



## POSSIBILIDADES E DESAFIOS PARA A AGREGAÇÃO DE VALOR AO SEBO BOVINO COMO MATÉRIA-PRIMA NA INDÚSTRIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

## POSIBILIDADES Y DESAFÍOS PARA EL VALOR AÑADIDO AL SEBO BOVINO COMO MATERIA PRIMA EN LA INDUSTRIA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

## POSSIBILITIES AND CHALLENGES FOR VALORIZATION OF BOVINE TALLOW AS A RAW MATERIAL IN THE BIOFUEL INDUSTRY

Apresentação: Comunicação Oral

Gabriele dos Santos<sup>1</sup>, Fernanda Cabral Borges<sup>2</sup>, Juliana da Silveira Espindola<sup>3</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/VICIAGRO.0088>

### RESUMO

No contexto atual de transição energética, a busca por fontes renováveis tem impulsionado o desenvolvimento de soluções sustentáveis na agroindústria. O sebo bovino, subproduto abundante da cadeia pecuária, apresenta-se como alternativa viável para a produção de biocombustíveis, com destaque para o biodiesel e o bioquerosene de aviação. O presente artigo tem como objetivo avaliar as possibilidades e desafios para a agregação de valor ao sebo bovino como matéria-prima energética, por meio de uma análise comparativa entre as rotas de produção de biodiesel (transesterificação) e bioquerosene (rota HEFA – Hydroprocessed Esters and Fatty Acids). A fundamentação teórica foi construída a partir de revisão bibliográfica em fontes técnicas e científicas, abordando aspectos da cadeia produtiva do sebo bovino, tecnologias de conversão, parâmetros operacionais, custos, impactos ambientais e desafios regulatórios. A metodologia adotada é qualitativa, exploratória e descritiva, com base em análise documental e dados secundários provenientes de relatórios institucionais e literatura especializada. Os resultados indicam que o biodiesel, já consolidado no Brasil, apresenta maior viabilidade econômica e tecnológica no curto prazo, com ampla infraestrutura e incentivos regulatórios. Em contrapartida, o bioquerosene por rota HEFA destaca-se por seu potencial ambiental e aplicação estratégica no setor aéreo, embora enfrente desafios como custos elevados de produção, exigência de catalisadores específicos e ausência de políticas públicas focadas em SAF (Sustainable Aviation Fuel). Conclui-se que a valorização do sebo bovino na agroindústria energética demanda políticas públicas integradas, incentivos à inovação e investimentos em infraestrutura. A combinação entre disponibilidade da matéria-prima, avanço tecnológico e adequação regulatória pode consolidar o sebo bovino como vetor relevante na matriz de bioenergia brasileira, contribuindo para uma agroindústria mais sustentável e alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

**Palavras-Chave:** Sebo bovino, Biodiesel, Bioquerosene, HEFA, Sustentabilidade

### RESUMEN

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Agroindustriais nível mestrado, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), [santsgabriele@furg.br](mailto:santsgabriele@furg.br)

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [fernanda-borges@furg.br](mailto:fernanda-borges@furg.br)

<sup>3</sup> Doutora em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), [jespindola.furg@gmail.com](mailto:jespindola.furg@gmail.com)

En el contexto actual de transición energética, la búsqueda de fuentes renovables ha impulsado el desarrollo de soluciones sostenibles en la agroindustria. El sebo bovino, subproducto abundante de la cadena ganadera, se presenta como una alternativa viable para la producción de biocombustibles, destacando el biodiésel y el bioqueroseno de aviación. Este artículo tiene como objetivo evaluar las posibilidades y desafíos para agregar valor al sebo bovino como materia prima energética, mediante un análisis comparativo entre las rutas de producción de biodiésel (transesterificación) y bioqueroseno (ruta HEFA – Hydroprocessed Esters and Fatty Acids). La fundamentación teórica se construyó a partir de una revisión bibliográfica en fuentes técnicas y científicas, abordando aspectos de la cadena productiva del sebo bovino, tecnologías de conversión, parámetros operacionales, costos, impactos ambientales y desafíos regulatorios. La metodología adoptada es cualitativa, exploratoria y descriptiva, basada en análisis documental y datos secundarios de informes institucionales y literatura especializada. Los resultados indican que el biodiésel, ya consolidado en Brasil, presenta mayor viabilidad económica y tecnológica a corto plazo, con infraestructura amplia e incentivos regulatorios. En cambio, el bioqueroseno por la ruta HEFA se destaca por su potencial ambiental y aplicación estratégica en el sector aéreo, aunque enfrenta desafíos como costos elevados de producción, necesidad de catalizadores específicos y ausencia de políticas públicas centradas en SAF (Combustible Sostenible de Aviación). Se concluye que la valorización del sebo bovino en la agroindustria energética requiere políticas públicas integradas, incentivos a la innovación e inversiones en infraestructura. La combinación entre la disponibilidad de materia prima, el avance tecnológico y la adecuación regulatoria puede consolidar al sebo bovino como un vector relevante en la matriz de bioenergía brasileña, contribuyendo a una agroindustria más sostenible y alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

**Palabras Clave:** Sebo bovino, Biodiésel, Bioqueroseno, HEFA, Sostenibilidad.

#### **ABSTRACT**

In the current context of energy transition, the search for renewable sources has driven the development of sustainable solutions in the agro-industry. Bovine tallow, an abundant by-product of the livestock chain, emerges as a viable alternative for the production of biofuels, especially biodiesel and aviation bioquerosene. This article aims to evaluate the possibilities and challenges of the valorization of bovine tallow as an energy raw material, through a comparative analysis between the production routes of biodiesel (transesterification) and bioquerosene (HEFA route – Hydroprocessed Esters and Fatty Acids). The theoretical framework was built through bibliographic review of technical and scientific sources, addressing aspects of the bovine tallow production chain, conversion technologies, operational parameters, costs, environmental impacts and regulatory challenges. The methodology adopted is qualitative, exploratory and descriptive, based on documentary analysis and secondary data from institutional reports and specialized literature. The results indicate that biodiesel, already consolidated in Brazil, presents greater economic and technological viability in the short term, with well-established infrastructure and regulatory incentives. In contrast, HEFA-route bioquerosene stands out for its environmental potential and strategic application in the aviation sector, although it faces challenges such as high production costs, the need for specific catalysts and the lack of public policies focused on SAF (Sustainable Aviation Fuel). It is concluded that the valorization of bovine tallow in the energy agro-industry demands integrated public policies, innovation incentives and infrastructure investments. The combination of raw material availability, technological advancement and regulatory alignment may consolidate bovine tallow as a relevant vector in the Brazilian bioenergy matrix, contributing to a more sustainable agro-industry aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs).

**Keywords:** Bovine tallow, Biodiesel, Bioquerosene, HEFA, Sustainability.

## INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energia renováveis e sustentáveis tem se intensificado nas últimas décadas, impulsionada por crises energéticas e pela crescente preocupação ambiental. No Brasil, esse movimento ganhou força após a crise do petróleo de 1973, que levou à criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), e posteriormente, ao Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (SILVA, 2010). Embora a produção de biodiesel no Brasil esteja fortemente baseada em óleos vegetais, como soja e mamona, o sebo bovino tem se mostrado uma alternativa promissora uma vez que apresenta um potencial de geração de até 800 litros por tonelada. Além de apresentar viabilidade econômica, seus impactos ambientais são comparáveis aos do óleo de soja, consolidando-se como uma opção estratégica dentro da matriz energética renovável brasileira (AGÊNCIA BRASIL, 2023; ABOISSA, 2013). Proveniente do abate de animais, esse resíduo apresenta potencial energético significativo, e vantagens ambientais, como a redução de resíduos sólidos e de emissões de CO<sub>2</sub> (EMBRAPA, 2021; MOURA et al., 2006).

No Rio Grande do Sul, o sebo bovino deixou de ser considerado um subproduto sem valor e passou a ser valorizado, especialmente após a consolidação do PNPB. O estado se destaca como um dos maiores produtores de biodiesel do país, sendo responsável por cerca de 27% da produção nacional em 2019 (BETA EQ, 2023).

A fim de promover o uso de alternativas sustentáveis no setor aéreo, e suas particularidades, o bioquerosene surge como uma alternativa sustentável no setor de aviação, altamente dependente de combustíveis fósseis. Produzido a partir de rotas como a HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids), ele permite a conversão de gorduras animais em combustíveis sustentáveis para aeronaves, com menor impacto ambiental (SILVA, 2023; GONÇALVES, 2019). A rota HEFA envolve processos de desoxigenação, hidrogenação e purificação, que garantem a produção de querosene sintético de alta qualidade (PINTO, 2023). Porém, a implementação em larga escala da produção de bioquerosene enfrenta desafios, como o alto custo dos processos e a complexidade tecnológica, além da necessidade de adequações regulatórias (VARÃO, 2017; FLORES TAPIA, 2023). Diante das metas de descarbonização global, especialmente no setor aéreo, o bioquerosene representa uma das soluções mais promissoras para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

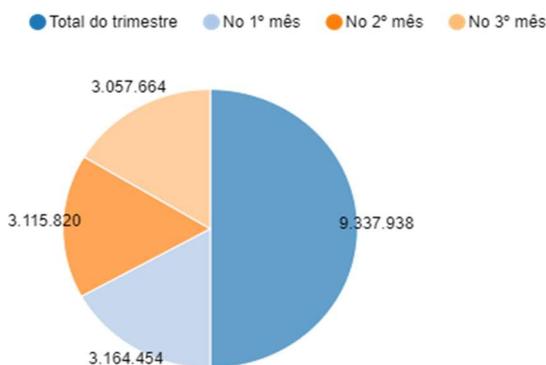
Observando esse contexto, este artigo tem como objetivo analisar as possibilidades e os desafios para a agregação de valor ao sebo bovino na produção de biocombustíveis, com foco comparativo entre a produção de biodiesel e bioquerosene. A pesquisa considera aspectos econômicos, ambientais, logísticos e tecnológicos, com vistas a contribuir para o desenvolvimento de soluções energéticas sustentáveis no Brasil.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A cadeia produtiva do sebo bovino está profundamente atrelada à atividade pecuária nacional, especialmente à indústria de abate de bovinos, que gera grandes volumes de resíduos, entre eles a gordura animal. Tradicionalmente considerado um subproduto sem grande valor agregado, o sebo passou a desempenhar papel estratégico no contexto da economia circular e da transição energética, impulsionado por políticas públicas e avanços tecnológicos que possibilitaram sua valorização na forma de biocombustíveis (EMBRAPA, 2019).

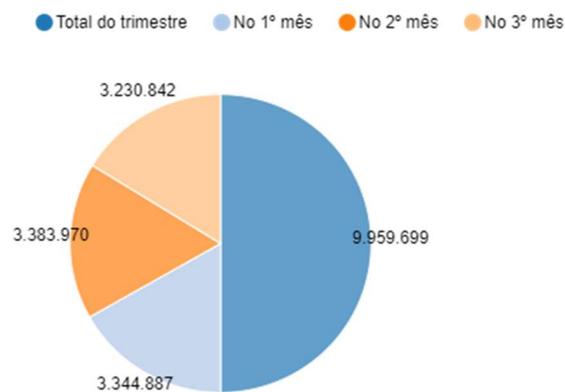
A produção de sebo bovino no Brasil e no Rio Grande do Sul em 2023 revelou variações importantes entre os trimestres. No primeiro trimestre, o Brasil produziu 9.337.938 toneladas, número que aumentou para 9.959.699 toneladas no segundo trimestre. No Rio Grande do Sul, a produção foi de 392.759 toneladas no primeiro trimestre e 340.102 toneladas no segundo. Essas cifras refletem as particularidades regionais da pecuária gaúcha, marcada por um perfil de produção consolidado e pela presença de raças bovinas específicas, como Angus, Hereford e Nelore, que influenciam diretamente a composição lipídica dos animais e, conseqüentemente, o rendimento do sebo extraído (IBGE, 2024; Viana, 2012). A Figura 1 apresenta os resultados da Pesquisa Trimestral do Abate de Animais do primeiro trimestre de 2023, enquanto a Figura 2 mostra os dados do segundo trimestre, ambos obtidos junto ao IBGE (2024).

Figura 1 - Dados em toneladas de sebo bovino produzidos no país, Pesquisa Trimestral do Abate de Animais - 1º trimestre de 2023



FONTE: IBGE (2024)

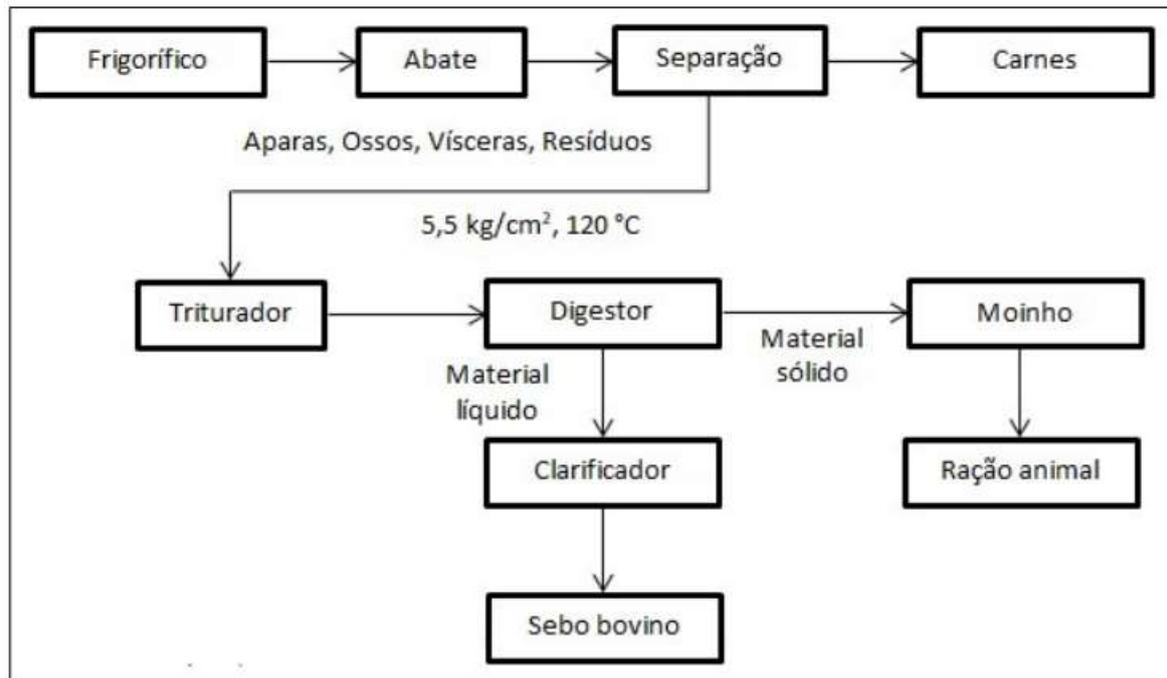
Figura 2 - Dados em toneladas de sebo bovino produzidos no país, Pesquisa Trimestral do Abate de Animais - 2º trimestre de 2023



FONTE: IBGE (2024)

A importância estratégica do sebo bovino no contexto energético está relacionada, em parte, à eficiência do parque frigorífico nacional e regional, o qual possibilita o aproveitamento integral dos resíduos do abate. O sebo é obtido a partir de tecidos adiposos, vísceras e resíduos de carne, sendo extraído por meio de métodos como prensagem, centrifugação ou uso de solventes orgânicos (VARÃO, 2017). Após a separação da gordura, esta passa por etapas de purificação, nas quais são removidas impurezas, umidade e ácidos graxos livres, elementos que influenciam diretamente a qualidade do biodiesel obtido. A Figura 3 ilustra o fluxograma do processamento industrial do sebo bovino, evidenciando cada fase até a purificação final.

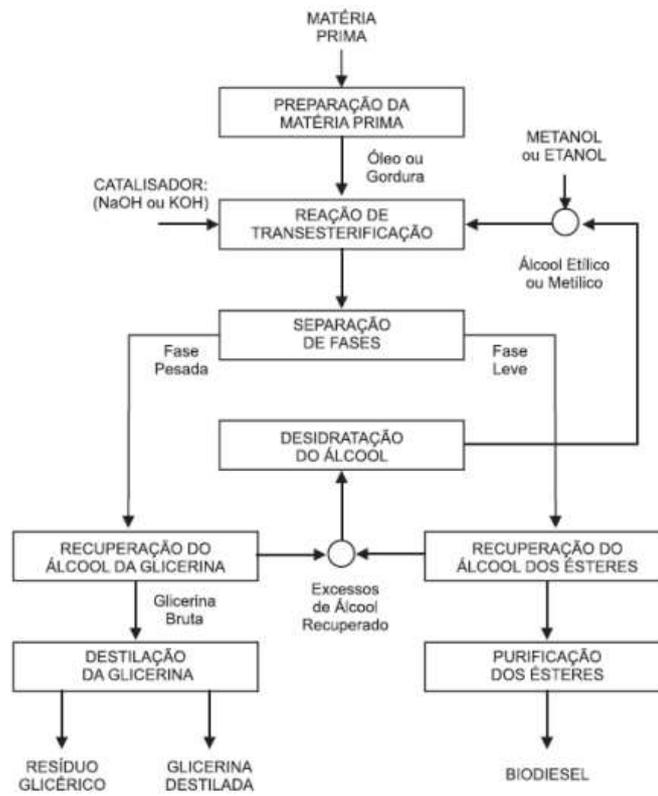
Figura 3 – Fluxograma de produção do sebo bovino



Fonte: Varão, 2017.

A transesterificação é a principal rota tecnológica utilizada na conversão do sebo bovino em biodiesel, apresentando rendimentos superiores a 90%, conforme mostra Figura 4 (CIRCUNVIS, 2022). Esse processo consiste na reação entre os triglicerídeos da gordura animal e um álcool de cadeia curta (geralmente metanol), na presença de um catalisador alcalino, resultando na formação de ésteres metílicos (biodiesel) e glicerina como subproduto (BIOENERGIA UFV, 2023).

Figura 4 – Etapas do processo de transesterificação



Fonte: Encarnação, 2008.

Do ponto de vista químico, o sebo bovino apresenta alta concentração de ácidos graxos saturados, notadamente os ácidos palmítico e esteárico, que conferem ao produto características como ponto de fusão elevado e maior estabilidade oxidativa. Essas propriedades, embora desejáveis na produção de biocombustíveis, também impõem desafios técnicos e logísticos. A viscosidade e a tendência à solidificação do sebo em temperaturas moderadas exigem controle térmico rigoroso durante o transporte, armazenamento e processamento, de modo a evitar perdas de qualidade (REN, 2022; ABUBAKAR, 2021). Tais particularidades exigem investimentos em infraestrutura térmica e em sistemas de logística adaptados, especialmente em regiões com temperaturas mais baixas, como o sul do Brasil.

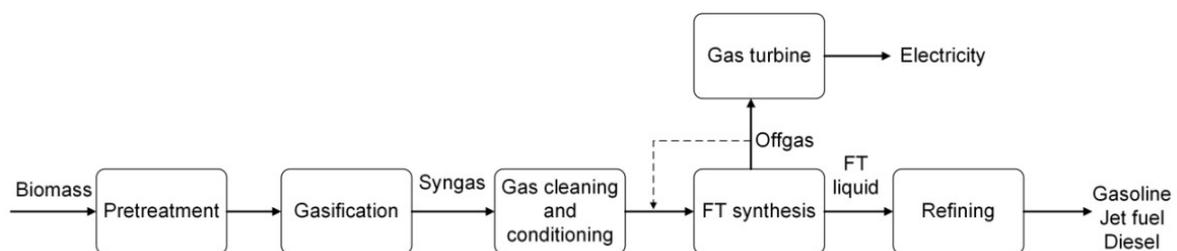
Historicamente, o sebo bovino teve como principal destino a indústria de higiene e limpeza, sendo matéria-prima para sabões e detergentes. Contudo, a criação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) em 2005 representou um ponto de inflexão nesse cenário. A política pública ampliou as possibilidades de aproveitamento do sebo como insumo energético, consolidando sua inserção na cadeia produtiva do biodiesel e contribuindo para o aumento de sua demanda e valorização comercial (AGÊNCIA BRASIL, 2023).

Hoje, o sebo representa entre 7% e 8% da composição do biodiesel produzido no Brasil, atrás apenas do óleo de soja. Empresas como o Grupo Bertin foram pioneiras na estruturação de plantas industriais específicas para o processamento do sebo, como a unidade instalada em Lins/SP, com capacidade de produção de 100 milhões de litros de biodiesel por ano (BEEFPOINT, 2006). Essa integração entre a cadeia pecuária e a indústria de biocombustíveis tornou-se modelo de eficiência econômica e ambiental, incentivada por programas como o RenovaBio e certificações internacionais como a ISCC (International Sustainability & Carbon Certification), que reconhecem o uso de resíduos como fontes renováveis de carbono (BIO3 CONSULTORIA, 2023).

Apesar dos avanços, persistem obstáculos estruturais na cadeia de valorização do sebo. A falta de um mercado regulado, as oscilações de preços, a informalidade em parte da cadeia pecuária e a complexidade logística dificultam a consolidação do sebo como commodity energética. A Instrução Normativa nº 34/2008 do Ministério da Agricultura estabelece critérios sanitários rigorosos para o transporte de resíduos de origem animal, como o uso de veículos vedados, controle de temperatura e documentação sanitária específica (Brasil, 2008), exigindo uma profissionalização do setor.

Além da produção de biodiesel, a aplicação do sebo bovino como matéria-prima para o bioquerosene surge como alternativa promissora. A rota HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids), amplamente estudada nos últimos anos, permite a conversão de triglicerídeos e ácidos graxos em hidrocarbonetos por meio de hidrogenação e hidrodessoxigenação, resultando em um combustível de alta pureza e elevado desempenho para aviação civil (GONÇALVES, 2019). Essa rota oferece uma redução potencial de até 80% nas emissões de gases de efeito estufa em comparação com o querosene de aviação fóssil, sendo atualmente a única tecnologia amplamente certificada para produção de SAF (Sustainable Aviation Fuel), reconhecida por programas como o CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) (BIO3 CONSULTORIA, 2023).

Figura 5 – Fluxograma do processo HEFA



FONTE: NG et al. (2021)

A rota HEFA é marcada por elevados custos operacionais e de capital (CAPEX e OPEX), demandando catalisadores nobres, unidades de refino com operação em alta pressão e temperatura,

além de infraestrutura industrial robusta (SOUSA, 2016; SILVA, 2023). Embora reconhecido legalmente por instrumentos como a Lei nº 14.248/21 e contemplado no RenovaBio, o desenvolvimento do bioquerosene no Brasil depende ainda da criação de incentivos econômicos, valorização de créditos de carbono e investimentos em pesquisa, para se tornar competitivo frente aos combustíveis fósseis (PINTO, 2023; BIODIESELBR, 2024).

Dessa forma, o sebo bovino se posiciona como um vetor promissor para a transição energética brasileira, representando um elo entre os setores pecuário, industrial e energético. Seu aproveitamento adequado requer políticas públicas consistentes, estímulo à pesquisa aplicada, fortalecimento da infraestrutura logística e integração vertical da cadeia produtiva. O desafio está em consolidar o sebo não apenas como subproduto aproveitável, mas como uma matéria-prima estratégica para o desenvolvimento sustentável da matriz energética nacional.

## **METODOLOGIA**

Este estudo possui natureza qualitativa, com delineamento exploratório e descritivo, fundamentado em uma revisão de literatura especializada e análise comparativa entre as principais rotas tecnológicas de produção de biocombustíveis a partir do sebo bovino: biodiesel e bioquerosene. Inicialmente, foi realizada uma investigação sobre a cadeia produtiva do sebo bovino, com foco em aspectos como origem do resíduo, logística, processamento e aplicação industrial. A análise incluiu os desafios associados à comercialização e à qualidade do sebo no Brasil, em especial no Rio Grande do Sul, como a ausência de um mercado estruturado e a deficiência na coordenação entre os elos da cadeia (VARÃO, 2017). Também foi avaliada a atuação das fábricas de gordura no processamento do subproduto e sua relevância na logística de coleta e transformação (VARÃO, 2017). A pesquisa consultou fontes como a Embrapa, ANP, Ubrabio e BiodieselBR, utilizando dados secundários de relatórios institucionais e publicações técnicas (EMBRAPA, 2019; UBRABIO, 2012; BIODIESELBR, 2012)

Foram utilizadas bases como Google Acadêmico e ScienceDirect para identificar estudos científicos sobre a produção de biodiesel via transesterificação e bioquerosene por meio do processo HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids), com foco na eficiência, rendimento, requisitos operacionais e sustentabilidade de cada rota. O estudo ainda considerou aspectos econômicos, como custo de produção e necessidade de infraestrutura, além de impactos ambientais e barreiras regulatórias.

Figura 6 - Diagrama da sequência de pesquisa.



Fonte: Própria, 2024.

A comparação entre os caminhos tecnológicos seguiu como eixo central da investigação, de forma a identificar não apenas os obstáculos, mas também as oportunidades de inovação e agregação de valor ao sebo bovino no contexto da transição energética.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise comparativa entre as rotas tecnológicas de produção de biodiesel e bioquerosene a partir do sebo bovino revela diferenças marcantes quanto à maturidade, custo, aplicação, infraestrutura e viabilidade regulatória. A rota de transesterificação, utilizada para obtenção do biodiesel, é amplamente difundida no Brasil e apresenta vantagens consolidadas em termos econômicos e operacionais. Trata-se de um processo tecnologicamente simples, com custos moderados de implementação e elevado rendimento, o que permite sua aplicação em escala industrial por diferentes plantas espalhadas pelo território nacional (CAVALCANTE, 2018).

A produção de biodiesel a partir do sebo bovino, além de agregar valor a um resíduo da cadeia de carne, reduz a pressão sobre óleos vegetais como soja e canola, frequentemente vinculados à cadeia alimentar humana (EMBRAPA, 2019). Já o bioquerosene, embora emergente no cenário brasileiro, destaca-se pelo seu alto potencial estratégico, sobretudo no contexto da aviação sustentável. Quimicamente similar ao querosene de aviação de origem fóssil, o bioquerosene do tipo HEFA

(Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) pode ser utilizado diretamente nos motores aeronáuticos atuais, sem necessidade de adaptação (GONÇALVES, 2019).

Apesar de suas vantagens ambientais e operacionais, a rota HEFA ainda enfrenta uma série de entraves. Seu processo requer catalisadores metálicos nobres, condições de operação severas (temperaturas elevadas e alta pressão), além de uma estrutura industrial ainda inexistente em solo brasileiro (SOUSA, 2016). O alto custo dos equipamentos e da matéria-prima (especialmente o hidrogênio), além da necessidade de tecnologia refinada para desoxigenação e hidrogenação seletiva, tornam a implantação dessa rota um desafio complexo e caro.

Do ponto de vista econômico, a diferença entre as duas rotas é substancial. O custo médio de produção do biodiesel a partir do sebo bovino foi estimado em R\$ 4,20 por litro em 2024, enquanto o bioquerosene pode ultrapassar R\$ 10,00 por litro, conforme demonstram dados atualizados do setor (BIODIESELBR, 2024). Essa disparidade se deve principalmente ao custo dos catalisadores utilizados na rota HEFA, aos investimentos em unidades de refino de alta pressão, e à ausência de infraestrutura logística integrada no Brasil. Além disso, o sebo bovino, embora seja uma matéria-prima de baixo custo relativo, tem seu valor de mercado influenciado pela demanda das indústrias alimentícia e cosmética, o que pode torná-lo menos competitivo em momentos de alta valorização (VARÃO, 2017).

Em 2024, o quilo do sebo alcançou R\$ 4,50 no Rio Grande do Sul, refletindo um aumento significativo em relação ao ano anterior e reforçando a sua valorização no mercado internacional, especialmente com as exportações crescentes para os Estados Unidos (BIODIESELBR, 2024). Esse contexto favorece economicamente a produção de biodiesel, mas aumenta a sensibilidade do bioquerosene às flutuações de preço da matéria-prima.

Do ponto de vista ambiental, ambas as rotas apresentam vantagens expressivas em relação aos combustíveis fósseis. O biodiesel obtido a partir do sebo pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em até 70% quando comparado ao diesel convencional (RENOVABIO, 2018). Por sua vez, o bioquerosene HEFA apresenta potencial de redução ainda maior, alcançando até 80% de diminuição das emissões no setor aéreo (GONÇALVES, 2019). O uso de resíduos animais como insumo também contribui para o fortalecimento de práticas de economia circular e minimização do impacto ambiental do setor de carnes. Mas, do ponto de vista regulatório, o biodiesel conta com um arcabouço legal consolidado, o que favorece sua comercialização e integração à matriz energética nacional. Já o bioquerosene, embora reconhecido em instrumentos como a Lei nº 14.248/21 e o RenovaBio, carece de regulamentação específica, incentivos fiscais, metas obrigatórias e diretrizes de certificação robustas para permitir sua expansão em escala industrial (SILVA, 2023; PINTO, 2023).

Outro ponto de grande relevância diz respeito à logística e à infraestrutura. O transporte do sebo bovino exige cuidados específicos, visto que sua consistência sólida em temperatura ambiente requer caminhões-tanque com sistema de aquecimento. A Instrução Normativa nº 34/2008, do Ministério da Agricultura, estabelece exigências sanitárias rigorosas para o transporte de resíduos de origem animal, incluindo vedação dos tanques e documentação sanitária (BRASIL, 2008). A ausência de terminais especializados e de integração logística entre os centros produtores e os polos industriais constitui uma barreira tanto para o biodiesel quanto, especialmente, para o bioquerosene, cuja exigência de pureza é ainda maior (VARÃO, 2017).

O Quadro 1 a seguir sintetiza de forma objetiva a comparação entre as rotas tecnológicas de produção de biodiesel e bioquerosene a partir do sebo bovino, evidenciando seus respectivos pontos fortes e limitações.

Quadro 1 – Comparação entre rotas de produção de biodiesel e bioquerosene a partir do sebo bovino

<b>Critério</b>	<b>Biodiesel (Transesterificação)</b>	<b>Bioquerosene (HEFA)</b>	<b>Vantagem</b>	<b>Fonte</b>
Rendimento (%)	Até 99,7%	70–85%	Biodiesel	Beefpoint (2006)
Custo de Produção	Baixo	Elevado	Biodiesel	Cavalcante (2018)
Complexidade Tecnológica	Baixa	Alta	Biodiesel	Lopes et al. (2006)
Aplicação	Automotiva	Aviação	Bioquerosene	Gonçalves et al. (2019)
Regulação e Incentivo	Amplo	Limitado	Biodiesel	Levy (2011)

Fonte: Própria, 2024.

A análise da Quadro 1 confirma as vantagens operacionais e econômicas do biodiesel frente ao bioquerosene, principalmente no que se refere à viabilidade técnica de curto prazo. Entretanto, o bioquerosene representa uma estratégia promissora para a descarbonização do setor aéreo, sendo, até o momento, a única alternativa homologada internacionalmente para voos comerciais sem a necessidade de alterações nas turbinas (GONÇALVES, 2019; SILVA, 2023).

A implementação da rota HEFA no Brasil, contudo, depende de esforços coordenados. O Quadro 2 abaixo resume os principais desafios associados à sua adoção, incluindo questões econômicas, regulatórias, tecnológicas e logísticas.

Quadro 2 - Principais desafios para implementação da rota HEFA.

<b>Desafios</b>	<b>Descrição</b>	<b>Referências</b>
Alto custo de produção	O processo de hidroprocessamento exige catalisadores específicos, condições de alta pressão e temperatura (300-450°C), além de disponibilidade e custo do H <sub>2</sub> .	GONÇALVES (2019), BRASIL (2022)
Escalabilidade e dependência de matéria-prima	Disponibilidade limitada de sebo bovino em escala industrial, devido à concorrência com outras indústrias.	BRASIL (2022)
Complexidade tecnológica	Exige tecnologias avançadas para desoxigenação, hidrogenação e purificação, além de catalisadores específicos como Pd/C, beta zeólita e NbOPO <sub>4</sub> .	GONÇALVES (2019)
Barreiras regulatórias	Políticas como RenovaBio avançam, mas aprovação regulatória enfrenta desafios devido às rigorosas exigências de segurança e eficiência.	SILVA (2023)
Eficiência de conversão	Impactada por fatores como qualidade da matéria-prima e estabilidade dos catalisadores; perdas no processo precisam ser otimizadas.	BRASIL (2022), GONÇALVES (2019)
Sustentabilidade e competição com outros usos	Sebo bovino compete com biodiesel e outras aplicações; é necessário balancear sustentabilidade com outras demandas.	BRASIL (2022), DOS SANTOS (2017)
Infraestrutura e logística	Requer investimentos significativos; desafios na coleta, transporte e armazenamento do sebo, especialmente em regiões remotas.	SILVA (2023)
Emissões indiretas e impacto ambiental	Emissões indiretas ligadas à produção de hidrogênio e ao processamento industrial podem comprometer os benefícios ambientais.	GONÇALVES (2019)

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Em resumo, os dados analisados reforçam que, embora o biodiesel a partir do sebo bovino represente uma solução consolidada e economicamente viável, o bioquerosene HEFA desponta como uma alternativa estratégica de médio a longo prazo para setores específicos como a aviação. A efetiva

inserção do Brasil nesse segmento dependerá de políticas públicas mais robustas, investimentos em pesquisa aplicada e, sobretudo, da criação de um ambiente regulatório e logístico que favoreça a inovação e a sustentabilidade.

## CONCLUSÕES

A análise das rotas tecnológicas para aproveitamento do sebo bovino como insumo energético revela um cenário promissor, mas desafiador, para a agregação de valor a esse subproduto da cadeia pecuária. A rota do biodiesel já se encontra consolidada no Brasil, com tecnologia madura, menor custo de implementação e elevada eficiência energética. Além disso, apresenta benefícios ambientais significativos, como a redução de emissões de gases de efeito estufa e o reaproveitamento de resíduos da indústria frigorífica. Por outro lado, o bioquerosene produzido via HEFA ainda enfrenta obstáculos consideráveis, como o alto custo de produção, a dependência de catalisadores específicos e a escassez de infraestrutura adequada para o seu refino. No entanto, esse biocombustível apresenta vantagens estratégicas inegáveis, sobretudo no contexto da aviação comercial, que busca alternativas sustentáveis ao querosene fóssil. Sua compatibilidade com os motores atuais e seu elevado desempenho ambiental o colocam como peça-chave no cumprimento das metas globais de descarbonização do setor aéreo. Dessa forma, a valorização energética do sebo bovino está diretamente ligada à superação de gargalos logísticos, normativos e tecnológicos. A criação de políticas públicas específicas, incentivos econômicos, apoio à pesquisa e investimentos em infraestrutura são fundamentais para viabilizar a produção nacional de bioquerosene em larga escala. Conclui-se que, apesar das dificuldades, o sebo bovino possui elevado potencial para contribuir com a transição energética do país, fortalecendo uma matriz mais limpa, eficiente e circular.

## REFERÊNCIAS

ABUBAKAR, Ahmed A. et al. Effects of stocking and transport conditions on physicochemical properties of meat and acute-phase proteins in cattle. *Foods*, v. 10, n. 2, p. 252, 2021.

AGÊNCIA BRASIL. Gordura animal é uma opção de baixo carbono para a produção de biodiesel. Brasília, 20 ago. 2023. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202308/gordura-animal-e-opcao-de-baixo-carbono-para-a-producao-de-biodiesel>

ANP. Agência Nacional do Petróleo. Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014. Estabelece as especificações do biodiesel comercializado no Brasil. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 23 ago. 2024.

BEFPOINT. Perspectivas para produção de biodiesel de sebo animal. BeefPoint, 26 jul. 2006. Disponível em: <https://beefpoint.com.br/perspectivas-para-producao-de-biodiesel-de-sebo-animal->

30285/. Acesso em: 28 ago. 2024.

BETA EQ. Produção de biodiesel a partir do sebo bovino. 27 nov. 2023. Disponível em: <https://betaeq.com.br/producao-biodiesel-sebo-bovino/>. Acesso em: 4 ago. 2024.

BIO3 CONSULTORIA. Combustível sustentável de aviação: o que é, por que importa e como é produzido. Bio3 Consultoria, 2023. Disponível em: <https://bio3consultoria.com.br/combustivel-sustentavel-aviacao/>. Acesso em: 27 ago. 2024.

BIODIESELBR. Sebo bovino e o biodiesel. 2012. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/sebo/sebo-bovino-biodiesel-070812>. Acesso em: 26 jun. 2024.

BIODIESELBR. Valorizado, sebo bovino ganha status na pauta de exportação e dobra de preço no Brasil. 28 jun. 2024. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/sebo/valorizado-sebo-bovino-ganha-status-na-pauta-de-exportacao-e-dobra-de-preco-no-brasil-280624>. Acesso em: 23 ago. 2024.

BIOENERGIA UFV. Produção de biodiesel a partir de sebo bovino. BetaEQ, 2023. Disponível em: <https://betaeq.com.br/producao-biodiesel-sebo-bovino/>. Acesso em: 4 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 34, de 28 de maio de 2008. Estabelece os procedimentos para registro e renovação de registro de estabelecimentos e produtos destinados à alimentação animal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 30 maio 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-34-de-28-de-maio-de-2008.pdf>.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Análise econômica das diferentes rotas de produção de SAF. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro/analise-economica-diferentes-rotas-de-producao-de-saf.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2024.

CAVALCANTE, Kiara Souza dos Reis. Produção de biodiesel no Brasil: vantagens e desvantagens do óleo de soja e sebo bovino. 2018.

CIRCUNVIS, Bruno Cesar; DE SOUZA, Beatriz Fernanda Bonfim. PROCESSOS DE OBTENÇÃO DE BODIESEL A PARTIR DE RESÍDUOS DE SEBO BOVINO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, v. 3, n. 2, p. 57-77, 2022.

DOS SANTOS, Marcos et al. Aplicação do Método MACBETH na hierarquização de biocombustíveis para a aviação comercial brasileira: um estudo de viabilidade. XIV Simpósio de Excelência em Gestão–SEGeT, 2017.

EMBRAPA. Sebo bovino é segunda matéria-prima na produção de biodiesel. Portal Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47881589/sebo-bovino-e-segunda-materia-prima-na-producao-de-biodiesel>. Acesso em: 4 ago. 2024.

EMBRAPA. Agência de Informação Tecnológica: gordura animal. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/materias-primas/gordura-animal#>. Acesso em: 11 jul. 2024.

Encarnação, A.G.; Geração De Biodiesel Pelos Processos De Transesterificação E Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

FLORES TAPIA, Nelly Esther; BRITO MOINA, Hannibal. Exploring Tannery Solid Wastes as a Source of Animal Feed. Processes, v. 11, n. 10, p. 2965, 2023.

GONÇALVES, Idila Rafaela Carvalho; SÍLVIA MARIA ZANINI SEBRÃO, D.; RAJAGOPAL, Sc Prof Krishnaswamy. PROPRIEDADES VOLUMÉTRICAS DAS MISTURAS DE QUEROSENE DE AVIAÇÃO COM BIOQUEROSENE. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Número de informantes, Quantidade e Peso total das carcaças dos bovinos abatidos, no mês e no trimestre, por tipo de rebanho e tipo de inspeção. 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1092>. Acesso em: 25 out. 2024.

LEVY, Gabriel. A inserção do sebo bovino na indústria brasileira do biodiesel: análise sob a ótica da Economia dos Custos de Transação e da Teoria dos Custos de Mensuração. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LOPES, Elaine Martins et al. Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino. 2006.

MOURA, K. R. M.; SILVA, F. C.; BRANDÃO, K. S. R.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M. Estabilidade Térmica do Sebo bovino e do Biodiesel Metílico e Caracterização Físico-Química. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2006.

NG, Kok Siew; FAROOQ, Danial; YANG, Aidong. Global biorenewable development strategies for sustainable aviation fuel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 150, p. 111502, 2021.

PACHECO, José Wagner. Guia técnico ambiental de graxarias. **São Paulo: CETESB**, 2006.

PINTO, Alexandre da Silva Lara. Análise da intensidade de carbono dos biocombustíveis no Brasil. 2023. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://repositorio.fgv.br/server/api/core/bitstreams/42d55e48-52db-4176-9796-bab0bd3b2019/content>. Acesso em: 15 jan. 2025.

REN, Qing-Shan et al. Ensuring the quality of meat in cold chain logistics: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 119, p. 133-151, 2022.

SILVA, Andressa Christine Dutra da. Uma revisão sobre a produção de bioquerosene de aviação a partir de bioetanol via Rota ATJ. 2023.

SOUSA, Fabiana Pereira de. Produção de biodiesel, diesel verde e bioquerosene de aviação via catálise heterogênea. 2016. Tese (Doutorado em Ciências – Química) – Departamento de Química,

Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <http://www.prh46.qui.ufmg.br/acesso restrito/adm/defesa/00009.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2025.

UBRABIO. Sebo bovino representa cerca de 15% na produção de biocombustível no Brasil. 2012. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/2012/01/23/sebo-bovino-representa-cerca-de-15-na-producao-de-biocombustivel-no-brasil/>. Acesso em: 4 ago. 2024.

VARÃO, Leandro Henrique Ribeiro et al. Vantagens e limitações do sebo bovino enquanto matéria-prima para a indústria brasileira de biodiesel. *Holos*, v. 7, p. 39-54, 2017.

VIANA, João Garibaldi Almeida. Evolução da produção ovina no Rio Grande do Sul e Uruguai: Análise comparada do impacto da crise da lã na configuração do setor. 2012.