o grande consumo de água de qualquer frigorífico devido as exigências sanitárias e higiênicas, além de grande uso para refrigeração e aquecimento, por se tratar de um produto destinado a alimentação humana. De toda água utilizada nos processos da indústria de abate de animais aproximadamente 80 a 95% se torna efluente, e todo efluente com elevados níveis de matéria orgânica, devido à presença de esterco, gorduras e sangue (UNEP, 2000).

### 3.2.1 Exigências para exportação de carne

O Brasil tem uma crescente participação no setor de carnes mundial, atualmente o país é um dos principais exportador de alimentos advindos de carne suína, bovina e avícola. Sendo assim, as empresas brasileiras se tornaram grupos poderosos que concorrem com outras organizações globais. Por isso, deve ser ressaltado as

diferenças para a comercialização com finalidade de exportação (PEDROZO; KRUMMENAUER, 2007).

Os processos de abate descritos anteriormente são comuns tanto para comércio interno, quanto para o comércio externo, porém alguns países são mais exigentes em relação a questões sanitárias e qualidade do produto. O mercado externo é mais rigoroso quanto a inspeção destes, a produção deve seguir um rígido controle de qualidade, visando atender aos padrões fitossanitários internacionais (VIEIRA; WANDER; FIGUEIREDO, 2013).

Os padrões ou exigências fitossanitárias são medidas que dependem de cada país, a finalidade desse padrão é evitar a contaminação e disseminação de pragas e doenças em seus territórios, protegendo lavouras e a biodiversidade natural do país. Estes requisitos dependem, além do país que receberá o produto, também da empresa exportadora que deve atender as exigências. Por isso a empresa e o comprador devem realizar contato e estabelecer um acordo de quais quesitos poderão ser atendidos e cobrados (MAPA, 2020).

Estes padrões fitossanitários exigem medidas sanitárias no estabelecimento, a depender do comprador, entre eles é possível citar (WTO, 2010):

- Certificação de sanidade de alimentos, de animais e plantas;
- Métodos de processamento e higiene de alimentos;
- Requisitos de etiquetagem relacionados à sanidade de alimentos;
- Procedimentos de quarentena de animais e plantas;
- Procedimentos de inspeção e prevenção de disseminação de pestes e doenças.

Tendo em vista os padrões de higiene de alimentos, durante o processo de abate nos frigoríficos surgem diversas variáveis que contribuem no incremento à carga microbiana superficial. Sendo que um dos pontos críticos para análise é a retirada do couro do boi, e nos suínos e aves a retirada dos pelos e pele, devido às possibilidades de contaminação da superfície das carcaças a partir de micro-organismos da pele e couro (LAMBERT; SMITH; DODDS, 1991).

Outra etapa de atenção nos abatedouros é a evisceração, pois durante a retirada dos conjuntos do trato gastrointestinal pode ocorrer ruptura de vísceras com

extravasamento de conteúdo gastrointestinal, sendo essa uma das importantes fontes de contaminação de carcaças (SCHWACH, 2007).

Um modo eficaz de redução de contaminação e para atender os padrões sanitários é a implementação de programas de controle de qualidade, como Boas Práticas de Fabricação (BPF) e Procedimento Padrão de Higiene na Indústria Alimentar (PPHO). Estes programas possuem manuais e acompanhamento que podem ser validados e verificados pela pesquisa de micro-organismos indicadores de higiene que além de remeterem às práticas adequadas de processamento, também sugerem a presença de patógenos e micro-organismos causadores de deterioração. Acompanhamento e implementação de programas de qualidade auxiliam o exportador a verificar se os padrões de produção estão atendendo as expectativas (JAY; LOESSNER; GOLDEN, 2005).

No Brasil, a fiscalização das atividades de abatedouro é de responsabilidade do MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O MAPA dispõe de auditorias fiscais federais, que podem ser permanentes na organização a depender do tamanho da empresa. Esse ministério é responsável por negociar os requisitos com os países de destino e, posteriormente, fiscalizá-los no abatedouro. O MAPA, também, garante o desenvolvimento sustentável juntamente com a competitividade das empresas, visando a segurança alimentar, não só dos produtos exportados, mas também para o consumo da população brasileira. Assim, fortalecendo o setor produtivo nacional e favorecendo a inserção do Brasil no mercado internacional (MACHADO, 2021).

Além das exigências ditas anteriormente, há também pontos diferenciais que os frigoríficos procuram atender para a comercialização externa. As empresas têm como objetivo, quando são grandes exportadoras, conquistar o *status* pós-geográficos, ou seja, além dos limites de seus países, e esse *status* está ligado a desenvolvimento e mercado sustentável (SAFATLE, 2006).

O aumento das exportações de carne comprova o mérito das relações entre os frigoríficos brasileiros e os clientes externos. Com isso, é importante destacar o processo de adequação às normas (ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e SA 8000), que serão mais bem descritas nos próximos tópicos, estas contribuem para a sustentabilidade empresarial, o que envolve mudanças e adequações na organização

da empresa em relação ao meio ambiente e a sociedade, procurando sempre retornos econômicos. Como as certificações são itens importantes, há o pressuposto de que o frigorífico, o qual atende ao mercado externo, ao cumprir os requisitos internacionais, concomitantemente promove a sustentabilidade, e torna-se, então, importante verificar esse processo de adequação (ARAÚJO; MENDONÇA, 2009).

### **3.3 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS**

Os tipos de tratamento de efluentes industriais adotados, os materiais e equipamentos utilizados dependem de alguns fatores, sendo eles: a legislação ambiental regional; o clima; a cultura local; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes industriais; a qualidade do efluente tratado; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; a interação com a vizinhança; confiabilidade para atendimento à legislação ambiental; possibilidade de reuso dos efluentes tratados. Entretanto é possível descrever esses processos, para os frigoríficos, de forma geral (GIORDANO, 1999).

Nos frigoríficos, e na maioria das indústrias, o tratamento de efluentes tem o objetivo de atender a legislação. E para cumprir tal objetivo o processo de tratamento de efluentes, em abatedouros, pode ser dividido em processos físicos e biológicos para remoção dos poluentes.

#### **3.3.1 Processos Físicos**

Os processos físicos são processos de operações unitárias e têm como característica métodos de separação de fases, sendo que este fato pode ocorrer através de gradeamento, peneiramento, sedimentação ou decantação e por flotação dos resíduos (BRANDÃO; CASTILHO, 2001).

O gradeamento tem como objetivo a remoção de sólidos grosseiros capazes de causar entupimentos, para proteger tubulações, válvulas, bombas e outros equipamentos seguintes no tratamento. Nas unidades do sistema de tratamento são

utilizadas grades mecânicas ou de limpeza manual, o espaçamento entre elas varia normalmente entre 0,5 e 2 cm. Na Figura 2 foi ilustrado um sistema de gradeamento mecânico (BRANDÃO; CASTILHO, 2001).

*Figura 3 - Grade de contenção para tratamento preliminar de efluentes*



Fonte: (PROENCIS, c2022).

Outra forma de eliminar parte de sólidos reduzindo a carga destes no efluentes é o peneiramento, que consiste em peneiras, que na maioria das vezes, têm malhas com barras com espaçamento variando entre 0,5 e 2 mm, podendo a limpeza ser mecanizada ou ser estática. As peneiras estáticas são mais simples e com baixa investimento inicial, porém há alguns problemas encontrados no uso destas, sendo necessário a limpeza constante para evitar o entupimento da peneira. As peneiras mecânicas podem ser vibratórias ou rotatórias, ambas apresentam movimentos que mantem os dejetos em fluxo contínuo, sendo baixa a tendência de entupimento. Na

Figura 3 foi ilustrado o peneiramento estático, que tem o uso mais comum nos frigoríficos (OLIVEIRA, 1993).

*Figura 4 - Peneira estática para tratamento de efluentes.*



Fonte: (SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, c2022).

O processo de sedimentação ou decantação reduz parte da matéria orgânica presente nos efluentes, seu objetivo é a remoção de sólidos em suspensão, não grosseiros. Essa separação acontece devido a diferença de densidade da água com os demais componentes que há no efluente gerado de um frigorífico. No processo de sedimentação ou decantação há formação de lodo, e nesta etapa há diversas formas para remoção do lodo, em que pode se encaixar no processo com ou sem mecanização. Os decantadores podem ser circulares ou retangulares, com limpeza de fundo por pressão hidrostática ou com remoção de lodo mecanizada por raspagem ou sucção. Na Figura 4 foi ilustrado o decantador circular com remoção de lodo

mecanizada que é a mais encontrada nos frigoríficos devido à alta presença de lodo nessas indústrias (MELLO, 2007).

*Figura 5 - Decantador circular com remoção de lodo mecanizada.*



Fonte: (DAGA, c2019).

Na flotação o equipamento se assemelha com o da Figura 4, porém neste processo há introdução de bolhas de ar a uma suspensão de partículas. Onde as partículas aderem as bolhas e forma uma espuma superior que pode removida da solução, assim será feito a separação física de maneira efetiva. Neste processo, apesar dos equipamentos serem semelhantes, ocorre o inverso da sedimentação de partículas, na Figura 4 o lodo retido está por baixo e na flotação o lodo estará presente por cima, como foi possível observar na Figura 5 a presença do lodo gerado pelo borbulho na parte superior (MASSI et al., 2008).

*Figura 6 - Flotador utilizado para o tratamento de efluentes.*



Fonte: (RESICLEAN AMBIENTAL, c2022).



### 3.3.2 Processos Biológicos

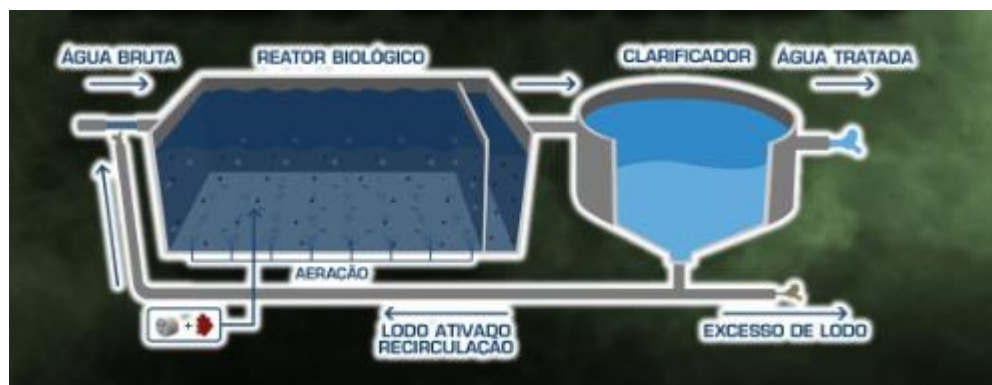
A decomposição da matéria orgânica pode ocorrer através de dois processos, sendo na presença de oxigênio, conhecido como processo aeróbio, e na ausência de oxigênio, conhecido como processo anaeróbio. Em frigoríficos o processo biológico no tratamento de efluentes é dividido nessas duas categorias (METCALF; EDDY, 2016).

Faz parte dos processos aeróbios a utilização de lodos ativados, filtros percoladores e lagoas de estabilização aeróbias. O processo que faz o uso de lodos ativados tem presença de grande carga poluidora, e é comumente aplicado ao tratamento de esgoto de grandes cidades e para efluentes industriais com alta carga orgânica, que é o caso dos frigoríficos. Os filtros percoladores são mais utilizados em tratamento de esgoto de pequenas cidades e efluentes industriais com alta carga, porém com baixa vazão. Por fim, as lagoas de estabilização aeradas é considerada uma forma mais econômica, mas que exige grande área de construção, é a forma mais simples de tratamento de efluentes e que exige poucos ou nenhum equipamento para seu funcionamento (METCALF; EDDY, 2016).

Com o foco nos frigoríficos, os dois tipos de tratamento aeróbio mais encontrados nessas indústrias são o uso de lodo ativado e as lagoas de estabilização. As etapas para o uso de lodo ativado consistem, primeiramente, em um tanque de aeração, que ocorrerá as reações bioquímicas de remoção de matéria orgânica, e posteriormente um tanque de decantação para retirada dos sólidos e um sistema de recirculação de lodo para aumentar a concentração de biomassa no reator, o que foi ilustrado de forma simplificada na Figura 6 (VON SPERLING, 1996).

A circulação do lodo faz com que há uma permanência maior de sólidos no sistema, garantindo que a biomassa metabolize a maior quantidade de matéria orgânica possível, o que gera uma maior eficiência ao processo. O ponto de atenção que pode ser uma desvantagem, a depender do objetivo da indústria, é que o sistema de lodos ativados necessita de um maior índice de mecanização, comparado com os outros processos, implicando em maior dificuldade de operação e maior consumo de energia elétrica (VON SPERLING, 1996).

Figura 7 - Sistema do uso de lodos ativados.



Fonte: Modificado de VON SPERLING, 1996.

As lagoas de estabilização podem ser divididas em alguns tipos, sendo elas (VON SPERLING, 2002):

- Lagoas facultativas;
- Lagoas anaeróbias;
- Lagoas aeradas;
- Lagoas aeradas de mistura completa.

As diferenças entre elas podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos de lagoas para o tratamento de efluentes.

Tipo de lagoa	Descrição
Lagoa facultativa	A DBO solúvel é estabilizada por bactérias aeróbias dispersas no meio líquido e a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo degradada por bactérias anaeróbias no fundo da lagoa. O oxigênio é fornecido pela fotossíntese das algas.
Lagoa anaeróbia	A lagoa anaeróbia, que possui maior profundidade e menor volume, remove cerca de 50 a 70 % da DBO. O restante é removido na lagoa facultativa. O sistema ocupa menor área que uma única lagoa facultativa.
Lagoa aerada	A remoção da carga orgânica ocorre de forma similar à lagoa facultativa, porém com fornecimento de oxigênio através de sistema de aeração. Também neste caso

	ocorre a degradação anaeróbia dos sólidos sedimentados no fundo.
Lagoa aerada de mistura completa	O sistema de aeração e mistura mantém os sólidos dispersos no meio líquido, em mistura completa, que resulta em maior concentração de bactérias no meio líquido e maior eficiência de remoção de DBO, reduzindo o volume de lagoa necessário em comparação à facultativa. Os sólidos em suspensão devem ser removidos antes do lançamento no corpo receptor, na lagoa de decantação.

Fonte: (VON SPERLING, 2002).

O processo anaeróbio tem características específicas, como reduzida taxa de crescimento microbiano, o baixo consumo de energia, o baixo requisito de área e a geração de gás metano (SCHATZMANN, 2009).

Os sistemas anaeróbios são classificados em convencionais e de alta taxa, em que os convencionais são processos com o uso de digestores de lodo, tanques sépticos e lagoas anaeróbias. Os sistemas convencionais caracterizam-se por não possuírem mecanismos de retenção de sólidos no sistema, além de que possuem elevados tempos de detenção e baixas cargas volumétricas. Já o de alta taxa requer presença de reator, em que pode haver uma ampla variedade de reatores e processos. Os sistemas de alta taxa permitem que os reatores sejam operados com baixos tempos de detenção hidráulica e elevados tempos de retenção celular através de mecanismos de retenção de biomassa (SCHATZMANN, 2009).

A etapa de tratamento biológico dos efluentes gerados por frigoríficos geralmente é constituído, primeiramente, por uma etapa anaeróbia, para que os compostos complexos presente nos resíduos líquidos sejam convertidos em compostos mais simples, assim passando pela etapa aeróbia posteriormente. Portanto, os processos mais presentes nos abatedouros são: a etapa anaeróbia é realizada em lagoas de estabilização; e a etapa aeróbia também é muito comum a presença de lagoas e/ou sistema de lodos ativados. É importante ressaltar, que para o bom funcionamento do tratamento biológico é essencial que a remoção de gordura tenha sido eficiente no tratamento físico. Esta remoção de gordura ocorre,

principalmente, nas etapas com peneiras rotativas e/ou no processo de sedimentação. Estes processos são de grande importância, pois o tratamento biológico, na etapa anaeróbia, é extremamente sensível e a presença excessiva de gordura causa ineficiência das bactérias (SCHATZMANN, 2009).

### **3.4 LEGISLAÇÃO SOBRE USO DE RECURSOS HÍDRICOS NA ATIVIDADE FRIGORÍFICA**

A “Lei das águas”, como é conhecida a Lei nº 9.433 de 1997 foi responsável pela mudança de atitudes quanto ao tratamento de efluentes gerados. De maneira que esta impôs restrições e exigências que não eram cobradas anteriormente para o lançamento dos efluentes nos rios. A Lei nº 9.433 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, além de criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (ROBERTO, 2020).

A Lei Nº 9.433 baseia-se nos fundamentos de que a água é um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. Como os corpos hídricos são limitados, em caso de escassez o uso prioritário é para consumo humano e a dessedentação de animais, portanto a indústria não é uma prioridade, e estas devem sempre proporcionar o uso múltiplo das águas (BRASIL, 1997).

Para utilização dos recursos hídricos a indústria necessita da outorga, sendo que o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. A outorga também garante o direito de captação de parte da água de algum corpo de água tanto para população, quanto para processos de produção. Além disso, é previsto e acordado como deve ser o tratamento do efluente após o uso, sua qualidade após o tratamento, seu transporte e onde deve ser desaguado (BRASIL, 1997).

Outra lei de grande importância para o tratamento de efluentes é a Lei nº 9.984, que consiste na criação da Agência Nacional de Água - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A ANA tem como objetivo supervisionar, controlar e avaliar as ações das instituições públicas e privadas

garantindo o cumprimento das leis federais perante os recursos hídricos. A Agência Nacional de Água é responsável pela autorização sobre os direitos do uso das águas, ou seja, esta que garante a outorga para interesses públicos e privados do uso dos corpos de água para abastecimento e como será seu tratamento após o uso (BRASIL, 2000).

As leis federais a respeito de recursos hídricos são combinadas com leis estaduais, a depender da localidade da indústria, neste mesmo sentido existem as legislações municipais que são desenvolvidas com embasamento na legislação federal e estadual. As empresas se adequam para utilizar os recursos hídricos e realizar seu tratamento de acordo com as exigências de qualidade da água que são estabelecidas de acordo com o município (BEAL; FERREIRA; RAUBER, 2014).

A Resolução CONAMA nº 357 estabelece condições e padrões para o lançamento de efluentes em corpos hídricos e designa ao órgão ambiental competente a fiscalização, este órgão depende da atividade realizada e/ou localização da empresa. A Resolução deixa a autonomia para o órgão ambiental de acrescentar padrões para o tratamento de efluentes, tendo em vista as condições locais, desde que há fundamentações técnicas sobre as alterações. Porém o lançamento de efluentes não podem estar em desacordo com as condições padrões apresentados pela Resolução, o órgão ambiental competente poderá, excepcionalmente, autorizar o lançamento de efluente acima das condições e padrões estabelecidos pela Resolução, estas condições são (SILVA, 2005):

- I. pH entre 5 e 9;
- II. temperatura: inferior a 40 °C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3 °C na zona de mistura;
- III. materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- IV. regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;
- V. óleos minerais: até 20 mg/L;

- VI. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;
- VII. ausência de materiais flutuantes;
- VIII. DBO: remoção mínima de 60%.

Quanto aos frigoríficos, há o Decreto nº 30.691 de 29 de março de 1952 que aprova o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, abreviado RISPOA. O decreto estabelece normas que abrange todo o território brasileiro em indústrias que contêm produtos de origem animal, tanto para industrializados ou abate. A inspeção acontece de acordo com o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA) e abrange vários aspectos, entre eles o que diz respeito a utilização da água, sendo a captação, canalização, depósito, tratamento e escoamento das águas residuárias. O DIPOA é responsável pela inspeção ambiental de forma geral e se aplica as regras impostas pela Resolução nº 357 a respeito do tratamento de efluentes (BRASIL, 1952).

### **3.5 SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Nos últimos anos há uma crescente pressão mundial sobre os governos e empresas a respeito do aumento da degradação da natureza, o que pode vir a ser um grande problema para a saúde da humanidade. Os riscos que pesam sobre a vida humana fizeram com que surgissem esforços para o desenvolvimento sustentável. Porém, com o crescimento populacional e a alta demanda de recursos, não é possível um impacto ambiental zero, assim, para obter um desenvolvimento sustentável se deve sempre pensar em reutilizar e reduzir consumo, além de reciclar (BOFF, 2017).

Desde o início das discussões sobre problemas ambientais, pode-se afirmar que houve uma evolução a respeito da consciência populacional e de grandes empresas. Discussões e estudos sobre a relação sociedade e meio ambiente tomou proporções maiores e são apresentadas e discutidas de maneira mais crítica, passando a ser um problema mais globalizado e menos localizado. Essa reflexão e atenção maior para o tema de sustentabilidade faz com que surjam alternativas para redução de impactos ambientais (BELLEN, 2005).

Como uma atividade básica para a vida humana, a alimentação é um setor da economia de extrema importância, assim como sua sustentabilidade, tendo em vista o crescimento populacional e a tendência de que cada vez mais necessite de alimentos. Perante disso, há um desafio acerca de atender o aumento da demanda interna, além da comercialização externa, sendo o Brasil um grande exportador de alimentos, de maneira sustentável e com qualidade (ABIA, 2017).

Nas indústrias alimentícias, assim como as que tem como objetivo o abate e processamento de carne, existem normas de certificação, que são indicadores de sustentabilidade empresarial reconhecidas internacionalmente. As empresas buscam atender estas normas para obter os certificados, sendo algumas dessas: a ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e SA 8000, estas normas consistem em: Gestão da Qualidade, Gestão Ambiental, Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional e Gestão da Responsabilidade Social, respectivamente (ARAÚJO, 2006).

A sigla ISO significa International Organization for Standardization e foi criada pela ONU, Organização das Nações Unidas, em 1946. A ISO tem como objetivo diminuir diferenças tecnológicas e competitivas com âmbito internacional entre as empresas. Os sistemas de gestão abordados na ISO possuem vários parâmetros, mas não garantem defeitos zero, poluições zero ou riscos zero, e sim um meio para as empresas seguirem para dar resultados as demandas e garantir sua continuidade no mercado (ARAÚJO, 2006).

Com foco na parte de sustentabilidade a respeito de questões ambientais, a ISO 14001 que é reconhecida mundialmente e sua certificação se dá às empresas com visões de políticas ambientais, principalmente a questões de poluição e utilização consciente de recursos. Esta certificação é de grande relevância para o mercado, tendo em vista a crescente busca por produtos sustentáveis a níveis ambientais pelos consumidores da atualidade, além de garantir o atendimento da legislação ambiental (MIAMOTO, 2001).

A evolução do pensamento sustentável vem ganhando força no mercado, a população está cada vez mais preocupada com o desenvolvimento sustentável das empresas em que consomem. Então, a partir disso, as organizações privadas tendem a cumprir e buscar soluções ambientais para atender as exigências dos clientes, e conseqüentemente da legislação. Na dimensão ambiental se pode citar a redução das

emissões de gases nocivos, de efluentes líquidos e sólidos, consumo consciente dos recursos hídricos, conformidade com normas ambientais, entre outros (ARAÚJO, 2006).

A partir de toda essa visão de comércio e consumidor vem surgindo estudos e soluções a respeito de sustentabilidade empresarial, que consiste em conjuntos de boas práticas das empresas para um crescimento econômico respeitando o meio ambiente e a sociedade. As vantagens que a sustentabilidade ambiental traz estão ligadas a inovações e crescimento, tendendo a uma aderência facilitada da população (GONSALES, 2021).

Sendo assim, a proposta de aplicar ações sustentáveis para a agroindústria, englobando frigoríficos, é muito importante para a empresa e o meio ambiente, visto que os consumidores estão mais exigentes em relação a produtos que não agredem a natureza, estando dispostos a pagar por isso. Além de que as organizações necessitam atender as normas ambientais para conseguir acessar o mercado, inclusive mercados mais exigentes, como o exterior (RUVIARO et al., 2012).

### **3.5.1 Economia Circular**

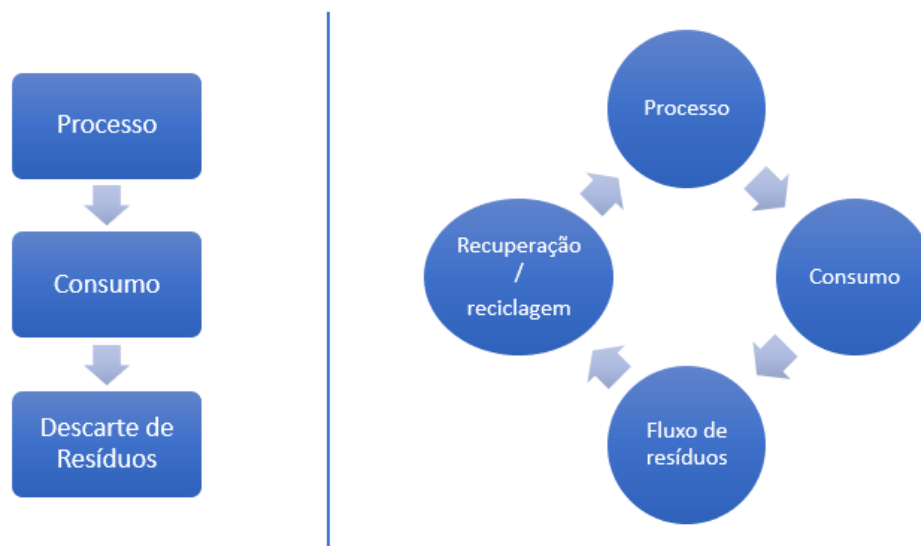
Tendo em vista a sustentabilidade das empresas, surgiu, a partir de buscas por fatores que facilitam as organizações a seguirem o meio sustentável, o conceito de economia circular. Com o meio ambiente enfrentando escassez de recursos naturais, tais como água, extinções de espécies, aquecimento global, entre outros, o sistema de desenvolvimento linear teve que passar por uma revisão com a finalidade de estabelecer um novo sistema de desenvolvimento econômico para que o meio ambiente consiga acompanhar o crescimento das empresas e da sociedade (SHEN; QI, 2012).

O modelo econômico linear não leva em consideração que os recursos naturais são finitos, o que causa grande degradação ambiental, os resíduos, de forma geral, são descartados no meio ambiente sem reaproveitamento. A partir disso, surgiu o conceito de economia circular, que propõe o equilíbrio entre economia e meio ambiente, buscando eficiência do sistema produtivo como um todo, tendo em vista o



aproveitamento de todo o ciclo do produto. A comparação dos dois modelos pode ser observada na Figura 7 (GONÇALVES; BARROSO, 2019).

*Figura 8 - Ciclo econômico linear vs circular.*



Fonte: Modificado de RAEE, 2022.

O processo de industrialização, englobando todos os tipos de produção generalizados, tem como forma predominante a extração ou uso de matéria prima, produção e, por fim, o descarte, o que causa grande geração de resíduos sem aproveitamento. Este processo é caracterizado como descarte acelerado e precoce dos bens produzidos, o que causa grandes problemas ambientais, além de aumentar o consumo e, com isso, acarreta a crescente extração de recursos naturais (FOSTER; ROBERTO; IGARI, 2016).

Portanto, houve a necessidade de uma revisão e implementação de estudos acerca de um novo modelo de industrialização para que o meio ambiente consiga acompanhar o crescimento populacional. A economia circular propõe a reinserção dos materiais no ciclo produtivo, para minimizar os impactos negativos no meio ambiente. O fechamento de ciclos proposto já é utilizado em diversos processos nas indústrias e vem ganhando força nas pesquisas e estabelecendo progressivamente como modelo de gestão ambiental (FOSTER; ROBERTO; IGARI, 2016).

A economia circular parte do conceito de três princípios essenciais para o seu bom funcionamento, conhecido como 3R's, consiste em reduzir, reutilizar e reciclar. Estes princípios podem ser descritos como (VIET, 2012):

- Reduzir: que aborda o conceito de diminuir no consumo de materiais que podem causar impactos na natureza, principalmente água, energia, minerais e outros resíduos, tanto líquidos, como sólidos, que podem causar problemas para o meio ambiente e que são recursos limitados.
- Reutilizar: consiste em utilizar novamente um material, sendo para a mesma finalidade a qual foi usado primeiramente ou para fins similares. Esta ação faz com que a vida útil do recurso se estenda, o que é de grande importância para a preservação do meio ambiente.
- Reciclar: um conceito muito discutido e que vem ganhando muita atenção nos últimos anos, a reciclagem é um conjunto de técnicas que aproveita resíduos e os colocam novamente no ciclo de produção. Para isso acontecer o lixo descartado deve ser destinado de maneira diferente, separando-os de acordo com seu material e, após isso, são processados para cumprir sua finalidade de reutilização no processo.

## 4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso adotado tem como título Economia Circular: Entraves Tecnológicos para Gestão do Ciclo Biológico na Indústria de Processamento de Carne Bovina (SOUZA & SOUZA, 2020).

### 4.1 Resumo

O estudo de caso avaliado no presente trabalho refere-se a uma análise do artigo apresentado por Souza e Souza (2020), que teve como objetivo analisar os entraves encontrados para a aplicação do ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento de carne bovina. Como foi mencionado nos tópicos da revisão bibliográfica, a economia circular vem recebendo atenção e destaque nas pesquisas acadêmicas que envolva o meio ambiente, sendo um modelo de desenvolvimento econômico que minimiza os impactos na natureza e promove uma economia mais sustentável. Com isso, as autoras utilizaram como método de pesquisa entrevistas, pesquisas e análise de documentos, observação in loco e dados visuais de unidades frigoríficas de abate de bovinos. Como resultados, foi apontado e analisado as dificuldades encontradas para a aplicação do conceito da economia circular nos frigoríficos de processamento de carne bovina que foram estudados. De acordo com as análises dos resultados verificou-se que houve entraves tecnológicos para o tratamento de água, alto consumo de água e energia, falta de conscientização dos gestores e falta de incentivo por parte do governo para promover o desenvolvimento sustentável das empresas. Há grandes impasses para aplicação da economia circular nos abatedouros analisados, e isto sugere que de forma geral, nos frigoríficos brasileiros.

**Palavras-chave:** Frigorífico. Economia Circular.

### 4.2 Metodologia de pesquisa

As autoras realizaram estudos de casos múltiplos, o estudo de caso é considerado pelos pesquisadores uma forma de acrescentar ainda mais nas

pesquisas e áreas de conhecimento. Atualmente os estudos de caso variam de formato a depender do objetivo e assunto tratado no trabalho, no caso do trabalho realizado por Souza e Souza (2020) foi feito uma análise qualitativa em duas indústrias de processamento de carne bovina e oito unidades de análise (PEREIRA et al., 2018).

O estudo realizado, com análises incorporadas, baseou-se em entrevistas com pesquisadores da EMBRAPA, especialistas da área de inovação tecnológica de frigoríficos, gestores ambientais de dois principais frigoríficos do Brasil e a pecuária que atua diretamente em frigoríficos. Para seleção de tais entrevistados foi utilizado o nível de familiaridade com assuntos tecnológicos, conhecimento operacional dos processos envolvidos na indústria de carne bovina e o conhecimento de questões ambientais. As entrevistas realizadas seguiram o mesmo critério para todos os entrevistados, e abordou assuntos como:

- Energias alternativas;
- Consumo de água;
- Estação de tratamento de efluentes;
- Resíduos das etapas de processo do frigorífico.

Houve entrevistas realizadas tanto presencialmente, quanto por e-mail, as entrevistas presenciais teve duração entre 1h30 e 2h00.

As autoras realizaram, também, o levantamento de documentos, verificação de aspectos ambientais que são significativos para os processos das unidades envolvidas, análise dos fluxos dentro da indústria, relatórios de sustentabilidade, estudos, publicações, mapas, tabelas, entre outros levantamentos.

Além das entrevistas e análises de documentos em geral, houve uma etapa de observação visual, que ocorreu por meio de vídeos explicativos sobre o processo do processamento de carne bovina, para a compressão do funcionamento dos frigoríficos.

Portando, na Figura 8 é possível observar o desenvolvimento do trabalho de forma resumida.

*Figura 9 - Etapas da metodologia de coleta de dados da pesquisa.*



Fonte: Modificado de SOUZA e SOUZA, 2020.

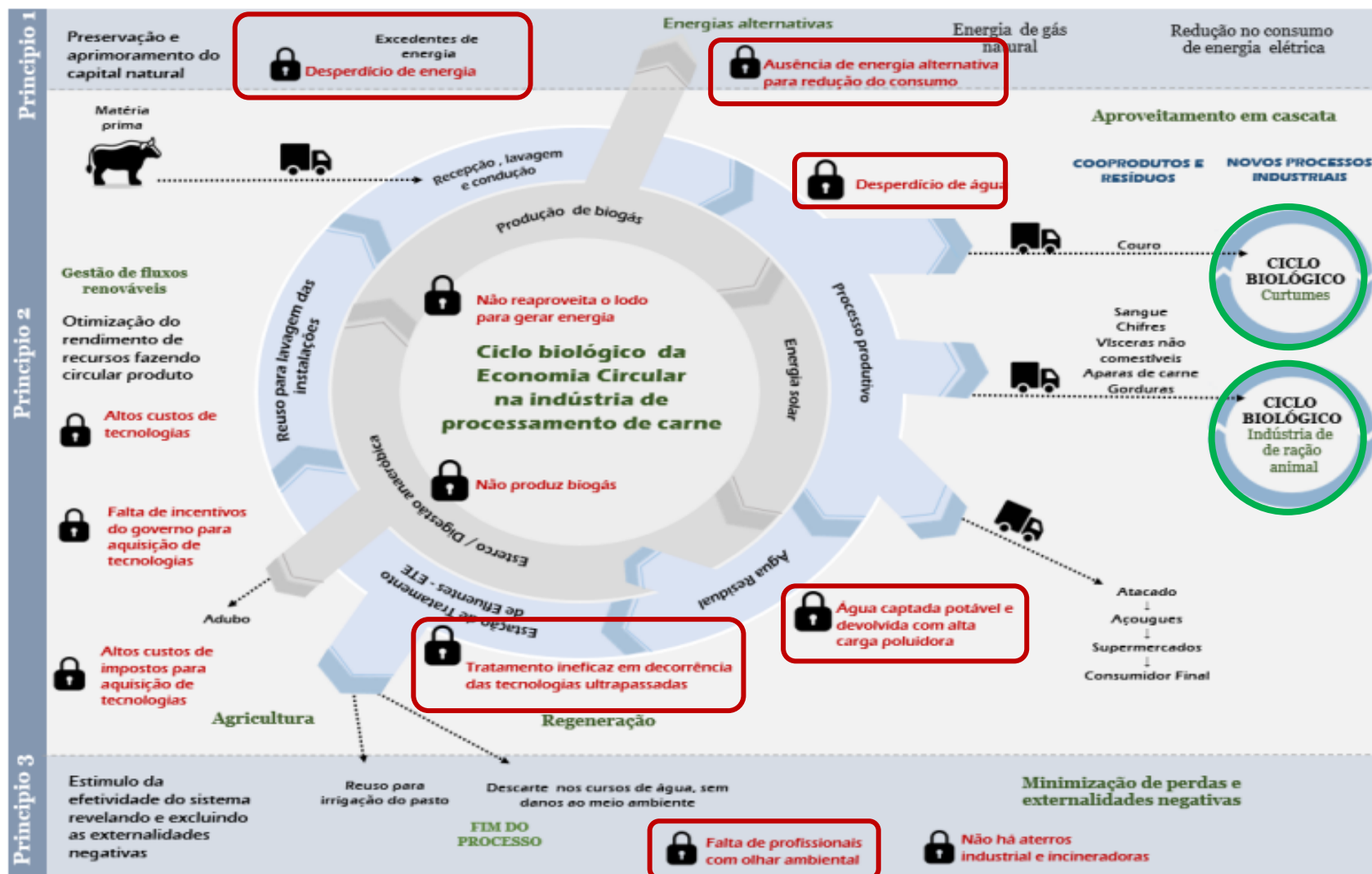
### 4.3 Resultados

Partindo do conceito preliminar da economia circular, que consiste em reduzir, reutilizar e reciclar as matérias primas e subprodutos do processo, há grandes empecilhos nos frigoríficos brasileiros, consequentemente em todos os analisados neste estudo de caso, houve entraves que impossibilitam a implementação do conceito de ciclo fechado da economia circular.

Se analisado a possibilidade de produtos de ciclos múltiplos de uso, que reduzem a dependência de recursos e eliminam o desperdício, os frigoríficos que participaram da pesquisa em questão apresentaram inconformidades, principalmente no consumo de água, nas tecnologias utilizadas no tratamento de efluentes e no alto consumo de energia. Há grandes oportunidades que não são exploradas na indústria de carne bovina devido à falta de recursos financeiros e falta interesse dos gestores, assim como foi apontado pelos entrevistados do estudo (AZEVEDO, 2015).

Os entraves apontados pelas autoras estão apresentados na Figura 9 (SOUZA; SOUZA, 2020).

Figura 10 - Modelo de análise: entraves para o ciclo biológico na cadeia de carne bovina.



Fonte: (SOUZA; SOUZA, 2020).

Na Figura 9, as autoras colocaram os cadeados com observações nos processos do ciclo que apresentam algum obstáculo para a economia circular. Além de destacar os processos e as observações de acordo com os princípios da economia circular, sendo o princípio 1 a consciência de redução de consumo de matéria prima e recursos naturais na empresa, o princípio 2 a reutilização de recursos e matérias e o princípio 3 a reciclagem, como dito anteriormente.

A respeito do princípio 1, as observações colocadas na Figura 9 são pelo alto consumo de energia e a não utilização de energia alternativa. A produção de energia elétrica é uma das atividades que utiliza mais recursos naturais, e conseqüentemente causa grande alterações negativas no meio ambiente. A busca pelo desenvolvimento sustentável deve passar, necessariamente, pelo aumento da eficiência e conservação energética e pelo uso de fontes renováveis, que causam menos impacto na natureza. Portanto, a não aplicabilidade da economia de energia e buscas por energias alternativas dos frigoríficos do estudo é um impasse para a economia circular (CARDOSO, 2004).

As energias alternativas e renováveis geralmente tem maior custo de investimento que as energias convencionais, que são as utilizadas nos frigoríficos em análise. Ou, como foi apontado pelas autoras, muita das vezes as energias alternativas não atendem toda a demanda do frigorífico. O uso da energia convencional atualmente já atingiu um nível de maturidade que os investimentos tecnológicos já foram recuperados, e por isso há uma resistência por parte das empresas em buscar novas alternativas. Com isso, conclui-se que é necessário incentivos e recursos públicos para pesquisas e desenvolvimento ou até para subsidiar custos iniciais de produção para que não haja tal barreira tecnológica e que tenha maior estímulo do desenvolvimento sustentável em relação a energias renováveis (COSTA; PRATES, 2005) (SOUZA; SOUZA, 2020).

Energias alternativas e renováveis são muito importantes e mais sustentáveis, pois estas substituem as energias convencionais, que, no Brasil, é predominante a energia vinda de usinas hidrelétricas. O uso de energias renováveis reduz impactos ambientais, utilizando recursos que não são limitados, como a energia eólica e solar. O uso de energias renováveis, além de beneficiar o meio ambiente, diminuiu custos

com a produção, traz o melhor aproveitamento de recursos naturais e promove a produção de alimentos sustentáveis (ALVES, 2009).

A energia eólica e solar são excelentes alternativas neste caso, pois o território brasileiro dispõe de uma excelente qualidade nos níveis de radiação solar e ventos fortes, o Brasil é um referencial de estratégico da América Latina se tratando de energia eólica e solar. A energia eólica, principalmente, vem ganhando destaque no Brasil, visto que cada vez mais este tema está em evidência entre as pesquisas e empresas do setor energético. Estudos feitos no Brasil já mostraram resultados satisfatórios, o que favorece a instalação desta energia (ALVES, 2009) (DUTRA, 2001).

Na Figura 9 o espaço em que é apresentado os conceitos que estão ligados com o princípio 2 há dois pontos positivos que estão adequados a economia circular, que são eles:

- O uso do couro para curtumes;
- O uso do sangue, chifres, vísceras não comestíveis, aparas de carne e gorduras para produção de ração.

O uso destes resíduos como matéria prima para outro processo faz com que o ciclo da economia circular se feche, o que é exatamente o objetivo da implementação desse conceito nas empresas. Estes dois exemplos mostram como é possível os ciclos múltiplos, realocando os materiais na produção, sem a perda de qualidade, e gerando novos fluxos de receita para a indústria (AZEVEDO, 2015).

Tais resíduos sólidos, se não fossem utilizados para outro processo produtivo, causaria impactos ambientais no solo, principalmente, mas também na água, onde muitas das vezes pode ser descartado o sangue e gorduras. Os maiores problemas encontrados no descarte desses resíduos, sólidos e líquidos, são provenientes da fermentação do material, onde pode ocorrer a formação de ácidos orgânicos. Conhecido como “chorume”, é um líquido formado pela degradação de resíduos orgânicos que causa maus odores e diminuição do oxigênio dissolvido em águas superficiais. Por isso a grande importância da utilização desses resíduos para outro processo (CRUZ; ARAÚJO, 2014).



Porém, além desses dois pontos positivos no ciclo, há diversos pontos negativos a respeito do princípio 2 da economia circular. Entre eles, destacam-se os que estão envolvidos com a utilização e tratamento de água, que são:

- O desperdício de água;
- Água captada potável e devolvida com alta carga poluidora;
- Tratamento de efluentes ineficaz em decorrência das tecnologias ultrapassadas.

Evitar o desperdício de água é essencial para otimizar o uso deste recurso, que é limitado no meio ambiente, além de minimizar a geração de efluentes. Então os três pontos levantados pelas autoras estão interligados de certa forma, e podem ser minimizados com mudanças nos procedimentos operacionais, treinamento dos operadores e substituição de equipamentos que consomem grandes quantidades de água no processo produtivo (PACHECO, 2008).

A conscientização da empresa para diminuição do desperdício e do alto consumo de água traz benefícios não só para o meio ambiente, mas também para a própria indústria. O consumo mínimo de água beneficia a indústria pelo fato de que demandará menor capacidade de bombeamento de água e efluentes, menor consumo de produtos químicos na estação de tratamento de efluentes, e até mesmo a possibilidade de aumento de produção sem a necessidade de aumento de suprimento de água. Tal minimização de consumo de água pode ser feita através de fechamento de mangueiras, controle e manutenção preventiva de vazamentos, maximização em ciclos de concentração em torres de resfriamento e aumento de retorno de condensado as caldeiras (DEUL, 2002).

Uma prática que poderia atrair o interesse dos gestores e ambientalistas seria a aplicação do reuso da água nos sistemas industriais, o que traria grandes benefícios para o meio ambiente, e fecharia o ciclo aplicado pela economia circular. Além da redução na poluição hídrica por meio da minimização de efluentes, o reuso da água traz vantagens econômicas já que a empresa não acrescenta a seus produtos os custos relativos à cobrança pelo uso da água. Para a implementação de tecnologias para atingir os parâmetros necessários para o reuso da água seria necessário o investimento inicial alto, por isso é necessários incentivos governamentais para esse avanço nas indústrias (FIESP; CIESP, 2004).

Todavia, o reuso da água em indústrias alimentícias, inclusive frigoríficos, deve obter sistemas muito bem instalados para que não haja o comprometimento da qualidade do produto. As águas de reuso não podem ser misturadas com as linhas de água limpa e os planos de reuso devem ser aprovados por setores de segurança alimentar (UNEP, 2000).

Porém, junto a isso, há um entrave apresentado pelas autoras que foi apontado pelos entrevistados que é o alto custo de tecnologias inovadoras no Brasil. Este fato leva, muitas das vezes, a má qualidade da água tratada. A tecnologia ultrapassada encontrada nos frigoríficos do presente estudo de caso é um impasse para a economia circular, como foi mostrado na Figura 9 (SOUZA; SOUZA, 2020).

A respeito do princípio 3 é apontado a falta de profissionais com visões ambientalistas, no caso dos frigoríficos analisados, há uma dificuldade de encontrar gestores que tenha princípios ambientais e conhecimentos do processamento de carne. O que não colabora para que questões ambientais sejam discutidas e enxergadas com mais atenção dentro da empresa, portanto é uma barreira para a economia circular (SOUZA, 2019).

Ao analisar este estudo de caso percebe-se, que quando se trata de entraves encontrados para a aplicação da economia circular nos frigoríficos analisados, grandes problemas são encontrados em relação ao uso e tratamento da água. A utilização da água com consciência pelas indústrias deve ser mais bem discutida e ter maior fiscalização dos órgãos governamentais, tendo em vista que a água é um recurso essencial à vida, além de ser essencial para indústrias, principalmente alimentícias.

O tratamento de efluentes gerados em frigoríficos devem ser estudados e aprofundados cada vez mais, visto que frigoríficos geram efluentes líquidos com grande carga poluidora, com presença de sangue, gordura, sólidos em suspensão e outros pontos que foram citados na revisão bibliográfica. Com isso, a tecnologia para as estações de tratamento de efluentes nos abatedouros devem ser tecnologias inovadoras, procurando sempre inovar e aprimorar para que os efluentes que serão desaguados nos corpos hídricos receptores causem menor impacto possível.

Além de minimizar os impactos ambientais, com tecnologias avançadas no tratamento de efluentes, há a possibilidade de reuso da água para o fechamento do ciclo da economia circular, que é um fator de grande importância. O ponto de aplicação para reutilização de água tem impasses tecnológicos e governamentais e o assunto deve ser mais bem discutido nos órgãos ambientais para trazer essa consciência para as indústrias e incentivo financeiro.

A economia circular apresenta meios sustentáveis para que a empresa consiga o crescimento econômico juntamente com o desenvolvimento sustentável. A aderência do fechamento de ciclos nas empresas trará benefícios econômicos, além de seu objetivo principal que é o desenvolvimento sustentável. Como foi apresentado no estudo de caso, o uso do couro para curtumes e o uso de resíduos da evisceração para produção de ração traz lucratividade para os frigoríficos analisados. Portanto, produtos que seriam descartados, produzindo maior quantidade de lixo e possíveis problemas para a natureza, foram reutilizados para outra finalidade, gerando lucro para as indústrias.

A partir disso foi possível observar que é possível atrair o interesse dos frigoríficos para adequação da economia circular e o desenvolvimento sustentável. Para que isso seja aplicado ao reuso da água incentivos governamentais são essenciais. Para que, assim, os custos com tecnologias de tratamento de efluentes não sejam muito altos. Além de incentivos para que haja o investimento inicial, a consciência da gestão dos abatedouros sobre a sua grande influência na poluição dos rios deve ser maior, e isso seria possível com maior fiscalização e cobrança sobre a sustentabilidade dessas empresas.

#### **4.4 Conclusão**

O conceito da economia circular é muito importante para o desenvolvimento sustentável das empresas, a implementação de ciclos múltiplos traz grandes benefícios para o meio ambiente e para a indústria. É possível concluir que a economia circular além de seu objetivo principal, que é a preservação dos recursos naturais, traz também conceitos para melhoramento do desenvolvimento econômico da empresa.

Visto que, no que foi apresentado no estudo de caso, os dois pontos positivos, que foram o uso do couro para curtumes e o uso de resíduos não comestíveis da evisceração para a fabricação de ração, são fatores que trazem retorno financeiro para os frigoríficos. Portanto, pode-se relatar que as empresas se interessam por questões que mesmo necessitando de alguns investimentos, que traga lucratividade e reconhecimento sobre a sustentabilidade.

Com isso, conclui-se, que o trabalho apresentado por Souza e Souza (2020) traz questões possíveis de serem analisadas de forma clara sobre a economia circular. Foi, possível através dos dados apresentados no trabalho, discutir, analisar e aprimorar os conhecimentos a respeito da economia circular em si e dos problemas que são encontrados nos frigoríficos.

## 5 CONCLUSÃO GERAL

O presente trabalho de conclusão de curso cumpriu seu objetivo de analisar e identificar como é feito o tratamento de efluentes nos frigoríficos de forma geral. Além disso, toda a revisão bibliográfica foi de fundamental importância para a análise crítica e conhecimento sobre a indústria alimentícia do segmento de carnes, sobre seus resíduos líquidos e sobre a sustentabilidade dessas empresas.

Foi possível realizar a descrição das etapas de processamento de um abatedouro com clareza, afim de enriquecer a análise do estudo de caso. Além disso, o processo de geração de efluentes líquidos e seu tratamento foram descritos, de forma geral, para os frigoríficos, assim como previsto nos objetivos do trabalho. O tratamento de efluentes em frigoríficos segue a mesma lógica dividindo entre processos físicos e biológicos, apesar de que, dependendo da legislação local, existirem processos diferentes entre cada indústria.

Atualmente este tratamento de efluentes satisfaz a legislação, na maioria das vezes, porém não é suficiente para a preservação do meio ambiente, como foi descrito ao longo do trabalho. A compreensão da legislação ambiental brasileira é de fundamental importância para o desenvolvimento desse estudo, e a maior fiscalização desta garante a sustentabilidade empresarial.

O conceito de sustentabilidade empresarial está crescente no mercado, os consumidores estão cada vez mais conscientes e a procura de empresas e marcas com reconhecimento sustentável. E como a indústria alimentícia tem grande importância na economia brasileira, além de que existe a tendência de que cada vez mais necessite de alimentos, este tema deve ser levado e aprofundado para esse setor.

Se tratando dos frigoríficos brasileiros, do uso de água e tratamento de efluentes, existe a possibilidade de realizar o tratamento desse efluente de forma mais aprofundada e fazer a reutilização dessa água dentro do frigorífico. Porém, há empecilhos para o reuso da água em frigoríficos e indústrias de alimentos em geral, já que a legislação sanitária é muito exigente para essas empresas, visto que é um produto que será consumido pelo ser humano. Porém há formas de se reutilizar a

água nos abatedouros sem interferir na qualidade da higiene do local, como lavagem das pocilgas, lavagem dos caminhões, entre outros.

Tendo em vista o estudo de caso realizado, foram apontados os impasses tecnológicos e a falta de interesses por partes das empresas para realizar um tratamento de efluentes de forma satisfatória para o reuso desses efluentes líquidos. Isso acontece devido ao alto valor de implementação dessas tecnologias, além de que a fiscalização da legislação ambiental não é tão rigorosa nas estações de tratamento de efluentes. Além disso, foi discutido e analisado outros pontos importantes para a sustentabilidade nos frigoríficos do estudo, como o consumo de energia e uso de energias renováveis e o uso de alguns resíduos como matéria prima para outros processos.

Por fim, conclui-se que o tema sobre sustentabilidade em frigoríficos brasileiros é de extrema importância e deve ter seus impasses tecnológicos bem analisados e reduzidos, principalmente sobre o tratamento de efluentes. A economia circular é um excelente conceito a ser empregado nas indústrias, visto que trata os resíduos como possíveis subprodutos para outros processos, o que é essencial para a sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS

ABIA. Sustentabilidade na indústria da alimentação. **Confederação Nacional da Indústria**, 2017.

ABIA. **Associação Brasileira da Indústria de Alimentos**, c2022. Disponível em: <<https://abia.org.br/>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

ALVES, J. J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, 2009.

ARAÚJO, G. C. **O processo de implantação da sustentabilidade em frigoríficos: estudo de caso no frigorífico independência**. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2006.

ARAÚJO, G. C.; CARDOSO, R. Gestão da Qualidade em Frigorífico Avícola. **Revista Ciências Sociais em Perspectiva**, 2022.

ARAÚJO, G. C.; MENDONÇA, P. S. M. Análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial: um estudo de caso em uma agroindústria frigorífica de bovinos. **Rev. Adm. Mackenzie**, 2009.

AZEVEDO, J. L. A economia circular aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, 2015.

BEAL, D. A.; FERREIRA, S. C.; RAUBER, D. R. Recursos Hídricos: uso de água na indústria - o caso de dois vizinhos no Paraná - PR. **III Congresso Nacional de Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas – III CONAPE**, 2014.

BELLEN, H. M. VAN. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. 1. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2005.

BERTOLINO, M. T. **Sistemas de gestão ambiental na indústria alimentícia**. Porto Alegre: E-book, 2012.

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. Petrópolis: Editora Vozes, 2017.

BRANDÃO, M. A.; CASTILHO, N. Estação de tratamento de água e esgoto. **Universidade do Oeste Paulista**, 2001.

BRASIL. **Decreto nº 30.691 de 29 de março de 1952**, 1952. Disponível em: <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/decreto-30691-de-29-03-1952,632.html>>. Acesso em: 13 set. 2022.

BRASIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)>. Acesso em: 11 set. 2022.

BRASIL. **LEI Nº 9.984, DE 17 DE JULHO DE 2000**, 2000. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9984.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm)>. Acesso em: 13 set. 2022.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M.; QUIÑONES-BOLAÑOS, E. Cost-effectiveness analysis of TOC removal from slaughterhouse wastewater using combined anaerobic-aerobic and UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes. **Journal of Environmental Management**, v. 134, 15 fev. 2014.

CARDOSO, G. B. **Potencial de redução de consumo de energia elétrica em entreposto frigorífico: um estudo de caso**. Bauru: Faculdade de Engenharia da UNESP, 2004.

CORAL, E. **Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. **BNDES - Setor energético**, 2005.

CRUZ, F. P.; ARAÚJO, W. E. L. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais no setor de abate de um frigorífico em Cachoeira Alta-GO. 2014.

DAGA. **Equipos para Medio Ambiente - Equipos para el tratamiento de aguas residuales**, c2019. Disponível em: <<http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Puente-circular-Daga-MR06-114184.html>>. Acesso em: 29 ago. 2022.

DEUL, A. Systematic approach to water resource management in industry. **Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, technologies and implementation**, 2002.



DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2008.

DUTRA, R. M. **Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

EMBRAPA. **Qualidade da carne - do campo à mesa**, c2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

FIESP; CIESP. Conservação e reuso de água na indústria. **Federação das indústrias do estado de São Paulo / Centro das indústrias do estado de São Paulo**, 2004.

FLECK, L.; EYNG, E. Remoção biológica de nitrogênio em efluentes líquidos: uma revisão. **Revista EIXO**, 2015.

FONSECA, J. C. L. et al. Avaliação da confiabilidade analítica das determinações de carbono orgânico total (COT). **Eclética Química**, 2006.

FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T. Economia Circular e Resíduos Sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, 2016.

FREITAS, L. M. FERREIRA, D. COSTA, A. FAIAL, K. MENDES, R. LEITE, D. DEUS, R. LOPES, I. MEDEIROS, A. Caracterização de sólidos em efluentes gerados por empresa de refrigerantes, região metropolitana de Belém do Pará. **abq.org.br**, 2018.

GIORDANO, G. **Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos**. Niterói. Dissertação de Mestrado (Ciência Ambiental) Universidade Federal Fluminense, 1999.

GONÇALVES, T. M.; BARROSO, A. F. F. A economia circular como alternativa à economia linear. **XI Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**, 2019.

GONSALES, T. **Sustentabilidade empresarial: o que é, como e por que adotar**, 2021. Disponível em: <<https://exame.com/esg/sustentabilidade-empresarial/>>. Acesso em: 18 set. 2022.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern food microbiology**. 7. ed. New York, 2005.

KRISTENSEN, E. BOUILLON, S. DITTMAR, T. MARCHAND, C. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. **Aquatic botany**, 2008.

LAMBERT, A. D.; SMITH, J. P.; DODDS, K. L. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat. **Food Microbiology**, 1991.

MACHADO, I. N. R. Segurança de alimentos como barreira não tarifária: estratégias de inserção dos frigoríficos de frango no comércio internacional. **Programa de pós-graduação em desenvolvimento regional e agronegócio**, 2021.

MAPA. **Requisitos e certificação fitossanitária**, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/internacional/portugues/exportacao/vegetal/requisitos-e-certificacao-fitossanitaria-1>>. Acesso em: 23 ago. 2022.

MARTINELLI, L. A. SILVA, A. M. CAMARGO, P. B. MORETTI, L. TOMAZELL, A. SILVA, D. FISCHER, E. SONODA, K. SALOMÃO, M. Levantamento das Cargas Orgânicas Lançadas nos Rios do Estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, 2002.

MASSI, L. et al. Fundamentos e Aplicações da Flotação com Técnica de Separação de Misturas. **Química Nova na Escola**, 2008.

MELLO, E. J. R. Tratamento de Esgoto Sanitário. 2007.

METCALF; EDDY. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2016.

MIAMOTO, S. M. **Auditoria de SIG (Sistemas Integrados de Gestão) como instrumento de vigilância sanitária em indústrias de móveis em Paranavaí - Paraná**. Florianópolis. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria: uso racional e reuso**. 1. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2005.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia - SC: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1993.

PACHECO, J. W. F. Frigoríficos: Industrialização da carne bovina e suína. **CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**, 2008.

PACHECO, J. W. F.; YAMANAKA, H. T. Abate de bovinos e suínos. **CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**, 2008.

PEDROZO, E. A.; KRUMMENAUER, L. L. Dilema na estratégia de produção e operações: privilegiar o mercado interno ou externo – o caso de uma grande empresa brasileira exportadora de carne. **Congresso do Instituto Franco-Brasileiro de Empresas - IFBAE**, 2007.

PEREIRA, A. S. et al. **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2018.

PROENCIS. **Estações de tratamento de esgoto**, c2022. Disponível em: <<http://proencis.site.com.br/portfolio-view/elevatoria-agua-bruta/>>. Acesso em: 29 ago. 2022.

RAEE, A. **Economía Circular vs Economía Lineal**, c2022. Disponível em: <<https://www.raeeandalucia.es/actualidad/economia-circular-vs-economia-lineal>>. Acesso em: 18 set. 2022.

RAMJEAWON, T. Cleaner production in Mauritian cane-sugar factories. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, 2000.

RESICLEAN AMBIENTAL. **Entenda como funciona a flotação no tratamento de efluentes**, c2022. Disponível em: <<https://www.resiclean.com.br/flotacao-tratamento-de-efluentes/>>. Acesso em: 30 ago. 2022.

ROBERTO, L. **Água de Reuso na Indústria**, 2020. Disponível em: <<https://professorluizroberto.com/agua-de-reuso-na-industria/>>. Acesso em: 13 set. 2022.

RUVIARO, C. F. et al. Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. **Journal of Cleaner Production**, 2012.

SAFATLE, A. A fórmula do casamento. Adiante: Inovação para sustentabilidade. **FGV-CES**, 2006.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Abate de aves. **Programa Institucional de Extensão**, 2007.

SCARASSATI, D. CARVALHO, R. DELGADO, V. CONEGLIAN, C. BRITO, N. TONSO, S. SOBRINHO, G. PELEFRINI, R. Tratamento de Efluentes de Matadouros e Frigoríficos. **III Fórum de Estudos Contábeis**, 2003.

SCHATZMANN, H. C. **Tratamento avançado de efluentes de frigorífico de aves e o reuso da água**. Florianópolis. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

SCHWACH, E. Validação do sistema de monitoramento para redução da contaminação microbiana em carcaças bovinas. 2007.

SHEN, X.; QI, C. Countermeasures towards Circular Economy Development in West Regions. **Internacional Conference on Future Energy, Environment, and Materials**, 2012.

SILVA, M. **Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2015**, 2015. Disponível em:

<[https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2005\\_Res\\_CONAMA\\_357.pdf#:~:text=RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA%20357%2C%20DE%2017%20DE%20MAR%C3%87O,de%20lan%C3%A7amento%20de%20efluentes%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs.](https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2005_Res_CONAMA_357.pdf#:~:text=RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA%20357%2C%20DE%2017%20DE%20MAR%C3%87O,de%20lan%C3%A7amento%20de%20efluentes%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs.)>. Acesso em: 13 set. 2022.

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Peneira estática para efluentes**, c2022. Disponível em: <<http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/maquinas-e-equipamentos/lds-maquinas/produtos/transportadores-elevacao-e-manipulacao/peneira-estatica-para-efluentes>>. Acesso em: 29 ago. 2022.

SOUZA, D. O. **Economia Circular: entraves tecnológicos para gestão do ciclo biológico na indústria de processamento de carne bovina**. São Paulo: Centro Universitário FEI, 2019.

SOUZA, D. O.; SOUZA, M. T. S. Economia Circular: Entraves Tecnológicos para Gestão do Ciclo Biológico na Indústria de Processamento de Carne Bovina. **XLIV Encontro da ANPAD - EnANPAD**, 2020.

SOUZA, A. C. DE; ORRICO, S. R. M. Consumo de água na indústria de abate de bovinos do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 42, p. 26–36, dez. 2016.

UNEP. Danish Ministry of Environment and Energy. **Cleaner Production Assessment in Meat Processing**, 2000.

VIEIRA, G. R. M.; WANDER, A. E.; FIGUEIREDO, R. S. Competitividade dos frigoríficos exportadores de carne bovina instalados no estado de Goiás: uma análise sob a óptica da firma. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, 2013.

VIET, H. M. **Reciclagem de metálicos**. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

VON SPERLING, M. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996. v. 1

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002. v. 3

WEBSTER, K. **The circular economy: a wealth of flows**. United Kingdom: Ellen MacArthur Foundation Publishing, 2015.

WTO. **Sanitary and Phytosanitary Measures**, 2010. Disponível em: <[https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/agrmntseries4\\_sps\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/agrmntseries4_sps_e.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2022.