CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
DÉBORA OLIVEIRA DE SOUZA

ECONOMIA CIRCULAR: entraves tecnológicos para gestão do ciclo biológico na indústria
de processamento de carne bovina

São Paulo
2019

DÉBORA OLIVEIRA DE SOUZA

ECONOMIA CIRCULAR: entraves tecnológicos para gestão do ciclo biológico na indústria de processamento de carne bovina

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Universitário FEI, para obtenção do título de Mestre em Administração. Orientada pela Profa. Dra. Maria Tereza Saraiva de Souza.

São Paulo

2019

Oliveira de Souza, Débora.

Economia Circular: entraves tecnológicos para gestão do ciclo biológico na indústria de processamento de carne bovina / Débora Oliveira de Souza. São Paulo, 2019.

143 f. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.

Orientadora: Prof.^a Dra. Maria Tereza Saraiva de Souza.

1. Economia Circular. 2. Ciclo biológico. 3. Tecnologias ambientais. 4. Impactos ambientais. 5. Carne bovina. I. Saraiva de Souza, Maria Tereza, orient. II. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Débora Oliveira de Souza

ECONOMIA CIRCULAR: entraves tecnológicos para gestão do ciclo biológico na indústria de processamento de carne bovina

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Universitário FEI, para obtenção do título de Mestre em Administração. Orientada pela Profa. Dra. Maria Tereza Saraiva de Souza.

Comissão julgadora

Profa. Dra. Maria Tereza Saraiva de Souza
Orientador e Presidente

~~ESSA FOLHA DEVE SER TROCA APÓS SUA BANCA PELA FOLHA ENTREGUE~~
~~PELA CARMEM~~ ok

Prof. Dr. Roberto Carlos Bernardes
Examinador (1)

Prof. Dr. Susana Carla Farias Pereira
Examinador (2)

São Paulo

2019

Dedico este trabalho aos meus avós: vovó Alice e vovô Filó, vulgo “meu amor” (*in memoriam*). À minha avó, que não teve a oportunidade de ver eu iniciar esta fase, mas sempre falou para eu “voar” em busca dos meus sonhos! Ao vovô Filó, não só viu iniciar, quanto foi um grande incentivador, mas infelizmente, no meio desse caminho, nos deixou, sem poder ver o final dessa história que tanto almejou. Vocês estão em minha memória!

Também, dedico à minha vovó Cirene e ao meu vovô João, que vibram com cada conquista minha e me apoiam em tudo! Todas as lições que me passaram foram transformadas em aprendizado, isso com certeza, contribuíram para formar a pessoa que eu sou hoje.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, por ter me concedido forças em meio a tantas dificuldades e por me permitir realizar tantos sonhos nesta existência.

À professora Maria Tereza, minha orientadora, minha gratidão pela oportunidade de realizar este trabalho ao lado de alguém que transpira sabedoria e dedicação; meu respeito e admiração pela sua serenidade e capacidade de diálogo, inibindo sempre a vaidade em prol da simplicidade e eficiência. Obrigada!

Aos membros da banca examinadora, Prof.^a Suzana Carla Farias Pereira e Prof. Roberto Carlos Bernardes que tão gentilmente aceitaram participar da banca de qualificação e de defesa. Agradeço as contribuições que foram fundamentais para qualidade final do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos concedida, sem a qual, esse Mestrado não seria possível. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana "Padre Sabóia de Medeiros" (FEI), pelo apoio com a bolsa concedida, pela seriedade, compromisso e por ter me acolhido tão bem.

Aos Professores do PPGA/FEI, pela dedicação, competência, apoio e todo conhecimento compartilhado.

Aos entrevistados, pesquisadores, especialistas da área de inovação tecnológica de frigoríficos, gestores ambientais de frigoríficos e pecuarista, pela disponibilidade e colaboração por meio da entrevista para a construção e produção dessa pesquisa. Muito obrigada!

A meus pais, Joel e Letice, pelo incentivo, pelo amor e o apoio incondicional. Não sei o que seria sem a ajuda de vocês, mesmo há 3.922 km (SP – MAO), se fazem presente em cada momento. Obrigada, por todas as lições de amor, companheirismo, amizade, dedicação e compreensão que vocês me dão a cada novo dia. Sinto-me orgulhosa e privilegiada por ter pais tão especiais. Vocês são tudo para mim!

À minhas irmãs e sobrinha, Alline, Diná e Letícia, pelo apoio e por não me permitirem desistir. Obrigada por permanecerem ao meu lado e por se fazerem presente em minha vida, me apoiando em tudo!

Ao meu irmão, Kleber Abreu, pelo coração tão bom e tão gigante. Pela ajuda e apoio de todas as formas. Como sou feliz em tê-lo em minha vida. Tem sido meu parceiro de todas as horas, de vida! Como sou grata a você meu irmão!!

Aos pais “portijos”, Valdimiro e Kleide, por mostrarem que o caminho seria árduo, mas que eu conseguiria chegar. Agradeço o apoio, desde o primeiro dia que mudei de cidade, para fazer o Mestrado, até hoje! Vocês são especiais!

À minha família, avós, tios e primos, que torceram e me apoiaram nessa caminhada.

Aos meus primeiros professores, Josias e Maristela, hoje, grandes amigos, que sempre acreditaram em mim.

Às minhas amigas de convivência em todo o período do Mestrado: Raissa, Gisela e Susana, obrigada por todo apoio e entusiasmo!

Aos amigos do grupo de estudo: Melissa, Camila e Tarcísio, muito obrigada pela troca de experiências e aprendizado, principalmente nossa “tutora” Mel. Aos demais colegas de turma o meu muito obrigada!

Aos colegas Warton e Marcelo, que me ‘apresentaram’ a FEI, e me incentivaram a sair do Tocantins, para fazer o Mestrado, o meu muito obrigada!

Às secretárias do PPGA/FEI, Carmen Carlos e Ana Paula, sempre com muita simpatia, educação e disposição em ajudar, sempre que precisei. Muito obrigada!

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, apoiaram e torceram para que eu concluísse essa esta etapa, o meu sincero agradecimento.

“Porque o homem, que soube criar essa tecnologia maravilhosa, não se decide ainda a pôr a mesma energia e a mesma imaginação em empregá-la para construir uma sociedade melhor”

Prebisch

RESUMO

A economia circular vem recebendo atenção crescente em pesquisas acadêmicas e nas discussões sobre desenvolvimento industrial. Esse novo modelo propõe um ciclo de desenvolvimento que otimiza a utilização de recursos, minimiza riscos sistêmicos, administra estoques finitos e fluxos renováveis, preservando o capital natural. A pesquisa tem o objetivo analisar como a inovação tecnológica ambiental contribui para o ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento de carne bovina. O método de pesquisa foi o estudo de caso com unidades de análise incorporadas. Os instrumentos de coleta de dados utilizados no estudo foram as entrevistas, pesquisa documental, observação e dados visuais. Os resultados mostram que há entraves tecnológicos que dificultam a implementação dos princípios da Economia Circular na indústria de processamento da carne bovina. Essas barreiras estão relacionadas ao alto consumo de energia e a baixa utilização de energias renováveis; ao consumo elevado de água e pouco uso de tecnologias eficientes no tratamento de águas residuais; à ausência de incentivos fiscais do governo para aquisição de novas tecnologias; aos altos valores tributários que dificultam a aquisição de tecnologias inovadoras; à falta de motivação e interesse dos gestores para tecnologias relacionadas ao meio ambiente; e à omissão da fiscalização de órgãos competentes. O trabalho permitiu a compreensão dos fatores tecnológicos que dificultam a implementação do ciclo biológico da Economia Circular da indústria de processamento de carne bovina.

Palavras-chave: Economia circular. Ciclo biológico. Tecnologias ambientais. Impactos ambientais. Carne bovina.

ABSTRACT

The circular economy is receiving growing attention in academic researches and in the discussions on industrial development. That new model proposes a development cycle that optimizes the use of resources, it minimizes systemic risks, it administers finite stocks and renewable flows, preserving the natural capital. The research has the objective to analyze as the environmental technological innovation it contributes to the biological cycle of the circular economy in the industry of processing of bovine meat. The research method was the case study with incorporate units of analysis. The instruments of collection of data used in the study were the interviews, it researches documental, observation and visual data. The results show that there are technological impediments that hinder the implementation of the beginnings of the Circular Economy in the industry of processing of the bovine meat. Those barriers are related to the high consumption of energy and the low use of renewable energies; to the high consumption of water and little use of efficient technologies in the treatment of residual waters; to the absence of the government's fiscal incentives for acquisition of new technologies; to the high tax values that hinder the acquisition of innovative technologies; to the motivation lack and the managers' interest for technologies related to the environment; and to the omission of the fiscalization of competent organs. The work allowed the understanding of the technological factors that hinder the implementation of the biological cycle of Circular Encomia of the industry of processing of bovine meat.

Key words: Circular economy. Biological cycle. Environmental technologies. Environmental impacts. Bovine meat.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de economia linear e circular.....	22
Figura 2 - Princípios da economia circular.....	24
Figura 3 - Entradas e saídas da produção de carne bovina, com foco no processo de abate	38
Figura 4 - Etapas do processamento de abate bovino.....	40
Figura 5 - Etapas do processo anaeróbico	60
Figura 6 - Diagrama esquemático de um sistema de filtro anaeróbico	62
Figura 7 - Etapas do processo aeróbico	65
Figura 8 - Modelo conceitual de análise do ciclo biológico da cadeia bovina.....	72
Figura 9 - Delimitação do escopo da pesquisa	76
Figura 10 - Etapas do desenvolvimento do estudo de caso nos frigoríficos.....	77
Figura 11 - Relação dos casos entrevistados	79
Figura 12 - Etapas da coleta de dados	80
Figura 13 - Triangulação dos dados	83
Figura 14 - Modelo conceitual: entraves para o ciclo biológico na cadeia de carne bovina	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo dos conceitos de economia circular	24
Quadro 2 - Síntese do modelo de economia circular	30
Quadro 3 - Drivers impulsionadores para implantação da economia circular	31
Quadro 4 - Barreiras de economia circular 1	34
Quadro 5 - Barreiras de economia circular 2	35
Quadro 6 – Síntese do processo de abate bovino	43
Quadro 7 – Síntese dos tipos de energia alternativas	47
Quadro 8 - Problemas associados à indústria de carne.....	51
Quadro 9 – Tecnologias utilizadas nas etapas de tratamento de águas residuais de abatedouros	54
Quadro 10 – Síntese dos métodos de tratamento primário	58
Quadro 11 – Síntese dos processos para o tratamento biológico	66
Quadro 12 – Síntese dos resultados dos processos combinados	69
Quadro 13 – Categorias teóricas do estudo	70
Quadro 14 – Categorização do quadro de entrevistas	80
Quadro 15 – Códigos de referência dos entrevistados na pesquisa.....	81
Quadro 16 – Indicadores de redução de energia.....	88
Quadro 17 – Impactos ambientais <i>versus</i> entraves tecnológicos da indústria de carne bovina	98
Quadro 18 – Percentual da redução de demanda química após o tratamento de água residual	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de energia por tipo de equipamento elétrico na indústria de carne	44
Tabela 2 – Porcentagem do consumo de energia elétrica na indústria de carne bovina...	45
Tabela 3 – Média de consumo de água no abate bovino	48
Tabela 4 – Média da distribuição do consumo de água por operação na indústria de carne	49
Tabela 5 – Consumo de água doce nas indústrias de bebidas e alimentos	49
Tabela 6 – Percentual médio do consumo de energia por operação	86
Tabela 7 – Porcentagem do consumo médio de água nos frigoríficos brasileiros	91
Tabela 8 – Comparativo do consumo de água nas operações	99
Tabela 9 – Comparativo do consumo de energia	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA E QUESTÃO DE PESQUISA	16
1.2	OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.3	DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1	FUNDAMENTOS E ESTRUTURA DA ECONOMIA CIRCULAR	21
2.1.1	Do modelo linear para o modelo circular: transição e benefícios.....	21
2.1.2	Estrutura e princípios da economia circular	23
2.1.2.1	<i>Princípio 1: gestão dos fluxos renováveis.....</i>	<i>25</i>
2.1.2.2	<i>Princípio 2: ciclo biológico e técnico</i>	<i>26</i>
2.1.2.2.1	<i>Ciclo biológico</i>	<i>26</i>
2.1.2.2.2	<i>Ciclo técnico.....</i>	<i>28</i>
2.1.2.3	<i>Princípio 3: estimular a efetividade do sistema, revelando e excluindo as externalidades negativas.....</i>	<i>29</i>
2.1.3	Drivers para implementação da economia circular	31
2.1.4	Barreiras e desafios da economia circular	33
2.1.5	Inovação ambiental tecnológica de processo	36
2.2	TECNOLOGIAS AMBIENTAIS PARA MITIGAR IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA DE CARNE BOVINA	37
2.2.1	Etapas do processo produtivo e aspectos ambientais de frigorífico	37
2.2.2	Consumo de recursos naturais, os impactos ambientais e as tecnologias de remediação	44
2.2.2.1	<i>Consumo de energia e tecnologias alternativas</i>	<i>44</i>
2.2.2.1.1	<i>Energia térmica.....</i>	<i>46</i>
2.2.2.1.2	<i>Produção de biogás.....</i>	<i>46</i>
2.2.2.1.3	<i>Energia solar.....</i>	<i>47</i>
2.2.2.2	<i>Consumo de água e tratamento de efluentes</i>	<i>47</i>
2.2.2.3	<i>Inovações ambientais tecnológicas para tratamento da água residual na indústria de carne bovina.....</i>	<i>53</i>
2.2.2.3.1	<i>Tratamento preliminar ou Pré-tratamento.....</i>	<i>55</i>
2.2.2.3.2	<i>Método de tratamento físico-químico.....</i>	<i>55</i>
2.2.2.3.3	<i>Tratamento biológico</i>	<i>59</i>

2.2.2.3.4	<i>Processos combinado</i>	68
2.3	MODELO TEÓRICO CONCEITUAL DE ANÁLISE	69
3	MÉTODO DA PESQUISA	75
3.1	ABORDAGEM METODOLÓGICA	75
3.2	ESTUDO DE CASO MÚLTIPLOS	76
3.3	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	79
3.4	FORMA DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	82
4	RESULTADOS DA PESQUISA	85
4.1	GESTÃO DOS FLUXOS RENOVÁVEIS	85
4.1.1	Fontes de energia	85
4.2	CICLOS TÉCNICOS E BIOLÓGICOS: APROVEITAMENTO EM CASCATA	90
4.2.1	Consumo de água e tratamento de efluentes	90
4.2.2	Destinação dos subprodutos	92
4.3	MINIMIZAÇÃO DAS PERDAS E EXTERNALIDADES NEGATIVAS	93
4.3.1	Tratamento e reutilização da água residual das indústrias de processamento de carne bovina	93
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	97
5.1	PRINCIPIO 1 – PRESERVAÇÃO E APRIMORAMENTO DO CAPITAL NATURAL	98
5.1.1	Consumo de água na indústria de processamento de carne bovina	99
5.1.2	Consumo de energia na indústria de processamento de carne bovina	100
5.2	PRINCIPIO 2 – OTIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO DE RECURSOS	102
5.3	ESTÍMULO DA EFETIVIDADE DO SISTEMA REVELANDO E EXCLUINDO AS EXTERNALIDADES NEGATIVAS	104
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
	REFERÊNCIAS	113
	APÊNDICE A – GUIA PARA ENTREVISTAS	133
	APÊNDICE B – QUESTÕES DA ENTREVISTA SEMISTRUTURADA	135
	APÊNDICE C – PROTOCOLO DE OBSERVAÇÃO DOS DADOS VISUAIS (OBSERVAÇÃO)	139
	APÊNDICE D – FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO	141

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o conceito de economia circular tornou-se uma importante escola de pensamento dentro da economia sustentável (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017). As pesquisas mostram que mudar do atual modelo de economia linear para um modelo circular não apenas traria economia de centenas de bilhões de dólares (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - EMAF, 2015; LEWANDOWSKI, 2016), mas também reduziria significativamente o impacto negativo sobre o meio ambiente.

Enquanto muitos grupos empresariais e políticos manifestam apoio a implementação da economia circular (IPPC, 2001; LACY; RUTQVIST, 2016) sua efetivação ainda está em estágios iniciais na maioria dos países (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; STAHEL, 2016).

Na União Europeia, o conceito de economia circular é muito discutido, contudo progressos limitados foram alcançados até agora em relação à sua implementação. Alguns estados da União Europeia implementaram iniciativas políticas e programas pilotos da economia circular (EUKN, 2015; BUREN et al., 2016). A Dinamarca, a Alemanha, os Países Baixos e o Reino Unido estão assumindo a liderança na implementação de projetos nacionais (BASTEIN et al., 2013; IPPC, 2001).

Na Ásia, a China (KIRCHHERR et al., 2018; REIKE; WALTER; WITJESB, 2018) e o Japão foram os únicos países a introduzir formalmente a economia circular por meio de uma política nacional (REIKE; WALTER; WITJESB, 2018). A China adotou sua 'Lei de Promoção da Economia Circular da República Popular da China' em 2009 (LIEDER; RASHID, 2015) e está à frente de outros países (GEISSDOERFER et al., 2018; GENG et al., 2013; LIU; BAI, 2014), apesar de ainda estar longe de conseguir a "circularidade completa" (DIJKSMA; KAMP, 2016).

A economia circular é um sistema econômico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de 'fim da vida' do produto por meio da redução, reutilização e reciclagem de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo. No entanto, a economia circular vai além dos conceitos dos referidos 3Rs, redução, reutilização e reciclagem de resíduos para maximizar o recurso (BOCKEN et al., 2014; BOONS; LÜDEKE-FREUND, 2013; WELLS, 2013).

A economia circular fortalece economicamente os setores industriais minimizando o desperdício e impactos ambientais. Baseia-se em sistemas de produção e consumo restaurativos e regenerativos. Tais sistemas visam manter a utilidade e valor de produtos,

componentes e materiais pelo maior tempo possível dentro de ciclos técnicos e biológicos (EMF, 2012, 2013, 2015). A economia circular pode, portanto, fornecer múltiplos mecanismos de criação de valor, dissociados do consumo de recursos naturais e da geração de resíduos e de impactos ambientais (HEYES et al., 2018; JACKSON, 2009; PNUMA, 2011). Dentro desse sistema, materiais são criados e empregados de forma a diferenciar dois ciclos industriais distintos, o técnico e o biológico.

O ciclo técnico possui em seu escopo os materiais tecnológicos e sintéticos fabricados pelo homem (EMF, 2015). É composto por produtos e materiais não biodegradáveis. No ciclo técnico os materiais são reaproveitados, reduzindo o consumo de matéria prima virgem. Neste ciclo os produtos em final de vida devem ser encaminhados para a manutenção, a reutilização e redistribuição, a remanufatura e a reciclagem (EMF, 2015; MCDONOUGH; BRAUNGART, 2003).

Já o ciclo biológico, materiais podem ser utilizados como nutrientes. Neste ciclo, produtos devem ser projetados para ser consumidos ou metabolizados pela economia e, ao mesmo tempo, devem possuir condições de serem regenerados no meio ambiente, extraindo mais valor de seus componentes e aproveitando-os em cascata para outras aplicações. Este processo incentiva a reinserção de nutrientes biológicos na biosfera para decomposição, ou transformando-os em matéria-prima para novos ciclos (EMF, 2015; BENYUS, 2003; KOUGIAS; ANGELIDAKI, 2018).

Os exemplos de ciclos biológicos industriais estão relacionados aos setores de papel e celulose, da agricultura, da silvicultura, da pesca na fase primária, da madeira, de processamento de alimentos, da biotecnologia, do varejo, entre outros. Além desses setores os resíduos produzidos pela sociedade, como restos de alimentos, servem como parte de outros ciclos renováveis ao transformam-se em biomateriais (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018; EMF, 2015). Na indústria de processamento de carne bovina, os nutrientes biológicos provenientes do abate bovino, se espalham por empresas do setor alimentício, calçadista, insumos industriais e agropecuários (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB, 2006).

A economia circular está recebendo atenção crescente das pesquisas acadêmicas (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018), e houve um crescimento exponencial desse tema a partir de 2007 (D'AMATO et al., 2017; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017; GARCIA; KISSIMOTO, 2017). Especialistas destacam como lacuna teórica a ausência de estudos acerca do ciclo biológico da economia circular na literatura (SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016; BEZAMA, 2016), sobretudo em periódicos científicos (KORHONEN;

HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018) e, principalmente, pesquisas sobre o ciclo biológico na cadeia de carne bovina.

A produção mundial de carne foi duplicada nas últimas três décadas (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2012; FAO, 2013), com projeção de um crescimento constante até 2050 (BOUWMAN et al., 2013). Além disso, o consumo de carne bovina vem aumentando continuamente nos últimos anos, principalmente na China, em razão do crescente aumento da população (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015). De 2002 a 2007, a produção global anual de carne bovina, aumentou para 14,7 milhões de toneladas, representando um aumento de 29% em oito anos (FAO, 2013). Como resultado deste crescimento, o número e o tamanho das instalações de matadouros vem aumentando assim como o impacto ambiental (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015).

A carne bovina é considerada o produto alimentar com maior impacto ambiental (RÖÖS et al., 2013) em todas as etapas de processamento, do abate ao armazenamento (DJEKIC; TOMASEVIC, 2016; PETERS et al., 2010). Os principais aspectos ambientais associados ao processamento de carne estão relacionados ao alto consumo de água, à geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos com alta carga poluidora (DJEKIC; TOMASEVIC, 2016; IFC, 2007; IPPC, 2006) à quantidade considerável de energia que é utilizada na refrigeração e congelamento (IPPC, 2006). Assim, o abate desses animais, resulta em enormes quantidades de resíduos líquidos, semissólidos e sólidos, como couros, sangue, ossos, gorduras, aparas de carne, vísceras, entre outros. Todos são poluentes e, por isso, necessitam de uma adequada separação e tratamento, antes de serem descartados no meio ambiente (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015; FERNANDES, 2004). E na maioria dos frigoríficos não estão disponíveis sistemas adequados de disposição dos resíduos gerados e tecnologias inovadoras, para melhorar a produtividade dos recursos e reduzir a poluição (WAKEFORD et al., 2017), o que acaba desencadeando impactos significativos ao meio ambiente, além de situações com graves consequências para a saúde humana (NIETO, 2000).

1.1 JUSTIFICATIVA E QUESTÃO DE PESQUISA

A economia circular apoia e motiva a inovação de negócios sustentáveis para fechar ciclos (BOCKEN et al., 2016), aumentando a eficiência e o desempenho ambiental em diferentes níveis, dentre eles das áreas industriais (WEN; MENG, 2015). Um dos pré-requisitos da economia circular é o uso de tecnologias nos processos para a transição da economia linear para a circular (PRESTON, 2012; VANNER et al., 2014; SHAHBAZI et al.,

2016; PHEIFER, 2017). Esta transição implica em mudanças no sistema produtivo por meio de inovações tecnológicas em toda a organização. Essas inovações passam pelo *design* de produtos, manufatura industrial e desenvolvimento de tecnologias avançadas de tratamento de águas residuais (US EPA, 2004; BANCO MUNDIAL, 2007). Essas tecnologias ambientais podem ser utilizadas para aumentar a circularidade e podem ainda levar a concepção de modelos de negócios inteiramente novos, incluindo a forma como o valor é criado, capturado e entregue aos clientes (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2010).

Na indústria de processamento de carne bovina, a inovação tecnológica que é a implementação de produtos e processos tecnologicamente novos ou a realização de melhoramentos tecnológicos significativos (OECD; EUROSTAT, 2005), é caracterizada pela compra de equipamentos automáticos ou na atualização do *lay-outs* das fábricas (WAKEFORD et al., 2017). Já no caso do tratamento dos resíduos da indústria de processamento da carne são utilizadas práticas inovadoras que visam a redução de impactos ambientais, como os aterros, o tratamento anaeróbico, a compostagem, a queima, a incineração e a reciclagem (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2013).

Por outro lado, pesquisas acadêmicas afirmam que a implementação da economia circular é dificultada por várias barreiras, dentre elas a tecnológica (KIRCHHERR et al., 2018). Os estudos justificam que a resistência à aquisição de tecnologias inovadoras para o setor é pela falta de motivação e interesse dos gestores, além dos altos custos financeiros, o que dificulta o gerenciamento da qualidade dos produtos e um melhor retorno para que os produtos biológicos retornem com segurança à biosfera (JESUS; MENDONÇA, 2018; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018).

A adoção de tecnologias ambientais na empresa é um requisito fundamental para a transição da economia circular (PRESTON, 2012; VANNER et al., 2014; SHAHBAZI et al., 2016; PHEIFER, 2017). Diante disto, delimitou-se para este estudo, a seguinte questão norteadora da pesquisa: como os entraves tecnológicos dificultam a implementação do ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento da carne bovina?

1.2 OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A partir do problema da pesquisa, propõe-se como objetivo geral deste estudo: analisar os entraves tecnológicos que dificultam a implementação do ciclo biológico da economia

circular na indústria de processamento de carne bovina. Foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar os impactos ambientais significativos ocasionados nos processos utilizados na indústria de carne bovina;
- b) Identificar as inovações tecnológicas existentes que reduzem os impactos ambientais na indústria de processamento de carne bovina;
- c) Investigar o nível de implementação dos princípios da estrutura da Economia Circular na indústria de carne bovina;
- d) Propor um modelo conceitual do ciclo biológico aplicado a indústria de processamento de carne bovina.

A escolha do estudo no setor de carne bovina no Brasil, deve-se ao fato de que o país possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com 218,23 milhões de cabeças, além de ter assumido em 2017 a liderança mundial na quantidade de carne exportada. O Brasil exporta 22,6% do total (CNA, 2017), a Índia 22%; a Austrália 16%; os Estados Unidos 13% e a Nova Zelândia 7%. A participação destes países juntos chega a 72% do total de carne bovina exportada mundialmente (USDA - FSIS, 2016).

Além disso, a cadeia produtiva da carne bovina apresenta uma posição de destaque no contexto da economia. Em 2016, de acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Agrícola (CEPEA, 2017), o Valor Bruto da Produção (VBP) pecuária de corte ficou acima de R\$ 11,06 bilhões, sendo que as exportações de carne bovina superaram os US\$ 5 bilhões. Já em 2017, as exportações cresceram 9,5% em relação ao ano anterior, chegando a movimentar US\$ 6,28 bilhões, o que representa 14% a mais do que o obtido em 2016 (ABIEC, 2018). No ano de 2018 a exportação da carne cresceu 11,1% acima do ano anterior, gerando uma receita de US\$ 6,57 bilhões, um crescimento de 7,9% frente aos resultados de 2017 (BRASIL; MAPA, 2018). Além do mais, ocupa vasta área do território nacional e responde pela geração de emprego e renda para milhões de brasileiros (ROSA, 2009).

O impacto ambiental oriundo da indústria de carne no Brasil ainda é alto, pelo fato de ser o maior exportador de carne no mundo (IBGE, 2018) e possuir grandes instalações de processamento da carne bovina. A poluição industrial é considerada uma forma de desperdício e um indício da ineficiência dos processos produtivos utilizados, representando perdas de matérias-primas e insumos, além dos danos ao meio ambiente (PACHECO; YAMANAKA, 2008).

Assim, o pressuposto desta pesquisa é de que o ciclo biológico do modelo da economia circular, aplicado a cadeia de carne bovina, pode colaborar no desenvolvimento de novos processos, menos poluentes (KOUGIAS; ANGELIDAKI, 2018; BENYUS, 2003), reduzindo os impactos ao meio ambiente (SCOTT, 2015; EMF, 2015). As tecnologias inovadoras garantem a preservação do meio ambiente, possibilitando que os resíduos retornem com segurança à biosfera, permitindo que as indústrias produzam mais, com uma maior redução dos custos e impactos ao meio ambiente (OECD, 2015; KAWABATA et al, 2006). Dentro da economia circular, o ciclo biológico incentiva a reinserção de nutrientes biológicos na biosfera para decomposição, transformando-os em matérias-primas para novos ciclos (GEJER; TENNENBAUM, 2018; GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; PINJING et al., 2013; SAUAVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016). Nessa perspectiva, a indústria de processamento de carne bovina de acordo com os três princípios da economia circular, pode abarcar a preservação do capital natural (COSTANZA; DALY, 1992); a otimização dos recursos fazendo circular o produto, estimulando a efetividade no sistema e excluindo as externalidades negativas (EMF, 2015).

1.3 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Em sua estrutura, esta pesquisa será dividida em seis capítulos.

Neste primeiro capítulo é apresentada a Introdução, com a justificativa, problemática, a questão norteadora da pesquisa e os objetivos propostos e os pressupostos do estudo.

O segundo capítulo trata do Referencial Teórico, que aborda os temas centrais deste estudo: estrutura da economia circular e o ciclo biológico; inovação ambiental tecnológica de processo para mitigar impactos ambientais da cadeia bovina; e o modelo conceitual de análise.

O terceiro capítulo descreve o Método de Pesquisa apresentando a abordagem metodológica, os instrumentos de coleta de dados e a forma de tratamento e análise dos dados.

No quarto capítulo, são apresentados os Resultados da Pesquisa, obtidos por meio de entrevistas, aplicação de questionários, dados visuais e documentos disponíveis das empresas pesquisadas.

O quinto capítulo, Análise e Discussão dos Resultados, estabelece a comparação dos resultados da pesquisa com o modelo desenvolvido no referencial teórico e as categorias analíticas.

Por fim, no sexto capítulo, Considerações Finais, são apresentados os principais resultados, as limitações, as contribuições da pesquisa e as sugestões para estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo discorre sobre a estrutura da economia circular, a indústria de processamento da carne bovina e os respectivos impactos ambientais, as tecnologias implementadas no processo produtivo para mitigar impactos ambientais e o modelo conceitual de análise.

2.1 FUNDAMENTOS E ESTRUTURA DA ECONOMIA CIRCULAR

A economia circular, recebeu recentemente uma atenção crescente nas discussões sobre desenvolvimento industrial, como uma abordagem para combater os desafios ambientais e promover o desenvolvimento sustentável na União Europeia (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). Este tópico irá abordar os principais conceitos, princípios e barreiras para a implementação da economia circular.

2.1.1 Do modelo linear para o modelo circular: transição e benefícios

A economia linear iniciada na Revolução Industrial, aumentou a quantidade, a variedade e a velocidade da produção devido à mecanização e ao desenvolvimento de novos sistemas de produção. O modelo da economia linear é baseado em produtos que são fabricados a partir de matérias-primas e resíduos descartados após o seu uso (JAWAHIR; BRADLEY, 2016), “*take-make-use-dispose*”, ou seja, extrair-produzir-usar-descartar. Este modelo beneficiou as indústrias, fornecedores de energia e produtores de matérias-primas, todavia, o meio ambiente era degradado à medida que materiais finitos eram retirados, gerando grandes quantidades de resíduos, os quais eram enviados para aterros ou incineradas (ANDREWS, 2015).

A economia linear é baseada em um processo simples, onde se retira, produz, consome e descarta, com pouca ou nenhuma atenção à poluição gerada em cada etapa. O modelo de economia linear é caracterizado pela prioridade que dá aos objetivos econômicos, com pouca consideração por preocupações ambientais e sociais. Também, com pouca atenção para políticas públicas relacionadas (SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016). O modelo não considera outros fatores, como o impacto sobre o capital social e a conservação de recursos escassos (KOK; WURPEL; TEN WOLDE, 2013).

A adoção de políticas públicas sustentáveis, para que ocorra uma transição do sistema linear para o sistema circular, está sempre sendo adiada em decorrência dos interesses divergentes de diferentes países. Isto também implica em desafios na área de pesquisa e desenvolvimento, do *design*, da eco-inovação, nos processos produtivos e modos de consumo (LEMOS; TEIXEIRA; BENTO, 2018). Todos estes agentes têm um papel importante a desempenhar neste processo de transição, e isto inclui o Estado, os agentes econômicos, os cidadãos, as ONGs e as Universidades (LEMOS; TEIXEIRA; BENTO 2018).

A economia circular se destaca pela transformação de bens que estão no final de sua vida útil em recursos para outros processos, fechando ciclos em ecossistemas industriais e minimizando resíduos. É capaz de mudar a lógica econômica, reutilizando o que for possível, reciclando o que não pode ser reutilizado, reparando o que está danificado e remanufaturando o que não pode ser reparado (STAHEL, 2016). A Figura 1 ilustra a diferença dos dois modelos de economia.

Figura 1 - Modelo de economia linear e circular

Fonte: Autora "adaptado de" Sauv, Bernard e Sloan, 2016, p. 5

Na Figura 2, a economia linear ignora os impactos ambientais que acompanham o consumo de recursos e o descarte de resíduos, resultando em extração excessiva de recursos virgens, poluição e desperdício. Como a economia linear não se preocupa com questões ambientais, na grande parte do circuito, ela é frequentemente ilustrada como uma linha, com um começo e um fim - da extração até o descarte. Por outro lado, a economia circular leva em conta o impacto do consumo de recursos e do desperdício no meio ambiente. Isso cria alças fechadas alternativas, onde os recursos estão em movimentos circulares dentro de um sistema

de produção e consumo. O que otimizará o uso de recursos virgens e reduz a poluição e o desperdício a cada passo (SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016).

2.1.2 Estrutura e princípios da economia circular

A economia circular foi definida pela primeira vez e conceituada no relatório Ellen MacArthur Foundations (LEWANDOWSKI, 2016), como “um sistema industrial que é restaurativo ou regenerativo por intenção e *design*” (EMF, 2015). Isso significa perseguir e criar oportunidades para a mudança de um conceito de “fim de vida” para o *Cradle-to-Cradle* (“berço a berço”), ou seja: do uso de energia não renovável para o uso de energias renováveis; do uso de produtos químicos tóxicos à completa eliminação desses produtos; e do desperdício à eliminação de resíduos, através do *design* superior de materiais, produtos e sistemas (EMF, 2015). Assim, a economia circular torna-se uma nova visão do tratamento de recursos, energia, criação de valor e empreendedorismo, levando ao desenvolvimento de novos modelos de negócio (JOUSTRA, 2013).

Apesar do conceito de economia circular ainda ser contestado (SKENE, 2018; KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018; LIEDER; RASHID, 2015), novas definições vêm surgindo (STAHEL, 2016). Uma das mais recentes conceitua o modelo circular como um sistema econômico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de 'fim da vida' (KIRCHHERR et al., 2017; KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018; LIEDER; RASHID, 2015; SKENE, 2018). Essa abordagem de economia circular enfatiza a redução, reutilização de produtos, componentes e materiais (RASHID et al., 2013), a remanufatura, reformas, reparos, cascadeamento e atualização (MIHELICIC et al., 2003). O potencial de fontes de energia sustentáveis, como a solar, a eólica, a biomassa e outras fontes de energia derivada de resíduos (EMF, 2013; BRAUNGART; MCDONOUGH; BOLLINGER, 2007) devem ser priorizadas. Nesse contexto, a economia circular promoverá ciclos de material de alto valor em vez de reciclar apenas para obter matérias primas de baixo valor como na reciclagem tradicional (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

Na economia circular, o consumo de recursos virgens é reduzido para otimizar o uso de subprodutos, desperdícios ou reciclagem de materiais descartados, reduzindo assim a poluição gerada em cada etapa (PINJING et al., 2013; SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016). Em vista disto, o modelo circular, tem a capacidade de garantir a produtividade, considerando as externalidades do processo de produção, assim como o consumo dos produtos e os impactos no fim da vida (STAHEL, 2016; GEISSDOERFER et al., 2018), visando a proteção

ao meio ambiente e prevenção da poluição (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). A produção de bens, através de fluxos de material de circuito fechado, garante que os produtos pós-consumo sejam reintegrados aos processos de fabricação (GENG; ZHU; DOBERSTEIN, 2008; SOUZA, 2013; HAAS et al.; 2015). O Quadro 1 resume os principais conceitos de economia circular encontrados na literatura.

Quadro 1 - Resumo dos conceitos de economia circular

CONCEITOS	AUTORES
É um sistema restaurativo e regenerativo, com forte potencial de fontes de energias alternativas para o uso de produtos renováveis	EMF, 2015
Visa a criação de valor e empreendedorismo	Joustra, 2013
Um sistema econômico baseado em modelos de negócios substituem o conceito de 'fim da vida'	Korhonen, Honkasalo e Seppälä, 2018; Lieder e Rashid, 2015
Um modelo que visa a reutilização	Lieder e Rashid, 2015; Mihelcic et al., 2003
Promove ciclos de materiais de alto valor	Ghisellini, Cialani e Ulgiati, 2016
Permite a redução do consumo de recursos naturais	Pinjing et al., 2013; Sauvé, Bernard e Sloan, 2016
Garante a produtividade, considerando as externalidades de todos o processo	Sthael, 2016; Geissdoerfer et al., 2018; Ghisellini, Cialani e Ulgiati, 2016

Fonte: Autora

Os princípios base da Economia Circular podem ser traduzidos em seis ações de negócio: regeneração, partilha, otimização, circulação, virtualização e troca, denominadas como estrutura ReSOLVE (EMF, 2015). Também, a economia circular é fundamentada em três princípios (Figura 2).

Figura 2 – Princípios da economia circular

Fonte: EMF, 2015

O primeiro é gestão de fluxos renováveis, que tem por objetivo preservar e aumentar o capital natural, controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis; o segundo são os ciclos biológicos e ciclos técnicos, que objetiva otimizar a produção de recursos, fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade, por meio de projetos elaborados pensando na remanufatura, na reforma e na reciclagem, de modo que componentes e materiais continuem circulando e contribuindo para a economia; e terceiro é minimizar perdas sistêmicas e externalidades negativas, estimulando a efetividade do sistema (EMF, 2012).

2.1.2.1 Princípio 1: gestão dos fluxos renováveis

Esse princípio está associado com o processo inicial, isto é, com a matéria-prima e sua extração. O capital natural deve ser valorizado na redução de sua utilização ao mínimo necessário, por meio de aprimoramento e estimulação de fluxos de nutrientes para que ele se torne regenerativo ao final do seu ciclo (LIU et al., 2018; EMF, 2015). Todo material utilizado deve ser visto como nutriente para a próxima geração do ciclo de vida, componente ou produto, ou seja, a finalidade principal deste princípio é aumentar o capital natural sem degradar o sistema. Além disso, a energia e recursos utilizados devem, prioritariamente, ser de fontes renováveis (RIDOUTT; PEERASAK; GREGORY, 2011; EMF, 2015).

A gestão de fluxos renováveis, por meio da circulação do produto nos processos industriais tem oportunidades e desafios. A reutilização de materiais, por exemplo, derivados de resíduos de processos industriais, oferece um grande potencial para melhorar a eficiência de recursos. Os contaminantes podem se acumular nos produtos residuais, o que aumentará risco ao longo da cadeia de valor, que trarão consequências econômicas, sociais e ambientais (THOMSEN, 2019).

A gestão dos fluxos de materiais restaura produtos para seus níveis naturais, reduzindo a reutilização excessiva de materiais de um ciclo para o outro (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017). Além disso, os modelos de gestão de fluxos renováveis projetam produtos e processos industriais que transformam materiais em nutrientes, permitindo seu fluxo prolongado dentro dos ciclos biológico ou técnico. As transformações são necessárias para alcançar a efetividade dos recursos, e tem por base as inovações tecnológicas, sociais e organizacionais em toda a cadeia de valor, considerando a produção e consumo (WITJES; LOZANO, 2016).

2.1.2.2 Princípio 2: ciclo biológico e técnico

Na economia circular, o *design* do Berço ao Berço (*Cradle to Cradle*) é oferecido como uma estrutura simples e efetiva para a criação de novos produtos e processos industriais motivada por métodos naturais. Isto possibilita a constituição de sistemas cíclicos de fluxos de materiais seguros e saudáveis para os seres humanos e para a biodiversidade. A economia circular é um conceito usado para descrever uma economia industrial com desperdício zero. Dentro desse sistema, materiais são criados e empregados de forma a diferenciar entre a biosfera e a tecnosfera, criando assim dois ciclos industriais distintos, o biológico e técnico (SCOTT, 2015).

2.1.2.2.1 Ciclo biológico

Os materiais do ciclo biológico são biodegradáveis, obtidos a partir de matéria vegetal, e retornam seu valor como nutrientes biológicos para o solo e cursos d'água (GEJER; TENNENBAUM, 2018). O ciclo biológico abrange os fluxos de materiais renováveis que são, em sua maior parte, regenerados em diferentes fases da cadeia de valor, como: agricultura, silvicultura, pesca na fase primária, processamento de alimentos fabricação de têxteis, biotecnologia, além de varejo e gerenciamento de recursos nas etapas de consumo e fim de uso. Neste ciclo, produtos devem ser projetados para ser consumidos ou metabolizados pela economia e, ao mesmo tempo, devem possuir condições de serem regenerados no meio ambiente, extraindo mais valor de seus componentes e aproveitando-os em cascata para outras aplicações. Este processo incentiva a reinserção de nutrientes biológicos na biosfera para decomposição, transformando-os em matéria prima para novos ciclos (EMF, 2015).

A matéria orgânica, no ciclo biológico, é livre de contaminantes tóxicos e decompõe-se gradualmente em cascata por meio de diferentes estágios de extração de valor antes de retornar com segurança ao solo ou cursos d'água. Ao fazê-lo, o ciclo se regenera e, assim “a vida cria condições conducentes para novos ciclos” (BENYUS, 2003; EMF, 2016).

Durante o ciclo biológico, os resíduos orgânicos são tradicionalmente vistos como um problema dispendioso em termos econômicos e ambientais. No entanto, a equação pode ser revertida ao projetar sistemas de recuperação e processamento mais eficazes para transformar resíduos orgânicos em uma fonte de valor que contribui para a restauração do capital natural. No ciclo biológico, o aproveitamento em cascata, que é o primeiro ciclo dentro da estrutura da Economia Circular, deve ser priorizado, ou seja, materiais podem ser utilizados como

nutrientes ainda pelo consumidor, por exemplo, se a árvore for queimada diretamente, perderá o valor que poderia ser aplicado, como o da madeira ou outros produtos, antes da eventual regeneração. Os materiais permanecem o maior tempo possível na economia. Após um produto chegar ao fim de seu ciclo para o primeiro consumidor, ele pode ser compartilhado e ter sua utilização ampliada. O segundo ciclo é referente ao uso dos materiais como matérias-primas bioquímicas, mas não mais pelo consumidor e sim pelo próprio fabricante. Já no terceiro ciclo, o material atinge o meio ambiente, porém de forma regenerativa, sendo absorvido como nutriente e não como um agente causador de danos (EMF, 2016).

Dentro do ciclo biológico, os modelos de negócios são desenvolvidos utilizando energia renovável, por meio de matérias-primas que substituem entradas de ciclos de vida únicos, permitindo assim o aumento da taxa de utilização de produtos e possibilidades de uso (EMF, 2015). Um dos principais objetivos do ciclo biológico é a dependência de fontes de energia renovável, seja solar, eólica, hidrelétrica ou bioenergia. As fontes de energia renováveis movem a economia circular, reduzindo a dependência dos recursos e aumentando a resiliência dos sistemas (EMF, 2013).

No ciclo biológico, a digestão anaeróbica, é definida como uma série de processos biológicos em que os microrganismos se decompõem em material biodegradável na ausência de oxigênio. É a tecnologia mais amplamente utilizada neste ciclo, podendo ser aplicada a uma ampla gama de material orgânico. A digestão anaeróbica é responsável pela reciclagem de carbono em diferentes ambientes, incluindo zonas úmidas, vísceras de animais, sedimentos aquáticos e adubos. Este processo também é amplamente aplicado em escala industrial para valorização de resíduos orgânicos. O tratamento de resíduos biológicos por processos de digestão anaeróbica é, em muitos casos, a melhor maneira de converter resíduos orgânicos em produtos úteis, como energia na forma de biogás, condicionador de solo e fertilizantes (KOUGIAS; ANGELIDAKI, 2018).

Nas indústrias com sistema de estação e tratamento de efluentes, é feito a recuperação de nutrientes das águas residuais. Este tipo de procedimento é útil para reduzir os custos das estações de tratamento, e evitar a descarga prejudicial de nutrientes poluentes em cursos de água adjacentes. As estações de tratamento de efluentes ajudam a eliminar o acúmulo de mineral de fosfato em tubulações. No tratamento de águas residuais, este processo tornou-se uma prioridade política em vários países da União Europeia. Lamas, adubos, resíduos orgânicos agrícolas ou industriais, solos contaminados são tratados e transformados em biofertilizadores ou depositados no solo. Após a estabilização dos resíduos biológicos, pela extração do potencial energético, os resíduos remanescentes, podem ser devolvidos aos solos

agrícolas proporcionando nutrientes e manutenção do húmus e estrutura em solos (KOUGIAS; ANGELIDAKI, 2018). O retorno desses nutrientes para o solo, reduz o uso de fertilizantes sintéticos (EMF, 2016).

Diante disto, na economia circular sistemas agrícolas regenerativos são desenhados para promover a saúde do solo e regenerá-lo usando práticas como compostagem, rotação de colheitas, cultivo de cobertura e do plantio. A importância da transição linear para circular, leva as indústrias dos setores de soja, de algodão, de carne bovina, de cana-de-açúcar, de etanol, de biodiesel, de laranja, de óleo de palma, de café, de cacau e de madeira, que lidam diretamente com materiais biológicos, a se moverem em direção a práticas agrícolas mais regenerativas. Consequentemente, esses sistemas agrícolas regenerativos levam a uma melhor compreensão da importância de se preservar e regenerar os recursos naturais (EMF, 2016).

2.1.2.2.2 Ciclo técnico

O ciclo técnico corresponde a gestão dos estoques de materiais finitos, onde o reaproveitamento substitui o consumo, de maneira que apresentem oportunidades de recuperação do valor dos produtos por meio de compartilhamento, manutenção, reutilização e redistribuição, remanufatura e, por fim, reciclagem. Neste ciclo, “os materiais técnicos são recuperados e, em sua maior parte, restaurados” (EMF, 2015, p. 8). O ciclo técnico é composto por produtos e materiais que dificilmente são biodegradados, e que são desenhados para buscar o máximo possível de circularidade em ciclos fechados (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2003). Na Economia Circular, os projetos devem ser desenhados para permitir a aplicação do segundo princípio, possibilitando que componentes e materiais técnicos continuem circulando e contribuindo para a economia (EMF, 2015).

O ciclo técnico é baseado em características de confiabilidade dos componentes, e, devido às suas condições, possibilita a definição de um plano de manutenção periódica, com o objetivo de reduzir e até eliminar a quantidade de falhas possíveis (BEVILACQUA; BRAGLIA, 2000). O reuso e redistribuição, tornam-se direcionadores de receita e possibilitam a redução de custos do modelo de negócio. A reutilização é um processo de aproveitamento de resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química (BRASIL; MAPA, 2018). No caso de aplicação do reuso, ao invés da reciclagem, o produto ou material deve estar em boas condições de uso, podendo circular até seu fim de vida (OLIVEIRA; SILVA, 2011). Já no caso da redistribuição, que é aplicada junto com o reuso, o material é transferido para outros usuários que irão utilizá-lo para outra finalidade. Na Europa,

é estimado que práticas associadas à economia circular podem trazer redução de custos de mobilidade entre 60 a 80%, e no caso de práticas que promovam o reuso de materiais podem reduzir o espaço construído de 25 a 35% (EMF, 2015).

Na remanufatura, o produto retorna ao fabricante após o uso para ter quaisquer componentes necessários substituídos antes de entrar no mercado. O produto é renovado e o ciclo de uso é prolongado, reduzindo os impactos ambientais proveniente da extração de matérias-primas para novos produtos (EMF, 2015). A remanufatura contribui na recuperação de valor agregado e a prática fecha o ciclo de uso dos materiais, formando um sistema de fabricação que considera a circularidade (GUIDE, 2000).

A reciclagem deve ser a última alternativa na recuperação de matérias e só deve ser utilizada na impossibilidade de recuperar os produtos e componentes por meio da remanufatura (EMF, 2015). A Lei de Resíduos Sólidos, define reciclagem como um processo de transformação de resíduos em insumos ou novos produtos, e envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas por meio do processamento de materiais (BRASIL; MAPA, 2018). No entanto, pode levar a depreciação na composição dos materiais e perda de valor (EMF, 2015).

2.1.2.3 Princípio 3: estimular a efetividade do sistema, revelando e excluindo as externalidades negativas

O terceiro princípio aborda a redução dos danos que os produtos, materiais e componentes podem causar ao meio ambiente (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2014). Tem o objetivo de promover a eficácia do sistema, revelando e antecipando externalidades negativas. Inclui a redução de danos em sistemas e áreas como alimentação, mobilidade, abrigo, educação, saúde e entretenimento. Este princípio contribui na identificação de impactos para redução de danos aos sistemas excluindo as externalidades negativas, “como uso da terra, ar, água e poluição sonora e da liberação de substâncias tóxicas” (EMF, 2015, p. 5). O quadro 2 apresenta uma síntese dos princípios da economia circular.

Quadro 2 - Síntese do modelo de economia circular

Categorias	Subcategorias	Definições	Autores utilizados
Princípio 1	Oportunidade de desmaterialização	É uma alternativa para a promoção da gestão de materiais renováveis, aumentando o fluxo de bens e serviços e reduzindo o fluxo de insumos físicos não renováveis.	EMF, 2012, 2013, 2015; Heeys et al., 2018; Kirchherr et al., 2017; Bocken et al., 2014., Boons e Ludeke-Freund, 2013; Wells, 2013; Wen e Meng, 2015; Bocken et al., 2016; Preston, 2012; Vanner et al., 2014; Shahbazi et al., 2016; Pheifer, 2017; Osteralder e Pigneur, 2010; Sauavé et al., 2016; Leandowski, 2016; Liu et al., 2014;
	Conservação e aumento do capital natural	Todo material utilizado deve ser visto como nutriente para próxima geração do ciclo de vida do material, componente ou produto, ou seja, a finalidade principal é aumentar o capital natural sem degradar o sistema.	Korhonen, 2018; D'mato et al., 2018; Murray et al., 2017; Homrich et al., 2018; Bocken et al., 2016; Geissdoerfer et al., 2018; Geng e Dobertein, 2008; Souza, 2013; Pinjing et al., 2013; Rashid et al., 2016; Mihelcic et al., 2003; Braungart et al., 2007; Ghisellini et al., 2016; Naustdalslid, 2017; Joustra, 2013; Skene, 2018.
Princípio 2 Ciclo Biológico	Aproveitamento em cascata	Os materiais permanecem o maior tempo possível na economia. Após um produto chegar ao fim de seu ciclo para o primeiro consumidor, ele pode ser compartilhado e ter sua utilização ampliada.	Geger e Tennenbraum, 2018; Koajis e Angelidaki, 2018; EMF, 2013, 2015, 201, 2018
	Gestão de fluxos renováveis	Dentro do ciclo, a energia, se faz necessário para mover a economia circular, de modo a reduzir a dependência dos recursos e aumentar a resiliência dos sistemas	Geger e Tennenbraum, 2018; Koajis e Angelidaki, 2018; EMF, 2013, 2015, 201, 2018
	Regeneração da matéria-prima	O ambiente se recupera pelo fato de o resíduo deixar de ser um descarte e passa a ser um nutriente, absorvido pelo próprio meio para seu benefício.	Geger e Tennenbraum, 2018; Koajis e Angelidaki, 2018; EMF, 2013, 2015, 201, 2018; Koronen et al., 2018; Haas et al., 2015; Stahel, 2016; Gregsoon, 2015; Ma et al., 2014.
Princípio 2 Ciclo Técnico	Gestão dos estoques de materiais finitos	É onde o reaproveitamento substitui o consumo. Os materiais técnicos são recuperados restaurados.	EMF, 2015; Geger e Tennenbraum, 2018; Koajis e Angelidaki, 2018;
	Reciclagem	Última opção para o tratamento de produtos em fim de vida pois, além de trazer uma depreciação na composição dos materiais, exige processos produtivos robustos, se comparada ao reuso e à manutenção.	EMF, 2015; Geger e Tennenbraum, 2018; Koajis e Angelidaki, 2018;

Continua...

Conclusão			
Princípio 3	Externalidades positivas	São benefícios decorrentes de qualquer atividade, que não recaem sobre quem a está exercendo.	Braungart; McDonough, 2014; EMF, 2015; Geger e Tennenbraum, 2018; Koajis e Angelidaki, 2018;
	Externalidades negativas	São prejuízos decorrentes de qualquer atividade que não recaem sobre quem a está exercendo. A Economia Circular busca eliminar as externalidades negativas.	EMF, 2015; Geger e Tennenbraum, 2018; Koajis e Angelidaki, 2018

Fonte: Autora

Os princípios da economia circular, são vistos como uma forma de ativar mecanismos para induzir transformações industriais que abrirão caminho para alcançar produção e consumo sustentáveis. A pretensão é que o modelo circular nas indústrias, em vez dos modelos lineares predominantes, não apenas tenha um impacto positivo sobre o meio ambiente, mas que também contribua para o crescimento econômico (EUROPEAN COMMISSION, 2014; EMF, 2013; CIRAIG, 2015).

2.1.3 Drivers para implementação da economia circular

Existem alguns *drivers* impulsionadores e utilizados como fatores motivadores para implementação da economia circular em uma cadeia de suprimentos, que estão divididos em cinco grupos. Esses *drivers* foram classificados com base em suas semelhanças e significados, além de serem aplicados nos ambientes internos e externos de uma organização, relacionados a uma ou mais partes interessadas (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018), como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 - *Drivers* impulsionadores para implementação da economia circular

Grupos	Drives	Autores
Política e economia	1) Manter às leis e políticas de gestão de resíduos, com criação de leis para promover uma produção mais limpa	Ilić e Nikolić 2016; Xian e Yanfu, 2011; Park, Sarkis e Wu, 2010; Hazen, Mollenkopf e Wang, 2017; Soares e Ferreira, 2017
	2) Crescimento econômico por meio de implementação da Economia Circular na Cadeia de Suprimento, gerando mais lucro	Franklin-Johnson, Figge, e Canning, 2016; Geng et al., 2008; Ilić e Nikolić, 2016
Saúde	3) A saúde pública paga altos preços pelo consumo excessivo de recursos e energia. Grandes quantidades de pessoas sofrem de doenças causadas pelo ar e água contaminada	Ilić e Nikolić 2016, Pringle, Barwood e Rahimifard, 2016
	4) A saúde animal paga altos preços pelo consumo excessivo de recursos e energia	Soares e Ferreira, 2017

Continua...

Conclusão		
Proteção Ambiental	5) Devido à mudança climática / aquecimento global, que ocorre pela grande quantidade de resíduos e emissões de gases de efeito estufa, é importante para que a economia circular seja implementada na cadeia de suprimento	Ilić e Nikolić 2016; Pringle, Barwood e Rahimifard, 2016; Hazen, Mollenkopf e Wang, 2017; Clark et al., 2016; Soares e Ferreira 2017
	6) Agricultura moderna aumenta a produtividade, mas paga altos preços pelo consumo excessivo de recursos naturais	Jun e Xiang, 2011; Xuan, Baotong, Hua, 2011
	7) Aumento da demanda por energia renovável é importante para proteger o meio ambiente	Clark et al., 2016, Schiller, Müller e Ortlepp, 2017
Sociedade	8) A implementação da economia circular é importante para proteger o futuro crescimento da população, que representa uma demanda severa do consumo de recursos básico	Yuan, Bi e Moriguichi, 2006, Ilić e Nikolić, 2016, Pringle, Barwood, e Rahimifard, 2016
	9) A urbanização vem aumentando e o meio ambiente tem sido negativamente afetado	Sun et al., 2017
	10) A economia circular contribui para potencial oferta de geração de emprego	Morone e Navia, 2016; Esposito, Tse e Soufani, 2017; Ilić e Nikolić, 2016; Li et al., 2010; Schiller, Müller e Ortlepp 2017
	11) Conscientização dos consumidores sobre os impactos das indústrias ao meio ambiente, faz aumentar as pressões para o desenvolvimento da economia circular nas cadeias de suprimento	Ilić e Nikolić, 2016
Desenvolvimento de produtos	12) Melhorar a eficiência de materiais e uso de energia em cadeia de mantimentos	Su et al., 2013
	13) Aumentar o valor dos produtos aumentando a eficiência e qualidade	Ilić e Nikolić, 2016

Fonte: Govindan e Hasanagic, 2018, p. 22.

Destes 13 *drivers* impulsionadores da economia circular, nove estão relacionados ao ambiente externo e quatro correspondem ao ambiente interno. *Drivers* internos são aqueles que existem dentro das próprias organizações e estão relacionadas a recursos que promovem a implementação da economia circular. Já os fatores externos envolvem fatores motivacionais fora da empresa que promovem a implementação da economia circular. Os condutores também são classificados de acordo com as partes interessadas envolvidas. No caso das partes interessadas, para estes 13 *drives* apresentados, são os consumidores, a sociedade, a organização, os fornecedores e o governo, ou seja, os *stakeholders* (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018).

Na perspectiva governamental, uma das principais razões para a implementação da economia circular é o aumento populacional, que aumenta a demanda de recursos naturais (BASTEIN et al., 2013). O crescimento do emprego está relacionado à necessidade de mão-de-obra, associada à reutilização, remanufatura e reparo (VAN LOON; VAN WASSENHOVE, 2017), que podem criar empregos mais qualificados. Por fim, a

implementação da economia circular pode ainda reduzir o consumo de materiais em 32% até 2030 e 53% em 2050 (EMF, 2012).

As comunidades empresariais sentem-se atraídas particularmente pela implementação de economia circular devido aos ganhos financeiros previstos na cadeia de suprimentos (NEDERLAND CIRCULAIR, 2015). Assim, um *driver* primário para as empresas implementarem a economia circular é manterem-se dentro das leis atuais de gerenciamento de resíduos. Geralmente, o ganho financeiro é obtido com a recuperação de matérias primas que atualmente são descartadas no sistema linear (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018).

Na ótica de sociedade, a saúde pública é um dos principais *drives* nos países europeus, mas nos últimos anos ela não foi capaz de servir como um grande impulsionador (ILIĆ; NIKOLIĆ, 2016). Em países em desenvolvimento o lixo afeta diretamente a saúde pública, a doença se espalha, em depósitos de lixo abertos, com insetos transmissores de doenças, são altamente infecciosos, no caso da agricultura moderna, há o aumento da produtividade, mas um preço alto é pago devido o consumo exagerado de recursos e energia, e ainda os danos que representa ao ambiente agrícola (JUN; XIANG, 2011; HUANG; SONG, 2017).

Por fim, na perspectiva do consumidor, os produtos reconicionados não foram muito explorados no passado. Isto porque a reforma é usada principalmente no mercado *business-to-business*, como por exemplo, as copiadoras. Mas recentemente, a renovação está ganhando interesse entre as empresas de consumo (CHENG; LIN; TIAN, 2013). Os consumidores são mais cautelosos se acham que telefones celulares, *laptops* ou *tablets* são produtos reutilizados. Da mesma forma, em roupas e produtos para bebês, como carrinhos de bebê ou assentos de carro, neste caso, os consumidores ainda preferem produtos novos (WEELDEN; MUGGE; BAKKER, 2016).

Diante disto, para que de fato ocorra a implementação da economia circular nas indústrias, barreiras como questões financeiras, culturais e sociais, operacionais, gestão, mercado e principalmente as barreiras tecnológicas, precisam ser revistas para que de fato ocorra a implementação da economia circular (KIRCHHERR et al., 2018; JESUS; MENDONÇA, 2018).

2.1.4 Barreiras e desafios da economia circular

A mais recente contribuição a respeito do limitado progresso na implementação da economia circular, é trazida nas pesquisas de Jesus e Mendonça (2018). Embora a literatura tenha enfatizado particularmente as barreiras técnicas e conceituais para a implementação da

economia circular, os autores apresentam as quatro principais barreiras para a implementação na União Europeia. A primeira, a barreira cultural, diz respeito à falta de consciência e disposição das empresas de se envolverem com questões relacionadas a economia circular (PHEIFER, 2017; MONT et al., 2017). A segunda, a barreira de regulamentação, caracteriza-se pela falta de políticas públicas em apoio a uma transição econômica circular (KIRCHHERR et al., 2018; PHEIFER, 2017), a terceira, a barreira de mercado, está relacionada à falta de viabilidade econômica para negócios circulares (MONT et al., 2017; KIRCHHERR et al., 2018; PHEIFER, 2017) a quarta barreira é a tecnológica, decorrente da falta de tecnologias para implementação da economia circular (PHEIFER, 2017; MONT et al., 2017; IMSA, 2013). O Quadro 4 apresenta a descrição das quatro principais barreiras para implantação da economia circular na União Europeia.

Quadro 4 – Barreiras da economia circular 1

BARREIRAS	DESCRIÇÃO DA BARREIRA	AUTORES
Cultural	Cultura da empresa sem senso de urgência	Pheifer, 2017
	Ausência de cultura para colaborar com outras empresas	Mont et al., 2017
	Falta de conscientização e interesse do consumidor	Mont et al. 2017
	Sistema linear atual consolidado	Pheifer, 2017
Regulamentação	Obstrução de leis e regulamentos	Pheifer, 2017
	Falta de consenso global	Kirchherr et al., 2018
	Aquisição circular limitada, um olhar apenas para os custos ao fazer aquisição	Kirchherr et al., 2018
Mercado	Preços de materiais virgens muito baixo	Mont et al., 2017
	Falta de padronização	Kirchherr et al, 2018
	Alto custo de investimento inicial	Mont et al., 2017
	Financiamento limitado para modelos de negócios circulares	Pheifer, 2017
Tecnológica	Falta de capacidade de fornecer alta qualidade nos produtos remanufaturados	IMSA, 2013
	Projetos circulares limitados, os produtos não são projetados para modelos de negócios circulares	Mont et al., 2017
	Aplicação limitada em novos modelos de negócios em larga escala	IMSA, 2013
	Falta de informações e dados, por exemplo, sobre impactos	Pheifer 2017

Fonte: Autora “adaptado de” Jesus e Mendonça, 2018, p. 75

Além das quatro barreiras identificadas na União Europeia, são discutidas em um contexto geral outras barreiras que impedem a implementação da economia circular nas

empresas. As relações culturais e sociais é uma das principais barreiras para que a economia circular seja efetivada, isso porque há uma falta de entusiasmo do consumidor para incentivar a implementação da economia circular na indústria, além da resistência em relação aos produtos reutilizados. As questões de mercado é uma outra barreira, pois algumas externalidades impedem as empresas de aproveitarem os produtos reconicionados e reformados (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; LIU; BAI, 2014).

As questões tecnológicas é uma das barreiras mais referenciadas, isso porque há uma grande insuficiência de tecnologias nas empresas, assim como as questões governamentais, que se dá pela ausência de políticas públicas e também, por questões econômicas, dado a falta de incentivos econômicos governamentais. A falta de conhecimento e habilidade também é um impedimento para as empresas aplicarem os princípios da economia circular. Por fim, a falta de compromisso e interesse da gestão da empresa por questões relacionadas a economia circular (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018). O Quadro 5, faz um resumo das principais barreiras para a implementação da economia circular nas empresas.

Quadro 5 – Barreiras da economia circular 2

BARREIRAS	DESCRIÇÃO	AUTORES
Questões Cultural e Sociais	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de entusiasmo para trabalhar com economia circular em cadeias de suprimento; - Pouca motivação para compra de produto reconicionado; - Economia linear enraizada dentro das indústrias. 	Liu e Bai, 2014; Jawahir e Bradley, 2016; Shahbazi et al., 2016; Weelden, Mugge e Bakker, 2016
Questões de Mercado	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidade limitada de produtos reutilizados, sem oportunidade de escolha do consumidor - Prestadores de serviços não podem legalmente reter a propriedade de um produto vendido - Remanufatura consumida e procedimento intensivo de trabalho 	Weelden, Mugge e Bakker, 2016; Tukker, 2015; Liu e Bai, 2014
Questões Tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de tecnologia para os produtos retornarem com segurança à biosfera; - Alto custo de aquisição das tecnologias para o meio ambiente - Manutenção da qualidade dos produtos feitos a partir de materiais recuperados - Falta de tecnologias que dificultam o gerenciamento da qualidade dos produtos - Tomada de decisão certa em cadeias de suprimento para implementar economia circular da maneira mais eficiente 	Shahbazi et al. 2016; Palm, Nilsson e Åhman, 2016; Singh e Ordoñez, 2016; Ghisellini, Cialani e Ulgiati, 2016

Continua...

Conclusão		
Questões governamentais	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de um sistema padrão de indicadores de desempenho com relação à medição de economia circular em cadeias de suprimento; - Políticas públicas são ineficazes para obter reciclagem de alta qualidade - Falta de clareza e visão nacional, como metas, objetivos e indicadores; - Leis de economia circular têm sido insuficientemente implementadas e não há ferramenta para analisar a eficácia das regras e leis propostas; - Leis ambientais existentes em alguns sistemas não contempla a economia circular 	Su et al., 2013; Li e Yu, 2009; de Man e Friege, 2016; Pan et al., 2015; Zhijun e Nailong, 2007.
Questões Econômicas	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de incentivos econômicos acabam dificultando as empresas implementarem a economia circular na cadeia de suprimento; - Os custos ambientais (externalidades) - Custos de investimentos iniciais em cadeias de suprimento para implementar a economia circular; - Os materiais reciclados estão relacionados à custos altos em cadeias - Falta de benefícios fiscais para as indústrias e consumidores 	Su et al., 2013, Sauvé, Bernard, e Sloan, 2015; Geng et al., 2008; Lieder e Rashid, 2016; Pan et al., 2015
Falta de conhecimento e habilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de informações confiáveis para o público e, portanto, é difícil reutilizar e reciclar produtos remanufaturados; - Falta de consciência e senso de urgência pública; - Falta de habilidades pelos funcionários para trabalhar com a economia circular 	Su et al., 2013; Liu et al., 2009; Maitre-Ekern e Dalhammar, 2016; Lieder e Rashid, 2016, Sauvé, Bernard, e Sloan, 2015; Geng et al., 2008; Weelden, Mugge, e Bakker, 2016
Questões de gestão	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de liderança e gestão na cadeia de suprimento para implementar a Economia Circular; - Maior prioridade de outros problemas ou requisitos na cadeia de suprimento 	Liu e Bai 2014; Shahbazi et al., 2016

Fonte: Autora “adaptado de” Govindan e Hasanagic, 2018, p. 11

As principais barreiras, relacionadas à implementação da economia circular, são as tecnológicas (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018; JESUS; MENDONÇA, 2018). A inovação tecnológica apresenta-se como uma alternativa para contribuir com a sociedade (ABRAMOVAY, 2012). Seus benefícios são diversos para as indústrias, incluindo diferenciação, desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços, acesso a novos mercados, eficiência na cadeia de valor, redução de custo e riscos (FRONDEL et al., 2010).

2.1.5 Inovação ambiental tecnológica de processo

A inovação tecnológica é a implementação de produtos e de processos tecnologicamente novos ou a realização de melhoramentos tecnológicos significativos (OECD; EUROSTAT, 2005). A **inovação tecnológica de produto** é o resultado da produção e comercialização de novos bens (produtos ou serviços) ou com melhores características de

desempenho, e **inovação tecnológica de processo** corresponde à implementação ou adoção de um processo de produção novo ou melhorado. Representa a execução de novos métodos de produção ou distribuição, abrangendo mudanças significativas nas técnicas, equipamentos ou *softwares* (MANUAL DE OSLO, 2005).

Quanto às inovações tecnológicas ambientais, essas o objetivo de remediar, controlar e preservar (BARBIERI, 2014). As tecnologias de remediação visam resolver um problema ou dano ambiental que se sucedeu durante o processo de produção, por exemplo, recuperar a qualidade do ar, da água e do solo. As de controle, vão mais à frente do problema, e normalmente são utilizadas no final do processo. No caso das tecnologias de preservação capturam e tratam efluentes sólidos, líquidos e gasosos antes do seu descarte no meio ambiente. Contudo, estas tecnologias são complexas e demandam altos investimentos em equipamentos e instalações, e não são eficazes para internalizar os problemas ambientais (BARBIERI, 2014; SRIVASTAVA, 2007).

Na indústria de processamento de carne bovina, inovações tecnológicas de processo, são caracterizadas pela compra de equipamentos automáticos ou na atualização do *lay-outs* das fábricas (WAKEFORD et al., 2017). No tratamento dos resíduos da indústria de carne são utilizadas práticas inovadoras que visam a redução de impactos ambientais, como os aterros, o tratamento anaeróbico, a compostagem, a queima, a incineração e a reciclagem (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2013).

2.2 TECNOLOGIAS AMBIENTAIS PARA MITIGAR IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA DE CARNE BOVINA

Esta seção aborda as etapas de abate bovino, assim como as principais tecnologias ambientais que podem ser utilizadas como forma de minimizar os impactos ambientais do setor.

2.2.1 Etapas do processo produtivo e aspectos ambientais de frigorífico

A cadeia de suprimentos no contexto do agronegócio, é um conjunto de processos integrados, composta por um conjunto de agentes econômicos, que estão subdivididos em cinco grandes segmentos, que envolvem os fornecedores de insumos da indústria (produtor rural ou mesmo outra indústria), agricultores ou pecuaristas, processadores, comerciantes e

consumidores (DJEKIC, 2015; BICKERSTAFFE et al., 2009; BORRISSE-PAIRO et al., 2016).

A cadeia de produção bovina pode ser segmentada, em três macros segmentos: a produção de matérias-primas que representam as empresas que fornecem insumos, máquinas e equipamentos para que outras firmas continuem o processo de produção final do produto (LOPEZ-RIDAURA, 2009); a indústria de processamento de carne, que compreende as empresas responsáveis por transformar insumos e matéria-prima em produto acabado, o qual será passado ao consumidor final (DJEKIC, 2015); e comercialização que inclui empresas que estão em contato direto com o cliente final da cadeia produtiva e que viabilizam o consumo e o varejo dos produtos finais, nesse segmento inclui as empresas de logística e distribuição (DJEKIC; TOMASEVIC, 2016; LOPEZ-RIDAURA 2009).

Na produção primária, é realizado o transporte do animal das fazendas para o frigorífico, onde são processados em quatro tipos de produtos: produtos comestíveis, no caso da carne e subprodutos; peles, refere-se ao couro cru do animal; variedades de subprodutos não comestíveis, que são utilizados em outros processos industriais; e os materiais de risco específicos (SRM) que precisam ser destruídos (MOGENSEN et al., 2016). A Figura 3 apresenta as entradas e saídas dos processos desenvolvidos nos frigoríficos, associados ao abate bovino.

Figura 3 - Entradas e saídas da produção de carne bovina, com foco no processo de abate

Fonte: Mogensen et al., 2015, p. 28

Englobando variadas atividades, a cadeia produtiva da carne bovina integra um complexo setor agroindustrial, com diversos elos que vão se integrando a partir do abate (BLISKA, 1998; SEBRAE; IEL; CNA, 2000). Nos processos produtivos da carne bovina, o abate é realizado para obtenção de carne e derivados, para o consumo humano. Como consequência dos processos e operações no setor, originam-se vários subprodutos e até mesmo resíduos (PONTOPPIDAN et al. 2016), tais como: couros, sangue, ossos, vísceras comestíveis e não comestíveis, gorduras, aparos de carne, animais ou suas partes condenadas pela inspeção sanitária, que sofrem uma série de processamentos específicos (BLISKA, 1998; DJEKIC, 2015). Vale ressaltar, que as operações são realizadas pelas próprias indústrias frigoríficas ou por empresas terceirizadas. Estes subprodutos provenientes do abate bovino se espalham por empresas do setor alimentício, calçadista, insumos industriais e agropecuários (CETESB, 2006).

Os setores da cadeia produtiva da carne são divididos em três principais unidades de negócios, dos quais: o frigorífico que realiza o abate dos animais e todo o processamento da carne (DJEKIC, 2015) são equipados de instalações de frio industrial que corresponde ao ambiente com baixa temperatura para conservação dos materiais passíveis de se alterarem por efeito do calor (BRASIL; RIISPOA, 2017). Essas unidades realizam o recebimento, a manipulação, a industrialização, o acondicionamento, a rotulagem, a armazenagem e a expedição de produtos comestíveis e não comestíveis (PONTOPPIDAN; et al., 2016) produzindo carcaças (carne com ossos) e vísceras comestíveis (MOGENSEN et al., 2016). A indústria de ração animal ou graxaria (que pode ser anexa ao frigorífico) corresponde a indústria de processamento dos subprodutos ou resíduos gerados a partir das atividades desenvolvidas do frigorífico; e o curtume (indústria de couro) que preserva a pele do animal do apodrecimento, passando pela limpeza, estabilização e acabamento para confecção de roupas, calçados, bolsas, estofamentos e revestimento de mobília (DRAGONI SOBRINHO; TONSO; PELEGRINI, 2007). A Figura 4, apresenta as etapas do processo de abate bovino.

Figura 4 - Etapas do processo de abate bovino

Fonte: Autora

Nota: Elaboração com base em CETESB, 2006; Pacheco; Yamanaka, 2008; Claas; Maia, 2003; Nguyen; Hermansen; Mogensen, 2010; Mogensen et al., 2015.

O processo começa com a **recepção dos animais**, onde ocorre o descanso dos animais. Estes são lavados para redução do *stress*, que os farão ficar mais calmos e relaxados possível, para que seus níveis de adrenalina sejam normais e a qualidade da carne fique melhor, além da diminuição do conteúdo estomacal do animal e limpeza do couro (BUGALLO et al., 2014). A água utilizada nessa limpeza, juntamente com os dejetos dos animais (LAWRIE, 2005) e o produto da posterior raspagem (limpeza dos pelos e pele para retirar mucosas) (TERLOUW, 2005) são enviados para uma Estação de Tratamento de Efluentes – ETE (BRASIL; MAPA, 2018).

Na etapa **condução e lavagem dos animais**, os bovinos são conduzidos para uma passagem denominada seringa cercada lateralmente, são divididos por estágios entre portões, para que sejam mantidos em lotes (BUGALLO et al., 2014), em seguida os animais são lavados com jatos de água clorada de cima para baixo e de baixo para cima, principalmente nas laterais, dando uma eficácia maior na lavagem (LAWRIE, 2005; MOGENSEN et al., 2016) e eliminando o esterco e outras sujidades, os efluentes seguem para a ETE (BRASIL; MAPA, 2018; TERLOUW, 2005). Em relação ao estrume produzido pelo animal durante o

transporte e nos matadouros, em alguns países são utilizados para a produção de biogás e depois aplicado em campos como fertilizante (MOGENSEN et al., 2016).

A etapa **atordoamento** é realizada com uma marreta pneumática, com pino retrátil, que é aplicada na parte superior da cabeça dos animais, perfurando o osso do crânio e destruindo parte do cérebro do animal (CETESB, 2006; LAWRIE, 2005; TERLOUW, 2005). Esta fase tem como objetivo deixar o animal inconsciente e incapaz de perceber e entender o que ocorre ao seu redor, impedindo dessa forma que o animal sinta dor ou aflição no momento da degola ou sangria (BUGALLO et al., 2014). Durante o processo de atordoamento, é comum que os animais vomitem e urinem (GREGORY, 2005), em razão disso, recebem jatos d'água para limpeza, gerando água residual que seguirá para a ETE (BRASIL; MAPA, 2008; BUGALLO et al., 2014).

Os animais são levados pelo trilho até a calha onde é realizada a **Sangria**. Nesta etapa é usado uma faca para seccionar os vasos sanguíneos do pescoço do boi, escorrendo o sangue do animal suspenso, ocorrendo a morte pela falta de oxigenação no cérebro (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015). O sangue é coletado por uma calha e direcionados para tanques, gerando cerca de 15 a 20 litros de sangue por animal (BRASIL; MAPA, 2008), este é um importante resíduo e seu processamento destina-se à fabricação de ração para animais, na forma de farinha, como suplemento proteico (BELLAYER; ZANOTTO, 2004). É utilizado uma grande quantidade de água para lavagem do local de sangria (BUGALLO et al., 2014) e equipamentos utilizados no processo (LAWRIE, 2005; TERLOUW, 2005). Uma parcela do sangue fica aderida em equipamentos e acaba sendo diluída com água quando ocorre a limpeza das instalações, sendo este fluido encaminhado para uma ETE (BRASIL; MAPA, 2008). Após a sangria, os chifres são serrados e submetidos a uma fervura para a separação dos sabugos (suportes ósseos), e depois de secos podem ser convertidos em farinha ou vendidos. Os sabugos são aproveitados na composição de produtos graxos e farinhas (BUGALLO et al., 2014; LAWRIE, 2005; TERLOUW, 2005).

A etapa da **Esfola** tem como objetivo a remoção da cabeça, a qual é enviada para graxarias, e a retirada do couro, que é encaminhado para os curtumes (PACHECO; YAMANAKA, 2008) e o corte das patas dianteiras e traseiras, para aproveitamento dos mocotós (BRASIL; MAPA, 2008), que são inspecionados e encaminhados para o processamento, quando não são aprovados, são enviados para a produção de farinhas nas graxarias (PACHECO; YAMANAKA, 2008). Após a esfola, o couro pode seguir diretamente para os curtumes, que serão retirados por intermediários, mas também pode ser descarnado ou salgado no próprio abatedouro (BUGALLO et al., 2014; LAWRIE, 2005; TERLOUW, 2005).

Existem processos de lavagem durante essa etapa para garantir melhor visualização das estruturas do animal, e os efluentes líquidos, água e sangue, também são direcionados para uma ETE (BUGALLO et al., 2014; BRASIL; MAPA, 2008).

A etapa **Evisceração** envolve a remoção das vísceras abdominais e pélvicas, além dos intestinos, bexiga e buxo. É uma etapa muito meticulosa, pois a falta de higiene pode afetar a qualidade da carcaça. Geralmente, todas as partes removidas são carregadas em bandejas da mesa de evisceração para a inspeção, caso sejam aprovadas na inspeção são transportadas para a área de processamento, e se condenadas, são direcionadas para indústria de processamento de ração animal (BUGALLO et al., 2014). As tripas, são salgadas e utilizadas para fabricação de embutidos ou para aplicações médicas (BUGALLO et al., 2014). O estômago é esvaziado, limpo e salgado, ou pode ser cozido (LAWRIE, 2005) e por vezes submetido ao branqueamento com peróxido de hidrogênio (produtos químicos), para posterior refrigeração do produto, até o momento que for expedido para comercialização (TERLOUW, 2005). Em seguida, é feito a inspeção sanitária, e após liberação há o procedimento de lavagem (PACHECO; YAMANAKA, 2008), os resíduos gerados são oriundos das águas de lavagens durante o processo para melhor visualização de estruturas do animal, sangue, fragmentos cárneos e restos orgânicos oriundos da pata do animal. Além da água resultante da máquina lavadora de buchos, que no final do processo, são encaminhados para ETE (BUGALLO et al., 2014).

Na etapa **Corte da Carcaça** há a operação de cortes e desossa e as carcaças resfriadas são divididas em porções menores para comercialização ou posterior processamento para produtos derivados. A desossa é realizada manualmente, com auxílio de facas (BUGALLO et al., 2014), já as aparas resultantes desta operação são geralmente aproveitadas na produção de derivados de carne (LAWRIE, 2005; BUGALLO et al., 2014). Quanto aos ossos e partes não comestíveis são encaminhados às graxarias, para serem transformados em sebo ou gordura animal industrial e farinhas para rações (TERLOUW, 2005). Nesta parte do processo, as carcaças serão preparadas para estoque. Geralmente são divididas em duas partes e lavadas (BUGALLO et al., 2014), em seguida passam por um processo de limpeza, no qual pequenas aparas de gordura com alguma carne e outros apêndices (tecidos sem carne) são removidos com facas, sendo lavadas com água pressurizada (sistema que é utilizado em duchas para aumentar a pressão da água), que removerá as partículas ósseas, que serão encaminhadas à graxaria para um novo processo industrial (BRASIL, 2008; PACHECO; YAMANAKA, 2008), já a água residual é encaminhada para ETE (BUGALLO et al., 2014).

Finalizado a etapa anterior, o produto é **refrigerado** e/ou congelado em câmeras refrigeradas para evitar a proliferação de micro-organismos (BUGALLO et al., 2014). A maioria dos produtos cárneos processados também se manipulam a baixas temperaturas de refrigeração (até 2°C - dois graus centígrados), também nas outras etapas do processo, do momento final de sua elaboração até o consumo (PACHECO; YAMANAKA, 2008; DJEKIC et al., 2015), finalmente são embalados e armazenados em câmeras frigoríficas até a entrega (LAWRIE, 2005; TERLOUW, 2005). O Quadro 6 sintetiza as etapas do processo produtivo do abate.

Quadro 6 – Síntese do processo de abate bovino

Etapas	Definições	Autores utilizados
Recepção	Onde inicia o processo de abate. Os animais são recebidos, os animais descansam e são limpos para redução do stress	Bugallo et al., 2014; Lawrie, 2005; Terluow, 2005; BRASIL; MAPA, 2018
Condução e lavagem dos animais	Os animais são conduzidos para matança. São mantidos em lotes, e em seguida lavados com água clorada.	Bugallo et al., 2014; Lawrie e Mogesen et al., 2005; BRASIL; MAPA, 2018; Terluow, 2005
Atordoamento	Processo realizado com uma marreta pneumática, com o objetivo de deixar o animal inconsciente e impedindo que o animal sinta dor ou aflição no momento da degola.	CETESB, 2006; Lawrie, 2005 e Terluow, 2005; Bugallo et al., 2014; Gregory, 2005; BRASIL; MAPA, 2018
Sangria	Etapa que os vasos sanguíneos são seccionados no pescoço, ocorrendo a morte cerebral, por falta de oxigênio. Os chifres são serrados e o sangue colhido	Bustillo-Lecompte e Mehrvar, 2015; Bugallo et al., 2014; Lawrie, 2005; Terluow, 2005; BRASIL; MAPA, 2008; Bellaver e Zanotto, 2004.
Esfola	É realizado a remoção da cabeça, cortes das patas dianteiras e traseiras e a retirada do couro	Pacheco, 2008; BRASIL; MAPA, 2008; Bugallo et al., 2014; Lawrie, 2005; Terluow, 2005
Evisceração	Processo que ocorre a remoção das vísceras, intestinos, bexiga e buxo.	Bugallo et al., 2014; Lawrie, 2005; Terluow, 2005; BRASIL; MAPA, 2018; Pacheco, 2008
Corte da carcaça	Operação de cortes e desossa, as carcaças são divididas em porções menores e retiradas as aparas de carne.	Bugallo et al., 2014; Lawrie, 2005; Terluow, 2005; Bugallo et al., 2014; Brasil, 2008; Pacheco, 2007
Refrigeração	Etapa do processo que o produto é refrigerado, embalado e armazenado até a entrega do consumidor.	Bugallo et al, 2014; Pacheco, 2008; Djekic, 2015; Lawrie, 2005; Terluow, 2005

Fonte: Autora

O uso de tecnologias inovadoras, permite a correta realização do processo de abate, propiciando uma melhor qualidade visual do produto, evitando que a carne dos animais fique escura, além de fazer uma sangria apropriada, com qualidade sensorial para evitar endurecimento da carne quando aplicado a estimulação elétrica, assim como o correto resfriamento da carcaça. Esses aspectos são determinantes da qualidade higiênico-sanitária, pela redução da possibilidade de contaminação ou pela inspeção e liberação de carcaças sem o risco de transmitir doenças (EMBRAPA, 2018). Vale frisar que tal finalidade do processo e

da destinação dos resíduos ou dos subprodutos do abate, acontece de acordo com as características locais ou regionais (KLANK, 2011).

2.2.2 Consumo de recursos naturais, os impactos ambientais e as tecnologias de remediação

A água e energia são insumos essenciais para a maioria dos processos produtivos, não sendo diferente na indústria de carne bovina, que deve alcançar o máximo de eficiência produtiva de forma a reduzir os custos de produção. As plantas de processamento de carne têm suas características específicas devido à quantidade de matérias-primas processadas, à tecnologia de produção, ao grau de mecanização da produção e à utilização do espaço. Todas estas características afetam a variabilidade no consumo de energia e água (GOLEMAN, 2009), conforme observado nos tópicos a seguir.

2.2.2.1 Consumo de energia e tecnologias alternativas

O consumo de energia da indústria de carne é diferente de uma indústria para a outra (IPPC, 2006; RAMIREZ; PATEL; BLOK, 2006), haja vista que a variação no consumo de energia está relacionada ao tamanho das plantas de processamento de carne (WOJDALSKI et al., 2013), assim como os equipamentos utilizados (FRITZSON; BERNTSSON, 2006; WOJDALSKI et al., 2013), a mecanização de processos produtivos e a quantidade de matérias-primas processadas (NORTON; SUN 2008).

A Tabela 1 apresenta os valores do consumo de energia, em *quilowatt-hora* e os equipamentos que mais utilizam energia nas plantas de processamento de carne.

Tabela 1 - Consumo de energia por tipo de equipamento elétrico na indústria de carne

EQUIPAMENTO	POTÊNCIA INSTALADA [Kwh]	PORCENTAGEM (%)
Cortadores e moedores	40.0	22,2%
Casas de fumo, fogões elétricos	28.0	15,6%
Máquina de refrigeração	10.0	5,5%
Caldeiras elétricas (onde gera água quente para limpeza de equipamentos e esterilização)	7.0	3,9%
Tambores cilíndricos (para salga úmida/salmouragem)	5.5	3,1%
Iluminação de plantas	9.0	5,0%
Outros dispositivos com até 5 Kwh	80.5	44,7%
TOTAL	180.0	100%

Fonte: Autora “adaptado de” Wojdalski et al., 2013, p. 21

Em 2001, o setor de carnes consumiu cerca de 39% na França, 35% na Alemanha, 10% na Holanda e 32% no Reino Unido de energia disponível na natureza antes de ser convertida ou transformada, por meio do gás natural, petróleo ou combustíveis fósseis, ou seja, por energia primária. Deste montante, entre 40% e 60% foi utilizado pelo processamento adicional, tais como os processos industriais, manutenção de equipamentos e estrutura, do setor da carne (RAMIREZ et al., 2015).

A Tabela 2 apresenta o setor que mais demanda energia elétrica na indústria frigorífica, em países da União Europeia, destacando-se o setor de refrigeração com maior demanda de energia, que neste caso engloba a refrigeração do produto (UNEP, 2000).

Tabela 2 - Porcentagem do consumo de energia elétrica na indústria de carne bovina

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM TOTAL (%)
Recepção Condução e lavagem	6
Processamento de Abate	5
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	10
Processamento de subprodutos / Evisceração	9
Área de desossa	11
Refrigeração	59

Fonte: UNEP, 2000, p. 68

A UNEP estabeleceu três níveis para o uso de tecnologias em relação ao consumo de energia em Kwh/animal, para indústria de processamento de carne. O primeiro, refere-se a Tecnologia Tradicional, caracterizada por baixo uso de capacidade instalada, com consumo de 300 Kwh/animal e não tem prática de produção mais limpa, geralmente estão associadas a indústria localizadas em países em desenvolvimento. O segundo nível é a Tecnologia intermediária, com consumo de 125 Kwh/animal que está relacionada a indústrias de processamento de carne com pouco uso de métodos de produção mais limpa; e o terceiro nível é a Melhor Tecnologia, com consumo de apenas 70 Kwh/animal, definida como frigoríficos que utilizam toda a capacidade instalada e métodos de produção mais limpa para melhor eficiência do processo produtivo e minimização de danos ao meio ambiente (UNEP, 2002).

Há também outras formas de consumo de energias, a depender da planta de processamento, algumas utilizam e transformam a energia como forma de redução do consumo recursos naturais.

2.2.2.1.1 Energia térmica

Algumas indústrias, utilizam a energia térmica, aquela que é gerada através de caldeiras (CETESB, 2006), a qual é utilizada para esterilização, limpeza nos abatedouros e frigoríficos. Quando possuem graxarias, a energia é também utilizada para o cozimento, a digestão ou a secagem e corresponde de 80% a 85% do consumo de energia (UNEP, 2000). Na indústria de processamento de carne, o consumo de energia térmica pode aumentar ou reduzir dependendo da operação. No entanto, apesar de ser a principal fonte de energia, há também o consumo de energia elétrica que varia de 15% a 20% do total de energia (UNEP, 2000).

A utilização da energia térmica é uma oportunidade de redução da conta de energia elétrica da indústria de carne. Pode-se reduzir o consumo de energia elétrica atuando também de forma direta sobre outros equipamentos tais como os exaustores dos secadores, as bombas das torres de resfriamento e por último as prensas e os digestores. Controlando as temperaturas das câmaras frigoríficas é possível modular a potência dos equipamentos de refrigeração reduzindo o consumo e a demanda (UNEP, 2000).

2.2.2.1.2 Produção de biogás

Uma outra alternativa tecnológica para redução de energia nas indústrias de carne, é a produção de biogás, que atua como uma fonte de energia ambientalmente sustentável, ao mesmo tempo em que fornece um método para o descarte de vários resíduos. As tecnologias que recuperam o biogás o fazem através do aproveitamento de vias de degradação anaeróbias controladas por um conjunto de micro-organismos (PAGAN; RENOUF; PRASAD, 2002).

Para a produção de biogás, a tecnologia de biodigestão anaeróbica permite o aproveitamento do esterco animal diluídos em água, assim como biofertilizantes, evitando a poluição dos recursos hídricos e a emissão de gases sobre a atmosfera. O uso do processo de biodigestão anaeróbia permite dar novo destino ao resíduo recolhido, que muitas vezes é lançado nos rios ou armazenado em locais não apropriados. O resíduo do animal resulta na produção de biogás, composto basicamente de metano e dióxido de carbono (DALLA COSTA et al, 2004).

2.2.2.1.3 Energia solar

A conversão da energia solar é amplamente utilizada para gerar calor e produzir eletricidade. A utilização da energia solar para gerar energia térmica para processos industriais não só reduz a dependência dos recursos de combustíveis fósseis, mas também minimiza as emissões de gases com efeito de estufa. É também uma alternativa para gerar eletricidade e pode ser usado em indústrias alimentícias, não metálicas, têxteis, de construção, químicas, entre outras. De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE), em 2050, as instalações de painéis solares fornecerão cerca de 45% da demanda de energia no mundo (MEKHILEF et al, 2011).

Na indústria de carne, a energia solar tem aspectos positivos tanto econômicos como ambiental. Na Índia, foi relatado que cerca de 20% do custo anual de produção é gasto com o consumo anual de energia solar (PARITOSH, 2007).

Quadro 7 - Síntese dos tipos de energia alternativas

Tipos de energia	Definições	Autores
Energia térmica	Gerada nas caldeiras, a energia térmica é utilizada para esterilização, limpeza nos abatedouros e frigoríficos.	UNEP, 2000
Biogás	É produzido a partir do aproveitamento do esterco animal	Pagan, Renouf, Prasad, 2002; Dalla Costa et al, 2004
Energia solar	Produzida para gerar calor e produzir eletricidade.	Mekhilef et al, 2011; Paritocsh, 2007

Fonte: Autora

Energias renováveis são utilizadas de forma sustentável, resultando em mínimo impacto ao meio ambiente. O desenvolvimento de tecnologias ambientais permite com que elas possam ser aproveitadas quer como combustíveis alternativos, quer na produção de calor e de eletricidade, como a energia térmica, biomassa e solar. Enquanto as grandes hidrelétricas, também com características renováveis, constituem em fonte convencional de geração de eletricidade (PACHECO, 2006).

2.2.2.2 Consumo de água e tratamento de efluentes

A água representa um desafio operacional e uma oportunidade para o crescimento da indústria de carne (DJEKIC et al., 2015). A indústria de carne apresenta uma das principais

fontes da poluição orgânica que conduz em larga medida à degradação do ambiente (BOHDZIEWICZ; SROKA, 2005; CHINDE et al., 2014). As questões ambientais mais significativas estão relacionadas à indústria de processamento de carne estão relacionadas à água: como o alto consumo, a emissão de águas residuais de alta resistência orgânica, a emissão de odores para o ar e a mortes de animais aquáticos (MANIOS et al., 2003). Os incentivos para o uso de tecnologias que minimizem o consumo da água – incluindo o uso das águas residuais e o reuso de águas tratadas – representam uma economia de custos e uma menor dependência dos recursos hídricos (FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013).

Os valores médios do volume total de água, estão entre 13.500 L/Kg (RENAULT; WALLENDER, 2000) e 15.500 L/Kg no processamento de carne (HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2007). A Tabela 3 apresenta a média de consumo de água em alguns países, assim como a média mundial no processo industrial da carne bovina, tanto por quilo de carne, quanto pelo número de animal abatido.

Tabela 3 - Média de consumo de água no abate bovino

DEMANDA DE ÁGUA L/KG DE CARNE	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE PROCESSAMENTO
3.682	Média dos Estados Unidos	Processamento de desossa de carne
15.000	Média do Brasil	Todo processo produtivo da carne
17.112	Média da Austrália	Todo processo produtivo da carne
15.497	Média Mundial	Todo processo produtivo da carne
DEMANDA DE ÁGUA L/ANIMAL ABATIDO	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE PROCESSAMENTO
4.864	Média do Brasil	Processo produtivo do abate, frigorífico e graxaria
1.000	Média da Dinamarca	Processo produtivo do frigorífico
800 – 1700	Média do Canadá	Processo produtivo do frigorífico
973 – 2.800	Média da Bolívia	Processo produtivo do frigorífico

Fonte: Autora

Nota: Elaborado com informações de Hoekstra e Chapagain, 2007; FAO, 2013; CETESB, 2006; UNEP, 2000; Foran et al., 2005.

O consumo de água na indústria de carne bovina é bastante variável, dependendo do tipo de instalação. Uma planta de frigorífico, com abatedor e suas instalações de processamento de carne, pode consumir entre 2,5 e 40 m³ de água por tonelada de carne produzida (BANCO MUNDIAL, 2007) ou entre 1,25 e 2,4 m³ para cada animal abatido, sendo distribuídos da seguinte forma: 0,9 m³ na sala de matança, cerca de 1,0 m³ nas demais dependências (bucharia, triparia, sanitários) e 0,6 m³ para a área externa, currais e pátios (LIU et al., 2018; MARLOW et al., 2009). A Tabela 4 apresenta a distribuição do consumo de água utilizada por cada operação na indústria de carne.

Tabela 4 - média da distribuição do consumo de água por operação na indústria de carne

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM DE CONSUMO (%)
Recepção Saída dos currais	7 – 22
Abate Sangria Esfolia	44 – 60
Evisceração	9 – 22
Processamento das vísceras (cooprodutos)	7 – 38
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	1 – 4
Corte da carcaça / Desossa	2 – 5
Câmaras Frigoríficas Refrigeração	2

Fonte: Autora

Nota: Elaborado com base em UNEP, 2000 e Peters, 2010

O reuso de água dentro de uma operação de processamento de carne é potencialmente um método eficaz de reduzir a demanda por água potável e também reduzir a quantidade de efluente a ser tratado e descartado (RIDOUTT; PFISTER, 2010). No entanto, a reutilização ainda é limitada, devido, sobretudo, às legislações e restrições quanto ao seu uso, principalmente de ordem sanitária. Deste modo, são necessárias pesquisas para definir os parâmetros e as melhores formas de emprego de águas residuais tratadas (MIERZWA; HESPANHOL, 2005).

Dentre as indústrias de alimentos, a de processamento de carne utiliza 24% do total de água doce, conforme Tabela 5 (GERBENS-LEENES; MEKONNEN; HOEKSTRA, 2013; MEKONNEN; HOEKSTRA (2012) e até 29% do consumido pelo setor agrícola a nível mundial (BUSTILLO-LECOMPTÉ; MEHRVAR, 2015).

Tabela 5 - Consumo de água doce nas indústrias de bebidas e alimentos

INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA	CONSUMO DE ÁGUA
Transformação de carnes	24%
Bebidas	13%
Laticínios	12%
Outros gêneros alimentícios	11%
Frutas e produtos hortícolas	10%
Produtos de padaria e tortilla Grãos e sementes oleaginosas	9%
Açúcar e confeitaria Ração para animais	5%
Frutos do mar	2%

Fonte: Autora

Nota: Elaborado com base em Mekonnen e Hoekstra, 2012 e Gerbens-Leenes, Mekonnen, Hoekstra, 2013

A indústria de processamento de carne é uma das maiores consumidoras de água doce entre processamento de alimentos e bebidas (SENA et al., 2009), gerando um valor de

significativo com cerca de 2.000 m³ de águas residuais, o que representa 2.500 animais abatidos diariamente (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015).

A maioria dos processos industriais requer uma grande quantidade de água, com isso, os efluentes gerados pelas águas residuais têm quantidade significativa de poluentes, nutrientes e patógenos (UNESCO, 2017; LAKSHMI; REDDY, 2017). As indústrias que mais consomem água são as de carne, curtumes, fábricas de leite, fábricas de açúcar, conservas, papel e celulose, bebidas e destilarias (CRITES, 2000; AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS - ABS, 2010).

A produção de carne bovina é considerada de alto impacto ambiental em comparação com outros tipos de carne, como a indústria de suínos e aves (WEBER; MATTHEWS, 2008; ESHEL et al., 2014; RÖÖS et al., 2013) e outras atividades agroindustrial (PETERS et al., 2010).

A indústria de carne produz um grande volume de águas residuais que consistem numa variedade de poluentes orgânicos e inorgânicos (MASSÉ, D.; MASSE, L., 2000; MOUKAZIS et al., 2018), metais pesados (elementos tóxicos) que o organismo não é capaz de eliminá-los e ovos parasitários (BOHDZIEWICZ; SROKA, 2005). Estes resíduos são originados da limpeza de veículos que transportam os animais para o abatedouro, da lavagem de gado, do abate de animais, de detergentes e desinfetantes utilizados na limpeza de equipamentos (SROKA et al, 2004), da higiene pessoal dos trabalhadores (KUPUSOVIC et al., 2007), da limpeza das instalações e do processamento de carne (DJEKIC; TOMASEVIC, 2016; MOGENSEN et al., 2015).

Também, a água utilizada na indústria de carne contém altos níveis de matéria orgânica devido à presença de estrume, fragmentos de carne, vísceras (JAYATHILAKAN et al, 2012; MASSÉ, D.; MASSE, L., 2000) o sangue, que tem a maior resistência de todos os efluentes líquidos, gerados no processamento da indústria de carne, chegando até 375.000 mg/l de Demanda Química de Oxigênio – COD (CAO; MEHRVAR, 2011; BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2013). Há uma composição complexa de gordura, conteúdo estomacal não digerido (PNUMA, 2011 NÃO ESTÁ NA REFERÊNCIA; DJEKIC et al., 2016; KUPUSOVIC et al., 2007), proteínas e fibras do processo de abate (WU; MITTAL, 2011; BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014), e de materiais altamente putrescíveis, que entram em decomposição poucas horas depois da sua geração (WU; MITTAL, 2011; ZHU et al, 2009).

Nos países em desenvolvimento, as águas residuais dos abatedouros são frequentemente lançadas nos rios e lagos sem nenhum tratamento, causando sérios problemas

ambientais (AHMADIAN et al., 2012). A descarga de águas residuais da indústria de carne pode causar a desoxigenação dos rios e a contaminação das águas subterrâneas (US EPA, 2004), por isso é classificada com uma das mais prejudiciais ao meio ambiente pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - US EPA (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015).

Os principais impactos ocasionados pela indústria de carne, diz respeito a carga orgânica nas águas residuais que se liga ao oxigênio e reduz sua disponibilidade, causando a morte de animais aquáticos, enquanto a eutrofização pode ocorrer devido a macronutrientes N, P (elementos minerais químicos), levando ao crescimento excessivo de algas, resultando na mortalidade dos residentes aquáticos (RAHMAN et al., 2014). A gestão eficiente dos resíduos de efluentes e do derramamento descontrolado leva a alterações na biocenose (comunidade biológica) que afetam a distribuição das espécies e ameaçam os ecossistemas aquáticos (CUADROS et al., 2011). O Quadro 8 resume os principais problemas associados à indústria de carne, assim como os parâmetros que medem a quantidade de matéria orgânica suscetível de ser oxidada existentes nos efluentes de frigoríficos.

Quadro 8 - Problemas associados à indústria de carne

PARÂMETRO	VARIAÇÃO	PROBLEMA	AUTORES
Demanda Química de Oxigênio COD (mg/L)	1000 – 20000	Consumo de oxigênio dissolvido em corpos d'água naturais e geração de odores	Li et al., 2008; Jayathilakan et al, 2012; Massé e Masse, 2000
Demanda Biológica de Oxigênio BOD (mg/L)	200 – 8232	Consumo de oxigênio dissolvido em corpos d'água naturais e geração de odores	Bustillo-Lecompte e Mehrvar, 2015; Bohdziewicz e Sroka, 2005; Massé e Masse 2000; Jayathilakan et al, 2012
Nitrogênio TN (mg/L)	40 – 700	Eutrofização, grande concentração de matéria orgânica acumulada nos ambientes aquáticos	Tong et al., 2009
Fósforo total TP (mg/L)	4 – 410	Eutrofização - grande concentração de matéria orgânica acumulada nos ambientes aquáticos	Jensen et al., 2014; Rodríguez-Martínez et al., 2002; Sroka et al, 2004; Bohdziewicz, 2005
Gorduras, óleo e graxa FOG (mg/L)	5 – 4.570	Incapacidade de transferência de oxigênio da atmosfera para água	Harris e McCabe, 2015; Bohdziewicz e Sroka, 2005
Alcalinidade com Carbonato de Cálcio (mg/L com CaCO ₃)	72 – 800	Evita a água de acidificação; no entanto, em altas concentrações pode formar um precipitado branco (soluções saturadas por composto químico)	Del Nery et al., 2007; Harris e McCabe, 2015;
Total de sólidos suspensos TSS (mg/L)	662 – 9938	Geração de resíduos	Bustillo-Lecompte e Mehrvar, 2015, Do et al., 2016
Total de sólidos dissolvidos TDS (mg/L)	813 – 1872	Afetam a vida aquática e provocam incrustações em brânquias de peixes (impedem a respiração)	Ahmed et al., 2017, Davarnejad e Samaneh, 2017.

Continua...

Conclusão.

Potencial Hidrogeniônico pH	6 – 7,8	Afetam a fauna aquática e podem modificar o pH do corpo natural da água, novas espécies de geração químicas	Bustillo-Lecompte e Mehrvar, 2015, Del Nery et al., 2007
Temperatura (C°)	22 – 29	Oxigênio dissolvido diminui o corpo de água em temperaturas altas	Ahmed et al. 2017
Turbidez (unidades de turbidez)	29 – 279	Incidência de luz, obstrução no corpo de água e afetam a fotossíntese	Ahmed et al., 2017, Bustillo-Lecompte e Mehrvar, 2015
Condutividade elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	795 – 904	Afetam a vida aquática e provocam a formação de crosta em brânquias de peixe	Ahmed et al., 2017
Cor (unidades de cor)	100 – 391	Incidência de luz, obstrução no corpo da água e afeto fotossintético	Ahmed et al., 2017, Bustillo-Lecompte e Mehrvar, 2015, Davarnejad e Samaneh, 2017

Fonte: Martínez-Guido et al., 2017, p. 1

Indústrias de processamento de carne com baixo nível de boas práticas de higiene geralmente não têm descarga controlada de sangue em águas residuais e são descartados de maneira incorreta, causando impactos ambientais negativos (DJEKIC, 2015). E ainda, práticas inseguras em relação ao tratamento da água e saneamento nas indústrias de carne, ocasionam maior número de morte por doenças em todo mundo, do que os relatos de mortes em conflitos de guerra (GLEICK; PACIFIC INSTITUTE FOR STUDIES IN DEVELOPMENT, ENVIRONMENT AND SECURITY, 2002). Um quarto da população não possui água potável e utilizam em suas atividades diárias água contaminada pelos resíduos originados destas indústrias (DJEKIC, 2015; MINTZ et al, 2001; DUDGEON et al, 2006).

Um dos desafios ambientais que o setor industrial enfrenta é a gestão das águas residuais da indústria de carne (FRANKE-WHITTLE; INSAM, 2013). Se faz necessários regulamentos e diretrizes ambientais rigorosos para que as indústrias adotem métodos de tratamento adequado (HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2007) e lidem com o impacto ambiental das indústrias de processamento de carne de maneira eficiente (CHOUDHARY; KUMAR, 2011; VIDAL et al., 2016), além do desenvolvimento de alternativas tecnológicas ambientais para reduzir a pressão sobre as fontes de águas doces, acarretados por estas indústrias (HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2007; BOLAN; NAIDU, 2009; DJEKIC et al., 2015).

Tecnologias ambientais que garantem a qualidade da água dos mananciais têm sido objetivo de pesquisa e desenvolvimento há muito tempo, em todo o mundo (MAYERHOFF, 2008). A necessidade por novas tecnologias para o tratamento de efluentes industriais é cada vez maior, diante da crescente conscientização da sociedade com relação aos altos níveis de poluição e a consequente escassez da água do planeta (RIDOUTT; PEERASAK; GREGORY, 2011).

2.2.2.3 Inovações ambientais tecnológicas para tratamento da água residual na indústria de carne bovina

A água residual de abatedouros é uma das principais preocupações do setor agroindustrial, devido à grande quantidade de água utilizada no processo de abate e maior limpeza das instalações (SENA et al., 2009; OLLER et al., 2011; VALTA et al., 2014). Os padrões progressivamente mais rigorosos em todo o mundo, tornaram necessário o desenvolvimento de tecnologias avançadas de tratamento de águas residuais, pois o contínuo declínio e a disponibilidade de recursos de água doce reorganizou os objetivos no tratamento de águas residuais das indústrias de carne para reutilização (ENVIRONMENT CANADA, 2012; US EPA, 2004; BANCO MUNDIAL, 2007).

As indústrias de carne devem fazer o tratamento dos efluentes para minimizar os impactos ambientais dos efluentes industriais e atender a legislação ambiental (CETESB, 2006). Os rejeitos líquidos necessitam passar por sistema de tratamento adequado antes do lançamento em cursos d'água, de forma que não ocasione a poluição dos rios e mananciais.

O sistema de irrigação de águas residuais tratadas pela ETE tem revelado benefícios na produtividade das culturas com redução de até 50% na dose de fertilizante nitrogenado e reposição de 100% da evapotranspiração da cultura. O reaproveitamento de água tratadas em ETE, oferece benefícios socioeconômicos e ambientais, principalmente na redução de nutrientes no efluente e permitindo reduzir o uso de fertilizantes químicos (RODRÍGUEZ et al., 2013). Vários países da UE e Israel utilizam 70% de águas residuais tratadas em irrigação de culturas (FOLEGATTI et al., 1998). O uso de águas residuais em irrigação aumenta produção de biomassa e melhora a produtividade das culturas (JANG et al., 2012; MOJID et al., 2012).

No entanto, não é uma prática isenta de riscos, principalmente devido à qualidade do efluente após o tratamento, podendo ainda conter sódio, organismos patogênicos, sólidos suspensos, prejudiciais ao solo, às plantas, ao ser humano e aos sistemas de irrigação (MOJID et al., 2012), além de promover o acúmulo de sal, alteração pH (PALESE et al., 2009), ocorrendo a diminuição da taxa de infiltração do solo (BEDBABIS et al., 2014).

A UNEP desenvolveu um estudo classificando o consumo de água pelo tipo de tecnologia utilizada no processo de abate e há uma diferença significativa entre elas. Quando utilizada a tecnologia tradicional, o consumo é de 5.000 L/animal e é caracterizada pelo baixo uso da capacidade instalada. Os métodos de Produção Mais Limpa não são utilizados e a tecnologia tradicional são associadas às indústrias localizadas em países em desenvolvimento.

Quando utilizada as tecnologias intermediárias, o consumo é de 2.500 L/animal e está relacionada a indústrias com pouco uso de métodos de Produção Mais Limpa. Quando utilizadas as melhores tecnologias, o consumo é de 1.000 L/animal e diz respeito a empreendimentos que utilizam toda a capacidade instalada e métodos de Produção Mais Limpa para uma melhor eficiência do processo produtivo (UNEP, 2002).

A seleção de uma tecnologia de tratamento específica está sujeita às características das águas residuais, à tecnologia disponível e à conformidade com os regulamentos atuais. Algumas instalações de processamento de carne podem descarregar seu efluente no sistema de esgoto municipal depois de demonstrar uma redução adequada de cargas de Demanda Biológica de Oxigênio - DBO por tratamento preliminar (MITTAL, 2006). Os principais fatores que determinam se uma planta pode ou não descarregar em um esgoto municipal estão relacionados ao tamanho da planta, bem como ao volume e à concentração orgânica das águas residuais produzidas (US EPA, 2004). Os métodos de tratamento de água residual da indústria de carne são semelhantes às tecnologias atuais usadas em águas residuais municipais e podem incluir tratamento preliminar, primário, secundário e até terciário, conforme Quadro 9 (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2013).

Quadro 9 - Tecnologias utilizadas nas etapas de tratamento de águas residuais de abatedouros

TIPOS DE TRATAMENTO	DEFINIÇÃO	TECNOLOGIAS PROCESSO
Preliminar ou pré-tratamento	Remove apenas sólidos grosseiros, flutuantes e matéria mineral sedimentável.	Depuradores biológicos e leitos de absorção
Primário	Processo físico (sedimentação de partículas), que remove sólidos inorgânicos e matéria orgânica em suspensão.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tratamento físico-químico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Tecnologias de membranas - Flotação por ar dissolvido – DAF - Coagulação e floculação - Eletrocoagulação
Secundário	Processo biológico, realizado por bactérias (aeróbias – com oxigênio, e anaeróbias – sem oxigênio). Esse nível de tratamento remove os sólidos inorgânicos e matéria orgânica dissolvida e em suspensão	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tratamento biológico:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Digestão anaeróbica - Tratamento aeróbico • <i>Processos de oxidação avançada – AOP</i>
Terciário	Tratamento de desinfecção e controle de nutrientes, para eliminar bactérias e vírus. Esse nível de tratamento é para obter um efluente de alta qualidade, ou a remoção de outras substâncias contidas nas águas residuárias	<i>Processos combinados</i>

Fonte: Autora “adaptado de” Bustillo-Lecompte e Mehrvar, 2015, p. 23

2.2.2.3.1 Tratamento preliminar ou pré-tratamento

O tratamento preliminar pode ser classificado como processo físico que tem como objetivo a redução de sólidos grosseiros em suspensão, não havendo a remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio - BOD, pois é um processo que consiste na preparação do efluente para o tratamento posterior (CAMMAROTA, 2011). Nesta etapa, todos os sólidos gerados durante o processo de abate são separados de águas residuais. No tratamento preliminar, o odor pode ser controlado usando depuradores biológicos e leitos de adsorção que são alternativas aos lavadores químicos. As operações unitárias típicas para a remoção preliminar de Sólidos em Suspensão Totais – TSS em águas residuais incluem filtros, peneiras regulares ou peneiras comuns (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015).

2.2.2.3.2 Métodos de tratamento físico-químico

Os métodos de tratamento físico-químicos geralmente envolvem separação do sólido do líquido, e está incluído no tratamento secundário. Nele, são utilizados distintas condições físico-químicas e tecnologias de tratamento como: tecnologias de membranas; flotação por ar dissolvido - DAF; coagulação e floculação e etrocoagulação (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015).

A tecnologia de membrana está se tornando uma alternativa para o tratamento de águas residuais de abatedouros, na remoção de bactérias, micro-organismos, partículas e matéria orgânica originadas dos resíduos dos abatedouros. Neste processo, a Osmose Reversa (RO) e a Ultrafiltração (UF) se mostram processos eficazes, capazes de remover partículas, colóides e macromoléculas (ALMANDOZ et al., 2015).

O desempenho da tecnologia de membrana, foi avaliado por meio de Osmose Reversa - RO no tratamento de águas residuais de abatedouros como efluentes secundário. O resíduo bruto foi primeiramente tratado, usando Lodo Ativado - AS, assim, as características do tratamento de água residual com RO foram 76,0 mg/L de Demanda Química de Oxigênio - COD, 10,0 mg/L de Demanda Biológica de Oxigênio – BOD, 3,6 mg/L de Fósforo Total - TP e 13,0 mg/L de Nitrogênio Total – TN. Após o tratamento com RO, os resultados mostraram uma remoção de 85,8 % para COD, 50,0 % para BOD, 97,5 % para TP e 90,0 % para TN. Nos estudos, observa-se que a Tecnologia de Membrana por meio de Osmose Reversa - RO é uma alternativa viável para o tratamento de águas residuais de abatedouros (BOHDZIEWICZ; SROKA, 2005).

Os estudos também mostram a viabilidade de usar Ultrafiltração - UF no tratamento de águas residuais de abatedouros, pois os resultados comprovam que é um método eficiente de purificação de águas tratadas de abatedouros, com remoção de 98% de Sólidos Totais em Suspensão (TSS) e 99% de Gorduras. A eficiência de remoção é entre 97,80 e 97,89% de Demanda Biológica de Oxigênio - BOD e 94,52 e 94,74%, Demanda Química de Oxigênio - COD (YORDANOV, 2010; ALMANDOZ et al., 2015).

O sistema de Flotação por Ar Dissolvido – DAF, é um método popular de tratamento primário comum para reduzir a carga de efluentes de gordura, Sólidos Suspensos e Demanda Biológica de Oxigênio - BOD. As bolhas de ar são injetadas na parte inferior do tanque de flotação, que transportam sólidos leves e outros materiais, como gordura e graxa, até a superfície onde a espuma é consistentemente removida (MANJUNATH et al., 2000; BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2013, 2014).

O DAF pode separar partículas muito pequenas ou leves e em um menor tempo em comparação com outro tipo de tratamento. Neste processo, todo efluente é saturado com ar a 250–300 kPa (unidade que mede a pressão) e depois introduzido em um tanque de flotação. Os coagulantes sanguíneos (sulfato de alumínio e cloreto férrico) e / ou floculantes (polímeros) são adicionados às águas residuais para aumentar a agregação e precipitação de proteínas, bem como a flotação de gordura (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2014).

Com a adição de produtos químicos, as unidades de DAF podem alcançar reduções de Demanda Química de Oxigênio (COD) variando de 32% a 90% e são capazes de remover grandes quantidades de nutrientes e gorduras (JOHNS, 1995; BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2014). O DAF reduz cerca de 40 a 70% de Sólidos em Suspensão Totais - TSS, no entanto não remove as concentrações de COD solúvel e proteína. Os sistemas DAF também são capazes de obter uma remoção de nutrientes moderada a alta (MITTAL, 2006; AL-MUTAIRI, 2008; DE NARDI; DEL NERY; AMORIM, 2011). Por outro lado, as desvantagens da DAF estão relacionadas a mal funcionamento e má separação do TSS (KIEPPER, 2001).

Quanto ao método de coagulação e floculação, é o processo de aglomeração de partículas em suspensão finamente divididas ou em estado coloidal, pela adição de um coagulante adequado. O mecanismo da coagulação consiste na formação de partículas floculantes (flocos) em um líquido pela ação de um coagulante químico que, em solução, fornece carga iônica oposta às partículas coloidais (SAN JOSÉ, 2004).

Neste processo, são utilizadas dosagens de produtos químicos, como sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato férrico e cloridrato de alumínio como coagulantes para o tratamento de águas residuais de abatedouros (SENA et al., 2008). Os resultados mostram remoções de até 99,9% de TP, 88,8% TN e 75,0%, COD, usando cloreto de polialumínio como agente reagente (NÚNEZ et al., 2013; AGUILAR et al., 2002). Além disso, se forem utilizados auxiliares de coagulação inorgânicos (polímeros sintéticos catiônicos), o volume de lodo pode ser reduzido em 41,6% (MITTAL, 2006; SENA et al., 2008).

Também, por meio deste método, são utilizados produtos químicos coagulantes através de polieletrólito aniônico, como o sulfato ferroso, a cal e o alúmen. Entre esses coagulantes, apenas a cal atinge taxas de remoção de 38,9% para BOD, 36,1% para COD e 41,9% para TSS (SATYANARAYAN et al., 2005). A combinação de sulfato ferroso e cal melhora a taxa de remoção de COD para 56,8%. Da mesma forma, a combinação de cal e alume resulta em uma maior remoção de COD, com até 42,6%. Por outro lado, o uso de sulfato ferroso combinado e polieletrólito aniônico, resulta em boas taxas de remoção de até e para 54,2 de TSS, 49,6 de BOD e 43,8% de COD. Considerando que, se alume é usado em combinação com cal, a geração de lama é aumentada (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2014).

No método de tratamento físico-químico também é utilizado a Eletrocoagulação - EC, um processo que foi recentemente usado como uma tecnologia avançada de tratamento de águas residuais de abatedouros de baixo custo (KOBYA; SENTURK; e BAYRAMOGLU, 2006). A EC foi confirmada como uma tecnologia eficaz para a remoção de orgânicos, nutrientes, metais pesados e até patógenos da água residual de abatedouros, introduzindo uma corrente elétrica sem adicionar produtos químicos (EMAMJOMEH; SIVAKUMAR, 2009; BAYAR et al., 2011; QIN et al., 2013).

O Quadro 10 sintetiza os tipos de tratamento primário, com suas principais vantagens e desvantagens.

Quadro 10 - Síntese dos métodos de tratamento primário

TIPO DE TRATAMENTO	CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DO TRATAMENTO	AUTORES
Tecnologia de membrana	Osmose Reversa – RO, é uma alternativa viável para o tratamento de águas residuais de abatedouros	Remoção de 85,8 % de Demanda Química de Oxigênio – COD; 50,0% de Demanda Biológica de Oxigênio – BOD e 90,0% para Nitrogênio Total – TN	Bohdziewicz e Sroka, 2005; Almandoz et al., 2015
	A Ultrafiltração – UF, é método eficiente de purificação de águas tratadas de abatedouros	Remoção de 98% de Sólidos Totais em Suspensão – TSS; 99% de Gorduras; eficiências de remoção entre 97,80 e 97,89% de Demanda Biológica de Oxigênio – BOD; eficiências de remoção entre 94,52 e 94,74% de Demanda Química de Oxigênio – COD	Yordanov, 2010; Almandoz, et al., 2015
Flotação por ar dissolvido – DAF	Tratamento que reduz a carga de efluentes de Gordura, Sólidos em Suspensão e Demanda Biológica de Oxigênio – BOD, também é capaz de obter uma remoção de nutrientes moderada a alta	Vantagem: Reduções de Demanda Química de Oxigênio – COD, variando entre 32% a 90%; Redução de cerca de 40 a 70% de Sólidos em Suspensão Totais – TSS Desvantagem: Como desvantagem, está o mal funcionamento e a má separação dos Sólidos em Suspensão Totais – TSS.	Johns, 1995; Bustillo-Lecompte et al., 2014; Mittal, 2006; Al-Mutairi, 2008; Di Nardi et al., 2011 Kiepper, 2001
Coagulação e floculação	Consiste na formação de partículas floculantes (flocos) em um líquido pela ação de um coagulante químico que, em solução, fornece carga iônica oposta às partículas coloidais	<ul style="list-style-type: none"> • Dosagens de sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato férrico e cloridrato de alumínio, há remoção de até 99,9% de Fósforo Total TP; 88,8% Nitrogênio Total – TN; e 75,0%, Demanda Química de Oxigênio – COD; • Dosagens de sulfato ferroso, cal e alúmen, apenas a cal atinge taxas de remoção de 38,9% para Demanda Biológica de Oxigênio – BOD; 36,1% para Demanda Química de Oxigênio – COD; e 41,9% para Sólidos em Suspensão Totais – TSS. • Com dosagem de polímeros sintéticos catiônicos, o volume de lodo pode ser reduzido em 41,6%. • A combinação de sulfato ferroso e cal resulta em uma remoção de Demanda Química de Oxigênio - COD para 56,8%; • A combinação de cal e alume resulta em uma remoção de Demanda Química de Oxigênio - COD para 42,6%; • A combinação de sulfato ferroso com polieletrólito aniônico tem remoção de até 54,2% de Sólidos em Suspensão Totais – TSS; 49,6% de Demanda Biológica de Oxigênio – BOD; e 43,8% de Demanda Química de Oxigênio – COD 	San José 2004; Núñez <i>et al.</i> , 2013; Aguilar <i>et al.</i> 2002; Mittal, 2006; Sena <i>et al.</i> , 2008; Satyanarayan <i>et al.</i> , 2005; Bustillo-Lecompte <i>et al.</i> , 2014

Continua...

Conclusão		
Eletrcoagulação	Processo usado recentemente como uma tecnologia avançada de tratamento de águas residuais de abatedouros de baixo custo	Tecnologia eficaz para a remoção de orgânicos, nutrientes, metais pesados e até patógenos da água sem adição de produtos químicos
Koby; Senturk e Bayramoglu, 2006; Emamjomeh & Sivakumar, 2009; Bayar et al., 2011; Qin et al., 2013		

Fonte: Autora

O processo de Tecnologia de Membrana mostra-se um dos mais eficientes, por meio do método de Ultrafiltração, no tratamento primário, o método apresenta-se com um maior percentual de remoção de poluentes, já os processos de Flotação por Ar Dissolvido – DAF e Coagulação e Floculação, demonstram as menores taxas de remoção de sólidos suspensos.

2.2.2.3 Tratamento biológico

A redução da concentração de Demanda Biológica de Oxigênio (BOD) na água residual de abatedouro é o foco principal do tratamento secundário pela remoção de compostos orgânicos solúveis que permanecem após o tratamento primário (PIERSON; PAVLOSTATHIS, 2000). O tratamento biológico pode incluir combinações diferentes de vários processos, incluindo anaeróbios, lodo ativado, filtros de gotejamento, aeróbicos entre outros (MASSÉ, D.; MASSE, L., 2000).

O tratamento biológico é geralmente aplicado como tratamento secundário em Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETE), onde a digestão anaeróbica e aeróbica é usada como processos individuais ou combinados, dependendo das características da água residual a ser tratada (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015). O tratamento biológico é usado para remover orgânicos e, eventualmente, patógenos e micro-organismos de águas residuais de abatedouros. Além disso, o tratamento biológico é capaz de remover até 90% da Demanda Biológica de Oxigênio (BOD) de efluentes das Estações de Tratamento - ETE, por processos aeróbicos ou anaeróbicos (MITTAL, 2006).

a) Digestão anaeróbia

No processo biológico, o Regulamento Europeu (CE) n.º 1069/2009, propõe que o tratamento de águas residuais de abatedouros seja realizado por meio da digestão anaeróbica - AD (MOUKAZIS et al., 2018). Esse processo de degradação biológica controlada é o mais utilizado em abatedouros e é considerado um dos melhores, devido à sua eficácia no tratamento de águas residuais de alta resistência (MOUKAZIS, 2018; CAO; MEHRVAR, 2011).

Durante o tratamento anaeróbico, os compostos orgânicos são degradados por diferentes bactérias em Dióxido de Carbono (CO_2) e Metano (CH_4) na ausência de oxigênio (MITTAL, 2006). Além disso, os sistemas anaeróbios apresentam diversas vantagens, como alta remoção de Demanda Química de Oxigênio – COD/ repetição e baixa produção de lodo (entre 5 a 20%), em comparação com os sistemas aeróbicos (MASSÉ, D.; MASSE, L., 2000), além de uma menor necessidade de consumo de energia elétrica (CHAN et al., 2009; BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014).

Embora o tratamento anaeróbico possua diversas vantagens, a força orgânica das águas residuais de abatedouros torna-se difícil para alcançar a estabilização completa dos compostos orgânicos (CHAN et al., 2009). Assim, os efluentes tratados anaerobicamente geralmente necessitam de pós-tratamento adicional, por meio do sistema de lodos ativados, no qual a remoção de matéria orgânica e outros constituintes é concluída (CHERNICHARO, 2006; OLIVEIRA; VON SPERLING, 2009; GOMEZ, 2010). Além disso, o maior espaço e menor tempo contribui consideravelmente para a viabilidade econômica das estações de tratamento anaeróbicas (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014). Assim, a combinação de sistemas anaeróbicos e aeróbicos é uma alternativa potencial aos métodos convencionais, a fim de satisfazer as normas de descarga de resíduos (CHAN et al., 2009; BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2013). As configurações típicas para o tratamento anaeróbio de águas residuais de abatedouros estão divididas em cinco etapas, conforme Figura 5.

Figura 5 - Etapas do processo anaeróbico

Fonte: Autora

Na primeira etapa, os ABRs são considerados eficazes, e são semelhantes a uma fossa séptica comum, tendo uma série de compartimentos e defletores sob o qual a água residual

flui de baixo para cima, da entrada para a saída. Como há um aumento no tempo de contato com a biomassa ativa, ocorre uma biodegradação mais alta. O fluxo proporciona uma melhor remoção de orgânicos com remoções de BOD e COD de até 90% (BARBER; STUCKEY, 1999; KUSÇU; SPONZA, 2005). O resultado da avaliação do desempenho dos processos combinados de ABR em escala de laboratório para o tratamento de águas residuais de abatedouros, mostram que os processos combinados tiveram maior eficiências de remoção para o tratamento de resíduos de abatedouros, em comparação com outros tipos de processos (CAO; MEHRVAR, 2011).

Também foi feito uma análise quanto à eficácia e desempenho do processo ABR para o tratamento de águas residuais de abatedouros, avaliando o custo total de eletricidade, o tempo de retenção hidráulica (HRT) e porcentagem de remoção de Carbono Orgânico Total (TOC). Os resultados mostram que os custos aumentam com a quantidade de TOC removido, especialmente se forem necessárias altas taxas de remoção de TOC. Se quantidades baixas ou intermediárias de TOC devem ser removidas, o ABR como um processo individual pode ser comparável aos processos combinados (anaeróbicos e aeróbicos) em termos econômicos, já que os custos de eletricidade aumentam gradualmente (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014).

A segunda etapa, é realizada pelos Filtros Anaeróbico (AFs), que são reatores biológicos de leito fixo com câmaras de filtração e são comumente encontrados trabalhando em série (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014). Quando a água residual de abatedouros passa pelas câmaras de filtração, as partículas são confinadas dentro, então, o material orgânico é removido pela biomassa ativa ligada ao filtro da superfície. Os AFs são usados como tratamento secundário devido às altas taxas de remoção de sólidos e de recuperação de biogás (MITTAL, 2006), conforme é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Diagrama esquemático de um sistema de filtro anaeróbio

Fonte: Mittal, 2006, p. 34

O desempenho filtros anaeróbico foram examinados sob condições termofílicas, ou seja, fase em que as moléculas mais complexas são degradadas e onde ocorre a eliminação da maioria dos agentes patológicos e bactérias mesofílicas, que é o início da proliferação dos fungos e bactérias que serão responsáveis por metabolizar as moléculas mais simples da matéria orgânica, com a temperatura das composteiras de aproximadamente 40 °C, havendo assim o tratamento de águas residuais de abatedouros. Os resultados mostraram que a eficiência de remoção de Demanda Química de Oxigênio (COD) de até 90% pode ser alcançada para Taxas de Carregamento Orgânico (OLR) de 9000 mg/L por dia sob condições mesofílicas e 72% sob condições termofílicas (GANNOUN et al., 2009, 2013).

No tratamento de águas residuais de abatedouros, por meio de AF também foi analisado a influência das características do meio de suporte, substrato e microrganismos presente no lodo. Nas três configurações de AF foram estudados usando diferentes suportes, resultando na remoção de 80% a máxima Demanda Química de Oxigênio – COD e remoções de Nitrogênios Totais - TN de até 90% no Tempo de Retenção Hidráulica - HRT de 1 dia (STETS et al., 2014).

Na terceira etapa, os tanques anaeróbicos (AL) são populares em países onde disponibilidade de tempo e terra permitem a construção de lagoas para o tratamento de águas residuais de abatedouros (MITTAL, 2006). A água residual geralmente flui a partir do fundo do tanque, e embora possa haver alguma mistura de gás, os ALs não são misturados mecanicamente (MITTAL, 2006). Assim, uma camada típica de espuma aparece na superfície dos tanques, garantindo condições anaeróbicas e baixa perda de calor (US EPA, 2004). Os

tanques anaeróbicos são construído com uma profundidade de 3 e 5 m para o tempo de retenção hidráulica de 5 a 10 dias (MCCABE et al., 2014). Os resultados mostram eficiência no tratamento de águas residuais com ALs, relatando remoção de 97% para o BOD, 96% para o COD e 95% para o TSS (US EPA, 2004; MITTAL, 2006; MCCABE et al., 2014).

As principais desvantagens dos tanques anaeróbicos estão relacionadas à regeneração de odores e condições climáticas. Portanto, coberturas flutuantes sintéticas são usadas para capturar o odor e coletar biogás. Estas tampas devem ser duráveis para resistir ao tempo, à mudança de temperatura, ao vento, ao gelo e ao acúmulo de neve (MITTAL, 2006). Por outro lado, o AL é uma das opções mais utilizadas devido à sua simplicidade e baixos custos (MCCABE et al., 2014).

Na quarta e quinta etapa, o SBR é um processo de lodo ativado em que o tratamento de águas residuais de abatedouros ocorre em um único reservatório. Nele, os resíduos do processo são separados por tempo ao invés de espaço, tornando-se prático para o manuseio ou alteração da sequência das diferentes etapas. As etapas de alimentação, reações e decantação ocorrem na mesma bacia, eliminando os requisitos de mistura completa, no entanto, a mistura intermitente pode ocorrer no decorrer dos ciclos de reação (MITTAL, 2006). Além disso, afim de otimizar o desempenho, uma estratégia de alimentação de tratamento de águas residuais, são eliminados a necessidade de um fluxo de reciclagem ou de um tanque de equalização (MASSÉ, D.; MASSE, L., 2005). Uma das maiores vantagens SBR é que requer baixos custos (MASSÉ, D.; MASSE, L., 2000).

Já os reatores UASB são similares aos SBRs anaeróbicos, no entanto, o processo UASB usa grânulos para capturar bactérias. Neste processo, a água residuária após entrar e ser distribuída pelo fundo do reator UASB, flui pela zona de digestão, onde se encontra o leito de lodo, ocorrendo a mistura com o material orgânico. Os sólidos orgânicos suspensos, são quebrados, biodegradados e digeridos através de uma transformação anaeróbia, resultando na produção de biogás e no crescimento da biomassa bacteriana. O biogás segue em trajetória ascendente com o líquido, após ultrapassar a camada de lodo, em direção ao separador de fases (MIRANDA; HENRIQUES; e MONTEGGIA, 2005).

Essencialmente, reatores UASB consistem em três etapas: líquida, como a água residual de abatedouros, sólida, como biomassa, e gás como CO₂ e CH₄ produzidos durante a digestão (MITTAL, 2006; DEL NERY et al., 2007). A avaliação do UASB em condições mesofílicas para o tratamento de águas residual de abatedouro tiveram um bom desempenho. As concentrações dos efluentes de COD variaram de 1.820 a 12.790 mg / L. Os resultados

demonstraram uma eficiência adequada do reator UASB para tratar água residual de abatedouro de até 94,31% para a remoção de COD (CALDERA et al., 2005).

b) Tratamento aeróbico

Em sistemas aeróbicos, bactérias aeróbicas são responsáveis pela remoção de materiais orgânicos na presença de oxigênio. O tempo de tratamento e a quantidade de oxigênio necessário aumentam subitamente com a força da água residual. O tratamento aeróbico é comumente usado para descontaminação final e remoção de nutrientes após o uso de técnicas físico-químicas ou anaeróbicas (CHERNICHARO, 2006). Reatores aeróbicos podem ter várias configurações. No entanto, o processo biológico é muito semelhante, sendo necessário definir se a remoção de nitrogênio é necessária (SAN JOSÉ, 2004).

As configurações típicas para tratamento aeróbico de águas residuais incluem três etapas, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Etapas do processo aeróbico

Fonte: Autora

A primeira etapa do processo aeróbico, é do Lodo Ativado – AS, que é um método de tratamento aeróbico que traz o efluente em contato com o ar livre e flocos flutuantes de micro-organismos, incluindo bactérias e protozoários. O processo AS tem sido amplamente aplicado em diferentes indústrias como um método conhecido e de baixo custo para o tratamento de águas residuais. O objetivo do processo AS é remover os orgânicos solúveis e insolúveis das águas residuais e transformar este material em uma suspensão microbiana ocular que é então resolvida em um clarificador. Dois mecanismos distintos são aplicados na AS, a adsorção e a oxidação da matéria orgânica (AL-MUTAIRI, 2008).

Os sistemas AS que fazem o tratamento de água residual produzem uma má fixação floculantes por causa de gorduras presentes na água residual em baixos níveis de oxigênio

dissolvido (DO). Critérios para este tipo de tecnologia no processo AS para tratamento de água residual requerem aeração prolongada para minimizar a produção de lodo. O tempo de retenção hidráulica - HRT é mais longo do que das estações de tratamento de águas residuais municipais típicas para garantir uma idade de lodo na faixa de 5 e 20 dias, recomendado para o tratamento de águas residuais (PABÓN; GÉLVEZ, 2009).

O processo de AS mostra um bom desempenho no tratamento de águas residuais de abatedouros. O AS foi avaliado com máxima eficiência, alcançando remoção de 94,09% para TSS, 89,73% BOD e 89,03% para COD (PABÓN; GÉLVEZ, 2009).

A segunda etapa é o processo RBC permite que as águas residuais entrem em contato com um meio biológico, a fim de absorver e metabolizar o conteúdo orgânico, bem como para remover outros poluentes antes da descarga para o meio ambiente (MITTAL, 2006). No entanto, o desempenho de um eritrócito (célula de sangue) no tratamento de águas residuais tem sido avaliado como inaqueado (BULL et al., 1982; JOHNS, 1995; BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2013, 2014) em comparação com os sistemas de tratamento aeróbico convencionais.

O desempenho de uma planta piloto de RBC no pós-tratamento de água residual de abatedouros, atendem aos requisitos regulatórios com até 88% de confiança (TORIAN et al., 2003). Os resultados apresentam uma ampla gama de remoção de 40% a 85% de Demanda de Oxigênio Químico – COD. Esta pode ser obtida no tratamento de águas residual de abatedouros por meio do processo de RBCs, como resultado das taxas de carregamento orgânicas (OLR) específica, aplicado especialmente durante os primeiros estágios do sistema (AL-AHMADY, 2005).

O desempenho de um **Reator de Sequenciamento de lote Anaeróbio – SBR**, terceira etapa do processo aeróbico, é utilizado para tratamento de águas residuais de abatedouros com concentrações de 5000 mgCOD/L e 360 mg TN/ L, os resultados das pesquisas relatam que o desempenho foi melhorado na faixa de 95 e 96% para COD e 95 e 97% para Nitrogênio Total - TN (FILALI-MEKNASSI et al., 2005). Em relação ao desempenho de SBRs abaixo de 6h no tratamento de águas residuais de abatedouros, os resultados apresentam altas taxas de remoção, sendo de 95 % para COD, 98% para TP e 97% para TN (LEMAIRE et al., 2008).

c) Processos de oxidação avançada – AOP

O processo de oxidação avançada tem se tornando uma alternativa para o tratamento convencional e uma opção de tratamento complementar (TABRIZI; MEHRVAR, 2004), como pré-tratamento ou pós-tratamento, aos processos biológicos atuais no tratamento de águas residuais de abatedouros (MEHRVAR; VENHUIS, 2005). Além disso, os AOPs podem

inativar os microrganismos sem acrescentar produtos químicos adicionais no tratamento de águas residuais, em comparação com outras técnicas, como a cloração, que são comumente usadas na desinfecção da água, evitando assim a possível formação de subprodutos perigosos (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014; MEHRVAR; TABRIZI, 2006; EDALATMANESH; MEHRVAR, 2008; SENA et al., 2009).

Os AOPs têm sido úteis para serem reconhecidos como processos avançados de degradação (CAO; MEHRVAR, 2011; BARRERA et al., 2012), reutilização de água (MOHAJERANI et al., 2012; BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014) e controle de poluição, mostrando excelentes resultados gerais como tratamento complementar (HAMAD et al., 2014; MOWLA et al., 2014; GHAFORI et al., 2015).

Os resultados mostram que o ozônio foi efetivo em desinfecção de águas residuais após 8 minutos, usando uma dosagem de ozônio de até 23,09 mg / min por L, foi comprovado que até 99% dos microrganismos foram inativados, no entanto, a remoção de apenas 10,70% de COD e 23,60 % de BOD (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014).

O Quadro 11, apresenta a síntese dos processos anaeróbicos, aeróbicos e AOP utilizados no tratamento biológico.

Quadro 11 - Síntese dos processos para o tratamento biológico

TIPO DE TRATAMENTO	CARACTERÍSTICA	RESULTADOS DO TRATAMENTO	AUTORES
Processo Anaeróbico do Tratamento Biológico	Reator anaeróbico – ABRs Considerados eficazes, e são semelhantes a uma fossa séptica comum, tendo uma série de compartimentos e defletores sob o qual a água residual flui de baixo para cima, da entrada para a saída	Vantagem: Tem uma melhor remoção de orgânicos, chegando a 90% de remoção da Demanda Biológica de Oxigênio - BOD e Demanda Química de Oxigênio – COD Desvantagem: Os custos aumentam com a quantidade de Carbono Orgânico Total - TOC removido, especialmente se forem necessárias altas taxas de remoção de TOC	Barber e Stuckey, 1999; Kusçu e Sponza, 2005 Bustillo-Lecompte et al., 2014
	Filtro anaeróbico São usados como tratamento secundário devido às altas taxas de remoção de sólidos e de recuperação de biogás	Remoção de 90% de Demanda Química de Oxigênio – COD, para Taxas de Carregamento Orgânico - OLR de 9000 mg/L por dia sob condições mesófilas e Remoção de 72% sob condições termófilas. Para características de substrato e microrganismos presente no lodo, remoção de 80% para Demanda Química de Oxigênio – COD e remoções de 90% de Nitrogênios Totais - TN no Tempo de Retenção Hidráulica - HRT de 1 dia	Gannoun et al., 2009, 2013; Stets et al., 2014

Continua...

			Conclusão
	<p>Tanque Anaeróbico – AL Populares em países onde disponibilidade de tempo e terra permitem a construção de lagoas para o tratamento de águas residuais de abatedouros</p>	<p>Vantagem: Remoção de 97% para Demanda Biológica de Oxigênio – BOD; 96% para demanda Química de Oxigênio – COD; 95% para o Sólidos em Suspensão Totais –TSS. É uma das opções mais utilizadas devido à sua simplicidade e baixos custos</p> <p>Desvantagem: à regeneração de odores e condições climáticas</p>	US EPA, 2004; Mittal, 2006; McCabe et al., 2014
	<p>Manta de lodo anaeróbico – UASB, que é um processo de lodo ativado em que o tratamento de águas residuais de abatedouros ocorre em um único reservatório, similar ao Reator de sequenciamento - SBRs, que usa grânulos para capturar bactérias</p>	<p>Baixos custos e eficiência adequada para tratar água residual de abatedouro com remoção de até 94,31% de Demanda Química de Oxigênio – COD</p>	Masse e Masse, 2000 Caldera et al., 2005
Processo aeróbico do tratamento Biológico	<p>Processo de lodo ativado – AS, método que traz o efluente em contato com o ar livre e flocos flutuantes de microorganismos</p>	<p>Baixos custos e máxima eficiência, com remoção de 94,09% para Sólidos em Suspensão Totais – TSS; 89,73% para Demanda Biológica de Oxigênio – BOD; e 89,03% para Demanda Química de Oxigênio – COD</p>	Al-Mutairi, 2008; Pablon e Gelvez, 2009
	<p>Contadores biológicos rotativos – RBC, sistema que permite com que as águas residuais entrem em contato com um meio biológico, a fim de absorver e metabolizar o conteúdo orgânico, além de remover outros poluentes antes da descarga para o meio ambiente</p>	<p>Vantagens: Atendem aos requisitos regulatórios com até 88% de confiança. Remoção de 40% a 85% de Demanda de Oxigênio Químico – COD.</p> <p>Desvantagem: O desempenho de um eritrócito (sangue) no tratamento de águas residuais foi avaliado como inadequado em comparação com os sistemas de tratamento aeróbico convencionais</p>	Bull et al., 1982; Johns, 1995, Bustillo-Lecompte et al 2013, 2014
	<p>Reator de Sequenciamento de lote Anaeróbio – SBR, é utilizado para tratamento de águas residuais de abatedouros</p>	<p>Altas taxas de remoção, sendo de 95% para demanda Química de Oxigênio – COD; 98% para Fósforo Total – TP; e 97% para Nitrogênio Total – TN</p>	Filali-Meknassi et al., 2005 Lemaire et al., 2008
Processos de oxidação avançada – AOP	<p>Tem a função de inativar os microrganismos sem acrescentar produtos químicos adicionais no tratamento de águas residuais</p>	<p>Vantagem: O ozônio foi efetivo em desinfecção de águas residuais após 8 minutos, sem acrescentar produtos químicos adicionais, inativando 99% dos microrganismos. Processos avançado para reutilização da água e controle de poluição</p> <p>Desvantagem: Remoção de apenas 10,70% Demanda Química De Oxigênio-COD e 23,60 % de Demanda Biológica de Oxigênio - BOD.</p>	Bustillo-Lecompte et al., 2015; Mehrvar e Tabrizi, 2006; Edalatmanesh et al. 2008; Sena et al., 2009; Hamad et al., 2014; Mowla et al., 2014; Ghafoori et al. 2015

Fonte: Autora

O tratamento biológico, é um dos mais eficientes por apresentar altas taxas de remoção de poluentes, no entanto, como desvantagem, a maioria dos métodos utilizados nesse tipo de

tratamento devido aos altos custos do tratamento, como por exemplo o método ABR's. O tratamento por meio do método de Tanque Anaeróbico – AL, apresenta-se com uma das maiores taxas de remoção de BOD, COD e TSS, e com custos menos elevado, diferente do método de oxidação avançada – AOP, que tem as menores taxas de remoção de BOD e COD.

2.2.2.3.4 Processos combinados

A implementação do processo combinado é benéfico, em termos de operação e economia para o tratamento de água residual (KUSÇU; SPONZA, 2006; AHN et al., 2007; CHAN et al., 2009; BAZRAFSHAN et al., 2012), uma vez que une o benefício de diferentes tecnologias para melhorar a gestão de águas residuais industriais de alta resistência (CAO; MEHRVAR, 2011; BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014).

Os sistemas de processos combinados físico-químico com biológico, utilizando o Processo de Lodo Ativado - AS com Osmose Reversa - RO, são considerados eficazes no tratamento de água residual de abatedouro. Os resultados mostraram uma alta remoção de contaminantes da água residual pelos processos combinados, sendo 99,80% de COD, 99,83% para BOD, 99,76% de TP e 99,77% de TN (BOHDZIEWICZ; SROKA, 2005).

Para os sistemas de processos combinados anaeróbico e aeróbico no tratamento de águas residuais de abatedouros, os resultados mostram remoções totais de Demanda Química de Oxigênio - COD de até 93% obtidos para Taxa de Carregamento Orgânico - OLRs de 0,77 kg / m³ dia, juntamente com as remoções Nitrogênio Total - TN de até 67% para uma carga de TN influente de 0,084 kg N / m³ dia (DEL POZO; DIEZ, 2005).

Os processos combinados de Digestão anaeróbica por meio de reator refletido – ABR com o Processo de Oxidação Avançada - AOP, também foram avaliados em escala de laboratório para tratamento de águas residuais de abatedouros. Os resultados mostraram que processos combinados são mais eficientes do que os processos individuais para o tratamento de águas residuais de abatedouros, com remoções de até 95% de TOC, 98% de COD e 97% de BOD (CAO; MEHRVAR, 2011).

Um sistema anaeróbio-aeróbico em escala de laboratório, ligado a um Reator de Sequenciamento de lote Anaeróbio - SBR aeróbico, foi usado para o tratamento de águas residuais de abatedouros. A Digestão anaeróbica por meio de Tanque anaeróbico - AF operou com Taxas de Carregamento Orgânico (OLR) na faixa de 3,7e16,5 kg / m³ dia e no Tempo de Retenção Hidráulica - HRTs de até 72 h. Até 81% de remoções de COD foram obtidos e foi encontrado para ser inversamente correlacionado com OLRs. Ao acoplar o AF ao SBR, mais

de 95% COD foi removido em 9 h. Além disso, condições ótimas foram detectadas em OLRs abaixo 11 kg / m³ dia com TRH de 24 h (LÓPEZ-LÓPEZ et al., 2010).

Quadro 12 – Síntese dos resultados dos processos combinados

COMBINAÇÕES DE TRATAMENTO	RESULTADOS DO TRATAMENTO	AUTORES
Processo de Lodo Ativado – AS com Osmose Reversa - RO	Alta remoção de contaminantes da água residual pelos processos combinados, sendo 99,80% de Demanda Química de Oxigênio - COD, 99,83% para demanda Biológica de Oxigênio - BOD, 99,76% de Fósforo Total - TP e 99,77% de Nitrogênio Total – TN	Bohdziewicz e Sroka, 2005
Sistemas anaeróbico com aeróbico	Remoções totais de Demanda Química de Oxigênio – COD, até 93% para Taxa de Carregamento Orgânico - OLRs de 0,77 kg / m ³ dia, juntamente com as remoções Nitrogênio Total - TN de até 67%	Del Pozo e Diez, 2005
Digestão anaeróbica por meio ABR com Processo de Oxidação Avançada – AOP	Desempenho foi melhorado entre 95 e 96% para demanda Química de Oxigênio - COD e entre 95 e 97% para Nitrogênio Total – TN. Desempenho de SBRs abaixo de 6h, altas taxas de remoção, sendo de 95 % para demanda Química de Oxigênio - COD, 98% para Fósforo Total - TP e 97% para Nitrogênio Total – TN	Cao e Mehrvar, 2011; Filali-Meknassi et al., 2005; Lemaire et al., 2008
Sistemas anaeróbico com aeróbico, mais Reator de Sequenciamento de lote Anaeróbico – SBR	Até 81% de remoções de Demanda Química de Oxigênio – COD. No entanto, acomplando a Digestão Anaeróbica - AF ao Sequenciamento de Lote anaeróbico -SBR, há remoção acima de 95% de Demanda Química de Oxigênio - COD em 9 h.	Lopez-Lopez et al., 2010

Fonte: Autora

Nos estudos, observa-se que o sistema combinado de Digestão Anaeróbica por meio de Reator Refletido – ABR com o Processo de Oxidação Avançada - AOP é a solução mais econômica em comparação com outros processos para remoção de Carbono Orgânico Total - TOC sob estas condições. No entanto, a seleção de um método de tratamento específico para o tratamento de águas residuais de abatedouros requer análise das características do resíduo a ser tratado e da Melhor Tecnologia Disponível - BAT, a fim de cumprir as normas vigentes regulamentos e jurisdições diferentes em todo o mundo (BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR; QUIÑONES-BOLAÑOS, 2013).

2.3 MODELO TEÓRICO CONCEITUAL DE ANÁLISE

Este estudo parte do pressuposto que o ciclo biológico do modelo da economia circular, aplicado à cadeia de carne bovina, pode contribuir no desenvolvimento de novos processos industriais menos poluentes (STAHEL, 2016; MA et al., 2014; KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018; EMF, 2016; HAAS et al., 2015; LEWANDOWSKI, 2016; GEISSDOERFER et al., 2018). O Quadro 13 apresenta a categorização da pesquisa, levando em consideração a aplicação dos princípios da economia circular ao processamento da carne bovina.

Quadro 13 - Categorias teóricas do estudo

Categorias	Subcategorias	Descrição	Autores
Princípio 1	Consumo de Recursos Naturais	Os recursos naturais devem ser preservados e aprimorados. O capital natural deve ser valorizado na redução de sua utilização. Além disso, neste princípio ocorre a gestão de fluxos renováveis por meio da circulação do produto nos processos.	IPPC, 2006; Ramirez et al., 2015; Wojdalski et al., 2013; Fritzon e Berntsson, 2006; Wojdalski et al., 2013; Norton e Sun, 2008; Ramirez et al., 2015; UNEP, 2000; Pagan; Renouf; Prasad., 2002; Dalla Costa et al, 2004; Mekkhilef, 2011; Paritocsh, 2007; Pacheco, 2006; Djekic et al 2015; Bohdziewicz e Sroka, 2005; Hoekstra e Chapagain, 2007; Banco Mundial, 2007; Liu et al., 2018; Marlow et al., 2009; Ridoutt e Pfister, 2010; Mierzwa e Hespanhol, 2005; Gerbens-Leenes et al., 2013; Mekonnen e Hoekstra, 2012; Bustillo-Lecompte e Merhvar, 2015; Sena et al., 2009; Unesco, 2017; Lakshmi e Reddy, 2017; Crites, 2000; ABS, 2010; Weber e Matthews, 2008; Eshel et al, 2004; Röss et al., 2013; Peters et al., 2010; Masse e Masse, 2000; Moukazis et al., 2018; Bohdziewicz e Sroka, 2005; Sroka et al, 2004; Kupusovic et al., 2007; Djekic, Tomasevic, 2016; Mogensen, 2015; Jayatilakan et al, 2012; Cao e Mervar, 2011; Bustillo-Lecompte et al., 2014; Wu e Mittal, 2011; Zhu, 2009; US EPA, 2004; Rahman et al., 2014; Cuadros et al., 2011; Gleick e Pacific Instituto, 2002; Mintz et al, 2001; Dudgeon et al, 2006; Frankke-Hittle e Insam, 2013; Hoekstra e Chapagain, 2007; Bolan; Naidu, 2009; Mayerhoff, 2007; Ridoutt et al., 2011.
Princípio 2	Etapas do processo produtivo na indústria de processamento de carne bovina	Na indústria de processamento de carne bovina, os subprodutos servem como recursos para próximas atividades, em novos processos industriais, promovendo ciclos de material de alto valor, otimizando os recursos, fazendo circular o produto e estimulando a efetividade do sistema.	Mogensen, 2016; Bliska, 1998; Djekic, 2015; IEL, CNA e SEBRAE, 2000; Pontoppidan et al., 2016; Ghisellin et al., 2016; Pinjing et al, 2013; SauvÉ, 2016; Cetesb, 2006; RIISPOA, 2017; Dragoni et al., 2007; Bugallo et al., 2014; Lawrie, 2005; Terlow et al., 2008; MAPA, 2018; Gregory, 2005; Bustillo-Lecompte; Merhvar, 2015; Belaver e Zanotto, 2004; Pacheco e Yamanaka, 2008; Brasil, 2008;

Continua...

Conclusão			
Princípio 3	Inovações ambientais para redução de impactos ambientais na indústria de processamento de carne	As indústrias de processamento de carne bovina, devem fazer o tratamento de efluentes para minimizar os impactos ambientais. E para isto, o uso de inovações tecnológicas são primordiais para aumentar a circularidade, além de excluir as externalidades negativas.	Sena et al., 2009; Oller et al., 2011; Valta et al., 2015; Banco Mundial, 2007; US EPA, 2004; CETESB, 2006; Rodríguez et al., 2013; Folegatti et al., 1998; Jang et al., 2012; Mojid et al., 2012; Palese et al., 2009; Bedbabis et al., 2014; UNEP, 2002; Mittal, 2006; Bustillo-Lecompte et al., 2013; Cammarota, 2011; Almandoz et al., 2015; Bohdziewicz e Sroka, 2005; Yordanov, 2010; Manjunath et al., 2000; Al-Mutairi, 2008; Kiepper, 2001; San José, 2004; Satyanarayan et al., 2005; Kobya; Senturk e Bayramoglu, 2006; Emamomeh e Sivakkumar, 2009; Bayar et al., 2011; Qin et al., 2013; Mouzakis et al, 2018; Mittal, 2006; Cao e Mehrvar, 2011; Masse e Masse, 2000; Chan et al., 2009; Chernicharro, 2006; Oliveira e Von Sperling, 2009; Gomec, 2010; Chan et al., 2009; Barber e Stuckey, 1999; Kusçu e Sponza, 2005; Mittal, 2006; Gannoun et al., 2009, 2013; Stets et al., 2014; McCabe et al., 2014; Miranda; Henriques; e Monteggia. 2005; Del Nery et al., 2007; Caldera et al. 2005; Chernicharo, 2006; Al-Mutairi, 2008; Pablon e Gelvez, 2009; Torian et al., 2003; Al-Ahmady, 2005; Lemaire et al., 2008; Tabrizi e Mehrvar, 2004; Mehrvar e Venhuis, 2005; Venhuis e Sena, 2009; Mehrvar e Trabizi, 2006; Edalatmaneshh et al, 2008; Mowla et al., 2014; Ghafoori et al., 2015; Kusçu e Sponza, 2006; Ahn et al., 2007; Bohdziewicz e Sroka, 2005; Del Pozo e Diez; 2005; Lopez-Lopez et al., 2010; Bustillo-Lecompte et al., 2015

Fonte: Autora

A Figura 8 apresenta os três princípios da economia circular, destacando o ciclo biológico no processamento da carne bovina e novos processos a partir do tratamento dos efluentes, resíduos e emissões. O modelo apresenta o aproveitamento de resíduos como subprodutos em novos processos industriais e a aplicação dos princípios da economia circular, na indústria de processamento de carne bovina, utilizando os autores apresentados no referencial teórico.

Figura 8 - Modelo conceitual de análise do ciclo biológico da cadeia bovina

Fonte: Autora

Na indústria de processamento de carne, a produção primária inicia com o transporte do animal das fazendas para o abatedouro, onde são mantidos na recepção para descanso e lavagem dos animais, motivando a diminuição do conteúdo estomacal e a limpeza do couro (BUGALLO et al., 2014). Depois, é realizado a condução dos animais para a matança e feito uma nova lavagem com água clorada (LAWRIE, 2005; MOGENSEN et al., 2016). Posteriormente, o animal é encaminhado para o atordoamento, onde é comum que os animais vomitem, em razão disso, recebem jatos de água para limpeza (GREGORY, 2005; BUGALLO et al., 2014).

Durante o processo de abate, o sangue é coletado por uma calha e direcionado para tanques. Há também uma quantidade de sangue que fica aderida nos equipamentos, no momento que é feito a limpeza das instalações (BRASIL; MAPA, 2008). Após a sangria, é realizado a esfolagem, que tem o objetivo da remoção dos chifres, da cabeça e do couro. Em seguida é feito a evisceração, que envolve a remoção das vísceras comestíveis e não comestíveis. O sangue coletado durante o processo, as aparas, os ossos e as vísceras não comestíveis, a cabeça e os chifres, constituirão um novo processo, na indústria de ração

animal, onde serão processados para a fabricação de farinha de ração animal (BUGALLO et al., 2014; BRASIL; MAPA, 2008; BELLAVER; ZANOTTO, 2004), constituindo assim novos ciclos biológicos.

Assim como, o couro do animal que é encaminhado para os curtumes, onde são processados na indústria de couros (BUGALO et al., 2014; TERLOUW, 2005; BRASIL, 2008; PACHECO, 2006), originando também novos ciclos biológico.

Na etapa do corte da carcaça, ocorre o corte e desossa (LAWRIE, 2005; BUGALLO et al., 2014). Por fim, os produtos que serão comercializados, serão embalados, refrigerados e armazenados até a entrega em supermercados, açougues, mercado externo, dentre outros (BUGALO et al., 2014; TERLOUW, 2005; BRASIL, 2008; PACHECO, 2006).

No final do processo, quando o produto chega ao consumidor, o plástico da embalagem vai para o lixo reciclável. O retorno destes materiais às cadeias produtivas, constituem novos processos industriais, e neste caso transforma-se em ciclo técnicos, fazendo com que este material continue circulando, contribuindo para a economia (EMF, 2016).

Em todas as etapas do processamento, é utilizado água doce, para limpeza das instalações e caminhões e lavagens dos equipamentos, onde toda água residual é encaminhada para a Estação de Tratamento de Efluentes- ETE, que passará por processos de tratamento anaeróbicos onde acontece geração de biogás ou transformando em energia para a indústria. A água residual tratada pode ser utilizada em circuitos fechados ou pode circular em outros sistemas várias vezes (EMF, 2016), como na limpeza das instalações, na irrigação de pasto e também, pode ser devolvida aos cursos d'água sem danos ao meio ambiente. Isto representa uma economia de custos e uma menor dependência dos recursos hídricos (FAO, 2013). Além disso é um método eficaz de reduzir a quantidade de efluente a ser tratado e descartado. Na lavagem dos caminhões e dos animais, é eliminado as sujidades, vômitos o esterco, que também, são utilizados para a produção de biogás (MOGENSEN et al., 2016).

Todas as etapas do processo de produção da carne bovina podem ser aplicadas aos três princípios da economia circular que é preservação e aprimoramento do capital natural; otimização do rendimento de recursos, fazendo circular o produto e estimular a efetividade do sistema; e excluir as externalidades negativas, particularmente ao ciclo biológico (EMF, 2016).

Na economia circular, os subprodutos de uma indústria, servem como recursos para a próximas atividades, em novos processos industriais, promovendo ciclos de material de alto valor (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; PINJING et al., 2013; SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016), controlando e aumentando os fluxos de energia de fontes

renováveis (EMF, 2015; RIDOUTT; PEERASAK; GREGORY, 2011). No caso da indústria de carne bovina, durante o processo de produção são desenvolvidos novos processos industriais, a partir dos subprodutos, conforme apresentado na Figura 9, seguindo os princípios do ciclo biológico, que é destinar os resíduos orgânicos de maneira correta para que ocorra a restauração e o prolongamento de vida útil.

3 MÉTODO DA PESQUISA

Este capítulo apresenta o método de estudo que foi utilizado na pesquisa, levando em consideração a natureza, a abordagem do problema, os objetivos e os procedimentos técnicos. Foi delimitado a planta de processamento de carne bovina como empresa focal, onde foi realizado a entrevista com alguns atores ligados diretamente ao setor. Estas unidades, possibilitaram identificar os processos que trazem elementos do ciclo biológico, que auxiliam na identificação das tecnologias utilizadas como forma de redução de impactos ambientais.

3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A natureza desta pesquisa é aplicada, por possuir um caráter prático, acessando teorias para um propósito específico (COLLIS; HUSSEY, 2005). Tem uma abordagem qualitativa, visto que este estudo visa entender, descrever e explicar os fenômenos sociais de modos diferentes, por meio da análise de experiências individuais, assim como de poder investigar documentos ou traços semelhantes de experiências e integrações (FLICK, 2009). Em vista disto, na fase inicial, foi realizado um estudo da literatura identificando aspectos da inovação e das tecnologias utilizadas na indústria de processamento de carne bovina, que auxiliou na construção das categorias teóricas e instrumento de coleta de dados.

Quanto ao alcance dos objetivos este estudo foi descritivo, tendo em vista que “descreverá o comportamento dos fenômenos” (COLLIS; HUSSEY, 2005, p. 24) e possibilita maximizar seu conhecimento acerca do fenômeno ou problemática (TRIVIÑOS, 1990), visando à identificação de padrões (COLLIS; HUSSEY, 2005). A Figura 9 apresenta a delimitação do escopo da pesquisa.

Figura 9 – Delimitação do escopo da pesquisa

Fonte: Autora

Para a pesquisa, foi escolhido a indústria de carne bovina, onde selecionou-se o setor de processamento para o desenvolvimento da pesquisa. Deste setor, foi realizada entrevista com alguns atores ligados diretamente a indústria de processamento de carne bovina. Dentre os entrevistados, estão: pesquisadores da EMBRAPA, especialistas da área de inovação tecnológica de frigoríficos, gestores ambientais de dois principais frigoríficos do Brasil e pecuarista que atua diretamente em frigoríficos. Além das entrevistas, foi realizada análise documental de materiais disponibilizados pelos entrevistados e dados visuais das etapas das operações do abate bovino.

3.2 ESTUDO DE CASO MÚLTIPLOS

Quanto ao método, a pesquisa foi realizada por meio de um do estudo de caso. O estudo de caso “é uma estratégia de pesquisa que visa compreender a dinâmica apresentada dentro de contextos específicos” (EISENDHARDT, 1989, p. 86). Além do mais, o estudo de caso surge da necessidade de se compreender fenômenos sociais complexos, permitindo analisar os processos organizacionais e administrativos, ciclos individuais, mudanças ocorridas em regiões urbanas, dentre outros (YIN, 2015). Desta forma, foi selecionada uma indústria de processamento de carne bovina, tendo em vista que dentre as indústrias de alimento, é a que mais consome água doce, com um impacto ambiental significativo no meio ambiente (GERBENS-LEENES; MEKONNEN; HOEKSTRA, 2013; MEKONNEN; HOEKSTRA, 2012; BUSTILLO-LECOMPTE; MEHRVAR, 2015).

No estudo de caso múltiplo o método adotado na seleção dos casos é a de replicação, seguindo os mesmos procedimentos definidos no planejamento em mais de um caso (EISENHARDT, 1989; YIN, 2015), neste caso o equivalente ao utilizado nesta pesquisa. O

estudo de caso, único ou múltiplo, pode ser holístico ou incorporado. O tipo holístico possui uma unidade de análise sendo considerada em determinado contexto, podendo ser um caso ou múltiplos casos. Já o incorporado, possui mais de uma unidade de análise para cada caso (BENBASAT; GOLDSTEIN; MEAD, 1987; EISENHARDT, 1989; YIN, 2005), ou seja, o pesquisador decide incluir uma subunidade de estudo ou funcionários da empresa (DUARTE; BARROS, 2006). Diante deste contexto, o método utilizado nesta pesquisa, foi o estudo de caso múltiplos com unidades de análise incorporadas, seguindo os mesmos critérios para os entrevistados. O desenvolvimento do estudo de caso incorporados compreendeu quatro etapas que descrevem seu delineamento, conforme apresenta a Figura 10.

Figura 10 – Etapas do desenvolvimento do estudo de caso nos frigoríficos

Fonte: Autora “adaptado de” Yin, 2015, p. 5

Na primeira etapa, foi desenvolvido a base conceitual apresentada no Capítulo 2, o que possibilitou a seleção da amostra teórica, o tipo de estudo de caso e delimitação das unidades de análise, seguindo os critérios dos objetivos da pesquisa. Ainda na primeira fase, definiu-se as unidades de análise e elaborou-se o roteiro para as entrevistas semiestruturadas (Apêndice B). Essa fase exigiu habilidades para perceber quais informações seriam suficientes para se chegar à compreensão do objeto de análise como um todo.

A segunda etapa foi a coleta de dados, que foi realizada por meio de procedimentos qualitativos, análise de documentos, entrevistas semiestruturadas, e dados visuais. Vale ressaltar que nesta etapa da pesquisa os dados foram coletados de acordo com as abordagens conceituais que fundamentaram a categorização.

Na terceira etapa da pesquisa foi desenvolvida a apresentação e análise dos resultados. Nesta fase, utilizou-se os três princípios da economia circular para a compreensão das principais barreiras na indústria de processamento de carne bovina, e também, possibilitou a interpretação dos dados, para não envolver julgamentos implícitos, preconceituosos e opiniões de senso comum (FONSECA, 2002). Também, foi possível identificar as potencialidades e

pontos críticos dos frigoríficos em relação a ineficácia da utilização de tecnologias inovadoras como forma de redução dos impactos ambientais do setor.

A quarta etapa é representada pela síntese dos resultados da análise, gerados na terceira fase, com as considerações finais e as proposições para as indústrias de processamento de carne bovina, que abarca as principais contribuições da pesquisa, as recomendações para estudos futuros, assim como as limitações para a realização da pesquisa.

A pesquisa de campo foi realizada entre os meses de junho a novembro de 2018, quando foram realizados os contatos com 38 frigoríficos, de todo o Brasil, solicitando autorização para a pesquisa. No entanto, houve a negativa de todos eles para acesso às plantas de processamento.

Os pesquisadores entrevistados da EMBRAPA esclarecem que em decorrência a Operação Carne Fraca, deflagrada pela Polícia Federal, trouxe à tona uma série de irregularidades no abate e processamento de carnes brasileiras. Esse fato dificultou o acesso dos pesquisadores aos frigoríficos de todo o Brasil, inclusive dos pesquisadores da EMBRAPA. Neste contexto, a pesquisa seguiu utilizando outras fontes de evidências que foram suficientes para atingir ao objetivo proposto.

Com base na revisão da literatura e na pesquisa documental sobre os temas centrais da dissertação, a primeira etapa da pesquisa foi realizada a seleção dos casos mais adequados para o estudo. Foram delimitadas duas indústrias de processamento de carne bovina e oito unidades de análise. Dessa forma, as pessoas entrevistadas escolhidas atuam diretamente e indiretamente nas indústrias, e concederam informações que os gestores da área ambiental dos frigoríficos não forneceram. Foram entrevistados especialistas que atuam há 35 anos com inovações tecnológicas para frigoríficos, assim como gestores ambientais de frigoríficos, com mais de 7 anos de experiência na indústria.

A Figura 11 apresenta o tipo de estudo de caso utilizado nesta pesquisa, seguindo a classificação de Yin (2015) para estudo de caso múltiplos incorporados com unidades múltiplas de análise.

Figura 11 - Relação dos casos entrevistados

Fonte: Autora

Para os dois casos, os critérios utilizados para a escolha das unidades de análise, foi a abrangência geográfica da atuação dos entrevistados, sendo de 4 regiões diferentes do país. O acesso às informações dos frigoríficos passadas pelos gestores e outros atores entrevistados, que não fazem parte das indústrias, o que permitiu uma análise externa sobre a implementação das tecnologias ambientais das indústrias. O contato com os entrevistados foram indicações de pesquisadores e por telefone e e-mail com as indústrias, avaliada através do currículo *lattes* dos entrevistados e indicação. Para a seleção dos entrevistados, o critério utilizado foi o nível de percepção e entendimento tecnológico dos envolvidos, o conhecimento operacional dos processos de produção da indústria de processamento da carne bovina e o conhecimento das questões ambientais da indústria.

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A etapa da coleta de dados, inclui o desenvolvimento de um roteiro (Apêndice A) e a condução de um “estudo-piloto” (YIN, 2015). Para aumentar a confiabilidade da pesquisa, foram utilizadas as principais fontes de evidência destacadas por Yin (2015), como: informação documental, registros em arquivos das indústrias, entrevistas com um roteiro semiestruturado, análise de dados visuais e a construção de banco de dados conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Etapas da coleta de dados

Fonte: Autora

A etapa 1, trata-se do levantamento das informações documentais e registros em arquivos que foram feitos a verificação dos aspectos ambientais significativos dos processos produtivos das indústrias envolvendo as unidades de análise, o estudo dos detalhes dos processos por meio do Relatório de Sustentabilidade e de processos internos da indústria. Além de analisar os fluxos dos processos, documentos administrativos internos, relatórios, estudos, publicações, mapas, tabelas e demais levantamentos. Para Yin (2015) esta etapa irá corroborar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes. As informações documentais são úteis para comprovar as informações e fazer inferências a partir de documentos. A pesquisa documental incluiu documentos públicos e internos da indústria que será pesquisada (CRESWELL, 2010).

Na segunda etapa, foram realizadas as entrevistas e a aplicação de questionários com os agentes envolvidos com a indústria de processamento de carne bovina. O objetivo de coletar informações sobre as tecnologias ambientais utilizadas e como elas auxiliam para o ciclo biológico da economia circular, como forma de redução de impactos ambientais do setor. A fonte mais importante de informações para este estudo de caso foram as entrevistas, que permitiram atender ao objetivo proposto e a identificar os principais entraves tecnológicos na implementação dos princípios da economia circular. As entrevistas foram elaboradas com base nas categorias teóricas levantadas na revisão da literatura, de acordo com o Quadro 14.

Quadro 14 – Categorização do quadro de entrevistas

Categorias	Subcategorias	Elementos
Princípio 1	Gestão de fluxos renováveis	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de energia - Energias alternativas - Excedentes de energia
Princípio 2 Ciclo biológico	Aproveitamento em cascata	<ul style="list-style-type: none"> - Abate bovino - Subprodutos (Sangue, couro, vísceras não comestíveis, aparas de carne) - Limpeza das instalações
	Conservação e aumento do capital natural	<ul style="list-style-type: none"> - Tratamento da água residual - Tipos de tratamento - Captação e devolução da água tratada

Continua...

	Regeneração da matéria-prima	- Consumo de água; - Fonte de água
Princípio 3	Externalidades positivas	- Criação de empregos em razão de novos processos relacionados à circularidade de materiais; - Redução dos impactos ambientais com tecnologias de mediação - Reuso da água residual
	Externalidades negativas	- Emissões de gases Geração de resíduos perigosos e não perigosos provenientes dos processos - Tecnologias de minimização de riscos ambientais

Fonte: Autora

Foi elaborado um roteiro para entrevista (Apêndice B), que permitiu obter informações que não foram encontradas nas fontes documentais, assim como aplicação de um questionário para alguns pesquisadores que não puderam participar da entrevista. As entrevistas foram realizadas com atores envolvidos na produção de carne bovina, tais como dois pesquisadores da EMBRAPA, três consultores e especialistas que lidam diretamente com tecnologias inovadoras para frigoríficos, além de um pecuarista, que atua indiretamente em um frigorífico no Estado do Amazonas. O roteiro de entrevista foi revisado e validado por uma pesquisadora, com larga experiência na área ambiental.

Para garantir o anonimato dos entrevistados foram atribuídos códigos de referência para cada um, a formação acadêmica e o cargo, o tempo de experiência no setor conforme apresentados no Quadro 15.

Quadro 15 – Códigos de referência dos entrevistados na pesquisa

Formação / Cargo do entrevistado	Código	Tempo de experiência no setor	Referência	Tempo de duração
Engenheiro Ambiental Especialista / Consultor do setor Tecnológico de frigoríficos	EEA	5 anos	Entrevista	1h50
Engenheiro Mecânico Especialista / Consultor do Setor tecnológico de frigoríficos	EEM	35 anos	Entrevista	1h40
Engenheiro Mecânico / Especialista em tecnologias inovadoras do setor de frigoríficos	ECF	18 anos	Questionário	-
Químico / Gestor Ambiental de Frigorífico - Frigorífico 1	EGA	5 anos	Questionário	-
Engenheira Ambiental / Gestora de Meio Ambiente de frigorífico – Frigorífico 2	ESA	7 anos	Entrevista	2h02
Ecologista / Pesquisador de Agropecuária / EMBRAPA	EPA	18 anos	Questionário	-
Engenheiro Eletricista / Pesquisador na área de Inovação / EMBRAPA	EEP	34 anos	Entrevista	1h35
Pecuarista / Prestador de Serviço de Frigorífico	PEC	22 anos	Entrevista	1h40

Fonte: Autora

As entrevistas realizadas com os entrevistados EEA, EEM, EPA e EEP foi conduzida via *skype* usando a ferramenta de *webcam* para manter o caráter pessoal (face a face), durando em média 1h40 minutos, com cada entrevistado. Ao longo da entrevista alguns dos assuntos

estudados já foram emergindo e, portanto, foram incorporados na análise, assim como informações disponibilizadas pelos entrevistados em outras fontes de dados. As informações foram gravadas, com autorização dos entrevistados, no aplicativo *Amolto Call*, e depois transcritas, manualmente. A entrevista com o PEC, foi desenvolvida pessoalmente, o que tentou nos ajudar com acesso ao frigorífico que atua, no entanto, o gestor não autorizou a entrada no frigorífico.

Também foi aplicado um questionário com o especialista ECF, com o gestor ambiental EGA e com pesquisador da EMBRAPA EPA, o que permitiu esclarecer e ajudar na coleta de informações para completar a pesquisa. O questionário foi o mesmo utilizado na entrevista semi-estruturada, apresentado no Apêndice B.

A terceira etapa, foi realizada por meio de dados visuais, com a utilização de 8 vídeos que mostraram as etapas de processamento do abate bovino. Esta etapa favoreceu uma melhor compreensão do funcionamento dos processos em diferentes plantas indústrias de frigoríficos. A utilização do elemento visual na investigação qualitativa informa, elucida, documenta, acrescenta valor e sentido ao fenômeno estudado (BERGER, 1990). Dentre esses oito vídeos, foram analisados principalmente os vídeos dos frigoríficos pesquisados.

O banco de dados, é a quarta etapa dos instrumentos da coleta de dados, foi organizado e documentado as informações coletadas dos estudos de casos nas etapas anteriores, das referidas indústrias. Dessa maneira, um banco de dados para o estudo de caso aumenta, notadamente, a confiabilidade do estudo. Ao mesmo tempo, a existência de um banco de dados adequado não elimina a necessidade de apresentar provas suficientes no próprio relatório do estudo de caso (YIN, 2015).

3.4 FORMA DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Após concluída a coleta dos dados foi realizada a interpretação e análise dos resultados à luz das questões de investigação formuladas. A análise dos dados, consiste no exame, categorização, classificação em tabelas, testar, ou do contrário, recombina as evidências conforme proposições iniciais do estudo (YIN, 2015). É na etapa da análise dos dados, que envolve a preparação, condução de diferentes análises, aprofundamento nas informações dos dados coletados, é feita representações dos materiais e elaboração da interpretação dos dados de forma mais ampla (CRESWELL, 2010).

A análise e tratamento de dados deste estudo, foi realizada por meio da triangulação de dados (Figura 13), da análise de documentação, entrevistas com as empresas pesquisadas, análise dos dados visuais e análise dos registros em arquivos fornecidos pelas empresas.

Figura 13 - Triangulação dos dados

Fonte: Autora “adaptado de” Yin, 2015, p. 102

A triangulação de fontes de dados contribui para mitigar o viés pessoal e metodológico do pesquisador, aumentando a confiabilidade e validade dos resultados. Significa olhar o fenômeno, ou questão da pesquisa, a partir de mais de uma fonte de dados. As informações advindas de diferentes ângulos podem ser usadas para corroborar e aumenta a generalização de um estudo (YIN, 2015). Essa combinação de múltiplas fontes de evidência é fundamental para se criar um banco de dados para o estudo de caso e manter um encadeamento de fontes e aumentando a confiabilidade das informações em estudo de caso. Além disso, representa um processo de múltiplas percepções para esclarecer significados, verificando a repetição de padrões nas diversas fontes de evidência (STAKE, 1995; YIN, 2015).

Os dados coletados foram analisados em conjunto para entender como as inovações ambientais auxiliam a reduzir os impactos ambientais nas indústrias de carne. Neste estudo também foi realizado análise de conteúdo. A análise de conteúdo tem aumentado na pesquisa social devido à necessidade de tratar dados coletados de forma padronizada, principalmente dados coletados em profundidade (QUIVY; CAMPENHOUDT, 2008), mantendo os critérios de confiabilidade e validade da pesquisa qualitativa (CRESWELL, 2010).

O processo de análise é de grande importância para o estudo de caso (EISENHARDT, 1989) e a aplicação do método ocorre pela organização da análise, pela codificação de resultados, pelas categorizações, pelas inferências e pela informatização da análise das comunicações (BARDIN, 2011). Dessa forma, foi possível triangular as informações contidas

nos documentos, nos registros, nas entrevistas e questionários e nos dados visuais. Com base nas descobertas provenientes da teoria levantada, da triangulação das informações e do modelo de delimitação, o conteúdo pode ser compreendido de forma profunda e completa.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa realizada com especialistas da área ambiental, consultores da área ambiental e tecnológica de frigoríficos, pecuarista e pesquisadores da EMBRAPA que atuam em indústrias de processamento de frigoríficos no Brasil. A descrição dos casos está baseada em evidências empíricas, coletadas por meio de entrevistas e aplicação de questionário, assim como em outras fontes de informação (dados primários e secundários), tais como documentos disponibilizados pelas indústrias de processamento de carne, dados visuais e filmes das operações dos casos estudos, todos relevantes para compor a pesquisa.

Os resultados são apresentados de acordo com os três princípios da economia circular. O Princípio 1 trata da preservação e o aprimoramento do capital natural, por meio da gestão dos fluxos renováveis, expondo as principais fontes de energia abastecedoras das indústrias de processamento de carne bovina. O Princípio 2 da economia circular mostra a importância do aproveitamento em cascata para a geração de novos ciclos industriais, como o couro e outros resíduos. O princípio 3 aborda as tecnologias inovadoras utilizadas na indústria de processamento de carne bovina, que reduzem os impactos ambientais do setor, estimulando a efetividade do sistema e excluindo as externalidades negativas.

4. 1 GESTÃO DOS FLUXOS RENOVÁVEIS

Este item apresenta os resultados das principais fontes de energia utilizadas nas indústrias pesquisadas, assim como o consumo de energia das operações de processamento.

4.1.1 Fontes de energia

As principais fontes de energia de frigoríficos são a energia elétrica e a energia térmica, predominantemente a energia elétrica (EEM, EEA, EGA, ECF, ESA, EPA, PEC). A refrigeração dos motores e compressores dos frigoríficos é feita com energia elétrica, que vem das concessionárias de energia. A energia térmica, que é o vapor usado para o aquecimento de água no processo, é produzida com biomassa, gás ou petróleo, dependendo de cada frigorífico. Em São Paulo, por exemplo, é muito utilizado a queima do bagaço de cana no aquecimento das caldeiras (EEM).

As fontes alternativas de energia nas indústrias de carne bovina não são utilizadas. A energia solar, por exemplo, não atende a demanda de energia nos processos de frigoríficos (EEM, ECF). A energia solar é ainda muito utilizada para iluminação de plantas menores e há o apelo ambiental por parte da área de *marketing*, mas não é suficiente para cobrir alta demanda de energia dos grandes frigoríficos (EEM, ECF, EEA, EPA). Além disso, o investimento é alto, com baixo retorno ou *payback* longo (EGA). A energia eólica é também produzida pelas concessionárias e há poucas regiões do país com essa matriz energética (EEM). Segundo os entrevistados não há investimento em energia eólica pelas indústrias de processamento de carne bovina.

Como forma de economia de energia, alguns frigoríficos utilizam o KPI's, ou seja, Indicadores-Chaves de Desempenho de eficiência energética (EGA), outros apenas fazem conscientização dos funcionários, com alertas e placas sobre economia de energia, utilização de sensores na parte interna dos frigoríficos e lâmpadas LED, no entanto, não há equipamentos inovadores para auxiliar na redução do consumo de energia nos processos (ESA, PEC). O consumo médio de energia elétrica utilizado nas operações de processamento de carne bovina é apresentado na Tabela 6, mostrando o percentual médio de cada operação (EGA).

Tabela 6 – Percentual médio do consumo de energia por operação

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM TOTAL (%)
Recepção Condução e lavagem	0,5%
Processamento de Abate	5%
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	0% (vapor)
Processamento de subprodutos	5%
Área de desossa	5%
Corte da carcaça	3%
Refrigeração	80,5%

Fonte: EGA, 2018

As principais tecnologias ambientais para redução de consumo energia nas indústrias frigoríficas ainda são muito incipientes no Brasil. O Governo não incentiva o investimento em novas tecnologias para a redução do consumo energético. Há disposição de alguns empresários para investir, mas não tem capital (EEM, EGA, ECF, ESA). “E as tecnologias custam muito caro no Brasil” (EEM). Na indústria frigorífica o processo não muda há muitos anos, a indústria é fechada para a aquisição de novas tecnologias ambientais. A mentalidade do setor é “se estão ganhando dinheiro já está bom” (EEA). Algumas pessoas mais jovens têm

essa preocupação, querem fazer alguma coisa, mas a maioria não, “quem está no comando não tem esse conceito” (EEM).

As principais dificuldades para investimentos em novas tecnologias para redução de consumo de energia ou aplicação de energia alternativa eólicas e fotovoltaicas é o alto custo dos impostos no Brasil (EEM), além da falta de incentivos fiscais (EGA, ECF). Para tecnologias adquiridas em outros países, há uma alta taxa de importação, o que ocasiona altos custos, devido à desvalorização do real, frente ao euro e ao dólar. A fabricação de equipamentos no Brasil ainda é pouca, em razão da falta de financiamentos e principalmente a compreensão das vantagens ambientais através da recuperação de energia por parte dos frigoríficos (ECF).

Na perspectiva da direção dos frigoríficos, enquanto essas empresas estiverem obtendo boa lucratividade não haverá uma preocupação com a redução de energia e principalmente com o meio ambiente. Os investimentos em tecnologias que reduzem o consumo de energia serão efetivamente implantados nos frigoríficos brasileiros quando a energia ficar mais cara (EEA, ECF, PEC). A energia barata ainda é uma vantagem em comparação com países da Europa, que tem uma das matrizes enérgicas mais cara, por isso os frigoríficos da Europa investem mais em energias alternativas (EEM, ECF).

As indústrias frigoríficas de bovinos no Brasil, ainda estão muito “fechadas” para realizar algum tipo de mudança nos processos, que auxiliam na redução do consumo de energia. Além disso, há questões burocráticas sobre a tomadas de decisão, o que as torna lenta e atrasadas em relação aos frigoríficos de suínos e aves. As tecnologias utilizadas nos processos já estão ultrapassadas, o que leva ao alto consumo de energia. Muitos frigoríficos ainda matam os bois na marreta, o que é sofrido, tudo isso pela falta de modernização nos equipamentos, que diminua o sofrimento dos animais (EEM).

Existem atualmente dois sistemas tecnológicos ambientais no Brasil, um para recuperação de calor para gerar energia e o outro para redução do consumo de energia. O primeiro chama-se SIRESP, que apesar de um alto custo financeiro, apresentam alta eficiência. Esta tecnologia produz energia dentro dos frigoríficos e funciona a partir do aproveitamento de resíduos industriais, como o lodo, cascas, bagaços e *pallets*. Este tipo de tecnologia funciona como combustível para geração de energia térmica, frio e vapor. Uma estação de refrigeração de produção de frio, onde se faz o congelamento e climatização das câmaras, equivale 70% da conta de energia elétrica de um frigorífico (EEM, ECF).

Uma outra tecnologia, é o Sistema de Recalfrio que reduz de 30 a 50% a conta de energia, sobre o total do frigorífico, além de reduzir a emissão de CO₂ da indústria. Este

sistema funciona como recuperação de residual térmico, transformando-a em energia primária na forma de frio pelo processo de absorção e calor por troca térmica do próprio sistema (EEM). O quadro 15 apresenta os indicadores de redução de energia e CO₂ dos dois sistemas tecnológicos inovadores.

Quadro 15 – Indicadores de redução de energia

	Energia elétrica	Sistema Recalfrío Calor que refrigera	Sistema SIRESP Recuperação de energia
Geração de CO₂	47,9 Kg CO ₂ / t de carne	33,9 Kg CO ₂ / t de carne	19,6 Kg CO ₂ / t de carne
Consumo de energia	260,2 KWh / t de carne	142, 4 KWh/ t de carne	12 KWh/ t de carne

Fonte: EEM, 2018

Além do alto consumo de energia os frigoríficos têm um alto desperdício de energia. Somente de 30 a 35% é aproveitado de um total de distribuição de 100% nos frigoríficos. O calor gerado nos frigoríficos por meio das caldeiras, produz energia térmica, o que reduziria significativamente o consumo e o desperdício. Este aproveitamento de energia já é realizado em outros seguimentos industriais, como em indústrias petroquímicas, tanto no Brasil como em outros países da Europa, Estados Unidos e China, mas não nas indústrias de frigoríficos bovino. Apesar da comprovação por meio de indicadores, em um universo de aproximadamente 1.000 (mil) frigoríficos no Brasil, apenas um projeto foi implantado em um frigorífico bovino. E a indústria que tem a tecnologia de fato tem preocupação com questões ambientais (EEM).

Há dificuldades das indústrias de realizarem levantamento de indicadores que mostrem a evolução do consumo de energia. Normalmente as indústrias apresentam metas que querem atingir no mês, em relação ao valor financeiro, com 'X' tonelada de carne produzida. Já em relação a evolução ou quanto estão consumindo por tonelada, não é feito controle, nem métricas que comprovem essa evolução. Quando especialistas da área realizam alguma consultoria, são eles que fazem esse tipo de levantamento, pois não há especialistas nos frigoríficos para estes levantamentos. Mesmo com medidores de evasão de pressão, equipamentos para fazer esse tipo de controle, não há recursos humanos habilitados para manusear e fazer o cálculo correto, ou boa parte dos medidores não funcionam (EEA).

Produzir uma tonelada de carne bovina, em termos energéticos, é o mesmo que produzir uma tonelada de suínos ou de aves, pois os mesmos são contabilizados por tonelada de carne, por isso os indicadores são os mesmos. Isso porque a quantidade de calor necessário para congelar um quilo de carne de boi, de carne de porco ou um quilo de carne de frango, é a mesma coisa, os compressores, são os mesmos (EEM).

As indústrias apresentam diversos números em relação ao que está sendo consumido de energia, “mas são dados incorretos” (EEA). Isso é comprovado quando é realizado um cálculo do consumo de vapor pela tonelada de carne produzida, os cálculos não batem, porque com a quantidade de cavaco que eles apresentam, não tem como gerar um total de vapor que é informado. Não se compreende ao certo, como as indústrias chegam a determinados valores, que não condizem com a realidade, isso porque quando profissionais qualificados realizam esse tipo de cálculo, são identificados valores incorretos (EEM).

Algumas das dificuldades devem-se ao fato dos currículos das Universidades brasileiras, serem ofertados de forma ampla, em pouco tempo, o que não dá para obter conhecimento suficiente, o que dificulta os engenheiros terem um conhecimento aprofundado. Um exemplo disso, “é que há 35 anos atrás o currículo era mais completo no Brasil, eram ofertados 6 semestres de termodinâmica, que é para entender o funcionamento da energia, e hoje é feito em 2 semestres, então o conhecimento fica incompleto” (EEM). Um outro exemplo é ter um engenheiro mecânico trabalhando na indústria de carne bovina, sem a preocupação com redução de energia ou qualquer outro assunto voltado para questões ambientais. Isso implica na falta de aquisição de projetos tecnológicos inovadores, como forma de minimização do uso de energia (EEA).

Um outro fator, é que o nível de conhecimento dos profissionais da área de engenharia na indústria frigorífica é diferente de outros segmentos, como por exemplo, na indústria de sucos se questionado sobre determinado processo, os profissionais têm domínio e clareza quanto as diferentes etapas ao qual trabalham. O nível de conhecimento para qualquer equipamento de consumo de energia, é bem maior, são mais técnicos, mais experientes, e “isso é algo que precisa mudar nos frigoríficos” (EEM).

Por outro lado, como forma de reduzir custos financeiros, as indústrias estão demitindo funcionários com larga experiência e contratando pessoas que não têm preparo para exercerem as mesmas funções. A maioria destes funcionários que exercem as atividades relacionadas a energia, são técnicos, que substituem engenheiros especializados. Muitos deles não têm aptidão técnica para entender das tecnologias mais recentes do setor ou realizar levantamento relativo ao consumo de energia ou limitam-se apenas a uma determinada área (EEA).

Muitas indústrias estão sendo sucateadas pela falta de conhecimento técnico. Nota-se que a maioria dos frigoríficos não dispõem de engenheiro mecânico ou ambiental. Isso porque além dos custos, a direção acredita que não precisam. Um outro aspecto, é que muitos frigoríficos são familiares, o que leva a indicação de “conhecidos”, que não tem domínio ou

conhecimento de determinada área. Por exemplo, “um mecânico sabe apenas trocar o rolamento”. As indústrias frigoríficas, não querem pagar pessoal qualificado, o que diminuiria custos com energia e teriam uma melhor visão para questões relacionadas a área ambiental da indústria. Além disso, a falta de investimentos em novas tecnologias para redução do consumo de energia deve-se ao cancelamento de projetos por falta de aprovação da direção, por considerarem as tecnologias desnecessárias para indústria e o meio ambiente (EEM).

4.2 CICLOS TÉCNICOS E BIOLÓGICOS: APROVEITAMENTO EM CASCATA

Este item aborda sobre o tipo de tratamento realizado com a água residual das industriais de processamento de carne bovina, assim como o aproveitamento dos subprodutos a partir de novos ciclos industriais

4.2.1 Consumo de água e tratamento de efluentes

As principais fontes abastecedoras de água dos frigoríficos, são poços artesianos subterrâneos, superficiais ou rios, dependendo de onde são instaladas as plantas (EEA, EEM, EGA, ECF, ESA, EPA). Por exemplo, no Mato Grosso, uma indústria que abate 1.600 bois diários, há 6 (seis) poços subterrâneos para abastecimento com 500 metros de profundidade (ESA). Em razão do alto consumo de água, as unidades frigoríficas não utilizam as abastecedoras do município, em razão do consumo ser maior do que a própria cidade em que as indústrias estão instaladas. Em média, o consumo de água é de 1.000 a 1.200 litros no abate do animal, muito acima dos suínos e aves, que utilizam uma média de 500 a 600 litros por porco e 18 litros por frango, abatidos, em todo processo industrial. Quando essa água é captada dos rios, devem seguir a legislação, especialmente a Lei nº 6338, de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), e o Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, que regulamenta a lei e estabelece os padrões de qualidade ambiental, a avaliação de impactos ambientais e o licenciamento das atividades poluidoras. Após o tratamento é feita devolução às fontes de água, no entanto, grande parte dos frigoríficos não estão cumprindo a legislação por não ter uma fiscalização rigorosa, principalmente nos frigoríficos de bovinos (EEM, EEA, PEC).

A média do consumo de água é de 4.440 litros por animal dentro de todo processo industrial de um frigorífico. Um frigorífico que abate 1.000 bois por dia, utiliza uma média de 105 milhões de litros de água por mês (EEM). Já em um frigorífico de médio porte cerca de

44.000 m³/mês (EGA). Além do alto consumo, o grande problema é que a água captada dos postos subterrâneos é água limpa, potável, própria para o consumo humano. Para que essa água possa ser reutilizada no consumo humano, precisa passar por tratamento rigorosos, que reduza toda matéria orgânica, no tratamento terciário, o que permite uma qualidade adequada. A maioria dos gestores tem consciência da grande quantidade de água utilizada nos processos, com isso os recursos naturais vão se esgotando (EEM). A Tabela 7 apresenta o percentual médio do consumo de água por operações, nos frigoríficos brasileiros.

Tabela 7 - Porcentagem do consumo médio de água nos frigoríficos brasileiros

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM DE CONSUMO (%)
Recepção Saída dos currais	10 – 20
Abate Sangria Esfolia Corte da carcaça	15 – 25
Evisceração	35 – 50
Processamento das vísceras (cooprodutos)	15 – 20
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	16 – 20
Corte da carcaça	2 – 3
Câmaras Frigoríficas Refrigeração	1 – 2
Outros	5 - 10

Fonte: EGA, 2018

A água também é utilizada no congelamento da carne. A legislação permite que 7% do peso da carne seja de água, que é incorporada na hora da congela, denominado de resfriamento de carcaça. Quando a carne vai para câmara resfriar, recebem jatos d'água para fechar os poros. Dos 4,5 milhões de litros diários utilizados nos processos industriais, em um frigorífico que abate 1.000 bois diários, 1 milhão de litros tem a evaporação normal e a absorção da carne, isso faz com que de 15 a 20% desse volume de água não retorne para o tratamento (EEM).

Toda água utilizada nas operações, precisa ser encaminhada para a Estação de Tratamento de Efluentes – ETE. Diante disto, todo efluente é separado por processo em linha verde, o que representa 70% dos resíduos resultantes dos dejetos e do conteúdo estomacal dos animais como bucharia, triparia, lavador de caminhões e curral, que são encaminhados através de tanques. Em linha vermelha, que são os resíduos derivados do sangue, que são encaminhados para a ETE através de tubulações de PVC de alta resistência ou manilhas. Além da linha de sanitários e refeitórios, que é a água utilizada em uso doméstico (EGA, ESA).

4.2.2 Destinação dos subprodutos

Quando um animal vivo é pesado, 3% do seu peso é de sangue. Após a sangria, este volume chega até 5%, tendo em vista que entra em contato com a água, que se transformam em efluentes ou resíduos para ser tratado (EEM). Após o abate, a média do sangue coletado de um boi de 300 kg, é de 17 litros. Todo este sangue é direcionado para a calha de sangria, onde é adicionado anticoagulante, em seguida é direcionado a um tanque resfriado, que na sequência é recolhido por um caminhão tanque específico, que transportará para a indústria de processamento de farinha de ração animal (EEM, EGA, ECF, ESA, PEC). Devido à grande quantidade de sangue, tem-se um mau cheiro muito forte (ESA). Através de um sistema de digestor de evaporação, esse sangue será separado da água, e passará o dia secando. Este sistema de digestão tem alto custo pelo consumo de energia, que é o maior na produção da farinha. E ainda, neste sistema de secagem parte do sangue é queimada, o que resulta na má qualidade do produto (EEM, ESA).

Quanto aos subprodutos dos animais abatidos, tais como as vísceras não comestíveis, chifres, cascos, aparas e cabeça, são encaminhadas como despejos para a indústria de processamento de farinha de ração animal (EEM, EGA, ECF, PEC). Todos estes subprodutos são transportados em caminhões caçambas, cobertos com sombrite para evitar queda de produtos durante o transporte. Em alguns casos, algumas indústrias vendem os chifres e cascos, como subprodutos para artesanatos (EGA). Todos os subprodutos serão moídos em um digestor e em seguida feito um cozimento até secar o produto e ser feito a evaporação da água. Em seguida passará numa prensa, que será extraído o sebo, separado da farinha em formato de uma torta, que passará no moinho e transformada em farinha de ração animal (EEM, ESA).

Algumas indústrias de ração animal são anexas à planta dos frigoríficos (EEM, EGA, ESA, ECF, PEC). Nos frigoríficos em São Paulo e Mato Grosso é normal ter empresas licenciadas que comprem estes subprodutos e fazem a coleta, transportando em caminhões adaptados e acoplados para coletar os subprodutos (EEM, ECF, ESA). Posteriormente, parte deste produto é vendido aos *pets foods* ou consumo do próprio rebanho, que serão transformadas em ração para cães e gatos e a gordura que foi separada e transformada em sebo e, em alguns casos, são encaminhados para indústria farmacêutica (EEM, EEM, EGA, ECF).

Em relação ao couro do boi, depois da esfolagem, é encaminhado por meio de um “chute” tubular (equipamento de frigorífico próprio para miúdos), para uma piscina antibacteriana e

transportado por caminhão caçamba lacrado com lona, para os curtumes, originando assim, um novo processo industrial (EGA, ECF, EPA).

Os frigoríficos não dispõem de aterro industrial e nem incineradoras (EEM, EGA, ECF, ESA, EPA, PEC). Em algumas indústrias frigoríficas, existem empresas licenciadas para fazer o transporte de materiais ou produtos que precisam ser incinerados (ESA). Quando é necessário encaminhar estes subprodutos ou animal condenado pela fiscalização, os frigoríficos pagam empresas licenciadas, que cobram valores altos para realizar esse tipo de descarte (EEM, PEC). “O ideal é que tivessem incineradoras, para ter um melhor controle, e até mesmo porquê pode ser gerado energia” (EEM). O lodo é um dos resíduos gerados, que quando não queimado deve ser encaminhado para aterro industrial, por isso os custos são muito altos, tendo em vista que são resíduos gerados diariamente (EEA).

Muitas indústrias apresentam o Relatório de Sustentabilidade Anual, mas em sua totalidade os frigoríficos o elaboram para que possam ser emitidos certificados em cumprimento de determinados indicadores exigidos na Lei de Exportação. Por exemplo, algumas indústrias fazem *marketing*, mostrando que foi desenvolvido uma ação com plantação de ‘X’ número de árvores, em cidades circunvizinhas. No entanto, são metas que devem cumprir para poder exportar os produtos, como compensação ambiental. Outro exemplo, de compensação é quando é aberto um novo empreendimento, as indústrias realizam determinado projeto na comunidade, através de ‘aula ambiental’, para crianças daquela região, o que muitas vezes é mostrado como iniciativa da indústria. No entanto, este tipo de ação é exigido pelos importadores de outros países (EEA).

4.3 MINIMIZAÇÃO DAS PERDAS E EXTERNALIDADES NEGATIVAS

Nesta seção, são apresentados o tipo de tratamento e tecnologias utilizadas para o tratamento da água residual das indústrias de processamento de carne bovina, como forma de evitar impactos ambientais.

4.3.1 Tratamento e reutilização da água residual das indústrias de processamento de carne bovina

A Legislação exige que todos os frigoríficos disponham de Estação de Tratamento de Efluentes – ETE (EEA, EEM, EGA, ECF, ESA, EPA, PEC). Assim, toda água utilizada nos processos industriais, desde o abate até a refrigeração, deve ser encaminhada para o devido

tratamento. Nos frigoríficos brasileiros, o maior problema é que o tratamento não é tão eficiente. A maioria dos processos, continua com uma alta carga de poluição orgânica de alta resistência, patógenos, partículas sólidas e um grande teor de gorduras, tornando-se um grande problema ambiental. Quanto mais eficiente for o tratamento de efluente, mais geração de lodo. O tratamento é realizado porque as indústrias têm padrões que deveriam ser seguidos. No entanto, por falta de rigor dos órgãos responsáveis, não há uma cobrança dos padrões corretos, para uma melhor qualidade na água. Isso deveria ocorrer principalmente nas maiores indústrias (EEM). Exemplo disso, é que em alguns casos, a água encaminhada para a ETE fica na estação por muito tempo, pois não há uma preocupação por parte dos gestores e nem fiscalização para o devido tratamento (PEC).

Após o tratamento da água residual, o lodo gerado precisa ter uma destinação adequada. Pela grande quantidade, a indústria precisa pagar o transporte deste resíduo para que seja descartado corretamente em aterros industriais. Por ser uma atividade diária, isto implica em altos custos para as indústrias. O lodo pode ser utilizado na construção civil ou até mesmo como fertilizante, no entanto, tem um alto grau de gordura que pode contaminar o solo, além de não ter terra suficiente para o tanto de lodo gerado diariamente. Como forma de aproveitamento e redução do consumo de energia, este lodo pode ser utilizado como combustível para gerar energia, através de tecnologias inovadoras já existentes em indústrias do segmento no Brasil, o que diminuiria significativamente os custos financeiros para os frigoríficos e principalmente os problemas relacionados ao meio ambiente (EEA).

Algumas indústrias, na tentativa de reaproveitar o lodo, aplicam dentro das caldeiras, o que traz sérios problemas devido ao alto grau de corrosão e a grande quantidade de poluentes químicos. O lodo precisa ser tratado e não apenas jogado nas caldeiras, o que vem acontecendo na maioria dos frigoríficos. Hoje em dia já existem tecnologias que fazem a separação sólida, da água com a gordura, com flocculadores, que normalmente são a base de ferro e óxido, um tratamento adequado para que não tenha problema para saúde humana e o meio ambiente (EEM).

As tecnologias de tratamento de efluentes de um frigorífico, tanto no Brasil como em muitos países, ainda são bastantes tradicionais, sem tanta eficiência. Um impasse para as ETE's é que as plantas de frigoríficos são projetadas para determinados metros cúbicos de água, com o passar do tempo, são ampliadas, no entanto as ETE's permanecem com o mesmo tamanho, perdendo a eficiência, uma vez que as plantas frigoríficas não são adequadas para o tamanho da ETE. São necessários mais de uma lagoa, com filtros, para que tenha uma melhor

eficiência. Em vista disto, aumentam o total de produtos químicos na intenção de remover mais poluentes (EEM).

No tratamento de água residual dos frigoríficos, os principais métodos de tratamento no Brasil são os métodos físico-químico e o biológico. Destes, o método biológico é considerado o mais eficiente em termos ambientais, pois não gera passivos ambientais que podem principalmente em relação a produtos químicos. Além disso, para que a água seja devolvida aos cursos d'água, o nível de carga química poluente e corrosiva é mínima. No entanto, a maioria dos frigoríficos utilizam o tratamento físico-químico, que pode ser realizado em espaço menor, se comparado com o tratamento biológico (EGA). No tratamento biológico, que é o mais eficaz em relação ao meio ambiente, são necessárias no mínimo 3 lagoas para receber a água residual e realizar o tratamento anaeróbico e aeróbico. O tratamento é realizado de 25 a 30 dias, com retenção da água residual em cada lagoa e com padrões técnicos definidos, o que o torna os custos mais altos (EEA).

Mesmo tendo uma estação de tratamento de efluentes, a maioria dos frigoríficos no Brasil são identificados com urubus ao redor. Devido à grande quantidade de resíduos gerados dos frigoríficos, ainda ficam restos de carniças ao redor, o que chama atenção das aves. E muita das vezes isto é ocasionado pela falta de cuidados rigorosos. Quando um boi é condenado, não se tem os devidos cuidados. Um dos principais problemas é que a maioria dos frigoríficos não tem incineradores próprios, o que leva muitos a não fazerem o tratamento apropriado do resíduo (EEM).

Quanto às tecnologias inovadoras, tais como um flotador ou um sistema diferenciado, ainda é desconhecido a utilização pelos frigoríficos brasileiros, e até mesmo na maioria dos países, que não apresentam tanta diferença, em sua maioria, os conceitos são os mesmos. Os padrões de tratamento são parecidos, fazem o básico, de forma que apenas cumpram a Legislação (EEM). A implantação de tecnologias inovadoras em alguns frigoríficos está sendo de forma paulatina, desde 2013, devido aos altos custos (EGA).

Após o tratamento da água residual, em algumas indústrias frigoríficas no Brasil a média de remoção de Demanda Química de Oxigênio (COD) é de 98%, Demanda Química de Biológica (BOD) é de 98%, Nitrogênio (N) é de 80%, Fósforo (P) é de 80% (EGA). Em outros frigoríficos, é apresentado o valor total, com uma média de 87% do total de eficiência depois de tratada, com o tratamento físico-químico, por meio do sistema DAF (ESA). Para qualquer outro tipo de carga orgânica, todos os frigoríficos devem cumprir os padrões que a Legislação exige (EEM), a maioria dos frigoríficos não fazem além disso. Após o tratamento da água residual, o percentual reutilizado no processo produtivo ou lançado nos cursos d'água

depende muito de cada frigorífico (EEA). Em algumas indústrias, a média de reutilização nos processos é entre 20 a 30% e de até 65% lançado no corpo hídrico (EGA). Essa água não pode entrar em contato com o produto. Com exceção os abatedouros clandestinos, que não utilizam nenhum tipo de tratamento e descartam os resíduos fora do padrão previsto pela legislação, ocasionando sérios problemas ao meio ambiente e saúde humana (EEA, PEC). No Amazonas, por exemplo, a maioria dos frigoríficos ainda são clandestinos (PEC).

Um dos principais problemas ambientais associados a indústria de carne está relacionado ao processo industrial dos frigoríficos que ainda é arcaico e ultrapassado. A indústria de carne bovina, em comparação a outros segmentos, é uma das piores, tanto pelo consumo, quanto pelo desperdício, porque se desperdiça muita água e energia, dentro dos frigoríficos. A única mudança na aquisição de equipamentos está relacionada à eficiência nos processos. Não há preocupação de tornar a indústria mais sustentável ou desenvolver seus processos pensando no meio ambiente (EEM, ECF, PEC). Outro problema, é a geração de efluentes (ECF, EGA) que precisaria de um circuito fechado para reuso da água, como forma de economia no consumo e desperdício de energia e água (EGA).

A aquisição de tecnologias inovadoras que reduzam o consumo, ajudaria os frigoríficos a se assemelharem com as indústrias de frangos e suínos, que já estão bem avançadas, com a utilização dessas tecnologias e preocupadas com o meio ambiente (EEM, ECF). Se as indústrias não repensarem e passarem a ter essa preocupação, em relação aos impactos ambientais que causam, em um futuro próximo faltará água potável em todo mundo. Não se pode consumir infinitamente a água, como se consome hoje em dia, prova disso são as mudanças climáticas no mundo. O que se observa é que as indústrias de carne bovina não estão dando a devida atenção, visando apenas o ganho financeiro (EEM).

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O pressuposto desta pesquisa é de que o ciclo biológico do modelo da economia circular, aplicado a cadeia de carne bovina, pode colaborar em todo processo de produção no desenvolvimento de novos processos industriais, ocasionando assim menos impactos ao meio ambiente. Neste sentido, este capítulo apresenta a análise e discussão dos dados coletados confrontando com a literatura estudada. Os resultados da pesquisa identificaram os principais entraves na indústria de processamento de carne bovina, concernente a aquisição de tecnologias inovadoras que contribuem para a aplicação do ciclo biológico da economia circular. O Quadro 17 apresenta os impactos ambientais ocasionados pela indústria de processamento de carne bovina, apontados pela literatura, assim como os entraves tecnológicos que dificultam o ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento de carne bovina identificados durante a pesquisa.

Quadro 17 - Impactos ambientais *versus* entraves tecnológicos da indústria de carne bovina

Princípios da economia circular	Impactos ambientais identificados na literatura	Entraves identificados na pesquisa
Consumo de Recursos Naturais	- Alto consumo de energia - Alto consumo de água	<ul style="list-style-type: none"> • Desperdício de energia • Ausência de energia alternativa para redução do consumo • Desperdício de água
Otimização do rendimento dos recursos fazendo circular o produto	- Frigoríficos clandestinos destinam incorretamente os subprodutos não comestíveis, assim como o sangue dos animais, poluindo rios e solo. Outros resíduos (outras partes dos bois...)	<ul style="list-style-type: none"> • Altos custos de tecnologia para tratamento da água e redução do consumo de energia • Tratamento ineficaz da água residual, devido tecnologias ultrapassadas • Não faz produção do biogás a partir do esterco no animal • Não é feito o reaproveitamento do lodo para gerar energia • Falta de incentivos do Governo para aquisição de tecnologias • Altos custos de impostos para aquisição de tecnologias inovadoras
Estímulo da efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas	- Água captada potável, devolvida com alta carga poluidora.	<ul style="list-style-type: none"> • Não há aterros industriais e nem incineradoras • Falta de tecnologias adequadas para o tratamento da água.

Fonte: Autora

Esses resultados são apresentados, no modelo conceitual atualizado, onde as travas são identificadas pelo cadeado e o texto em vermelho, conforme a Figura 14, que serviu de direcionador da pesquisa e discutidos na sequência.

Figura 14 – Modelo conceitual: entraves para o ciclo biológico na cadeia de carne bovina

Fonte: Autora

Os próximos tópicos discutem os principais entraves tecnológicos identificados para a implementação dos três princípios da economia circular, aplicado à cadeia de carne bovina.

5.1 PRINCÍPIO 1 – PRESERVAÇÃO E APRIMORAMENTO DO CAPITAL NATURAL

O capital natural tem o objetivo de armazenar os recursos naturais que geram fluxo de serviços úteis aos seres humanos, ou seja, são recursos ofertados pelo ecossistema, que contribuem para o bem-estar humano (COSTANZA; DALY, 1992). Esta seção discute os principais recursos naturais consumidos na indústria de processamento de carne bovina, assim como os entraves identificados na pesquisa para a aplicação do Princípio 1.

5.1.1 Consumo de água na indústria de processamento de carne bovina

O alto consumo de água é um dos principais entraves da indústria de processamento de carne. Os dados coletados comprovam que dentre as indústrias do setor de alimentos, o maior consumo de água utilizada na produção, estão associados à carne bovina, sendo considerada de alto impacto ambiental em comparação com outros tipos de carne, como a indústria de suínos e aves (WEBER; MATTHEWS, 2008; ESHEL et al., 2014; RÖÖS et al., 2013) e outras atividades agroindustrial (PETERS et al., 2010).

A fonte abastecedora dos frigoríficos pesquisados, são poços subterrâneos. Em um frigorífico que abate cerca de 1.600 bois diários, tem 6 poços em funcionamento. Já um frigorífico que abate 1.000 bois diários consome aproximadamente 4,5 milhões de litros de água, por dia. Isso confirma a média nacional e mundial, em torno de 13.500 a 15.500 L/Kg (RENAULT; WALLENDER, 2000; HOEKSTRA; CHAPAGAI, 2007). Desta quantidade de água, em torno de 15 a 20% não tem retorno para o tratamento, pois evapora-se. Isto revela um entrave dentro dos processos, pois além do alto consumo, não há procedimentos de mediação para reduzir este consumo nas indústrias pesquisadas.

As operações que mais utilizam água nos frigoríficos são evisceração, seguidas do abate, sangria e esfolagem, confirmando as informações reveladas na literatura (UNEP, 2000; PETERS et al., 2010). A Tabela 8 indica um comparativo da União Europeia com as operações realizadas em alguns frigoríficos no Brasil.

Tabela 8 – Comparativo do consumo de água nas operações

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM TOTAL DA UNIÃO EUROPEIA	PORCENTAGEM TOTAL NO BRASIL
Recepção Saída dos currais	7 – 22%	10 – 20%
Abate Sangria Esfolagem	44 – 60%	15 – 25%
Evisceração	16 – 60%	50 – 70%
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	1 – 4%	16 – 20%
Corte da carcaça / Desossa	2 – 5%	2 – 3%
Câmaras Frigoríficas Refrigeração	2%	1 – 2%
Outras	-	5 – 10%

Fonte: Autora

Nota: Elaborado com informações da UNEP, 2000; Peters et al., 2010 e dos entrevistados EGA, PEC 2018

Nota-se que o consumo de água na evisceração nos frigoríficos brasileiros pesquisados, chegam até 70% do consumo total das operações, em um frigorífico de grande porte, que abate cerca de 1.600 bois diário, e estes valores não diferem de um frigorífico que

abate 500 bois por dia. As operações de abate, sangria e esfolagem são as que mais consomem água em países europeus (UNEP, 2000; PETERS et al., 2010), já no Brasil estas operações são seguidas da evisceração. A indústria de processamento de carne, dentre as indústrias de alimentos e bebidas é a que mais consome água (SENA et al., 2009). Isto gera um valor significativo com cerca de 2.000 m³ de águas residuais. Por isso, pode-se afirmar que a produção de carne bovina é considerada de alto impacto ambiental em comparação com outros tipos de carne, como a indústria de suínos e aves (WEBER; MATTHEWS, 2008; ESHEL et al., 2014; RÖÖS et al., 2013) e outras atividades agroindustrial (PETERS et al., 2010).

5.1.2 Consumo de energia na indústria de processamento de carne bovina

As plantas industriais dos frigoríficos pesquisados atendem a demanda de 500 a 1.600 bois abatidos diariamente, estes números mostram que as indústrias pesquisadas e os entrevistados atuam em indústria de médio e grande porte. O consumo de energia elétrica da indústria de carne é diferente de uma indústria para a outra (IPPC, 2006; RAMIREZ et al., 2015). Haja vista que a variação no consumo de energia está relacionada ao tamanho das plantas de processamento de carne (WOJDALSKI et al., 2013), assim como os equipamentos utilizados (FRITZSON; BERNTSSON, 2006; WOJDALSKI et al., 2013), a mecanização de processos, produtivos e a quantidade de matérias-primas processadas (NORTON; SUN 2008).

A única fonte de energia utilizada nas indústrias de processamento pesquisadas, é a elétrica, vindo das concessionárias abastecedoras de energia, e em poucos casos, a energia térmica é utilizada para limpeza e esterilização de equipamentos. Um grande entrave é o fato dos frigoríficos pesquisados não utilizarem fontes de energia alternativa, por não atender a demanda dos processos frigoríficos e, também, não há uma preocupação e interesse por parte dos gestores para questões relacionadas ao meio ambiente. No entanto, energias renováveis são utilizadas de forma sustentável, resultando em mínimo impacto ao meio ambiente (PACHECO, 2006). A única preocupação vista, é utilizar os indicadores-chaves de desempenho, para avaliar o consumo de energia e então conscientizar os funcionários sobre economia de energia nos frigoríficos. É a partir desta realidade que surge a necessidade de tecnologias inovadoras que remedeie e diminua o consumo de energia. A utilização de energia alternativa, como a energia térmica é uma oportunidade de redução da conta de energia elétrica da indústria de carne (UNEP, 2000). Também, a geração de biogás na indústria de carne é uma oportunidade de reduzir o alto consumo de energia, pois a tecnologia de

biodigestão anaeróbica permite o aproveitamento do esterco animal, evitando a poluição de recursos hídricos e emissões de gases de efeito sobre a atmosfera (PAGAN; RENOUEF; PRASAD, 2002; DALLA COSTA et al., 2004). A energia solar é uma outra alternativa para as indústrias, no entanto, foi evidenciado que nas indústrias de processamento pesquisadas, é utilizada para iluminação em algumas plantas menores, por não ser suficiente para cobrir a demanda dos processos. Esses dados se opõem as indústrias de processamento de carne bovina da Índia, que utilizam cerca de 20% dos custos de produção com consumo de energia solar (MEKHILEF et al, 2011; PARITOSH, 2007).

Tecnologias inovadoras de redução do consumo de energia, tem preços onerosos no Brasil. Aliado a isto, destacado por todos os entrevistados que a falta de incentivos fiscais por parte do governo, assim como os altos custos de impostos no Brasil, são os principais fatores para aquisição destas tecnologias. Uma das principais barreiras para implementação da economia circular é a falta de incentivos econômicos do governo, o que dificulta as empresas implementarem a economia circular nas cadeias de suprimento, que de modo consequente permanecerão em um sistema linear (JESUS; MENDONÇA, 2018). As questões ambientais são tratadas em segundo plano, atestando assim, que os gestores apenas priorizam a expansão dos negócios, participação na gestão de mercado e o lucro (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018).

Constatou-se durante a pesquisa, que uma das operações que mais consome energia é a refrigeração, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Comparativo do consumo de energia

OPERAÇÃO	PORCENTUAL UNIÃO EUROPEIA	PERCENTUAL BRASIL
Recepção Condução e lavagem	6%	0,5%
Processamento de Abate	5%	5%
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	10%	0% (vapor)
Processamento de subprodutos	9%	5%
Área de desossa	11%	8%
Refrigeração	59%	80,5%

Fonte: Autora

Nota: Elaborado com informações da UNEP, 2000 e do entrevistado EGA, 2018

Antes do produto chegar ao consumidor, o produto passa pela a etapa da refrigeração. Conforme os dados coletados, esta etapa é a que mais consome energia, similar aos dados que a UNEP, 2009 apresenta, de 59% de consumo, dentre todas as etapas. Nos frigoríficos do Brasil, a pesquisa mostra que a refrigeração consome cerca de 80,5% de energia, dentre todas

as operações do processamento. Este fato, mostra que além do alto consumo de água, a indústria de carne bovina também tem um consumo de energia muito alto. Os dados corroboram as barreiras que impedem a implantação da economia circular que é o limitado compromisso e apoio da gestão para iniciativas de sustentabilidade (LIU; BAI, 2014).

Haja vista, que a maioria dos frigoríficos que exportam carne bovina, divulgam informações de ações voltadas para o meio ambiente, não foi identificado durante a pesquisa, ações voltadas para redução do consumo de água e energia, tendo em vista que são os principais impactos ambientais da indústria. Além do mais, salienta-se que na maioria dos casos, é apenas por cumprimento de requisitos ambientais. A ABNT NBR ISO 14000 estabelece requisitos de um Sistema de Gestão Ambiental, que irá permitir que a organização desenvolva uma estrutura para a proteção do meio ambiente. No entanto, não faz sentido uma indústria ter ações com uma atuação “ecologicamente correta”, por exemplo, e não atuar de fato com a gestão ambiental de forma estratégica, pensando na redução dos impactos ambientais causados pela indústria. Diante disto, um dos pré-requisitos da economia circular é o uso de tecnologias nos processos para a transição da economia linear para a circular (PRESTON, 2012; VANNER et al., 2014; SHAHBAZI et al., 2016; PHEIFER, 2017), que ainda é uma barreira para as empresas. Esta transição implica uma mudança no sistema como um todo, por meio de inovações tecnológicas em toda a organização. Essas inovações vão desde o *design* de produtos e manufatura industrial até a concepção de modelos de negócios inteiramente novos, incluindo a forma como o valor é criado, capturado e entregue aos clientes (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2010).

5.2 PRINCÍPIO 2 – OTIMIZAÇÃO DO RENDIMENTO DE RECURSOS

O segundo princípio da economia circular tem o objetivo de fazer circular o produto nos círculos biológico e técnico. É observado nas indústrias de processamento de carne bovina, que é possível manter o produto o maior tempo possível, reincorporando-os de outras formas em outras cadeias produtivas, evitando o descarte no solo ou nos rios, ocasionando impactos ao meio ambiente. Neste sentido, este tópico apresenta as etapas do processo que otimizam os subprodutos da carne bovina, permitindo a criação de novos ciclos industriais.

Durante a etapa da sangria, o sangue é coletado por uma calha e direcionado por tanques específicos para um novo processo industrial (BUGALLO et al., 2014; LAWRIE, 2005; TERLOUW, 2005; BELLAVER; ZANOTTO, 2004). Deste novo processo, é originado a farinha de ração animal. É coletado em média de 15 a 20 litros de sangue por animal

(BRASIL; MAPA, 2008). Os estudos evidenciaram cerca de 17 litros de sangue por animal abatido, em um animal com peso de 300 kg. Para essa grande quantidade de sangue, há um aspecto positivo em relação a coleta: a geração de um novo processo industrial originado nesta etapa. Isto possibilita um ciclo fechado (EMF, 2015), onde não há desperdício ou impactos ambientais, se o sangue for coletado de forma correta, dando a continuidade no ciclo, evitando o desperdício e a poluição (BELLAYER; ZANOTTO, 2004). Pois a economia circular leva em conta o impacto do consumo de recursos e do desperdício no meio ambiente (EMF, 2012, 2013, 2015). Isto cria círculos fechados alternativos, onde os recursos estão em movimentos circulares dentro de um sistema de produção e consumo, reduzindo assim a poluição e o desperdício (SAUVÉ; BERNARD; SLOAN., 2016).

Além da grande quantidade de sangue, nesta etapa, é utilizado um grande volume de água para lavagem do local de sangria (BUGALLO et al., 2014) e equipamentos utilizados no processamento (LAWRIE, 2005; TERLOUW, 2005). Esta quantidade de sangue fica aderida em equipamentos e acaba sendo diluída com água quando ocorre a limpeza das instalações (BRASIL; MAPA, 2008). Nesta etapa a água não é descartada, toda água residual, é encaminhada para uma ETE, possibilitando um tratamento para diminuir a alta carga residual. Isto resulta no retorno para reutilização na limpeza das dependências dos frigoríficos, nos pastos, ou até mesmo descartar corretamente nos cursos d'água. A literatura alerta que este reuso ainda é limitado, devido às legislações e restrições, principalmente de ordem sanitária (MIERZWA; HESPAHOL, 2005). No entanto, a reutilização dentro de um processo das operações é um método potencialmente eficaz de reduzir a demanda por água potável, além da redução da quantidade de efluente tratado ser descartado (RIDOUTT; PFISTER, 2010). Esta reutilização otimiza o rendimento do recurso natural, possibilitando o retorno para o processo inicial, sem desperdiçar uma maior quantidade de água potável.

Na etapa de esfolagem, o couro retirado é transportado por caminhão caçamba lacrado com lona, para os curtumes, originado um novo processo industrial. Esta etapa, condiz com um dos objetivos do ciclo biológico, que afirma que após um produto chegar ao fim de seu ciclo para o primeiro consumidor, ele pode ser compartilhado e ter sua utilização ampliada (EMF, 2016), sendo o caso do couro bovino. Os resíduos orgânicos são vistos como um problema dispendioso em termos econômicos e ambientais. No entanto, a situação pode ser revertida ao projetar sistemas de recuperação e processamento mais eficazes para transformar resíduos orgânicos em uma fonte de valor que contribui para a restauração do capital natural (EMF, 2015). Os materiais biológicos podem permanecer o maior tempo possível dentro da economia, por meio de novos processos industriais, fazendo girar a economia, evitando assim,

que seja um causador de danos ao meio ambiente e a saúde humana. Nesta etapa da esfola, a pesquisa corrobora com a literatura, pois um produto dentro do ciclo biológico se regenera, e assim “a vida cria condições conducentes para novos ciclos” (BENYUS, 2003; EMF, 2015). Muito embora, ainda tenha alguns problemas ambientais por conta dos abatedouros clandestinos, que ainda realizam estas atividades de modo ilegal no Brasil, e descartam o couro do animal nos rios ou no solo.

Comprovou-se que nas etapas de evisceração e corte da carcaça, é originado um novo processo industrial. Na economia circular, os subprodutos de uma indústria, servem como recursos para as próximas atividades, em novos processos industriais, promovendo ciclos de material de alto valor (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016; PINJING et al., 2013; SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016), neste caso, os subprodutos originados nesta etapa. Contatou-se, que os subprodutos permanecem dentro da economia, resultando o aproveitamento em cascata, pois dentro da economia circular os materiais podem ser utilizados como nutrientes, fazendo com ele permaneça o maior tempo dentro do sistema (EMF, 2015). O transporte da etapa de evisceração para este novo processo industrial, é realizado em caminhões caçambas, cobertos com sombrite para evitar queda de produtos durante o transporte.

5.3 ESTÍMULO DA EFETIVIDADE DO SISTEMA REVELANDO E EXCLUINDO AS EXTERNALIDADES NEGATIVAS

Toda água captada para utilização nos processos é potável. Após o tratamento é devolvida aos rios com alta carga orgânica, não podendo ser consumida ou utilizada no processamento da carne. A aquisição de tecnologias inovadoras para reduzir o consumo e realizar um tratamento mais eficaz nas ETE contribuiria para a quebra da trava na aplicação tanto do Princípio 1, utilização de recursos naturais, assim como para a aplicação do Princípio 3, excluindo externalidades negativas da economia circular. Diante disto, os incentivos para o uso de tecnologias que minimizem o consumo da água – incluindo o uso das águas residuais e o reuso de águas tratadas – representam uma economia de custos e uma menor dependência dos recursos hídricos (FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013), excluindo assim as externalidades negativas (EMF, 2015).

Um dado relevante que emergiu na pesquisa mostrou que muitos dos frigoríficos só utilizam as ETE's por ser uma exigência da Legislação. Um dos entrevistados afirmou que a preocupação dos gestores para o tratamento da água encaminhada para as ETE's é mínima,

ficando sempre em segundo ou último plano. Além disso, o tratamento de efluentes de muitos frigoríficos não é eficiente pela falta de rigor na fiscalização. Os fiscais fazem visita aos frigoríficos esporadicamente, o que leva apenas a fazerem um tratamento mais econômico para o cumprimento da Lei. A Portaria 210 impõe que toda água consumida em todo estabelecimento, deverá apresentar obrigatoriamente o seu tratamento (BRASIL; RIISPOA, 2017). Portanto, a falta de fiscalização rigorosa torna-se uma barreira na implementação do Princípio 3 da Economia Circular, pois em concordância com as barreiras governamentais, as leis de economia circular têm sido insuficientemente implementadas e não há eficácia das regras e leis propostas (GOVIDAN; HASANAGIC, 2018; JESUS; MENDONÇA, 2018).

Somado a isso, um outro entrave apresentado pelos entrevistados são os altos custos para aquisição de tecnologias inovadoras no Brasil, que leva a má qualidade da água devolvida aos rios. Esses dados corroboram os estudos que afirmam que os custos ambientais ainda são muito caros e incentivos econômicos limitados do Governo para modelos de negócios circulares (JESUS; MENDONÇA, 2018). Um outro entrave atrelado ao anterior é a falta de interesse dos gestores na aquisição dessas tecnologias, a prioridade dos gestores ainda é o lucro financeiro e não as questões voltadas ao meio ambiente (JESUS; MENDONÇA, 2018; GOVINDAN; HASANAGIC, 2018).

A maioria dos especialistas questionam a “mente fechada” dos gestores dos frigoríficos, pela resistência em mudar as atitudes ambientais. Muitas das tecnologias utilizadas nos frigoríficos são ultrapassadas, o que leva ao alto consumo de energia. Mesmo sendo comprovado a melhoria que uma tecnologia inovadora pode trazer para um frigorífico, há uma resistência por parte da direção. Uma das barreiras para essa transição do sistema linear para o circular é a cultura hesitante da empresa em querer mudar (JESUS; MENDONÇA, 2018). Muitas indústrias não tem o senso de urgência, sentem-se acomodadas, por isso permanecem onde estão, em relação as questões ambientais.

Muitas indústrias de processamento de carne contratam pessoas com pouca experiência na área ambiental. Os profissionais são contratados para resolver questões específicas do processamento de carne, com pouca ou nenhuma reflexão sobre as questões voltadas para os impactos ambientais que um frigorífico pode causar. Dessa forma, uma outra barreira identifica no estudo é a falta de conhecimento e habilidades dos funcionários para questões relacionadas a economia circular (GOVINDAN; HASANAGIC, 2018), o que leva a falta de entusiasmo em mostrar a importância e a preocupação do alto consumo dos recursos naturais. Além disso, a falta de conhecimento destacada pelos entrevistados pode ser um dos

fatores para a trava de aquisição de novas tecnologias, por falta de proposição dos funcionários das diversas áreas do frigorífico.

No Brasil, em sua maioria, os frigoríficos realizam o tratamento físico-químico, por meio do sistema Flotação por Ar Dissolvido – DAF, por ser o mais viável financeiramente. Este tratamento, não é o mais adequado em relação ao meio ambiente (BUSTILLO-LECOMPTE et al., 2014; MITTAL, 2006), pois quando a água é devolvida aos rios, a permanência da carga poluidora de reagentes químicos ainda é muito grande (DI NARDI; DEL NERY; AMORIM, 2011; KIEPPER, 2001). O Quadro 18 mostra o percentual da literatura e os dados coletados durante a pesquisa, de redução de poluentes químicos após o tratamento da água residual.

Quadro 18 – Percentual da redução de demanda química após o tratamento de água residual

Poluentes / Demanda Química	Percentual médio na literatura	Percentual médio dos frigoríficos pesquisados
Demanda Química de Oxigênio – COD	Entre 32 a 90%	98%
Demanda Biológica de Oxigênio – BOD	-	98%
Fósforo Total	99,9%	80%
Nitrogênio Total	88,8%	80%
Outros poluentes	40 a 70%	87%

Fonte: Autora

Nota: Dados da pesquisa comparados com Johns, 1995; Bustillo-Lecompte et al., 2014; Mittal, 2006.

Mesmo sendo relatado por alguns especialistas que não é o tratamento mais eficiente, uma gestora relatou um percentual significativo de eficiência em uma das maiores unidades de frigoríficos no Brasil, para este tipo de tratamento, fato este comprovado na comparação dos resultados, descritos do Quadro 11. Deve-se atentar ao fato de que o tratamento de Flotação por Ar Dissolvido – DAF tem uma desvantagem, pois tem um mal funcionamento e uma má separação dos Sólidos em Suspensão Totais – TSS (AL-MUTAIRI, 2008; DI NARDI; DEL NERY; AMORIM, 2011; KIEPPER, 2001).

Um dado que se destaca neste estudo é a redução de 30 a 50% do consumo energia em frigoríficos a partir da tecnologia de Recalcfrio, redução comprovada pelos especialistas entrevistados. No entanto, foi enfatizado por dois dos entrevistados, que no universo de 1.000 frigoríficos, apenas 1 (um) está iniciando o processo de aquisição de equipamentos e tecnologias que reduzem o consumo de energia. Mais uma vez é visto, que as tecnologias ambientais é um impedimento para que as indústrias tornem mais circular. Esses dados mostram que para superar o limitado progresso da economia circular (KIRCHHERR et al., 2018), algumas barreiras precisam de ser revistas, principalmente a tecnológica, pois elas dinamizam o processo de concorrência das indústrias, tanto internamente como externamente

(KAWABATA et al, 2006). Nesse sentido, faltam tomadas de decisões para que de fato seja implementada a economia circular de maneira mais eficiente nas cadeias de suprimento (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

No processo de recepção, condução e lavagem dos animais, assim como no atordoamento, os animais são lavados com jatos de água para que seja eliminado o esterco e outras sujeiras, confirmando assim os mesmos procedimentos visto na literatura (BRASIL; MAPA, 2018; TERLOUW, 2005; LAWRIE, 2005; MOGENSEN et al., 2016). Foi evidenciado que a água residual, originada nestas etapas de processamento, dos frigoríficos pesquisados, é encaminhada para uma ETE - Estação de Tratamento de Efluentes, pois de acordo com a Legislação, através do Decreto Nº 30.691 – (BRASIL; RIISPOA, 2017) todas as indústrias de origem animal devem possuir estas estações. “Toda indústria deve dispor de rede de abastecimento de água para atender suficientemente as necessidades do trabalho industrial e às dependências sanitárias, e quando for o caso, de instalações de tratamento de água” (BRASIL; RIISPOA, 2017, p. 1).

Após o tratamento, um fator de muita importância para a economia circular dentro dos processos de frigoríficos, é a devolução da água para os corpos hídricos e sua reutilização dentro de alguns processos. Foi destacado que de 20 a 30% da água tratada é utilizada em alguns processos da indústria de carne, como lavagem das dependências e reuso na irrigação do pasto. Vale ressaltar que essa água não pode entrar em contato com o produto, devido a carga poluidora que permanece após o tratamento. O uso nas irrigações de pastos com águas residuais tratadas em ETE, tem revelado benefícios na produtividade da cultura, com redução de até 50% na dose de fertilizante nitrogenado e reposição de 100% da evapotranspiração da cultura, além da redução de fertilizante químicos (RODRIGUEZ LIÉBANA et al., 2014). E ainda, em alguns países da EU e Israel utilizam 70% de águas residuais em irrigações e culturas, e os dados comprovam melhora da produtividade das culturas (FOLEGATTI et al., 1998; JANG et al., 2012; MOJID et al., 2012).

Ainda, a maior porcentagem, é a devolução aos corpos hídricos, chegando até 65%, após o tratamento. Muito embora haja essa devolução, como já frisado, é confirmado pelos entrevistados que essa água não tem a mesma qualidade da captada. Não pode ser consumida ou utilizada para consumo humano, tendo em vista o uso de produtos químicos no tratamento. Dentre as questões ambientais mais significativas na indústria de processamento de carne, além do alto consumo da água, é a emissão de águas residuais de alta resistência orgânica, a emissão de odores e a morte de animais aquáticos, devido a alta carga de poluentes químicos após o tratamento (MANIOS et al., 2003). Nota-se, portanto, que mesmo que haja a

devolução aos cursos d'água, ainda há um desperdício significativo, pois não poderá ser reutilizada da mesma forma que captada. Para essa barreira, a economia circular, é uma “estratégia política para evitar o esgotamento de recursos, conservação de energia, redução de resíduos, gestão de terras e gestão integrada de recursos hídricos” (HESHMATI, 2013, p. 5).

Quando um animal ou parte dele é removido na etapa da evisceração e condenado pela inspeção, estes subprodutos ou o próprio animal devem ser encaminhados para os aterros industriais ou incineradoras, no entanto, não há relatos de que os frigoríficos possuem, tendo que contratar empresas terceirizadas para fazer o transporte e destinar os produtos para aterros industriais específicos ou incineradoras, que terceirizam empresas licenciadas para fazer essa coleta. Ainda sobre isso, mesmo os frigoríficos dispendo de ETE's, a maioria são identificados com urubus sobrevoando ao redor, devido a quantidade de resíduos gerados nos frigoríficos, ainda permanecem restos de carniças ao redor. E muita das vezes isto é ocasionado pela falta de cuidados rigorosos. *Quando um boi é condenado, não se tem os devidos cuidados* (EEM), tornando-se, portanto, uma externalidade negativa grave. Mais uma vez a falta de rigor ou até mesmo obstrução das leis e regulamentos tornam-se barreiras para que a economia circular seja implementada (PHEIFER, 2017). Além disso, da cultura dos gestores sem senso de urgência e a falta de consciência (JESUS; MENDONÇA, 2018), para os danos que podem causar ao meio ambiente.

Em alguns casos, as indústrias vendem os chifres e cascos, como subprodutos para artesanatos. Esta etapa, também auxilia na redução de externalidades negativas da cadeia bovina, seguindo os princípios do ciclo biológico que é destinar os resíduos orgânicos de maneira correta para que ocorra a restauração e o prolongamento de vida útil (EMF, 2016), reduzindo os danos ao meio ambiente

Apesar de haver uma legislação que regularize as indústrias de carne bovina no Brasil, o número de frigoríficos clandestinos ainda é muito alto, estimando em até 40% do setor (MATHIAS, 2018). Por esse motivo, os frigoríficos clandestinos não realizam nenhum tipo de tratamento e ainda descartam a água residual, assim como dos subprodutos e os resíduos de forma irregular, ocasionando sérios problemas para a saúde humana e agressão ao meio ambiente. Esse fato é agravado pela falta de fiscalização rigorosa de órgãos governamentais competentes nos estabelecimentos em funcionamento ilegal.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve o objetivo de analisar os entraves tecnológicos que dificultam a implementação do ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento de carne bovina. Para atingir este objetivo foi realizado um levantamento para identificar os impactos ambientais significativos ocasionados nos processos utilizados na indústria de carne bovina; assim como as inovações tecnológicas existentes que reduzem os impactos ambientais na indústria de processamento de carne bovina; investigou-se também o nível de implementação dos princípios da estrutura da Economia Circular na indústria de carne bovina; e por fim propõe-se um modelo conceitual do ciclo biológico aplicado a indústria de processamento de carne bovina.

Diante disto, os principais impactos significativos ocasionados pela indústria de processamento de carne bovina é o alto consumo de água e energia. No entanto, a pesquisa foi além e evidenciou que a água captada para a utilização nos processos industriais, é integralmente potável. Mas, quando realizado o tratamento da água residual, esta água retorna com uma alta carga poluidora, o que impossibilita o consumo humano. Ainda, foi visto que constantemente os frigoríficos clandestinos descartam nos rios e solos, os subprodutos não comestíveis e o sangue, provocando alto impacto ao meio ambiente. Quando unicamente se retira excessivamente e não repõe com mesma qualidade e quantidade, os recursos vão se esgotando, tornando-se escassos. Também, o alto consumo de energia é um dos principais impactos ocasionados pela indústria de processamento de carne bovina. Associado a isso, não há utilização de energias alternativas que diminuiria significativamente o consumo de energia dos frigoríficos.

Quanto às inovações tecnológicas, em sua maioria, as indústrias de processamento de carne bovina utilizam a tecnologia do tratamento físico-químico, através do método de Flotação por Ar Dissolvido – DAF, no tratamento da água residual. O tratamento por meio do sistema DAF, é considerado um dos tratamentos com menor eficácia em comparação a outros tipos de tecnologias, pois após o seu tratamento, ainda permanece uma alta carga poluidora. Como visto, o tratamento biológico é mais indicado quando se trata de questões ambientais, pois há uma maior redução da carga orgânica e não há utilização de produtos químicos e, consequentemente, menor impacto ao meio ambiente. Para as indústrias, a justificativa de utilizarem esse tipo de tecnologia, se dá pelo menor custo financeiro. Muito embora, sabe-se que por Lei, toda indústria deve dispor de Estação de Tratamento de Efluentes, para realizar o devido tratamento, antes de descartar os resíduos nos rios ou solo.

Quanto ao nível de implementação dos princípios de economia circular, os resultados da pesquisa apontam alguns entraves que impedem a aplicação do ciclo biológico da economia circular. Muito embora os resultados mostrem oportunidades promissoras para desencadear o ciclo biológico nos frigoríficos por meio de novos processos industriais e tecnologias ambientais. Através da pesquisa, foi desenvolvido um modelo conceitual, aplicado a indústria de processamento de carne bovina, que permitiu identificar outros entraves que dificultam na aplicação do ciclo biológico da economia circular discutidos em cada princípio.

Na aplicação do princípio 1, preservação e aprimoramento do capital natural, o principal entrave da indústria de processamento de carne é a ausência da utilização de energia alternativa. Apesar da indústria ter um alto potencial para gerar energia alternativa, através do esterco do animal ou do lodo gerado após o tratamento, a indústria não faz uso de tecnologias inovadoras para diminuir o consumo de energia, visto que é um dos principais impactos ambientais no setor. Se as indústrias utilizassem as tecnologias disponíveis no mercado reduziria de 30 a 50%, do consumo de energia. A utilização dessas tecnologias aumentaria a circularidade da água e o reaproveitamento dos resíduos gerado no processo. Vale frisar que já existem tecnologias no mercado que produzem energia alternativa nas indústrias de processamento de carne, se fossem exploradas haveria uma alta capacidade instalada na própria indústria que reduziria os custos e, principalmente, haveria a preservação do capital natural, pelo uso fontes de energia alternativas.

No que diz respeito ao Princípio 2, otimizar os rendimentos de recursos e fazer circular o produto, os principais entraves são os altos custos das tecnologias inovadoras, a falta de incentivos fiscais do governo para aquisição das tecnologias, somado a isto os altos custos dos tributos fiscais. As políticas públicas e tributárias, por parte do Governo, seria uma ‘motivação’ para mudança desse cenário na indústria, contribuindo para aplicação desse princípio. Estes entraves revelam que são vários os impasses e complexidades para a aquisição de novas tecnologias. Em ‘efeito cascata’, os entraves vão resultar em diversos outros, que culminam na permanência do uso de tecnologias tradicionais e ultrapassadas, que consequentemente consomem mais água e mais energia, e com um tratamento de água residual ineficiente.

Quanto ao Princípio 3, externalidades negativas, no modelo conceitual a falta de aterros industriais e incineradoras nos frigoríficos pesquisados, é um outro entrave identificado durante a pesquisa. Animais condenados e restos de resíduos ficam expostos, esperando a coleta por uma indústria responsável. Isso ocorre, porque não há uma fiscalização

rigorosa por parte dos órgãos responsáveis, o que seria um forte aliado a minimização das perdas e exclusão das externalidades negativas.

Na pesquisa foram identificados outros entraves que impedem o ciclo biológico da economia circular, entre eles: a falta de interesse dos gestores para questões ambientais, impedindo que as ações realizadas por funcionários mais envolvidos nestas questões, mude a cultura da indústria. Por outro lado, são contratados profissionais para resolver questões específicas, com pouca ou nenhuma experiência na área ambiental, o que reflete na falta de interesse da gestão para essas questões. Ter funcionários com experiência e formação na área ambiental possibilita um olhar mais atento aos principais impactos causados pela indústria. Além disso, as medidas de mitigação e prevenção seriam tomadas com maior frequência, se os dados do consumo de energia e água fossem analisados por alguém da área ambiental, com ganhos econômicos e redução de custos para a indústria. Achados como esses podem sugerir futuras pesquisas com o objetivo de relacionar envolvimento da alta gestão e conhecimento de funcionários para lidar com questões ambientais com desempenho ambiental da empresa.

Uma outra barreira, que reflete diretamente nos impactos gerados pela indústria de processamento de carne é a falta de rigor nas fiscalizações por questões ambientais por parte dos órgãos competentes. Os efeitos da falta de uma fiscalização mais rigorosa na indústria de processamento de carne, refletem na má qualidade da devolução da água residual aos rios e solos, nas aparas dos animais expostos próximo a indústria causando odor e poluição para a comunidade, além da veracidade de comprovação da eficiência do tratamento da água residual. Sabe-se que com as Leis, há um melhor controle e acompanhamento dos impactos causadores ao meio ambiente, por isso, a fiscalização é de extrema importância, pois a falta dela pode causar danos ao meio ambiente, e muitos destes danos são mantendo as indústrias de processamento de carne no modelo linear de produção.

A indústria de processamento de carne bovina já possui processos dentro dos princípios da economia circular. Nas indústrias regularizadas os subprodutos permanecem circulando, evitando o descarte incorreto nos rios e no solo. A partir das etapas de evisceração e esfolagem é originado um novo processo industrial, com a produção de ração animal. Da mesma forma, a partir da etapa da esfolagem origina-se o couro, que será processado nos curtumes. Nota-se que os dois novos processos biológicos são otimizados e permite com que a economia permaneça circulando, evitando o descarte no meio ambiente, causando algum tipo de impacto ambiental. Esses potenciais resíduos passam a ser utilizados como coprodutos em outras indústrias, mantendo a circularidade do sistema, fazendo valer o segundo princípio da economia circular, de otimizar os recursos e fazer circular o produto o maior tempo possível.

Verificou-se que, por questões de regularização as indústrias fazem o tratamento da água residual. Isso torna possível o tratamento de até 85% do total de água captada, sendo de aproximadamente 20 a 30% do total da água tratada para limpeza das instalações e reuso na irrigação dos pastos, e uma média de até 65% devolvida aos cursos d'água. Vale ressaltar que mesmo que passe por um tratamento, ainda é devolvida com uma alta carga poluidora, não sendo possível para consumo humano.

Portanto, respondendo à questão norteadora dos entraves tecnológicos, os resultados da pesquisa apontam que ainda há diversos entraves que impedem a aplicação do ciclo biológico da economia circular na indústria de processamento de carne bovina. Muito embora, sejam vistas oportunidades promissoras para desencadear o ciclo biológico nos frigoríficos por meio de novos processos industriais e tecnologias ambientais. Diante disto, é possível afirmar que há um campo de investigação de novas tecnologias ambientais para a indústria de processamento de carne bovina, para atuar de forma mais circular e romper as travas apontadas no modelo conceitual sobre os entraves para o ciclo biológico na cadeia de carne bovina, reduzindo assim os impactos ambientais, como o alto consumo de energia.

Para futuros estudos, recomenda-se avançar no espaço conceitual e teórico do ciclo biológico da economia circular aplicados à cadeia da cadeia de carne bovina, como na indústria de couro e na indústria de ração animal. Pois, há um campo para investigação de novas tecnologias ambientais utilizadas para a redução de impactos ambientais nos novos processos industriais, originados da indústria de processamento de carne bovina. Estudos dessa natureza possibilitariam ter uma visão da cadeia de valor, principalmente na análise das tecnologias ambientais inovadoras que contribuem para redução de impacto ambiental e viabilize o ciclo biológico da economia circular no setor da carne bovina.

A principal limitação desse estudo está relacionada a Operação Carne Fraca nos frigoríficos que ocorreu em 2017, no Brasil, pela Polícia Federal em razão de algumas irregularidades cometidas por frigoríficos de grandes companhias. Esta medida, dificultou o acesso às operações de frigoríficos. No entanto, essa limitação não impediu de dar a continuidade ao estudo, que foi sanada com outras fontes de evidências muito eficazes que contribuíram para atingir o objetivo proposto. A incorporação de novos entrevistados, não previsto no início da investigação, contribuiu em muito para aumentar a confiabilidade das informações.

REFERÊNCIAS

- ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Estatísticas**. 2018. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/Exportacoes.aspx>>. Acesso em: 04 dez. 2018.
- ABRAMOVAY, R. Desigualdades e limites deveriam estar no centro da Rio+20. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n.74, p. 21-33, 2012.
- ABS - AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS. **Water account**. Australia, 2010. Disponível em: <<http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/4610.02008-09?OpenDocument>>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- AGUILAR, M. I. et al. Nutrient removal and sludge production in the coagulation–flocculation process. **Water Resources Management**, Dordrecht, n. 36, p. 2910 – 2919, 2002.
- AHMADIAN, M. et al. Kinectic study of slaughterhouse wastewater treatment by electrocoagulation using Fe electrodes. **Water Science Technol**, London, v. 4, n. 66, p. 754–760, 2012.
- AHN, Y. T. et al. Simultaneous high-strength organic and nitrogen removal with combined anaerobic upflow bed filter and aerobic membrane bioreactor. **Desalination**, Amsterdã, v. 1/3, n. 202, p. 114-121, 2007.
- AL-AHMADY, K. K. Effect of organic loading on rotating biological contactor efficiency. **Int. J. Env. Res. Public Health**, Bangladesh, v. 3/4, n. 2, p. 469-477, 2005.
- AL-MUTAIRI, N. Z. Aerobic selectors in slaughterhouse activated sludge systems: a preliminary investigation. **Bioresour. Technol**, Oxford, v. 1, n. 100, p. 50–58, 2008.
- ALMANDOZ, M. C. et al. Composite ceramic membranes from natural aluminosilicates for microfiltration applications. **Ceramics International**, Oxford, v. 4, n. 41, p. 5621-5633, 2015.
- ANDREWS, D. The circular economy, design thinking and education for sustainability. **Local Economy**, London, v. 30, p. 305-315, 2015.
- BANCO MUNDIAL. **Environmental, health and safety (EHS). Guidelines for meat processing. General EHS Guidelines**. 2007. Disponível em: <<http://www.ifc.org/ehsguidelines>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- BARBER, W. P.; STUCKEY, D. C. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: a review. **Water Research Journal**, Dordrecht, v. 7, n. 33, p. 1559-1578, 1999.
- BARBIERI, J. C. Gestão verde da cadeia de suprimentos: análise da produção acadêmica brasileira. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 14, n. 3, p. 1104-1128, jul./set. 2014.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3. ed. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARRERA, M. et al. Photolytic treatment of organic constituents and bacterial pathogens in secondary effluent of synthetic slaughterhouse wastewater. **Journal of Chemical and Engineering Data**, Washington, v. 9, n. 90, p. 1335-1350, 2012.

BASTEIN, T. E. et al. **Opportunities for a circular economy in the Netherlands**. Netherlands: Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment, 2013.

BAYAR, S. et al. The effect of stirring speed and current density on removal efficiency of poultry slaughterhouse wastewater by electrocoagulation method. **Desalination**, Amsterdã, v. 1/3, n. 280, p. 103–107, 2011.

BAZRAFESHAN, E. et al. Slaughterhouse wastewater treatment by combined chemical coagulation and electrocoagulation process. **PLoS One**, Califórnia, v. 6, n. 7, p. 40-55, 2012.

BEDBABIS, S. et al. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. **Journal of Environmental Management**, London, n. 33, p. 45-50, 2014.

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D. **Parâmetros de qualidade em gorduras e subprodutos proteicos de origem animal**. 2004. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/parametros_qualidade_gorduras_e_subprodutos_proteicos_de_origem_animal_000fyrf0t6n02wx5ok0pvo4k33hlhtkv.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2018.

BENBASAT, I.; GOLDSTEIN, D. K.; MEAD, M. The case research strategy in studies of information systems. **MIS Quarterly**, Saint Paul, v. 11, n. 3, p. 369-386, set. 1987.

BENYUS, J. M. **Biomimicry: innovation inspired by nature**. 2. ed. New York: William Morrow and Company, 2003.

BERGER, J. **Ways of seeing**. 1. ed. Londres: Penguin Books, 1990.

BEVILACQUA, Maurizio; BRAGLIA, Marcello. The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. **Reliability Engineering & System Safety**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 71-83, out. 2000.

BEZAMA, A. Let us discuss how cascading can help implement the circular economy and the bio-economy strategies. **Waste Management Res.**, London, n. 34, p. 593 – 594, 2016.

BICKERSTAFFE, R. et al. The relationship between the subjective eating quality ranking and objective measurements of lamb leg meat cuts in a national competition. In: ICoMST, INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 55., 2009, Copenhagen. **Anais...** Copenhagen: Elsevier, 2010. p. 1-7.

BLISKA, F. M. M.; GONÇALVES, J. R. Estudo da cadeia produtiva de carne bovina no Brasil. In: CASTRO, A. M. G. et al. **Cadeia produtivas e sistemas naturais: prospecção tecnológica**. Brasília: EMBRAPA, 1998. cap.7, p.157-183.

BOCKEN, N. M. P. et al. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 65, p. 42– 6, 2014.

_____. et al. Product design and business model strategies for a circular economy. **Journal of Industrial and Engineering**, New York, v. 5, n. 33, p. 308-320, 2016.

BOHDZIEWICZ, J.; SROKA, E. Treatment of wastewater from the meat industry applying integrated membrane systems. **Process Biochemintry**, Reino Unido, n. 40, p. 1339–1346, 2005.

BOLAN, N. S.; NAIDU, R. **Impacts of abattoir waste - water irrigation on soil fertility and productivity: sustainable strategies and systems**. 2009. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/irrigation-and-drainagesustainable-strategies-and-systems>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

BOONS, F.; LÜDEKE-FREUND, F. Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. **Journals Cleaner Production**, Oxford, n. 45, p. 9 -19, 2013.

BORRISER-PAIRO, F. et al. Towards entire male pigs in Europe: a perspective from the Spanish supply chain. **Research in Veterinary Science**, Oxford, v. 107, p. 20–29, 2016.

BRASIL; MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução normativa n. 56, de 06 de novembro de 2008. Estabelece os procedimentos gerais de recomendações de boas práticas de bem-estar para animais de produção e de interesse econômico – REBEM, abrangendo os sistemas de produção e o transporte. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 5, 07 nov. 2008.

_____; _____. **Instrução normativa conjunta nº 56, de 6 de novembro de 2008**. Lei nº 5.197. Procedimentos gerais de recomendações de Boas Práticas de Bem-Estar para Animais de Produção e de Interesse Econômico – REBEM. Brasília, DF, 2018.

_____; RIISPOA. **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/diariooficial-publica-decreto-do-novo-regulamento-de-inspecao-industrial-e-sanitaria>>. Acesso em: 12 out. 2017.

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions: a strategy for eco-effective product and system design. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 15, p. 13-14, 2007.

BUGALLO, P. M. A. et al. Analysis of the slaughterhouses in Galicia (NW Spain). **Science of the Total Environment**, Amsterdã, n. 481, p. 656–661, 2014.

BULL, M. A. et al. The treatment of wastewaters from the meat industry: a review. **Environ. Science & Technol**, Washington, v. 3, n. 3, p. 117 – 126, 1982.

BUREN, N. et al. Towards a circular economy: the role of Dutch logistics industries and governments. **Sustain**, n. 8, p. 1 – 17, 2016.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M.; QUÍÑONES-BOLAÑOS, E. Combined anaerobic-aerobic and UV/H₂O₂ processes for the treatment of synthetic slaughterhouse wastewater. **J. Environ. Sci. Heal**, Philadelphia, v. 48, n. 9, p. 1122-1135, 2013.

_____. Effectiveness analysis of TOC removal from slaughterhouse wastewater using combined anaerobic-aerobic and UV/H₂O₂ processes. **Journal of Environmental Management**, London, v. 134, p. 145-152, 2014.

BUSTILLO-LECOMPTE, C. F.; MEHRVAR, M. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: a review on trends and advances. **Journal of Environmental Management**, London, v. 161, p. 287- 302, 2015.

CALDERA, Y. et al. Effect of the organic load in the performance the UASB reactor treating slaughterhouse effluent. **Rev. Tec. Fac. Ing. Univ.**, Zulia, v. 28, n. 2, p. 119 – 127, 2005.

CAMMAROTA, M. C. **Tratamento de efluentes líquidos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. (Notas de aula: tratamento de efluentes líquidos, 3ª versão).

CAO, W.; MEHRVAR, M. Slaughterhouse wastewater treatment by combined anaerobic baffled reactor and UV/H₂O₂ processes. **Chem Eng Res Des**, England, n. 89, p. 1136–1143, 2011.

CEPEA - CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Carne bovina atinge novo recorde nominal de preço**. 2017. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/boi-cepea-carne-bovina-atinge-novo-recorde-nominal-de-preco.aspx>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia técnico ambiental de frigoríficos - industrialização de carnes (bovina e suína)**. 2006. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/frigorifico.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2017.

CHAN, Y. J. et al. A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. **Chem. Eng. J.**, Washington, v. 152, n. 155, p. 1-18, 2009.

CHENG, T.; LIN, B.; TIAN, Y. A scheduling model for the refurbishing process in recycling management. **International Journal of Production Research**, Dinamarca, n. 51, p. 23 – 24, 2013.

CHERNICHARO, C. Post-treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater. **Rev. Environ. Sci. Biotechnol.**, Dordrecht, v. 1, n. 5, p. 73- 92, 2006.

CHINDE, S. et al. Assessment of genotoxic effects of lead in occupationally exposed workers. **Environ Sci Pollut Res**, Bordéus, n. 21, p. 11469 – 11480, 2014.

CHOUDHARY, A. K.; KUMAR, S. Constructed wetlands: an approach for wastewater treatment. **Elixir Pollution**, Oxford, v. 37, p. 3666-3672, 2011.

CIRAIG - INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE FOR THE LIFE CYCLE OF PRODUCTS. **Circular Economy: a critical literature review of concepts**. Montréal: Polytechnique, 2015.

CLAAS, I. C.; MAIA, R. A. M. **Efluentes líquidos**. Brasília, DF: Senai/DN, 2003. 310 p. (SENAI. Tecnologias e Gestão Ambiental).

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **Pecuária de corte: potencial para crescer**. 2017. Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/noticias/pecuaria-de-corte-potencial-para-crescer>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

COSTANZA, R.; DALY, H. E. Natural capital and sustainable development. **Conservation Biology**, Washington, v. 1, n. 6, p. 37-46, 1992.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRITES, R. W. **Land treatment systems for municipal and industrial wastes**. New York: McGraw-Hill, 2000.

CUADROS, L. et al. Recycling, reuse and energetic valuation of meat industry wastes in Extremadura (Spain). **Resources Conservation and Recycling**, Michigan, n. 55, p. 393 - 399, 2011.

D'AMATO, D. et al. Green, circular, bio economy: a comparative analysis of sustainability Avenues. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 168, p. 716-734, 2017.

DALLA COSTA, R. R. et al. Utilização do processo de biodigestão anaeróbia na estabilização de resíduos de suínos. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 3., 2004, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: ICTR, 2004. p. 1-14.

DEL NERY, V. et al. Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant. **Resour. Conserv. Recycl**, Amsterdã, v. 1, n. 50, p. 102-114, 2007.

DEL POZO, R.; DIEZ, V. Integrated anaerobic-aerobic fixed-film reactor for slaughterhouse wastewater treatment. **Water Research Journal**, Dordrecht, v. 6, n. 39, p. 1114-1122, 2005.

DI NARDI, I. R. de; DEL NERY, V.; AMORIM, A. K. B. Performances of SBR, chemical e DAF and UV disinfection for poultry slaughter house wastewater reclamation. **Desalination**, Amsterdã, v. 1, n. 269, p. 184-189, 2011.

DIJKSMA, S.; KAMP, H. **A circular economy in the Netherlands by 2050**. 2016. Disponível em: <https://www.government.nl/binaries/government/documents/policynotes/2016/09/14/a-circular-economy-in-the-netherlands-by-2050/17037+Circulaire+Economie_EN.PDF>. Acesso em: 14 dez. 2018.

DJEKIC, I. Environmental impact of meat industry: current status and future perspectives. **Procedia Food Science**, v. 5, p. 61-104, 2015.

_____. et al. Assessment of environmental practices in Serbian meat companies. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 112, p. 2495-2504, 2016.

_____. et al. Environmental life-cycle assessment in production of pork products. **Meso**, Zegrebe, v. 17, n. 5, p. 345-351, 2015.

_____.; TOMASEVIC, I. Environmental impacts of the meat chain: current status and future perspectives. **Trends in Food Science & Technology**, Londres, v. 54, n. 94, p. 102, 2016.

DO, A. et al. Performance of airlift MBR for on-site treatment slaughterhouse wastewater in urban areas of Vietnam. **Water Science and Technology**, London, v. 9, n. 74, p. 2245–2251, 2016.

DRAGONI SOBRINHO, G.; TONSO, S.; PELEGRINI, R. Tratamento de efluentes da indústria de curtume. In: FÓRUM DE ESTUDOS CONTÁBEIS, 3., 2003. **Anais eletrônicos...** Rio Claro: Faculdades Integradas Claretianas, 2007. p. 1-9. Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=DRAGONI+SOBRINHO%2C+G.%3B+TONSO%2C+S.+%26+PELEGRINI%2C+R.+Tratamento+de+efluentes+da+ind%C3%BAstria+de+curtume&oq=DRAGONI+SOBRINHO%2C+G.%3B+TONSO%2C+S.+%26+PELEGRINI%2C+R.+Tratamento+de+efluentes+da+ind%C3%BAstria+de+curtume&aqs=chrome..69i57j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

DUARTE, J; BARROS, A. **Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

DUDGEON, D. et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**, Cambridge, n. 81, p. 163–182, 2006.

EDALATMANESH, M.; MEHRVAR, M.; DHIB, R. Optimization of phenol degradation in a combined photochemical-biological wastewater treatment system. **Journal Of Chemical And Engineering Data**, Washington, v. 11, n. 86, p. 1243-1252, 2008.

EISENHARDT, Kathleen M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, New York, v. 14, n. 4, p. 532-550, out. 1989.

EMAMJOMEH, M.; SIVAKUMAR, M. Review of pollutants removed by electrocoagulation and electrocoagulation/flotation processes. **J. Environ. Manag**, London, v. 5, n. 90, p. 1663–1679, 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Avaliação qualitativa e quantitativa da carcaça de bovino**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/44541/avaliacao-qualitativa-e-quantitativa-da-carcaca-de-bovino>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

EMF - ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Case studies**. 2016. Disponível em: <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/case_studies>. Acesso em: 23 dez. 2018.

_____. **Towards the circular economy:** business rationale for an accelerated transition. Isle of Wight: EMF, 2015.

_____. **Towards the circular economy:** economic and business rationale for an accelerated transition. Isle of Wight: EMF, 2012. v. 1.

_____. **Towards the circular economy:** opportunities for the consumer goods sector. Isle of Wight: EMF, 2013. v. 3.

ENVIRONMENT CANADA. **Wastewater systems effluent regulations.** 2012. Disponível em: <<http://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2012-139.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

ESHEL, G. et al. Land irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat eggs, and dairy production in the United States. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, Washington, v. 111, p. 11996-12001, 2014.

EUKN - EUROPEAN URBAN KNOWLEDGE NETWORK, **The circular city:** lessons from Europe. 2015. Disponível em: <http://www.eukn.eu/fileadmin/Files/Policy_labs/2015_jun_18/Brief_factsheet_final_version.docx>. Acesso em: 02 set. 2018.

EUROPEAN COMMISSION. **Communication from the Commission to the European Parliament and the Council:** unleashing the potential of crowdfunding in the European Union. Brussels: European Commission, 2014.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World land and water prospects.** Rome: Land and Water Development Division, 2013.

FERNANDES, R. S. Uso da percepção ambiental como instrumento de gestão em aplicações ligadas às áreas educacional, social e ambiental. In: ENCONTRO DA ANPPAS, 2., 2004, Campinas. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.anppas.org.br>>. Acesso em: 13 maio 2017.

FILALI-MEKNASSI, Y. et al. Design strategy for a simultaneous nitrification/denitrification of a slaughterhouse wastewater in a sequencing batch reactor: ASM2d modeling and verification. **Environ. Sci. Technol.**, London, v. 10, n. 26, p. 1081-1100, 2005.

FLICK, U. Questões de pesquisa. In: FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman. 2009. cap. 9, p. 102-108.

FOLEGATTI, M. et al. Avaliação de um Sistema de aeração de fontes ou de reservatório de água constituído por um injetor tipo venturi e tubulações submersas. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 1-10, 1998.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FORAN, B. et al. Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting. **Ecological Economics**, Amsterdã, v. 52, n. 2, p. 143–57, 2005.

FRANKE-WHITTLE, Ingrid; INSAM, Heribert. Treatment alternatives of slaughterhouse wastes, and their effect on the inactivation of different pathogens: a review. **Critical Reviews in Microbiology**, Abingdo, v. 2, n. 39, p. 139–151, 2013.

FRITZSON, A.; BERNTSSON, T. Energy efficiency in the slaughter and meat processing industry - opportunities for improvements in future energy markets. **Journal of Food Engineering**, Davis, v. 77, p. 792–802, 2006.

FRONDEL, M. et al. Economic impacts from the promotion of renewable energy technologies: the German experience. **Energy Policy**, Xiamen, v. 38, n. 8, p. 4048-56, 2010.

GANNOUN, H. et al. Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of biologically pretreated abattoir wastewaters in an upflow anaerobic filter. **J. Hazard. Mater.**, Amsterdam, v. 1, n. 170, p. 263-271, 2009.

_____ et al. Microbial monitoring by molecular tools of an upflow anaerobic filter treating abattoir wastewaters. **Bioresour. Technol.**, Oxford, n. 142, p. 269–277, 2013.

GARCIA, G. C.; KISSIMOTO, K. O. A relação entre economia circular e logística reversa: um estudo bibliométrico. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, DIDÁTICA E DE AÇÕES SOCIAIS DA FEI, 7., 2017, São Bernardo. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <https://fei.edu.br/sites/sicfei/2017/eng-producao/SICFEI_2017_paper_158.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

GEISSDOERFER, M et al. Business models and supply chains for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n.190, p. 712 – 721, 2018.

_____ et al. The circular: economy e a new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 143, p. 757–768, 2017.

GEJER, L.; TENNENBAUM, C. **Ciclo técnico e ciclo biológico**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://ideiacircular.com/ciclo-tecnico-e-ciclo-biologico>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

GENG, Y. Q.; ZHU, B.; DOBERSTEIN, T. F. Implementing China's circular economy concept at the regional level: a review of progress in Dalian, China. **Waste Management**, London, v. 2, n. 29, p. 996 -1002, 2008.

_____; SARKIS, J. Measuring China's circular economy. **Environ. Science & Technol**, Washington, n. 339, p. 216–224, 2013.

GERBENS-LEENES, P.; MEKONNEN, M.; HOEKSTRA, A. The water footprint of poultry, pork and beef: a comparative study in different countries and production systems. **Water Resources Management**, Dordrecht, v. 1/2, p. 25 - 36, 2013.

GHAFOORI, S. et al. Sonophotolytic degradation of synthetic pharmaceutical wastewater: statistical experimental design and modeling. **J. Environ. Manag**, London, n. 150, p. 128–137, 2015.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected

transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 114, p. 11 – 32, 2016.

GLEICK, P. H. **Dirty-water**: estimated deaths from water-related diseases 2000-2020. 2002. Disponível em:
<http://pacinst.org/reports/water_related_deaths/water_related_deaths_report.pdf>. Acesso em: 02 maio 2018.

GOLEMAN, D. **Ecological intelligence**. New York: Broadway Books, 2009.

GOMEZ, C. Y. High-rate anaerobic treatment of domestic wastewater at ambient operating temperatures: a review on benefits and drawbacks. **J. Environ. Sci. Health**, Philadelphia, v. 10, n. 45, p. 1169-1184, 2010.

GOVINDAN, K.; HASANAGIC, M. A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. **International Journal of Production Research**, Dinamarca, v. 1, p. 03-34, 2018.

GREGORY, N. G. Recent concerns about stunning and slaughter. **Meat Science**, Savoy, v. 70, n. 3, p. 481-491, July 2005.

GUIDE, V. Daniel R. Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v. 18, n. 4, p. 467-483, Jun. 2000.

HAAS, W., KRAUSMANN, F., WIEDENHOFER, D., HEINZ, M. How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005. *Journal Industry Ecology*, Berlin, n. 19, v. 5, p. 765 - 777. 2015.

HAMAD, D., et al. Experimental study of polyvinyl alcohol degradation in aqueous solution by UV/H₂O₂ process. **Polym. Degrad. Stabil**, Oxford, n.103, v.1, p. 75-82, 2014.

HESHMATI, Y. A Review of the Circular Economy in China: Moving from Rhetoric to Implementation. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 42, p. 215–227, 2013.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. **Water resources management**, Dordrecht, v. 21, n. 1, p. 35-48, 2007.

HUANG, J., SONG, J. Optimal Inventory Control with Sequential Online Auction in Agriculture Supply Chain: An Agentbased Simulation Optimisation Approach. **International Journal of Production Research**, Dinamarca, n. 1, p. 1–17, 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rebanho de bovinos tem maior expansão da série histórica**. 2018. Disponível em:
<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/16994-rebanho-de-bovinos-tem-maior-expansao-da-serie-historica>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

IFC - COORPORAÇÃO FINANCEIRA INTERNACIONAL. **Meat processing environmental, health and safety guidelines**. 2007. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/719051484219004802/Environmental-health-and-safety-guidelines-for-meat-processing>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

ILIĆ, M.; NIKOLIĆ, M. Drivers for development of circular economy: a case study of Serbia. **Habitat International**. Pequim, n.56, p. 191–200, 2016.

IMSA. **Unleashing the power of the circular economy**. 2013. Disponível em: <http://mvonederland.nl/system/files/media/unleashing_the_power_of_the_circular_economy-circle_economy.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2018.

IPPC - EUROPEAN COMMISSION INTERNATIONAL PLANT PROTECTION. **Convention integrated pollution prevention and control, reference document on best available techniques in the food: drink and milk industries**. Spain: European Commission, Seville, 2006.

_____. **Guidance for the poultry processing sector: environmental agency, sector guidance note IPPC**. London: United Kingdom, 2001.

JACKSON, T. **Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet**. London: Earthscan, 2009.

JANG, I. et al. Assessing nutrient losses of reclaimed wastewater irrigation in paddy fields for sustainable agriculture. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, n. 104, p. 235-243, 2012.

JAWAHIR, I. S.; BRADLEY, R. Technological elements of circular economy and the principles of 6R-Based Closed-Loop material flow in sustainable manufacturing. **Procedia CIRP**, n. 40, p. 103–108, 2016.

JAYATHILAKAN, K. et al. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. **Trends in Food Science & Technology**, Londres, n. 49, p. 278-293, 2012.

JESUS, A. de; MENDONÇA, S. Lost in transition? Drivers and barriers in the eco-innovation road to the circular economy. **Ecological Economics**, Amsterdã, v. 145, p. 75-89, 2018.

JOHNS, M. R. Developments in wastewater treatment in the meatprocessing industry: a review. **Bioresource Technol**, Oxford, n. 54, p. 203–216, 1995.

JOUSTRA, D. J. **Circular business models. Part 1: an introduction to IMSA's circular business model scan**. 2013. Disponível em: <https://groenomstilling.erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/media/imsa_circular_business_models_-_april_2015_-_part_1.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2018.

JUN, H.; XIANG, H. Development of circular economy is a fundamental way to achieve agriculture sustainable development in China. **Energy Procedia**, n. 5, p. 1530 –1534, 2011.

KAWABATA, Z. et al. A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**, Cambridge, n. 81, v. 2, p. 163-182. 2006.

KIEPPER, B. A survey of wastewater treatment practices in the broiler industry. **Water Environ. Res**, Alexandria, n. 12, p. 12–25, 2001.

KIRCHHERR, J. et al. Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU). **Ecological Economics**, Amsterdã, n. 150, p. 264–272, 2018.

_____; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation & Recycling**, Amsterdam, v. 127, p. 221–232, 2017.

KLANK, M. **Avaliação da eficácia no tratamento de efluentes líquidos em um frigorífico de bovinos**. 2011. 50 f. Monografia (MBA em Gestão Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em:

<<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/39201/R%20-%20E%20-%20MARIANA%20KLANK.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

KOBYA, M.; SENTURK, E.; BAYRAMOGLU, M. Treatment of poultry slaughterhouse wastewaters by electrocoagulation. **J. Hazard. Mater.**, Amsterdam, n. 133, p. 172-176, 2006.

KOK, L.; WURPEL, G.; TEN WOLDE, A. Unleashing the power of the circular economy. Amsterdam: IMSA Amsterdam for Circle Economy, 2013.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular economy: the concept and its limitations. **Ecological Economics**, Amsterdã, n. 143, p. 37-46, 2018.

KOUGIAS, G.; ANGELIDAKI, I. Biogás e suas oportunidades: uma revisão. **Environ. Sci. Eng.**, Canadá, v. 3, n. 12, p. 2-14, 2018.

KUPUSOVIC, T. et al. Cleaner production measures in small-scale slaughterhouse industry e case study in Bosnia and Herzegovina. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 15, p. 378–383, 2007.

KUSÇU, S.; SPONZA, D. T. Performance of anaerobic baffled reactor (ABR) treating synthetic wastewater containing p-nitrophenol. **Enzyme Microb. Technol.**, New York, v. 7, n. 36, p. 888-895, 2005.

_____; _____. Treatment efficiencies of a sequential Anaerobic Baffled Reactor (ABR)/ Completely Stirred Tank Reactor (CSTR) system at increasing p-nitrophenol and COD loading rates. **Process Biochemintry**, Reino Unido, v. 7, n. 41, p. 1484-1492, 2006.

LACY, P.; RUTQVIST, J. **Waste to wealth: the circular economy advantage**. New York: Palgrave Macmillan, 2016.

LAKSHMI, K.; REDDY, A. Wastewater: an overview. **International Journal of Contemporary Research and Review**, v. 08, p. 20254-20262, 2017.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LEMAIRE, R. et al. Achieving the nitrite pathway using aeration phase length control and step-feed in an SBR removing nutrients from abattoir wastewater. **Rev. Environ. Sci. Biotechnol.**, Dordrecht, v. 6, n. 100, p. 1228-1236, 2008.

LEMOS, Paulo; TEIXEIRA, João Pereira; BENTO, Nuno Ventura. **A economia circular como fator de resiliência e competitividade na região de Lisboa e Vale do Tejo**. Lisboa: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, 2018.

LEWANDOWSKI, Mateusz. Designing the business models for circular economy: towards the conceptual framework. **Sustainability**, Polônia, v. 43, n. 8, p. 1-28, 2016.

LIEDER, M.; RASHID, A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 115, p. 36–51, 2015.

LIU, Bingjun et al. The causes and impacts of water resources crises in the Pearl River Delta. **Journal of Cleaner Production**, n. 177, p. 413–425, 2018.

LIU, Y.; BAI, Y. An exploration of firms' awareness and behavior of developing circular economy: an empirical research in China. **Resour. Conserv. Recycl.**, Amsterdã, v. 87, p. 145-152, 2014.

LÓPEZ-LÓPEZ, A. et al. Evaluation of a combined anaerobic and aerobic system for the treatment of slaughterhouse wastewater. **Environ. Science & Technol.**, Washington, v. 3, n. 31, p. 319-326, 2010.

LOPEZ-RIDAURA, S. et al. Environmental evaluation of transfer and treatment of excess pig slurry by life cycle assessment. **Journal of Environmental Management**, London, v. 90, n. 2, p. 296-304, 2009.

MA, S. et al. Mode of circular economy in China's iron and steel industry: a case study in Wu'an city. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 64, p. 505-512, 2014.

MANJUNATH, N. T. et al. Treatment of wastewater from slaughterhouse by DAF–UASB system. **Water Resources Management**, Dordrecht, v. 6, n. 34, p. 1930–1936, 2000.

MANIOS, T. et al. Closed wastewater cycle in a meat producing and processing industry. **Resources, Conservation and Recycling**, Colorado, n. 38, p. 335-345, 2003.

MANUAL DE OSLO. **Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 3. ed. Paris: OECD/FINEP, 2005.

MARLOW, H. J. et al. Diet and environment: does what you eat matter? **The American Journal of Clinical Nutrition.**, Bethesda, v. 89, p. 1699–1703, 2009.

MARTÍNEZ-GUIDO, S. et al. Environmental, technical and economic evaluation of a new treatment for wastewater from slaughterhouses. **International Journal of Environmental Research**, Teerã, Electronic supplementary material, p. 1-11, 2017.

MASSÉ, D. I.; MASSE, L. Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatment systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 3, n. 42, p. 139-146, 2000.

MATHIAS, A. **A clandestinidade na produção de carne bovina no Brasil**. 2018. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/download>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

MAYERHOFF, Z. Uma análise sobre os estudos de prospecção tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 7–9, 2008.

McCABE, Bernadette K. et al. A case study for biogas generation from covered anaerobic ponds treating abattoir wastewater: Investigation of pond performance and potential biogas production. **Applied Energy**, Estocolmo, n. 114, p. 798-808, 2014.

McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Toward a sustaining architecture for the 21st Century: the promise of cradle to cradle design** (Industry & Environment). 2003. Disponível em: <<http://www.mcdonough.com/writings/toward-sustaining-architecture-21st-century/>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

_____; _____. **Cradle to cradle**. Londres: Vintage Books, 2014.

MEHRVAR, M.; TABRIZI, G. B. Combined photochemical and biological processes for the treatment of linear alkylbenzene sulfonate in water. **J. Environ. Sci. Health A**, Philadelphia, v. 4, n. 41, p. 581-597, 2006.

_____; VENHUIS, S. H. Photocatalytic treatment of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in water. **J. Environ. Sci. Health A**, Philadelphia, v. 5, n. 40, p. 1003-1012, 2005.

MEKHILEF, S. et al. A review on solar energy use in industries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Belfast, v. 15, n. 4, p. 1777-1790, 2011.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. A global assessment of the water footprint of farm animal products. **Ecosystems**, New York, v. 3, n. 15, p. 401-415, 2012.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MIHELIC, J. R. et al. Sustainability science and engineering: the emergence of a new metadiscipline. **Environ. Sci. Technol.**, London, n. 37, p. 5314-5324, 2003.

MINTZ, Eric et al. Not just a drop in the bucket: expanding access to point-of-use water treatment systems. **American Journal of Public Health**, Bangladesh, v. 91, n. 10, p. 1565-1570, 2001.

MIRANDA, L. A. S.; HENRIQUES, J. A. P.; MONTEGGIA, L. O. A full-scale UASB reactor for treatment of pig and cattle slaughterhouse wastewater with a high oil and grease content. **Braz. Chem. Eng. J.**, Washington, v. 4, n. 22, p. 601–610, 2005.

MITTAL, Gauri S. Treatment of wastewater from abattoirs before land application: a review. **Bioresource Technology**, Oxford, n. 97, p. 1119–1135, 2006.

MOGENSEN, L. et al. Productivity and greenhouse gas emissions from beef production systems in Denmark and Sweden. **Livestock Science**, Amsterdam v. 174, p. 126-143, 2015.

_____ et al. Environmental impact of beef sourced from different production systems - focus on the slaughtering stage: input and output. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 133, p. 284–293, 2016.

MOHAJERANI, M. et. al. Photoreactor design and CFD modelling of a UV/H₂O₂ process for distillery wastewater treatment. **Journal Of Chemical And Engineering Data**, Washington, v, 3, n. 90, p. 719-29, 2012.

MOJID, M. et al. Interaction effects of irrigation by municipal watershed and inorganic fertilisers on wheat cultivation in Bangladesh. **Field Crops Research**, Cidade do México, v. 134, p. 200-207, 2012.

MONT, O. et al. **Breaking the stalemate of sustainable consumption with industrial ecology and a circular economy**. In: REISCH, L.; THOGERSEN, J. (Eds.). Handbook of research on sustainable consumption. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2017. p. 33-47.

MOUKAZIS, I. et al. Slaughterhouse by-products treatment using anaerobic digestion. **Waste Management**, London, n.7, p. 652–662, 2018.

MOWLA, A. et al. Combination of sonophotolysis and aerobic activated sludge processes for treatment of synthetic pharmaceutical wastewater. **Journal Of Chemical And Engineering Data**, Washington, n. 255, p. 411-423, 2014.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **Journal of Business Ethics**, London, v. 140, n. 369, p. 369-380, 2017.

NEDERLAND CIRCULAIR. **The potential for high value reuse in a circular economy**. 2015. Disponível em:
<<https://www.circulairondernemen.nl/uploads/27102a5465b3589c6b52f8e43ba9fd72.pdf>>.
Acesso em: 10 set. 2018.

NGUYEN, T. L. T.; HERMANSEN, J. E.; MOGENSEN, L. Environmental consequences of different beef production systems in the EU. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 18, p. 756-766, 2010.

NIETO, R. Caracterização ecotoxicológica de efluentes líquidos industriais: ferramenta para ações de controle da poluição das águas. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2000. p. 1-16.

NORTON, T.; SUN, D. Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. **Food and Bioprocess Technology**, v. 1, n. 1, p. 2-34, 2008.

NÚÑEZ, M. et al. Assessing the environmental impact of water consumption by energy crops grown in Spain. **Ecological Economics**, Amsterdã, n. 17, p. 90-102, 2013.

OECD. **Material resources, productivity and the environment: key findings**. 2015.

Disponível em:

<http://www.oecd.org/greengrowth/MATERIAL%20RESOURCES,%20PRODUCTIVITY%20AND%20THE%20ENVIRONMENT_key%20findings.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2018.

OECD; EUROSTAT. **Oslo manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data**. 3th ed. Paris: OECD Publishing, 2005.

OLIVEIRA, A. A.; SILVA, J. T. M. A logística reversa no processo de revalorização dos bens manufaturados. **REA - Revista Eletrônica de Administração**, Franca, v. 4, n. 2, p. 1-16, jul./dez. 2011.

OLIVEIRA, S. C.; VON SPERLING, M. Performance evaluation of UASB reactor systems with and without post-treatment. **Water Sci. Technol.**, London, v. 7, n. 59, p. 1299-1306, 2009.

OLLER, I. et al. Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for wastewater decontamination - a review. **Science of the Total Environment**, Califórnia, v. 20, n. 409, p. 4141-4166, 2011.

OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y. **Business model generation: a handbook for visionaries, game changers and challengers**. Chichester: Wiley, 2010.

PABÓN, S. L.; GÉLVEZ, J. H. S. Starting-up and operating a full-scale activated sludge system for slaughterhouse wastewater. **Ing. Invest.**, Cidade do México, v. 2, n. 29, p. 53-58, 2009.

PACHECO, F. Energias renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador, n. 149, p. 4-11, out. 2006.

PACHECO, J. W.; YAMANAKA, H. T. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. São Paulo: CETESB, 2008.

PAGAN, R.; RENOUF, M.; PRASAD, P. **Eco-efficiency manual for meat processing**. Australia: Meat and Livestock Australia Ltda, 2002.

PALESE, M. et al. Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: effects on microbiological quality of soil and fruits. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, n. 129, p. 43-51, 2009.

PARITOSH, N. Produção de doces usando energia solar térmica: análise econômica e térmica de um estudo de caso. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 4, n. 15, p. 373, 2007.

PETERS, G. M. Accounting for water use in Australian red meat production. **Journal Life Cycle Assessment**, Heidelberg, n. 15, p. 311-320, 2010.

PHEIFER, A. G. **Barriers and enablers to circular business models**. 2017. Disponível em: <<https://www.circulairondernemen.nl/uploads/4f4995c266e00bee8fdb8fb34fbc5c15.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

PIERSON, J. A.; PAVLOSTATHIS, S. G. Real-time monitoring and control of sequencing batch reactors for secondary treatment of a poultry processing wastewater. **Water Environ. Res**, Alexandria, v. 5, n. 72, p. 585-592, 2000.

PINJING, H. et al. Reclaimed municipal wastewater: a potencial water resource in China. **Water Science & Technology**, London, v. 10, n. 43, p. 51-58, 2013.

PNUMA – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDADES PARA O MEIO AMBIENTE. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza – síntese para tomadores de decisão**. 2011. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/rio20/media/Rumo-a-uma-Economia-Verde.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

PONTOPPIDAN, O. et al. Environmental impact of beef sourced from different production systems - focus on the slaughtering stage: input and output. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 133, p. 284-293, 2016.

PRESTON, F. **A global redesign? Shaping the circular economy**. 2012. Disponível em: <[http://www.ecoconnect.org.uk/download/Shaping the Circular Economy.pdf](http://www.ecoconnect.org.uk/download/Shaping%20the%20Circular%20Economy.pdf)>. Acesso em: 13 jul. 2018.

QIN, X. et al. Treatment of restaurant wastewater by pilot-scale electrocoagulation-electroflotation: optimization of operating conditions. **Journal of Environmental Engineering**, Reston, v. 7, n. 139, p. 1004-1016, 2013.

QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. V. **Manual de investigação em ciências sociais**. 5. ed. Portugal: Gradiva Publicações SA, 2008.

RAHMAN, M. et al. Assessment of genotoxic effects of lead in occupationally exposed workers. **Environ Sci Pollut Res**, Bordéus, n. 21, p. 11469–11480, 2014.

RAMIREZ, C.; PATEL, M.; BLOK, K. How much energy to process one pound of meat? A comparison of energy use and specific energy consumption in the meat industry of four European countries. **Energy**, Cleveland, n. 31, p. 2047–2063, 2006.

RAMÍREZ, M. et al. La industria de la leche y la contaminación del agua. **Cienc. Cult. Elem.**, São Paulo, n.73, p. 27-31, 2015.

RASHID, A. et al. Resource conservative manufacturing. **Journals Clean. Prod.**, Oxford, n. 57, p. 166–177, 2013.

REIKE, D.; WALTER, J.; WITJESB, S. The circular economy: new or refurbished as CE 3.0? — exploring controversies in the conceptualization of the circular economy through a focus on history and resource value retention options. **Resources, Conservation & Recycling**, Amsterdã, n. 135, p. 246–264, 2018.

RENAULT, D.; WALLENDER, W. W. Nutritional water productivity and diets. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, n. 45, p. 275-296, 2000.

RIDOUTT, B.; PEERASAK, S.; GREGORY, Harpe. Comparing carbon and water footprints for beef cattle production in Southern Australia. **Sustainability**, Switzerland, v. 3, p. 2443-2455, 2011.

_____; PFISTER, S. A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. **Global Environmental Change**, Oxford, n. 20, p. 113–120, 2010.

RODRÍGUEZ, G. et al. Implementation of reverse logistics as a sustainable tool for raw material purchasing in developing countries: the case of Venezuela. **Int. J. Prod. Econ.**, Amsterdã, v. 2, n. 141, p. 582–592, 2013.

RÖÖS, E. et al. Can carbono footprint serve as an indicator of the environmental impact of meat production? **Ecological Indicators**, Amsterdam, n. 24, p. 573–581, 2013.

ROSA, Fabiano Ribeiro Tito. **Fatores críticos da competitividade da cadeia produtiva da carne bovina do estado de São Paulo**. 2009. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

SAN JOSE, T. Bird slaughterhouse: generation and purification of their water. **Water Science and Technology-Water Supply**, London, v. 251, n. 24, p. 48-51, 2004.

SATYANARAYAN, T. et al. Conventional approach abattoir wastewater treatment. **Environ. Sci. Technol.**, London, n. 26, p. 441–447, 2005.

SAUAVÉ, S.; BERNARD, S.; SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**1, Colorado, v. 7, p. 48-56, 2016.

SCOTT, L. **Capturing energy in wastewater treatment plants, water world**. 2015. Disponível em: <<http://www.waterworld.com/articles/print/volume-28/issue-9/departments/wwema/capturing-energy-inwastewater-treatment-plants.html>>. Acesso em: 16 out. 2018.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS; IEL - INSTITUTO EUVALDO LODI. NÚCLEO CENTRAL; CNA - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA. **Estudo sobre a eficiência econômica e competitividade da cadeia agroindustrial da pecuária de corte no Brasil**. Brasília, 2000.

SENA, R. F. de et al. Treatment of meat industry wastewater using dissolved air flotation and advanced oxidation processes monitored by GC-MS and LC-MS. **Journal Of Chemical And Engineering Data**, Washington, v. 152, n. 1, p. 151-157, 2009.

SHAHBAZI, S. et al. Material efficiency in manufacturing: swedish evidence on potential, barriers and strategies. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 127, p. 438– 450, 2016.

SKENE, Keith Ronald. Circles, spirals, pyramids and cubes: why the circular economy cannot work. **Sustain Sci**, Washington, n. 13, p. 479 – 492, 2018.

SOUZA, G. Closed-loop supply chains: acritical review and future research. **Decision Sciences**, Hanover, n. 44, p. 7-38, 2013.

SRIVASTAVA, Samir K. Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Reviews**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 53–80, 2007.

SROKA, E. et al. Biological treatment of meat industry wastewater. **Desalination**, Amsterdã, n. 162, p. 85–91, 2004.

STAHEL, W. R. Circular economy. **Nature**, California, v. 531, p. 435-438, 2016.

STAKE, R. E. The art of case study research. Thousand Oaks, CA.: Sage, 1995.

STETS, M. I. et al. Microbial community and performance of slaughterhouse wastewater treatment filters. **Genet. Mol. Res.**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 13, p. 4444-4455, 2014.

TABRIZI, G. B.; MEHRVAR, M. Integration of advanced oxidation technologies and biological processes: recent developments, trends, and advances. **J. Environ. Sci. Health**, Philadelphia, v. 11/12, n. 39, p. 3029-3081, 2004.

TERLOUW, C. Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience a brief review of recent findings. **Livestock Production Science**, Amdsterdã, n. 94, p. 125–135, 2005.

THOMSEN, Marianne. **Resource flows in a circular economy**. 2019. Disponível em: <<http://envs.au.dk/en/research/strategic-growth-areas/sga-resource/>>. Acesso em: 18 jan. 2019.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1990.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. A model of the meat waste management. **Journal of Chemical Technology**, Washington, v. 9, n. 4, p. 1-97, 2000.

_____. **Eco-efficiency manual for meat processing**. 2002. Disponível em: <<https://www.ampc.com.au/2016/11/Red-Meat-Processing-Industry-Energy-Efficiency-Manual>>. Acesso em: 05 out. 2018.

UNESCO - UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 2017**. 2017. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552por.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

USDA–FSIS. **Nationwide beef microbiological baseline data collection program: market hogs**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Food Safety and Inspection Service, 2016.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Effluent limitations guidelines and new source performance standards for the meat and poultry products point source category. **U. S. Environ. Prot. Agency** (US EPA), 2004.

VALTA, K. et al. Overview of water usage and wastewater management in the food and beverage industry. **Desalination and Water Treatment**, London, n. 1, p. 1-13, 2014.

VAN LOON, P.; VAN WASSENHOVE, L. Assessing the economic and environmental impact of remanufacturing: a decision support tool for OEM Suppliers. **International Journal of Production Research**, Dinamarca, v. 1, p. 1–13, p. 2017.

VANNER, R. et al. **Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors**. 2014. Disponível em:
<https://scholar.google.com.br/scholar?q=vanner+r.+scoping+study+to+identify+potential+circular+economy&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar#d=gs_qabs&u=%23p%3DeiE9GkUGsNQJ>. Acesso em: 01 set. 2018.

VIDAL, J.; HUILLINIR, C.; SALAZAR, R. Removal of organic matter contained in slaughterhouse wastewater using a combination of anaerobic digestion and solar photoelectron-Fenton processes. **Electrochim Acta**, Oxford, n. 210, p. 163–170, 2016.

WAKEFORD, J. J. et al. Innovation for green industrialisation: An empirical assessment of innovation in Ethiopia's cement, leather and textile sectors. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 166, p. 503-511, mar. 2017.

WEBER, C. L.; MATTHEWS, H. S. Food-miles and the relative climate impacts of food choices in the United States. **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 42, n. 10, p. 3508-3513, 2008.

WEELDEN, E.; MUGGE, R.; BAKKER, C. Paving the way towards circular consumption: exploring consumer acceptance of refurbished mobile phones in the Dutch Market. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 113, p. 743–754, 2016.

WELLS, P. E. **Business models for sustainability**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2013.

WEN, Z.; MENG, X. Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, n. 90, p. 211-219, 2015.

WITJES, S.; LOZANO, R. Towards a more circular economy: proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdã, n. 12, p. 37-44, 2016.

WOJDALSKI, J. et al. Assessment of energy consumption in a meat-processing plant: a case study. **Food and Bioprocess Technology**, n. 6, p. 2621-2629, 2013.

WU, Z.; PAGELL, M. Balancing priorities: decision-making in sustainable supply chain management. **Journals of Operations Management**, Amsterdã, v. 6, n. 29, p. 577-590, 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YORDANOV, D. Preliminary study of the efficiency of ultrafiltration treatment of poultry slaughterhouse wastewater. **Bulg. J. Agric. Sci.**, Bulgaria, v. 6, n. 16, p. 700–704, 2010.

ZHU, Q. et al. Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the Guitang Group. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, v. 12, p. 1025-1035, 2009.

APÊNDICE A – Guia para entrevistas

Etapas da entrevista	
1	Apresentação do projeto de pesquisa e do mestrando
2	Agradecimento da disponibilidade para a entrevista e visita de campo
3	Explicar que a pesquisa possui cunho acadêmico e que servirá de base para desenvolvimento de dissertação sobre Inovações Tecnológicas e Processo e Economia Circular
4	Explicar que as respostas das empresas serão tabuladas em conjunto não havendo possibilidade de identificação única
5	Explicar a questão sigilo da pesquisa quanto à identidade dos entrevistados
6	Explicar as etapas da pesquisa: transcrição, aprovação e tabulação dos dados coletados
7	Detalhamento dos objetivos da entrevista
8	Início da entrevista
9	Finalização da entrevista (informar de que após a transcrição o documento será enviado para validação)
10	Agradecimento da disponibilidade e das informações

APÊNDICE B – Questões da entrevista semiestruturada

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI - CAMPUS SÃO PAULO
PROGRAMAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO - MESTRADO

QUESTIONÁRIO – ESPECIALISTA EM INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

ENTREVISTADO:

- () Especialista na área ambiental da indústria de carne bovina
 () Consultor na área da cadeia bovina
 () Pesquisador/Professor que atua na área da Agroindústria
 () Outros, QUAL: _____

NOME: (opcional)

FORMAÇÃO ACADÊMICA:

INSTITUIÇÃO/INDÚSTRIA: (opcional)

ACADÊMICA: Débora Oliveira de Souza

TEMA: Ciclo Biológico da Estrutura da Economia Circular: análise das tecnologias inovadoras ambientais utilizadas na indústria frigorífica

ENERGIAS ALTERNATIVAS

1. *Quais as principais fontes de energias dos frigoríficos? As indústrias de carne bovina utilizam fontes alternativas de energia nos processos de frigoríficos? Se sim, quais? Se não, por que?*

Resposta:

2. *Quais são as principais tecnologias ambientais para redução de consumo energia nas indústrias frigoríficas? Quais as principais dificuldades para investimentos em tecnologias inovadoras para redução de consumo de energia? Como está este avanço nas indústrias frigoríficas brasileiras?*

Resposta:

3. *Existem equipamentos (câmaras frigoríficas, caldeiras, etc.) que auxiliam na redução do consumo de energia nos frigoríficos? Se sim, quais? Qual a média (%) de redução? Há indicadores que mostram essa evolução nos últimos anos? Há diferença com a de outros países? Se sim, quais? Se não, por que?*

Respostas:

4. *A Tabela abaixo, representa a média do consumo de energia por operação na Europa. Qual a média do consumo de energia (porcentual) utilizada nas operações de processamento de carne bovina em um frigorífico no Brasil? (Favor, descreva o percentual médio em cada uma das operações).*

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM TOTAL NA EUROPA (%)	PORCENTAGEM NO BRASIL
Recepção Condução e lavagem	6	Resposta:
Processamento de Abate	5	Resposta:
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	10	Resposta:
Processamento de subprodutos	9	Resposta:
Área de desossa	3	Resposta:
Corte da carcaça	8	Resposta:
Refrigeração	59	Resposta:
Outras (quais)	-	Resposta:

Fonte: UNEP, 2000

5. *Sobre energia alternativas e redução de consumo de energia no processamento de carne bovina, há outros aspectos que você gostaria de destacar?*

Resposta

CONSUMO DE ÁGUA

1. *Quais as principais fontes abastecedoras de água dos frigoríficos?*

Resposta:

2. *Qual o consumo total de litros de água por mês do frigorífico?*

Resposta:

3. A tabela abaixo apresenta o percentual médio do consumo de água por operações, na Europa. Qual o consumo médio de água (percentual) das operações nos frigoríficos brasileiros. (Favor, descrever ao lado de cada operação).

OPERAÇÃO	PORCENTAGEM DE CONSUMO EUROPEU (%)	PORCENTAGEM CONSUMO BRASIL
Recepção Saída dos currais	7 – 22	Resposta:
Abate Sangria Esfola Corte da carcaça	44 – 60	Resposta:
Evisceração	9 – 22	Resposta:
Processamento das vísceras (cooprodutos)	7 – 38	Resposta:
Limpeza esterilização de equipamentos higienização das mãos/luvas	1 – 4	Resposta:
Corte da carcaça	2 – 5	Resposta:
Câmaras Frigoríficas Refrigeração	2	Resposta:
Outros: (quais)	-	Resposta:

Fonte: UNEP, 2000 e Peters et al., 2010

4. O que é feito com a água utilizada nos processamentos de recepção, lavagem dos animais, limpeza da sangria, limpeza da esfola, limpeza da evisceração, limpeza do corte da carcaça e limpeza das instalações? Se encaminhado para estação de tratamento de efluentes – ETE, como é encaminhado? As canaletas são adaptadas para não ter contaminação do solo?

Resposta:

5. Quanto ao consumo de água, há outros aspectos que você gostaria de destacar?

Resposta:**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLEUNTES**

1. Há ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) nas plantas de processamento de carne? Se não, como é feito o tratamento da água residual? Se sim, quais as tecnologias para o tratamento?

Resposta:

2. Em um frigorífico, quais os principais métodos de tratamento da água residual? (Método físico-químico, Tratamento biológico, digestão anaeróbica e aeróbica, processos combinados). Quais são os mais eficientes?

3.

Resposta:

4. Quais são as tecnologias mais recentes para o tratamento de águas residuais? Os frigoríficos brasileiros dispõem destas tecnologias? Se não, por que? Se sim, há quanto tempo?

Resposta:

5. Após o tratamento da água residual, qual a média de remoção de Demanda Química de Oxigênio, Demanda Química de Biológica, Nitrogênio, Fósforo, ou qualquer outro tipo de carga orgânica? (Favor, descreva ao lado o percentual médio após o tratamento).

Resposta:

6. Após o tratamento da água residual, qual o percentual reutilizado no processo produtivo? Qual o percentual que é lançado nos cursos d'água após o tratamento?

Resposta:

7. Sobre a estação de tratamento de efluentes, ou qualquer forma de tratamento de água, há outros aspectos que você gostaria de destacar?

Resposta:**RESÍDUOS DAS ETAPAS DE PROCESSO DO FRIGORÍFICO**

1. De acordo com seu conhecimento, após o abate do animal, como é coletado o sangue? Qual a média de sangue coletado (litros) por animal abatido? Qual o destino final do sangue coletado? Se encaminhado para novos processos industriais, como é realizado o transporte do sangue?

Resposta:

2. *Quais medidas ambientais são tomadas para que o sangue não contamina solos ou rios?*

Resposta:

3. *A partir dos processos industriais, são gerados subprodutos (vísceras não comestíveis, aparas, chifres, cabeça e cascos). Para onde é encaminhado e o que é feito com os subprodutos?*

Resposta:

4. *São originados novos processos industriais? Se sim, quais? Se não por quê?*

Resposta:

5. *Como é feito esse transporte (vísceras não comestíveis, cabeça, chifres, aparas, ossos, ou animal condenado pela vigilância)? Há caminhões refrigeradores? Se não, o que é feito para não entrar em contato com o meio ambiente?*

Resposta:

6. *Sobram ainda resíduos que não são comercializados como subprodutos? Se sim o que é feito com esses resíduos?*

Resposta:

7. *Quais as medidas são tomadas para que os resíduos não contaminem o solo ou rios?*

Resposta:

8. *Em relação ao couro do animal, quais tratamentos são realizados no frigorífico? Após a esfolagem, o que é feito? Como é encaminhado para indústria de couro? Há um tipo de transporte específico?*

Resposta:

9. *Na indústria de carne bovina, você tem conhecimento de algum outro resíduo que não foi destacado, gerado durante o processo? Se sim, quais? Como é feito o tratamento?*

Resposta:

10. *As indústrias frigoríficas dispõem de aterro industrial? Incineração? Quais resíduos são encaminhados para estes locais?*

Resposta:

11. *Quais os principais problemas ambientais associados a indústria de carne? Por que? Como você acha que pode ser resolvido?*

Resposta:

12. *Qual a legislação que regulamenta as operações dos frigoríficos, quanto ao tratamento dos Resíduos, água e qualidade do produto (carne)?*

Resposta:

13. *Sobre resíduos de frigoríficos, o que considera importante para indústria de carne bovina, como forma de redução dos impactos ambientais? Há outro aspecto que não foi abordado que gostaria de destacar?*

Resposta:

**Assinatura do respondente
(opcional)**

Obrigada!

APÊNDICE C – Protocolo de observação dos dados visuais (Observação)

Local	Elementos observáveis
Caso 1 Frigorífico 1	Etapas do Abate bovino
	Tecnologias utilizadas
	Estações de Tratamentos
	Profissionais que atuam nos processos
	Destinação dos Subprodutos
	Questões sanitárias
Caso 2 Frigorífico 2	Etapas do Abate bovino
	Tecnologias utilizadas nos processos
	Estações de Tratamentos
	Tecnologias no tratamento da água residual
	Destinação dos Subprodutos
	Questões sanitárias

APÊNDICE D – Formulário de consentimento

FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO

Tema da pesquisa:

INOVAÇÃO PARA MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Pesquisadores:

Professor Orientador:

Dra. Maria Tereza Saraiva de Souza

Professora do Programa de Pós Graduação em Administração – PPGA

Centro Universitário da FEI

Rua Tamandaré, 688 – Liberdade

01525-000 – São Paulo – SP

Telefone (11) 99990-7997.

E-mail: mtereza@fei.edu.br

Aluna:

Débora Oliveira de Souza

Aluna de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Administração – PPGA

Centro Universitário da FEI

Telefone (11) 98734-6002

E-mail: deb.sec@gmail.com

Informações:

A duração da entrevista será em torno de uma hora a depender da sua disponibilidade.

A entrevista será gravada com a utilização de um gravador digital.

Apenas as pessoas envolvidas na pesquisa terão acesso aos dados gravados.

As gravações das entrevistas serão mantidas em local seguro.

Se a transcrição dos dados for efetuada por outra pessoa que não os membros da equipe de pesquisa, esta pessoa deverá assinar um termo de confidencialidade.

Os dados desta pesquisa somente serão utilizados com autorização prévia da empresa.

Os dados serão tabulados em conjunto de forma a não permitir a identificação isolada da empresa

CONSENTIMENTO A ASSINAR**Participação na entrevista**

Após receber informações sobre o estudo, eu aceito, de livre e espontânea vontade, participar da(s) entrevista(s) de coleta de dados e autorizo a utilização dos dados aqui coletados para desenvolvimento de trabalhos acadêmicos e científicos, sem a divulgação dos nomes dos entrevistados e da empresa.

Local:	Data: ____/____/____						
Empresa:							
Pessoa(s) entrevistada(s) <table> <tr> <td>Nome:</td> <td>Assinatura:</td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>		Nome:	Assinatura:	_____	_____	_____	_____
Nome:	Assinatura:						
_____	_____						
_____	_____						
Entrevistador(es) <table> <tr> <td>Nome:</td> <td>Assinatura:</td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> </table>		Nome:	Assinatura:	_____	_____	_____	_____
Nome:	Assinatura:						
_____	_____						
_____	_____						