

**Rudimar Henrique de Andrade Maciel**

Graduando de Engenharia de Produção –  
Universidade Cesumar  
rudymaciel@hotmail.com

**Eduarda Bertoletti Duarte**

Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade  
Cesumar  
eduardabertoletti@gmail.com,

**Luciana Cristina Soto Herek Rezende**

Professora do Programa de Pós Graduação em  
Tecnologias Limpas – Universidade Cesumar e  
pesquisadora do ICETI  
luciana.rezende@unicesumar.edu.br

## UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DO SETOR DE ABATE PARA PROMOÇÃO DE TECNOLOGIAS LIMPAS: UMA REVISÃO DA LITERATURA

### RESUMO

O aumento populacional associado ao aumento do poder aquisitivo reflete de forma direta no crescimento do consumo de carne bovina no Brasil, onde o país figura entre os principais produtores e exportadores do produto no mundo. Os resíduos e efluentes gerados no processo produtivo possuem alta carga de matéria orgânica e altos níveis de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Essa matéria orgânica pode ser utilizada como combustível de um gerador para produzir energia limpa e renovável. O objetivo deste estudo, foi por meio da realização de uma revisão bibliográfica sistemática qualitativa, analisar a produção mais limpa no setor de abate e avaliar o uso da biomassa produzida em frigoríficos para geração de energia. A revisão bibliográfica foi realizada utilizando as plataformas de bases de dados SCIELO, WEB OF SCIENCE, SCIENCE DIRECT, CAPES e BDTD, além de dados disponibilizados por órgãos governamentais. Após a análise dos artigos, foi possível observar a importância das energias renováveis para as empresas, tendo a biomassa um papel de destaque no ramo alimentício. As energias renováveis, estão cada vez mais em evidência, por não serem esgotáveis e, o uso de resíduos como matéria-prima são de extrema relevância, pois diminuem o impacto de descarte de resíduos e fornecem energia eficiente. Assim, as empresas brasileiras no ramo de abate e processamento de carne podem utilizar os resíduos e efluentes gerados nos processos de produção como biomassa para a geração de energia, obtendo vantagens econômicas e minimizando os impactos ambientais.

**Palavras-chave:** Biomassa. Produção Mais Limpa. Resíduos orgânicos. Energia Limpa.

## USE OF SLAUGHTER SECTOR WASTE PROMOTE CLEAN TECHNOLOGIES: A LITERATURE REVIEW

### ABSTRACT

The population increase associated with the increase in purchasing power directly reflects on the growth of beef consumption in Brazil, where the country ranks among the main producers and exporters of the product in the world. The residues and effluents generated in the production process have a high load of organic matter and high levels of chemical oxygen demand (COD) and biochemical oxygen demand (BOD). This organic matter can be used as fuel for a generator to produce clean and renewable energy. The aim of this study was to carry out a qualitative systematic literature review, analyzing the cleaner production in the slaughtering sector and evaluating the use of biomass produced in butchery for energy generation. The literature review was carried out using the SCIELO, WEB OF SCIENCE, SCIENCE DIRECT, CAPES and BDTD database platforms, in addition to data provided by government agencies. After analyzing the articles, it was

possible to observe the importance of renewable energies for companies, with biomass playing a prominent role in the food industry. Renewable energies are increasingly in evidence, as they are not exhaustible, and the use of waste as a raw material is extremely important, as they reduce the impact of waste disposal and provide efficient energy. Thus, Brazilian companies in the slaughtering and meat processing sector can use waste and effluents generated in production processes as biomass for energy generation, obtaining economic advantages and minimizing environmental impacts.

**Keywords:** Biomass. Cleaner Production. Organic wastes. Clean technologies.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao observar as projeções do agronegócio, disponibilizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020), foram abatidas 32,4 milhões de cabeças de bovinos em 2019 em todo o país, a carne bovina tem um crescimento projetado de 1,4% ao ano, um valor elevado para que seja possível suprir as necessidades internas e as exportações, a projeção de produção para o final da próxima década é de 34,9 milhões de toneladas de carnes totais, o que representa um crescimento em 16% da produção bovina.

Conforme CETESB (2008), o alto consumo de água acarreta grandes volumes de efluentes, de 80% a 95% da água consumida é descarregada como efluente líquido. Estes efluentes são constituídos, principalmente, por alta carga orgânica, devido à presença de sangue, gordura, esterco, conteúdo estomacal não-digerido e conteúdo intestinal. Este efluente precisa passar por uma série de tratamentos antes de ser descartado no corpo d'água receptor.

Após o tratamento em lagoas, as águas residuárias são lançadas diretamente em cursos d'água que, se forem volumosos e perenes, são capazes de diluir a carga recebida. Porém, o que frequentemente acontece é que os rios são de pequeno porte e o efluente do matadouro torna as

águas receptoras impróprias à vida aquática e a qualquer tipo de abastecimento (FEISTEL, 2011). Dessa forma, esse efluente é um agente de poluição das águas, prejudicando o ecossistema aquático (PIERRE; ARAÚJO, 2017).

Segundo Oliveira (2017) e Beltrame et al., (2016), essa disposição inadequada de efluentes no ambiente podem proporcionar uma contaminação do solo e dos corpos d'água, com isso, estratégias e ferramentas minimizadoras desses impactos tornam-se necessárias, mostrando que a expectativa da sociedade em relação ao desenvolvimento sustentável tem evoluído com a legislação, cada vez mais rigorosa, às crescentes pressões sobre o ambiente, decorrentes de poluição, uso ineficiente de recursos, gerenciamento impróprio de rejeito, mudança climática, degradação dos ecossistemas e perda da biodiversidade NBR ISO 14001 (ABNT, 2015)

Como uma ação mitigadora desses fatores, surge a Produção mais limpa (P+L), definida pelo Ministério do Meio Ambiente, como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços de forma a aumentar a ecoeficiência e reduzir os riscos à saúde e ao ambiente (UNEP, 1994).

A P+L adota princípios e ferramentas que consistem na incorporação de ideias sobre sustentabilidade na produção, transformando-as em procedimentos e práticas para redução de desperdícios, resultando na minimização de custos (BOYLE, 1999).

Por isso, a biomassa para fins energéticos, em geral, e particularmente como fonte para geração de energia elétrica, por possuir vantagens econômicas, por ser gerada localmente e permitir o uso de subprodutos como matéria-prima, também é considerada uma fonte sustentável, contribui para gerações de emprego e sua taxa de emissão de CO<sub>2</sub> é baixa (MIRANDA; MARTINS; LOPES, 2019).

As tecnologias utilizadas para a geração de energia elétrica a partir da biomassa são variadas, mas a base é o sistema de cogeração, que converte matéria orgânica em um produto intermediário por meio de uma máquina motriz, gerando energia mecânica até o gerador de energia elétrica, que permite a produção de calor e energia (NASCIMENTO; ALVES, 2016).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo demonstrar por meio de uma revisão sistemática de literatura, a viabilidade da utilização dos resíduos intestinais e estomacais não digeridos de bovinos como biomassa para gerador elétrico em frigorífico, apresentando os benefícios econômicos e socioambientais de tal processo.

## 2. METODOLOGIA

Uma revisão sistemática da literatura foi realizada, desenvolvida por meio da busca em bases de dados, constituídas por artigos científicos publicados e dados disponibilizados por órgãos governamentais sobre o comportamento da pecuária e do setor de abate

no Brasil, além da emissão de resíduos e efluentes e o impacto ambiental causado.

A busca foi realizada nas bases de dados bibliográficos: Scielo, Web of Science, Science Direct, CAPES e BDTD. Foram levantados os volumes de publicações, entre maio e dezembro de 2020. Os sites e portais do Ministério do Meio Ambiente (MMA), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), do Ministério de Minas e Energia (MME) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), assim como órgãos associados a eles, também foram consultados para contextualizar a pesquisa no Brasil.

Como critério do processo de indexação nas bases de dados bibliográficos, foi utilizada a relevância no setor de abate, contribuindo para a avaliação dos impactos causados de acordo com as demais revisões da literatura.

Após buscar pelos termos "biomassa", "produção mais limpa", "energia renovável", "resíduos de frigoríficos", "frigoríficos bovinos" e "abatedouros bovinos, foram determinados os descritores da pesquisa. Realizou-se uma análise qualitativa sobre os tipos de resíduos produzidos em abatedouros, a quantidade descartada e o potencial de utilização deles. Avaliando o potencial de uso da biomassa gerada durante o processamento da carne em frigoríficos e abatedouros para a produção de energia renovável.

Uma análise qualitativa sobre as características da biomassa foi realizada por meio da literatura para estudar a viabilidade de seu uso como combustível para a geração de energia elétrica, levando em consideração seu potencial calorífico e qual o procedimento necessário mais viável para que tal transformação ocorra, seja por

pirólise, gasificação, combustão ou co-combustão.

### 3. DISCUSSÃO

O gerenciamento de resíduos, sólidos e líquidos, no contexto ambiental, em cadeias produtivas é tema abordado cada vez mais, especialmente após conferências ambientais como ECO-92 e Rio+20, dissertando sobre indústrias consideradas essenciais à vida humana e que possuem uma geração excessiva de resíduos (SILVA *et al.*, 2017)

A indústria de alimentos é de extrema importância na vida humana e na economia brasileira, sendo responsável por um grande salto industrial no fim do século 19 e, participa do crescimento da economia do país (BIRCHAL, 2004). O crescimento nesse setor em virtude da alta demanda populacional, resulta em um aumento nas produções e no uso de matéria-prima para operações, sendo marcado por um desperdício exacerbado na cadeia de alimentos com uso de grandes quantidades de água potável, áreas de pasto, geração contínua de resíduos e emissão de gases poluentes (SOUZA, *et al.*, 2021; CECATTO; BELFIORE, 2015).

Nesse contexto, a agenda 2030 é um plano de ação da ONU que permite que os países reconheçam o desenvolvimento sustentável como fundamental, com a redução dos impactos, uso consciente da água e redução e reciclagem, além de visar a redução pela metade o desperdício de alimentos e as perdas durante a cadeia produtiva (UNIC Rio, 2016).

Os ciclos produtivos, que não possuem uma visão de crescimento sustentável, exibem um processo com a retirada de insumos e matéria-prima do ambiente para a produção de determinado bem e, ao longo da produção há

geração de resíduos desse processamento, além da emissão de gases e efluentes gerados durante a cadeia (PIERRE; ARAÚJO, 2017). Com isso, indústrias que possuem uma participação considerável no país, passam a ter investimento para crescer e produzir mais, conseqüentemente, a geração de resíduos aumenta diretamente com a demanda de produção, o que se observa no setor alimentício (LEITE *et al.*, 2012).

O crescimento na quantidade de resíduos superior ao crescimento populacional, torna a geração de resíduos sólidos uma problemática no cenário atual, evidenciando a necessidade de um gerenciamento e políticas públicas para mitigar e minimizar o problema (SILVA; SOUSA; VALONES, 2018).

Em relação ao setor agroindustrial, os frigoríficos e abatedouros acompanham o crescimento da pecuária, tendo significativa relevância no mercado internacional, sendo o Brasil o principal exportador de carne bovina da atualidade, e ainda sendo capaz de absorver a crescente demanda interna, considerado o terceiro país com maiores taxas de consumo de carne bovina (ABIEC, 2020).

A pecuária de corte possui uma das participações mais significativas, dentro do setor agroindustrial, desde circulação nacional até exportações, além disso, é uma área com investimentos em tecnologias recorrentes ao aumento da produção (SANTOS; MENDONÇA; MARIANI, 2010). Em 2019 houve um crescimento no PIB do Brasil de, praticamente 7% em relação ao ano anterior, essa alteração se dá pelo crescimento da pecuária de 8,3% para 8,5% dentro do PIB total (ABIEC, 2020).

Apesar do seu crescimento econômico, nota-se o expressivo impacto ambiental gerado

por esta atividade, que além de afetar o meio ambiente, gera desconforto para a população devido ao mal cheiro e exposição a vetores de doenças (SILVA; SOUSA; VALONES, 2018). No processamento de carne desenvolvido por frigoríficos e abatedouros, o consumo de água presente em suas atividades gera uma enorme quantidade de efluentes ricos em matéria orgânica e altamente poluentes (SANTOS *et al.*, 2011).

Como a DBO gerada nos efluentes possui alta concentração, ocasiona problemas ambientais, pois a decomposição pode ocorrer de forma anaeróbia, reação que gera subprodutos com elevado potencial para alterar a qualidade do ambiente, como o CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> e ácidos graxos, tóxicos aos organismos do corpo hídrico (SANTOS *et al.*, 2014).

Os subprodutos de frigoríficos são divididos em linha vermelha, aqueles que contém a presença de sangue e, linha verde, os resíduos que são constituídos por esterco da lavagem dos currais, conteúdo estomacal e intestinal (MARTINS, 2012). Os resíduos gerados pelos frigoríficos podem ser divididos, em efluentes, contemplando as águas residuais de todos os processos da cadeia, e, resíduos sólidos, ossos, sebo, esterco, conteúdo estomacal, conteúdo intestinal e qualquer resíduo não líquido (ARAÚJO; COSTA, 2014; SERAFIM *et al.*, 2018). Esses resíduos gerados, podem ser classificados quanto a seu uso, como comestíveis, quando serão destinados a qualquer processo alimentar ou vão servir de matéria-prima para algum produto de alimentação, ou não comestíveis para resíduos que possuem algum potencial para outras aplicações, como produtos

farmacêuticos, potencial de energia, entre outros (FONSECA; PERES, 2017)

Para um frigorífico de porte médio, a dimensão da quantidade de resíduos gerados na cadeia de produção do abate bovino, considerando que, todas as etapas contam com uma geração de subprodutos. Há participação de água em todas as etapas do abate e, há geração de efluente em todas elas. A composição dos resíduos sólidos varia de acordo com a etapa e de qual será o produto dessa, no entanto, algum tipo de sólido é gerado em todas as fases do abate (OLIVEIRA, 2017; SILVA, 2017; ARAÚJO; COSTA, 2014; RABELO; SILVA; PERES, 2014).

Fonseca e Peres (2017), e Rabelo e colaboradores (2014) ao avaliarem a descrição dos subprodutos em todas as etapas do abate animal, verificaram a geração excessiva de resíduos sólidos e líquidos, sendo a água um alto potencial contaminador, por seu elevado teor de matéria orgânica e de sólidos não comestíveis. Nos dois casos, a disposição incorreta ou sem tratamento afeta o equilíbrio ecossistêmico, composição do ambiente e a saúde de organismos do local.

Os resíduos de abatedouros causam preocupação pela sua geração excessiva e por seu alto valor de matéria orgânica que aumentam seu potencial como agente contaminador, os efluentes podem prejudicar águas fluviais, superficiais e subterrâneas e solos, enquanto os sólidos podem causar danos ao solo, ar e à saúde humana, quando deixados em lixões ou áreas de descarte incorretas (SERAFIM *et al.*, 2018; ARAÚJO; COSTA, 2014).

Assim como Serafim e colaboradores (2018), Silva, Sousa e Valones (2018), Feistel

(2011) também discorre que as principais destinações dos sólidos são, os aterros, enterramento, incineração, compostagem e reciclagem. Essas são não ambientalmente eficazes como eliminação dos resíduos, podendo causar a contaminação de lençóis freáticos, proliferação de vetores, liberação de fumaças e gases tóxicos, o que os tornam inviáveis. Já, os métodos de compostagem e reciclagem são ambientalmente viáveis, pois sua matéria orgânica poderá ser utilizada como adubo e ração animal, conservando os nutrientes benéficos (SILVA; SOUSA; VALONES, 2018; COSTA *et al.*, 2009;).

Por mais que estas indústrias realizem o tratamento adequado de seus resíduos, seja através do sistema de lagoas ou do lodo ativado, o desperdício de recursos e impacto ambiental é significativo. Além disso, muitos frigoríficos continuam seguindo padrões inadequados aos dispostos pela norma NBR ABNT 10.004: 2004, (ARAÚJO; COSTA, 2014; ABNT, 2004).

Serafim *et al.* (2018) avaliaram a realização ou não do tratamento de efluentes dos abatedouros públicos municipais do Agreste Pernambucano, ao todo foram 20 frigoríficos como objeto de estudo, e observaram que 80% não realizavam tratamento de efluentes e seus resíduos eram dispostos em terrenos próximos aos estabelecimentos, os que estavam adequados, destinavam seus efluentes a lagoas de decantação e fossas sépticas. É possível observar uma falha no gerenciamento dos resíduos de frigoríficos, pois há uma produção expressiva e um descarte incorreto, prejudicando o ambiente e, indiretamente, a saúde humana. Além disso, há um desperdício de resíduos com potencial de energia e nutrientes que podem ser

implementados em novas cadeias de produção, permitindo processos sustentáveis e com retorno financeiro ao invés de desperdício.

Tem-se também que no potencial poluidor dos setores de abatedouros e frigoríficos, surge a necessidade de um cenário mais sustentável e a importância da participação de modelos de gestão ambiental que busquem uma otimização de projetos, integração entre os setores, redução do uso de matérias-primas com fontes não renováveis e redução na geração de resíduos. Considerando todas as etapas da cadeia produtiva como fontes de resíduos de diferentes composições e características, a gestão desses estabelecimentos deve avaliar cada passo a fim de adotar medidas que permitam a reutilização desses subprodutos como matéria-prima em novas cadeias (ARAÚJO; COSTA, 2014).

Nessas circunstâncias, a participação do modelo P+L em indústrias se preocupa com a prevenção de poluição, redução no consumo de energia e recursos naturais, mudança de padrão nos desperdícios e a avaliação da reciclagem durante as fases de produção (WESCHENFELDER, 2014).

Para processos de produção, a P+L resulta em conservação de matérias-primas e energia, substituição de materiais tóxicos e perigosos por outros menos prejudiciais, redução da quantidade e toxicidade das emissões e resíduos, e uma preocupação com a inserção da reciclagem e reutilização de resíduos que possuam algum potencial positivo em novos processos produtivos (PEREIRA; SANT'ANNA, 2012; WESCHENFELDER, 2014).

A preocupação com a sustentabilidade em diversos setores produtivos serve como material de combustão para que novos estudos

visando sistemas com um uso reduzido de matéria-prima de fontes não renováveis e a inserção de resíduos em novas cadeias produtivas possam crescer. Programas como P+L e Ecodesign são ferramentas que viabilizam, de forma prática, o desenvolvimento sustentável de um processo produtivo, a fim de minimizar e reutilizar os resíduos gerados durante toda cadeia produtiva, e não, somente, no final (WERNER; BACARJI; HALL, 2011).

A P+L pode ser a estratégia empresarial que auxilia no manejo dos resíduos, trazendo retorno financeiro para a empresa e minimizando os impactos ambientais gerados, esse conceito cresce como uma alternativa para a busca de soluções para os problemas ambientais atuais e a eliminação de tecnologias fim- de-tubo, que atuam apenas como uma ferramenta mitigadora ao final do processo de produção (SANTOS; ARAÚJO, 2020).

As estratégias dentro da P+L, devem ter como foco as ações com o maior impacto no ambiente, considerando o setor de frigorífico, o expressivo consumo de água, que gera uma descarga com alto volume de efluente, volume significativo de sólidos e consumo de energia são os principais fatores impactantes dentro da cadeia produtiva (CETESB, 2008b).

A P+L é composta por 18 etapas e possui certa flexibilidade para que suas etapas possam ser associadas a outras ferramentas de qualidade, Fonseca e Peres (2017) avaliaram a inserção desse conceito no processo produtivo de carne in natura em abatedouro de suíno a partir das etapas de 1 a 8, além do uso da ferramenta Análises de Modos e Efeitos de Falha (FMEA), ao final, concluíram a eficiência e o benefício dessa metodologia e, as ações recomendadas irão

ajudar a reduzir os resíduos e seus impactos, apesar da resistência de implantação das recomendações pela empresa, expressando a necessidade de fiscalização de cumprimento.

Oliveira (2017) avaliou as novas estratégias para a realização da cadeia produtiva do abate bovino, que resultassem em um menor impacto ambiental, com a implantação de um sistema de gestão ambiental-SGA e, também, da produção mais limpa. Para Oliveira (2017), implantação de um biodigestor com resíduos do abatedouro se mostrou eficiente para a produção de biogás, permitindo uma economia de energia de 30% da demanda total, além de fornecer adubo durante o processo.

A P+L pode ser uma fonte de receita ou minimizar os custos com tratamento de efluentes ou consumo de energia ao adotar o uso de fontes de energia renováveis, em 2019 o país contava com 83% da matriz elétrica originada de fontes renováveis (BRASIL, 2020). Muitas empresas geram resíduos que podem ser utilizados para produzir energia térmica ou elétrica a partir da biomassa, este tipo de energia é vantajoso por ser renovável e estar em expansão no Brasil (CASSULA *et al.*, 2015) A partir da biomassa podem ser produzidos outros subprodutos como o biogás e materiais secos que podem ser incinerados para gerar calor, como o lodo frigorífico (PADILHA *et al.*, 2019).

A energia consumida de origem fóssil ainda é predominante em diversos países, além de utilizar fontes não renováveis, a combustão gera a produção de gases tóxicos ao ambiente e às camadas atmosféricas (OLIVEIRA, 2017). A preocupação com o esgotamento dessas fontes e o impacto que causam levam a estudos sobre

fontes alternativas que propõem energia eficiente e uma adequação às normas ambientais.

O uso da biomassa como fonte de energia entraria como uma fonte alternativa e eficiente, como descrito por Oliveira (2017) a biodigestão anaeróbia resultaria em uma produção mais limpa, comparada a outras técnicas, de biofertilizante e biogás, pode ser usado para aquecimento e geração de eletricidade.

No entanto, a participação dessa fonte alternativa na matriz elétrica brasileira ainda é reduzida, ficando em terceiro lugar com uma taxa de participação de 8,9% em 2019, sendo a mais utilizada de cana-de açúcar, esse resultado se dá, principalmente pela falta de mão de obra especializada e investimento nas tecnologias (OLIVEIRA, 2017; BRASIL, 2020)

Em função da sua elevada fração orgânica e alto poder calorífico, o lodo seco de abatedouros e frigoríficos pode ser classificado como biomassa, sendo assim, outros procedimentos mais sustentáveis podem ser aplicados, como por exemplo para geração de energia, apresentando na maioria dos casos autossuficiência energética dos processos de conversão térmica, além de contribuir na redução dos custos com outros combustíveis tradicionalmente utilizados, como lenha e cavaco (PADILHA *et al.*, 2019).

Nesse contexto, Silva (2017) avaliou a viabilidade técnica e econômica de um sistema de biodigestão anaeróbia para a geração de energia em indústria frigorífica, utilizando biogás, por ser eficiente como combustível e devido sua geração de calor ou energia. Nesse caso, a implantação de um sistema de biodigestão anaeróbia utilizando resíduos úmidos bovinos de

frigoríficos, demonstrou a viabilidade econômica e atrativa os resultados apresentam as vantagens ambientais do uso subprodutos de frigoríficos como matéria-prima de um novo processo, além de uma diminuição no descarte inadequado de resíduos, indicando processos mais limpos na produção de energia e, um ganho econômico para as empresas serem influenciadas a aderir o sistema.

O biogás gerado nas lagoas de tratamento pode ser captado e usado para aquecer a caldeira de frigoríficos ou servir como combustível para geradores de energia elétrica. O biogás é um combustível gasoso com um conteúdo energético elevado semelhante ao gás natural (SOUZA; PEREIRA; PAVAN, 2004). Este combustível pode ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica, contribuindo desta forma para redução dos custos de produção (SILVA, 2017). O principal componente do biogás é o gás metano, que é incolor e altamente combustível, e não produz fuligem (SILVA, 2018). O lodo frigorífico, depois de seco, pode abastecer a caldeira da empresa, evitando o consumo de lenha e cavaco (GIROTTI; ANSCHAU; SERPA, 2018.)

O setor energético enfrenta diversas crises sistêmicas ao longo dos anos, com isso, surge um nicho para a procura de energias que possam atuar tão eficientemente quanto as hidrelétricas e, de forma limpa, o uso da biomassa de abatedouros como matéria-prima é uma alternativa ainda com pouco investimento, no entanto, ao longo do estudo foi possível observar o grande potencial que possui. Dessa forma é possível prover energia para o setor de processamento de carne e ainda para outras áreas da empresa. Pode-se também vender a energia



gerada a mais em consórcios realizados pela empresa de distribuição de energia do estado. Com isso, além de economizar no consumo de energia, a prática de produção mais limpa e geração de energia através da biomassa se torna fonte de renda para a empresa.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil, ocupando um lugar privilegiado no setor de criação de gado e processamento e exportação de carne, com a produção expressiva e, conseqüentemente, geração excessiva de resíduos, tem a oportunidade de inovar com técnicas menos agressivas ao meio ambiente e ainda expandir as fontes de energia utilizadas no país.

O uso dos rejeitos e efluentes gerados em frigoríficos e abatedouros se mostra eficaz para a geração de energia por meio da biomassa, seja através da secagem e combustão dos resíduos sólidos, como combustível para a caldeira ou para a queima em geradores de energia movidos a vapor, ou através do biogás produzido e captado nas lagoas de tratamento do frigorífico, utilizado para os mesmos fins.

A necessidade de processos ambientalmente mais sustentáveis é crescente. Como observado nesse estudo, a geração de resíduos ultrapassa as condições ideais e, muitas vezes, descartados de formas inadequadas ou sem tratamento, tende a aumentar o seu impacto no ambiente. Utilizando os conceitos da produção mais limpa, como reaproveitamento de materiais e destinação correta de resíduos e efluentes, além da adoção de energias renováveis, as empresas do setor conseguem reduzir o custo de produção e mitigar o impacto ambiental causado. Assim, a empresa adere à responsabilidade social e promove

sustentabilidade associada a economia, melhorando a imagem perante o consumidor.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o apoio institucional da Universidade Cesumar (UNICESUMAR), e da bolsa de incentivo a pesquisa do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI) por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

#### 6. REFERÊNCIAS

ABIEC. **Beef Report**: Perfil da Pecuária no Brasil. 2020. Disponível em:

<[https://www.cicarne.com.br/wp-content/uploads/2020/05/SUM%C3%81RIO-BEEF-REPORT-2020\\_NET.pdf](https://www.cicarne.com.br/wp-content/uploads/2020/05/SUM%C3%81RIO-BEEF-REPORT-2020_NET.pdf)>

ARAÚJO, P. P. P.; COSTA, L. P. Impactos ambientais nas atividades de abate de bovinos: um estudo no matadouro público municipal de Caicó-RN. **Revista Halos**, v. 1, p. 1-20, 2014. Disponível em: <[http://fcst.edu.br/site/wp-content/uploads/2015/04/artigo\\_matadouro\\_caico.pdf](http://fcst.edu.br/site/wp-content/uploads/2015/04/artigo_matadouro_caico.pdf)>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004) ABNT NBR 10004:

Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro/RJ. Disponível em:

<<http://www.conhecer.org.br/download/RESIDUOS/leitura%20anexa%206.pdf>>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2015). ABNT NBR ISO 14001:

Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro/RJ.

Disponível em:

<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3203163/mod\\_folder/content/0/NBRISO14001.pdf?forcedownload=1](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3203163/mod_folder/content/0/NBRISO14001.pdf?forcedownload=1)>

BELTRAME, T. F. *et al.* Efluentes, resíduos sólidos e educação ambiental: Uma discussão sobre o tema. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 283-294, 2016. Disponível em: <

[https://www.researchgate.net/profile/Thiago-Beltra-](https://www.researchgate.net/profile/Thiago-Beltra)

[me/publication/341529746\\_Efluentes\\_residuos\\_solidos](https://www.researchgate.net/profile/Thiago-Beltra-me/publication/341529746_Efluentes_residuos_solidos)

dos\_e\_educacao\_ambiental\_Uma\_discussao\_sobre\_o\_tema/links/5f414baa92851cd30217df43/Efluentes-residuos-solidos-e-educacao-ambiental-Uma-discussao-sobre-o-tema.pdf>

BIRCHAL, S. O. Empresa e indústria alimentícia no Brasil. Belo Horizonte: **IBMEC**, 2004. Disponível em:

<[https://www.researchgate.net/publication/279655887\\_Empresa\\_e\\_industria\\_alimenticia\\_no\\_Brasil](https://www.researchgate.net/publication/279655887_Empresa_e_industria_alimenticia_no_Brasil)>

BOYLE, C. Education, sustainability and cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 7, n. 1, p. 83-87, 1999. Disponível em:

<[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652698000456?casa\\_token=jT5DD2mJhDUAAAAA:A-Q75HES8qGPvCkpvX\\_U11d5319IFV6vwAmvpLjv8tmEKqaWXgaJcF-GdigerCRVi3Z\\_-i3j](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652698000456?casa_token=jT5DD2mJhDUAAAAA:A-Q75HES8qGPvCkpvX_U11d5319IFV6vwAmvpLjv8tmEKqaWXgaJcF-GdigerCRVi3Z_-i3j)>

### **BRASIL. Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira:**

no Brasil, as mais usadas são hidrelétricas, eólicas, biomassa, solar e biogás. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>>

CASSULA, D. A.; ZANZINI, J. C.; SANTOS, J.; SILVA, T. L. Estudo sobre a eficiência energética de fontes renováveis no Brasil: avaliação da utilização da biomassa da cana-de-açúcar na cogeração de energia elétrica no setor sucroenergético. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, ENGEMA XVII, São Paulo, 2015. Disponível: <<http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/278.pdf>>.

CECATTO, C.; BELFIORE, P. O uso de métodos de previsão de demanda nas indústrias alimentícias brasileiras. **Gestão & Produção**, v. 22, n. 2, p. 404-418, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/VDHkztjqXPkbnzJ33vYgvqn/?lang=pt&format=pdf>>

CETESB. **Guia técnico ambiental de abate** (bovino e suíno) - série P+L. São Paulo, CETESB. 2008. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/abate.pdf>>

CETESB. **Guia técnico ambiental de frigoríficos Industrialização de carnes** (bovina e suína) - Série P+L. São Paulo, CETESB. 2008b. Disponível em:

<<https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/frigorifico.pdf>>

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; DECARLIS, L. D.; PELÁ, A.; SILVA, C. J.; MATTER, F.; DÁCIO, O. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.1, p.100-107, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wK8RbNrKLHJyYKDtMbnvTTC/?lang=pt>>

FEISTEL, J. C. **Tratamento e destinação de resíduos e efluentes de matadouros e abatedouros**. 2011. Trabalho Acadêmico (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: <[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011\\_Janaina\\_Costa\\_2c.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011_Janaina_Costa_2c.pdf)>

FONSECA, J. M.; PERES, A. P. Aplicação das ferramentas produção mais limpa e análise de modos de efeitos e falha em abatedouro-frigorífico de suínos. **Boletim Indústria Animal**, v. 74, n. 2, p. 105-115, 2017. Disponível em: <<http://www.iz.sp.gov.br/pdfsbia/1500312826.pdf>>

GIROTTO, A. T. *et al.* Secagem de lodos de efluentes industriais para queima na caldeira como biomassa na geração de energia e redução de custos com a destinação dos resíduos. **Anais da Engenharia de Produção**, v. 2, n. 1, p. 175-190, 2018. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/207>>

LEITE, N. S.; *et al.* **Resíduos da agroindústria como corretivo de pH do solo**. Universidade Estadual do Maranhão. Trabalho apresentado na IV Semana Acadêmica das Ciências Agrárias, 2012. São Luís, Maranhão. Disponível em: <<http://www.cca.uema.br/wp-content/uploads/2012/01/RES%C3%84DDUOS-DA-AGROIND%C3%9ASTRIA-COMO-CORRETIVO-DE-PH-DO-SOLO-EM.pdf>>

MARTINS, M. V. L. **Proposta de metodologia para análise de eficiência hidro-energética e ambiental: estudo de caso da agroindústria**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá. 2012. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106430/martins\\_mvl\\_dr\\_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106430/martins_mvl_dr_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>

MIRANDA, R. L.; MARTINS, E. M.; LOPES, K. A potencialidade energética da biomassa no Brasil. **Desenvolvimento Socioeconômico em Debate**, v. 5, n. 1, p. 94-106, 2019. Disponível em:

<<http://periodicos.unesc.net/RDSD/article/view/4829>>

MME. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2019/20 a 2029/30- Projeções de Longo Prazo. 2020**, Disponível em:

<[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ao-completar-160-anos-ministerio-da-agricultura-preve-crescimento-de-27-na-producao-de-graos-do-pais-na-proxima-decada/ProjecoesdoAgronegocio2019\\_20202029\\_2030.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/ao-completar-160-anos-ministerio-da-agricultura-preve-crescimento-de-27-na-producao-de-graos-do-pais-na-proxima-decada/ProjecoesdoAgronegocio2019_20202029_2030.pdf)>

NASCIMENTO, R. S.; ALVES, G. Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: Métodos e Benefícios ambientais. *Revista UNIVAP*, v. 22, n. 40, 2016. In: **Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**, UNIVAP, XX, São José dos Campos, 2016. Disponível em:

<[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2016/analais/arquivos/0859\\_1146\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/analais/arquivos/0859_1146_01.pdf)>

OLIVEIRA, B. R. A. **Organizações sociais de produção e sustentabilidade: Um estudo de caso no setor frigorífico. 2017**. Monografia (Bacharelado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília, Brasília. 2017. Disponível em:

<[https://bdm.unb.br/bitstream/10483/17700/1/2017\\_BeatrizRochaAndreozzideOliveira.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/17700/1/2017_BeatrizRochaAndreozzideOliveira.pdf)>

PADILHA, J.; KUREK, A. P.; SOUZA, O. e SELLIN, N. Avaliação da potencialidade energética de lodos gerados no tratamento de efluentes de abatedouro frigorífico de aves. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 30., 2019, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo: UNIVILLE, 2019. Disponível em:

<<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/10/potencialidade-energetica-lodos-efluentes-abatedouro.pdf>>

PEREIRA, G. R. e SANT'ANNA, F. S. P. Uma análise da produção mais limpa no Brasil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, n. 24, p. 17-26, 2012. Disponível em:

<[http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/321](http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/321)>

PIERRE, F. C.; ARAUJO, S. M. F. Tratamento de resíduos em frigorífico de bovino corte.

**Tekhne e Logos**, v. 8, n. 4, p. 81-93, 2017. Disponível em:

<<http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/499>>

RABELO, M. H. S.; SILVA, E. K.; PERES, A. D. P. Análise de Modos e Efeitos de Falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 79-86, 2014. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/esa/a/gHGWdp3DmhgGnKRK6Ljhc6x/?format=pdf&lang=pt>>

SANTOS, C.A.S.; TORRES, C.J.F.; SILVA N.L.; SILVA, J.O.; ROCHA, F.A. Sistema de tratamento de efluentes de matadouro bovino utilizando lagoas de estabilização. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, 2011. Disponível em:

<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20ambientais/sistema%20de%20tratamento.pdf>>

SANTOS, J. J. N. D.; SOUSA, I. C. D. S.; BEZERRA, D. C.; COIMBRA, V. C. D. S.; CHAVES, N. P. Desafios de adequação à questão ambiental em frigoríficos na cidade de São Luís, Maranhão: diagnóstico de situação. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 4, p. 315-321, 2014. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/aib/a/fyGDnycpHJ3y5K45H77xzCr/?format=pdf&lang=pt>>

SANTOS, M. G.; MENDONÇA, P. S. M.; MARIANI, M. A. P. Sustentabilidade ambiental: o caso dos frigoríficos exportadores de carne bovina de Mato Grosso do Sul. **Revista Científica da Ajes**, v. 1, n. 1, 2010. Disponível em:

<<http://revista.ajes.edu.br/index.php/rca/article/viewFile/64/51>>

SANTOS, P. V. S.; ARAÚJO, M. A. A metodologia de Produção Mais Limpa (P+ L): um estudo de caso em uma indústria de Curtume. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 524-547, 2020. Disponível em:

<[http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6374](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6374)>

SERAFIM, E. R. C. N.; SILVA, M.; NUNES, E. A. C.; NUNES, E. T. C.; OLIVEIRA, S. S.; BRANDESPIM, D. F. Tratamento de resíduos em abatedouros frigoríficos de bovinos em Pernambuco. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 12, n. 2, p. 159-164, 2018. Disponível em:

<<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/2368>>

SILVA, E.L.; SILVA, M.F.; NUNES, E.R.C.; SILVA, J.M.; OLIVEIRA, S.S. O Desenvolvimento Sustentável na Economia brasileira. **Empreendedorismo, Gestão e Negócio**, v. 6, n. 6, p. 55-72, 2017.

SILVA, H. W. Produção de biogás utilizando dejetos de vacas leiteiras: Uma alternativa viável para redução de impactos ambientais. **Revista Técnico-Científica**, n. 13, 2018. Disponível em: <<http://creaprw16.creaprw.org.br/revista/sistema/index.php/revista/article/view/137>>

SILVA, M. M. N.; SOUSA, E. F.; VALONES, G. Gerenciamento de resíduos sólidos do abatedouro público de Ererê- CE. In: MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. OLIVEIRA (org.). **Resíduos sólidos: Gestão pública e privada**. 1. ed. RECIFE: UFPRE, 2018. p. 142-154. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Joao-Santos-59/publication/331160786\\_Residuos\\_solidos\\_Gestao\\_publica\\_e\\_privada/links/5c697db3299bf1e3a5aef7d9/Residuos-solidos-Gestao-publica-e-privada.pdf#page=148](https://www.researchgate.net/profile/Joao-Santos-59/publication/331160786_Residuos_solidos_Gestao_publica_e_privada/links/5c697db3299bf1e3a5aef7d9/Residuos-solidos-Gestao-publica-e-privada.pdf#page=148)>.

SILVA, M. M. P. S. **Viabilidade técnica e econômica de um sistema de energia elétrica utilizando biogás obtido de resíduos úmidos de frigorífico de bovinos**. 2017. Tese (Mestrado em Agroecologia) - Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2017. Disponível em: <<http://umbu.uft.edu.br/bitstream/11612/1956/1/M%20adrian%20das%20Merc%20aas%20Peireira%20da%20Silva%20-%20Disserta%20a7%20a3o.pdf>>

SOUZA, C. *et al.* Reciclagem animal como alternativa sustentável à agroindústria: uma revisão da literatura. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 11, p. 39-53, 2021. Disponível em: <<https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/alimentos/article/view/1751>>

SOUZA, S.N.M. *et al.* Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, v. 26, n. 2, p. 127-133, 2004. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n5v1/042.pdf>>

UNIC RIO. **Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Centro de Informação das Nações Unidas. 2016.

Disponível em: <<https://unicrio.org.br/pos2015/agenda2030/>>

United Nations Environment Programme. **Government strategies and policies for cleaner production**. UNEP, 1994. Disponível: <<https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/130882/37.%20Government%20Strategies%20and%20Policies%20for%20Cleaner%20Production.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

WERNER, E. D. M.; BACARJI, A. G.; HALL, R. J. Produção Mais Limpa: Conceitos e Definições Metodológicas. **Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção**, Cuiabá, v. 3, n. 2, p. 46-58, 2011.

WESCHENFELDER, F. Z. **Abatedouros de frango da microrregião de Pato Branco: características organizacionais, inovação tecnológica e uso da água sob a perspectiva do modelo de produção mais limpa**. 2014. Tese (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. 2014. Disponível em: <[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/885/1/PB\\_PPGDR\\_M\\_Weschenfelder,%20Francielle%20Zancanaro\\_2014.pdf.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/885/1/PB_PPGDR_M_Weschenfelder,%20Francielle%20Zancanaro_2014.pdf.pdf)>

---

**Rudimar Henrique de Andrade Maciel**  
Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Cesumar. Aluno de Iniciação Científica pela UniCesumar.

---

**Eduarda Bertoletti Duarte**  
Graduanda em Ciências Biológicas pela Universidade Cesumar. Aluna de Iniciação Científica da UniCesumar.

---

---

**Luciana Cristina Soto Herek Rezende**  
Doutora em Engenharia Química. Professora do Mestrado em Tecnologias Limpas da UniCesumar. Pesquisadora e Bolsista do Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação.

---