

PROCESSOS DE OBTENÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE RESÍDUOS DE SEBO BOVINO: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Bruno Cesar Circunvis^a, Beatriz Fernanda Bonfim de Souza^a

^aUniversidade Estadual de Maringá (UEM)

RESUMO

Os combustíveis renováveis possuem algumas vantagens sobre os fósseis, tais como renovabilidade, pronta disponibilidade, portabilidade, menor conteúdo de enxofre e compostos aromáticos, maior eficiência, maior número de cetanos, manuseio mais seguro, e menor custo de produção. A utilização de sebo bovino para a produção de biodiesel é uma boa alternativa para o descarte desse resíduo animal, já que quantidade de resíduos de fábricas de processamento de carne animal tem aumentado consideravelmente e, tais gorduras animais dessas fontes não são adequadas para consumo humano e, portanto, são usados como alimentação de baixo custo para animais ou descartados como um produto residual de baixo custo, auxiliando na solução de descartes ambientais inadequados, além de contribuir para a demanda de energia, evitando competição com óleos comestíveis e óleos vegetais não comestíveis, subprodutos de refinarias de óleo comestível, observa-se um aumento na biodegradabilidade, maior eficiência de combustão, menor emissão de hidrocarbonetos não queimados, monóxido de carbono, sulfatos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, e material particulado e menor teor de enxofre e aromáticos do que o diesel derivado de petróleo.

Palavras-Chave: Biocombustível; Combustíveis Renováveis; Resíduos Industriais.

PROCESSES FOR OBTAINING BIODIESEL FROM BEEF TALLOW

RESIDUES: A BIBLIOGRAPHIC REVIEW

Bruno Cesar Circunvis^a, Beatriz Fernanda Bonfim de Souza^a

^aUniversidade Estadual de Maringá (UEM)

ABSTRACT

Renewable fuels have some advantages over fossil fuels, such as renewability, ready availability, portability, lower sulfur and aromatics content, higher efficiency, higher cetane numbers, safer handling, and lower production cost. The use of beef tallow for the production of biodiesel is a good alternative for the disposal of this animal waste, since the amount of waste from animal meat processing plants has increased considerably and such animal fats from these sources are not suitable for human consumption and , therefore, they are used as low-cost animal feed or discarded as a low-cost waste product, helping to solve inappropriate environmental disposals, in addition to contributing to energy demand, avoiding competition with edible oils and inedible vegetable oils, by-products of edible oil refineries, there is an increase in biodegradability, greater combustion efficiency, lower emission of unburned hydrocarbons, carbon monoxide, sulfates, polycyclic aromatic hydrocarbons, and particulate matter, and lower sulfur and aromatics content than the petroleum-derived diesel.

Keywords: Biofuel; Industrial Waste; Renewable Fuels.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, predomina uma crescente exploração do petróleo para a produção de combustíveis, justamente pela necessidade de expansão tecnologia da sociedade. O crescimento da população, e o aumento no número de automóveis, causa um aumento exagerado na emissão de gases poluentes como hidrocarbonetos não queimados, monóxido de carbono, material particulado e óxidos de nitrogênio, dentre outros que são muito perigosos para o ser humano e o meio ambiente, causadores do efeito estufa, aliados a fatores abióticos e eventos cósmicos, como por exemplo o ciclo solar descrito por Gleissberg em 1958 (MARTINS, *et al.*, 2011; ZUFFO, 2014; SINGH, *et al.*, 2019).

Os combustíveis fósseis são recursos não renováveis, que levam milhões de anos para se formar com reservas limitadas e altos preços. A produção e uso de combustível fóssil em motores com combustão interna causa problemas ambientais, como aumento níveis de dióxido de carbono na atmosfera, aumentando a média temperatura ambiente da Terra (BANKOVIĆ-ILIĆ, *et al.*, 2014).

Desde então, com os atuais hábitos de vida em sociedade, surge a necessidade da busca por fontes alternativas de energia renováveis, tornando-se uma questão indispensável à sustentabilidade, abrangendo aspectos sociais, econômicos e ambientais, relacionados a diminuição das descargas de dióxido de carbono (CO₂) e consequente redução dos gases de efeito estufa (MARTINS, *et al.*, 2011; BANKOVIĆ-ILIĆ, *et al.*, 2014, BARCELLOS & PEREIRA, 2015).

Nesse âmbito, de 2007 a 2030, o nível de CO₂ foi estimado para aumentar em 80%, fazendo com que vários países enfatizem e encorajem o uso de formas alternativas de energias renováveis, em especial, as atreladas ao segmento de transportes, o etanol e o biodiesel. Os combustíveis renováveis possuem algumas vantagens sobre os fósseis, tais como renovabilidade, pronta disponibilidade, portabilidade, menor conteúdo de enxofre e compostos aromáticos, maior eficiência, maior número de cetanos, melhor perfil de

emissão e manuseio mais seguro, e menor custo de produção (BANKOVIĆ-ILIĆ, *et al.*, 2014; BARCELLOS & PEREIRA, 2015; SINGH, *et al.*, 2019).

No Brasil, a produção e uso de etanol é impulsionada na década de 1970, colocando o país entre os principais produtores e consumidores mundiais desse biocombustível. (DELATORRE, *et al.*, 2011; MATINS, *et al.*, 2011; BARCELLOS & PEREIRA, 2015).

Por se tratar de um tema relevante quando tratamos de sustentabilidade e diminuição de emissão de poluentes, o biodiesel possui característica renovável, reduz a demanda por petróleo, reaproveita resíduos que seriam descartados, oferecendo-lhes novos usos a partir do rejeito, já que apenas 1 gota de óleo é o suficiente para poluir 25 litros de água. Ainda este é um ótimo lubrificante e pode aumentar a vida útil do motor. Tem fácil transporte e fácil armazenamento, devido ao seu menor risco de explosão. O uso como combustível proporciona ganho ambiental para todo o planeta, pois colabora para diminuir a poluição e o efeito estufa. Assim, esta revisão foi realizada utilizando as bases de dados do Google Acadêmico, Web of Science e PubMed, além de livros e artigos de diferentes páginas web destacados no tema central, tendo como critério de inclusão inicial artigos em inglês e português publicados nos últimos 10 anos.

2. CARACTERÍSTICAS E PROCESSOS DE OBTENÇÃO DO BIODIESEL

O biodiesel é composto por ésteres alquílicos de ácidos graxos (FAAEs) derivados de fontes renováveis de triglicerídeos de cadeia longa, apresenta alto número de cetanos (o correspondente a octanos na gasolina) e é biodegradável. Tais óleos e gorduras são basicamente triacilgliceróis (TAG) compostos por três ácidos graxos de cadeia longa. Esses triacilgliceróis têm maior viscosidade e, portanto, não podem ser usados como combustível em motores a diesel comuns.

A fim de reduzir a viscosidade, os triacilgliceróis são convertidos em ésteres por reação de transesterificação, desta forma, três moléculas menores de éster e uma molécula de glicerina são obtidas a partir de uma molécula de

gordura ou óleo. A glicerina é removida como subproduto e os ésteres são conhecidos como biodiesel (JÚNIOR, et al., 2012; SOUZA, *et al.*, 2019).

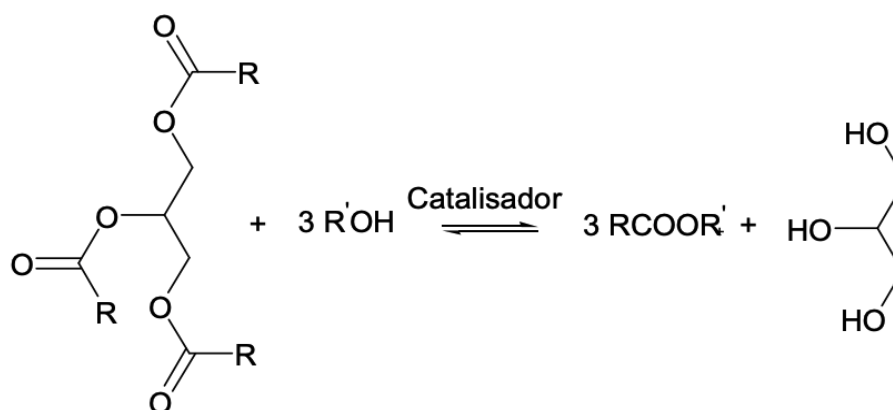


Figura 1. Esquema de reação de transesterificação na produção de Biodiesel.

Em geral, as matérias-primas básicas para a produção de biodiesel podem ser divididas em quatro grupos, óleos vegetais (comestíveis e não comestíveis), gorduras animais, óleos de cozinha usados e algas. Dez países no mundo, incluindo Malásia, Indonésia, Argentina, EUA, Brasil, Holanda, Alemanha, Filipinas, Bélgica e Espanha, coletivamente respondem por mais de 80% da produção total de biodiesel potencial. As principais matérias-primas para a produção de biodiesel em esses países são gorduras animais (20%), óleo de soja (28%), óleo de palma (22%) (BANKOVIĆ-ILIĆ, et al., 2014; BARCELLOS & PEREIRA, 2015).

Resíduos não biodegradáveis, como os resíduos plásticos, também podem ser considerados e processados em biodiesel por meio da adoção do processo de pirólise, e os combustíveis obtidos são caracterizados e testados em motor diesel (RAVIKUMAR, *et al.*, 2021).

Tem-se utilizado óleos de cozinha residuais baratos (WCOs), subprodutos da refinaria de óleo comestível, óleos não comestíveis e resíduos de gorduras animais (WAFs), constituídos de ésteres monoalquílicos buscando melhorar a economia de produção desse produto sustentável e ecologicamente aceitável, já que não são economicamente competitivos com o óleo diesel à base de petróleo, apresentando um preço da matéria-prima entre 70 - 95% do total custo do biodiesel. O tipo de óleo vegetal usado na produção de biodiesel é

determinado pela região, como óleo de soja nos Estados Unidos e Brasil, óleo de palma em Sudeste Asiático e óleo de coco na Tailândia (BANKOVIĆ-ILIĆ, *et al.*, 2014; SINGH, *et al.*, 2019; ZHONG, *et al.*, 2020).

A reciclagem do óleo de fritura não somente tiraria um composto poluente do meio ambiente, mas também permitiria a geração de uma fonte de energia renovável e mais limpa. Por isso, o biodiesel tem se tornado uma promissora alternativa, não apenas por ter sua produção oriunda de oleaginosas, mas principalmente pela possibilidade de reaproveitamento de óleos residuais para obtenção de óleo combustível (SOUZA, *et al.*, 2019).

Rossi, *et al.* (2018), avaliaram a purificação do óleo de soja refinado, quanto para o óleo residual de fritura (com e sem tratamento), realizou-se um tratamento via esterificação. Após realizada a síntese do biodiesel proveniente de cada óleo em estudo, foi realizado o método do periodato para determinar o rendimento do biodiesel e obteve-se um rendimento de aproximadamente 98,45%, 98,10% e 90,77% para o biodiesel proveniente do óleo refinado de óleo residual sem tratamento e do óleo residual tratado, respectivamente.

Souza, *et al.* (2019), avaliaram a ativação térmica da argila residual, na purificação de óleo residual nessa argila recuperada e produzir via transesterificação ácida o biodiesel do óleo residual e do óleo purificado. Foram realizadas análises físicas-aglomeradas após a ativação térmica da argila, obtendo-se resultados de umidade de 1,07%, acidez de 0,16 g ácido oleico.100g⁻¹ e peróxidos 19,01 meq.kg⁻¹. Para os insolúveis em éter não foram buscados valores, além de, por meio da técnica de NIR, ficar nítida a diferença existente entre a argila residual recuperada e a argila virgem. De posse dos resultados, os valores de acidez no óleo purificado e no óleo residual se mantiveram dentro dos padrões estipulados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), concluindo-se que ativar termicamente a argila proveniente do processo industrial com o óleo residual é uma boa alternativa para a sua reutilização, pois contribui para que esse material não seja perdido e possivelmente descartado de forma incorreta, e, ainda, traz vantagens em relação à produção de biocombustível por meio de transesterificação ácida.

Queiroz e Silva., *et al.* (2020) avaliaram a purificação do óleo de fritura empregando inicialmente, os resíduos agrícolas passaram pelo processo de produção dos adsorventes naturais e o sintético, e carvão ativo com a finalidade de remover os ácidos graxos livres presentes no óleo. Após a purificação do óleo, foi realizada a síntese do biodiesel por meio da reação de transesterificação e os parâmetros utilizados para avaliar a produção e qualidade do biodiesel foram Espectroscopia de Infravermelho, análise de Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio, índice de acidez, índice de iodo e rendimento. As técnicas de caracterização mostraram que houve a conversão dos triglicerídeos em ésteres metílicos (biodiesel). Além disso, que houve uma redução no índice de acidez e de iodo do óleo após a purificação com os diferentes adsorventes. E todas as amostras de biodiesel com o óleo purificado, com os bioadsorventes, apresentaram rendimento superior a 80%.

O biodiesel tem características de combustível semelhantes ao diesel e pode ser completamente miscível em qualquer proporção. B20 e B5 (indica a proporção de biodiesel) são as misturas mais comuns e podem ser usadas em motores sem quaisquer modificações. Além disso, biodiesel tem melhor biodegradabilidade, maior eficiência de combustão, menor emissão de hidrocarbonetos não queimados, monóxido de carbono, sulfatos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos nitrados e material particulado e menor teor de enxofre e aromáticos do que o diesel derivado de petróleo (BANKOVIĆ-ILIĆ, *et al.*, 2014; ZHONG, *et al.*, 2020).

Apesar disso, tem-se observado que o desempenho do biodiesel de origem vegetal, em condições de regiões climáticas mais frias, é claramente pior do que o diesel de petróleo, em função de compostos insolúveis (brassicasteril-glicosídeo, estmasteril-glicosídeo, campesteril-glicosídeo e sitosteril-glicosídeo), que podem se formar, acarretando assim, depósitos destes compostos nos filtros de combustíveis e bicos injetores, causando entupimento, turvação, alta viscosidade, aumento na emissão de óxidos de

nitrogênio, menor volatilidade, menor conteúdo de energia e características de pulverização e outros problemas de desempenho em motores de veículos, evidenciando que, a natureza do precipitado em biodiesel está relacionada ao tipo e pré-tratamento da matéria-prima e à tecnologia de produção do biodiesel (JÚNIOR, *et al.*, 2012; SINGH, *et al.*, 2019).

Outra desvantagem de utilizar óleos de cozinha para a produção de biodiesel, é afetar diretamente a cadeia alimentícia, influenciando a escassez de óleo de cozinha e contribuindo para a inflação econômica. Além disso, usando óleos vegetais como fonte de produção de biodiesel podem representar alguns desafios, como compras, custo, transporte e armazenamento de matéria-prima, o que inibe o uso de óleos vegetais frescos (RAVIKUMAR, *et al.*, 2021).

A experiência brasileira com o Biodiesel é recente, iniciado em 2005, no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) tem por objetivo implantar a produção e o uso de biodiesel no Brasil de forma sustentável, promovendo a inclusão social, garantindo preços competitivos, qualidade, suprimento e produção, a partir de diferentes fontes oleaginosas em regiões diversas (MARTINS, *et al.*, 2011., DELATORRE, *et al.*, 2011).

Neste cenário, as pesquisas em biocombustíveis cresceram mundialmente e o Brasil apresenta-se como um dos grandes produtores, justificado por sua grande extensão territorial e, principalmente, pelo clima favorável (BARCELLOS & PEREIRA, 2015).

Segundo a Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o Brasil é um dos maiores produtores consumidores de biodiesel do mundo, produzindo, em 2012, cerca de 2,71 milhões de m³ de biodiesel .

Como já mencionado outrora, a soja é a principal matéria-prima usada para a produção de biodiesel no Brasil, com 69,24% de participação, e o sebo bovino vem em seguida com 26,18% de participação, sendo a segunda matéria-prima mais usada no Brasil para a produção de biodiesel (ANP, 2022).

O biodiesel é geralmente obtido por transesterificação de triglicerídeos com álcoois, incluindo metanol, etanol, propanol, etc. Entre estes álcoois, o metanol é o mais utilizado devido ao seu baixo custo. A transesterificação é um

processo que consiste em usar um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador (hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio) para quebrar quimicamente a molécula do óleo natural em ésteres metílicos ou etílicos, obtendo como subproduto o glicerol (DELATORRE, *et al.*, 2011; BARCELLOS & PEREIRA, 2015).

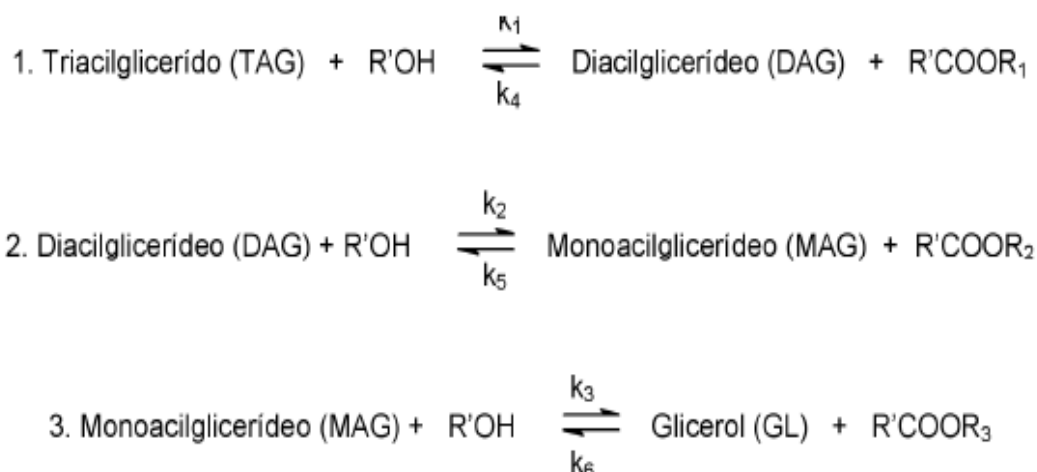


Figura 2. Reação de transesterificação de óleos vegetais com álcool formando ésteres e glicerol (COLLA, *et al.*, 2012).

Uma vez que os catalisadores podem acelerar significativamente a taxa de reação, o foco da pesquisa do biodiesel é direcionado para avaliar o desempenho de diferentes catalisadores e seu impacto nos processos de produção de biodiesel. Os catalisadores mais comumente usados na produção de biodiesel são catalisadores básicos, como KOH, NaOH, que têm atividade catalítica robusta, tempos de reação curtos e alta produtividade. No entanto, processos alcalinos exibem algumas desvantagens, como altos requisitos de energia, difícil recuperação do catalisador e do glicerol e poluição do meio ambiente (BANKOVIĆ-ILIĆ, *et al.*, 2014; ZHONG, *et al.*, 2020).

As etapas de produção de biodiesel incluem preparação da matéria-prima, reação de transesterificação, separação de fases, recuperação do álcool da glicerina e dos ésteres, desidratação do álcool, purificação dos ésteres e destilação da glicerina, como observado na Figura 3 abaixo.

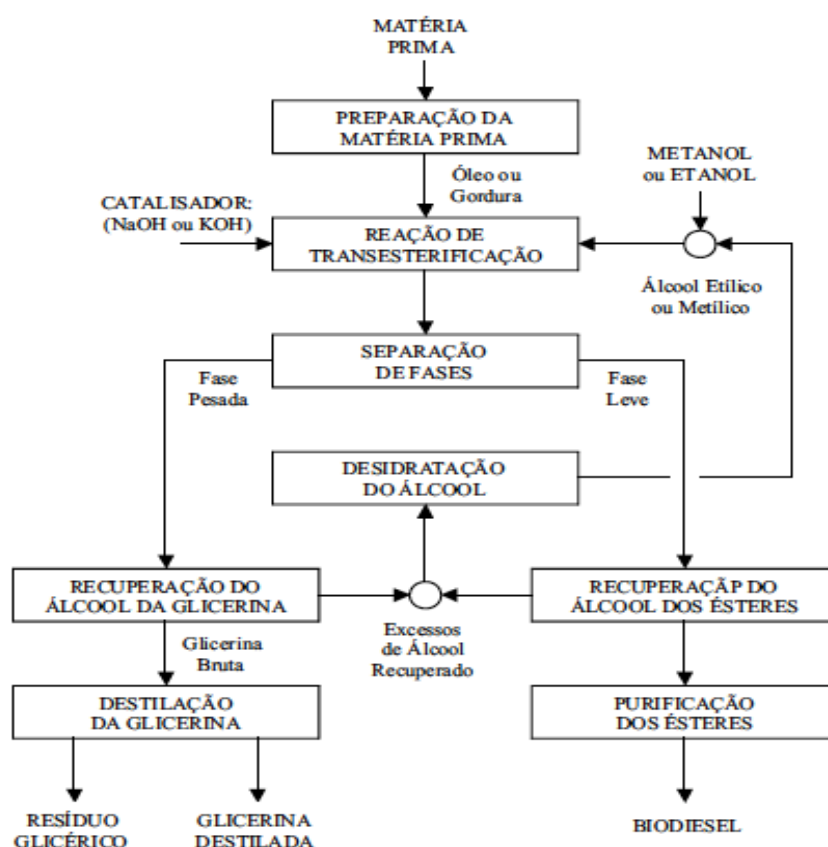


Figura 3. Etapas de produção do biodiesel (ENCARNAÇÃO, 2008).

Parte importante do processo de obtenção de biodiesel, é a matéria-prima utilizada. Segundo Hamza, *et al.* (2020), o teor de ácido graxo livre presente nos óleos interfere diretamente na produção do biodiesel, porque o FFA reage com o álcali e causa saponificação e emulsificação que diminui o rendimento e torna o processo de separação mais difícil.

2.1 TRANSESTERIFICAÇÃO ENZIMÁTICA

Nos últimos anos, a transesterificação enzimática usando lipase tem atraído o interesse de pesquisadores para a produção de biodiesel. As lipases são hidrolases que atuam na hidrólise dos triglicerídios em diglicerídios, monoglicerídios, ácidos graxos livres e glicerol, atuando em ligações éster do grupo carboxílico, tais como reações de esterificação, interesterificação e transesterificação em meios não aquosos, glicóis e síntese de peptídios. Em

eucarióticos, as lipases estão envolvidas em vários estágios do metabolismo de lipídios, incluindo a digestão, absorção, reconstituição de gorduras e o metabolismo de lipoproteínas. Em plantas, as lipases são encontradas em tecidos de reserva de energia (COLLA, *et al.*, 2012).

A habilidade da lipase (EC 3.1.1.3, triacilglicerol hidrolases) para manter a notável atividade catalítica em meios não aquosos torna possível o uso em produção de biodiesel. Comparado com a catálise química, a produção de lipase apresenta inúmeras vantagens, como alta pureza do produto final, menos ou nenhuma geração de água residual, purificação simples e condições de reação moderadas com menor consumo de energia. Além disso, as lipases são capazes de converter triglicerídeos e ácidos graxos livres (FFA), o que lhes dá a vantagem de poderem ser usadas tanto para matérias-primas de alta qualidade quanto para matérias-primas de baixa qualidade fácil separação de produtos, requisitos mínimos de tratamento de águas residuais, fácil recuperação do glicerol e ausência de reações colaterais, e a baixa temperatura, já que, o ambiente de alta temperatura necessário para a catálise alcalina pode promover a hidrólise de triglicerídeos, produzindo uma grande quantidade de ácidos graxos livres (FFAs) em resíduos de óleo de cozinha, o que causa alguns problemas na produção catalítica alcalina de biodiesel (ZHONG, *et al.*, 2020; PASHA, *et al.*, 2021).

A lipase tem a capacidade de converter FFAs e triglicerídeos em FAAEs (ésteres alquílicos de ácidos graxos), então pode ser usado para produzir biodiesel a partir de matérias-primas com alto teor de FFAs em condições de reação moderadas (ZHONG, *et al.*, 2020; PASHA, *et al.*, 2021).

De acordo com Gog, *et al.* (2012), há uma atenção especial ao uso de lipases como biocatalisadores devido a sua taxa de conversão favorável para purificação de biodiesel. Porém, se comparada aos processos convencionais, os maiores obstáculos são o alto custo das lipases, taxa de reação mais lenta e inativação das enzimas causada pelo metanol e glicerol.

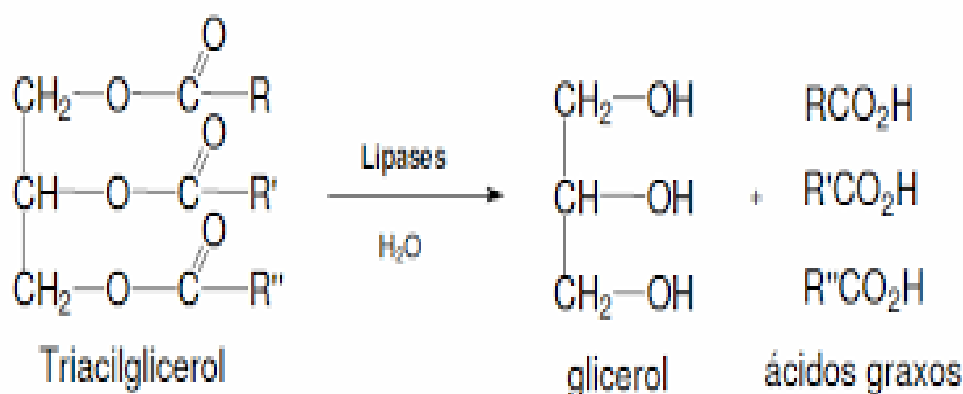


Figura 4. Esquema geral da transesterificação de TAG enzimática via lipase para produção de biodiesel (FEDDERN, *et al.*, 2011).

Mais de 60 espécies de microrganismos podem produzir lipases, como *Aspergillus oryzae*, *Rhizopus oryzae*, *Thermomyces lanuginosus*, *Candida antarctica*, *Pseudomonas cepacia*, entre outros. As lipases de bactérias e fungos são as mais comumente usadas para transesterificação. No geral, as melhores enzimas são capazes de atingir conversões acima de 90% e temperaturas que variam de 30 a 50°C, já o tempo de reação pode variar de 8 a 90 horas. Portanto, a origem da lipase, a atividade de água ideal, a temperatura de reação e a escolha das relações molares de álcool para óleo influenciam o rendimento máximo de biodiesel (NARWAL & GUPTA, 2013).

As baixas temperaturas podem inativar a enzima, enquanto que a alta temperatura pode causar desnaturação de sua estrutura molecular. Assim como o pH e o conteúdo de água ideal são necessários para manter a atividade e estrutura da enzima. O conteúdo de água precisa ser controlado em virtude de o excesso de água causará reação de hidrólise sendo mais favorecida do que a transesterificação, reduzindo assim o rendimento (SU & WEI, 2008).

A obtenção de biodiesel via rota enzimática costuma demandar mais tempo, embora uma alta quantidade de lipase seja capaz de encurtar a reação, não é aconselhável pois a enzima tem elevado custo. Então, uma quantidade moderada de lipase seria ideal para produzir uma boa conversão com custo menor. Vários testes foram feitos no sentido de diminuir o período de reação

enzimática incluindo pré-tratamento com lipase e adição de solvente (NORJANNAH *et al.*, 2016).

A comunidade de pesquisa está continuamente desenvolvendo muitas soluções para aumentar a produtividade do biocatalisador e reduzir o custo da enzima. Entre essas soluções, a recuperação de enzimas e seu uso em vários lotes, juntamente com novas técnicas de preparação de enzimas baratas e métodos de produção de biodiesel foram estudados extensivamente na literatura. Imobilização enzimática, imobilização de células inteiras, lipases livres, métodos em duas etapas e lipases combinadas são alguns dos métodos potenciais de síntese de biodiesel utilizados com o objetivo de aumentar a produtividade e reduzir custos com tempo de reação otimizado (PASHA, *et al.*, 2021).

3. SEBO BOVINO COMO MATÉRIA – PRIMA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Nos últimos anos, a produção de carne aumentou significativamente, atingindo 237,7 milhões de toneladas em 2010, das quais 42,7%, 33,4%, 23,9% corresponde a respectivamente suínos, aves e bovinos. Consequentemente, uma quantidade maior de resíduos de fábricas de processamento de animais tem sido gerada em países com produção pecuária. Trata-se de uma matéria-prima muito utilizada pela indústria de sabões. Além disso, é empregado na produção de cosméticos, tintas e vernizes, limpeza e higiene, fabricação de rações animais, dentre outras (LEVY, 2011).

Dentro dos resíduos agroindustriais, as fontes de lipídios podem ser usadas como matéria-prima ao abastecimento de biodiesel, auxiliando na solução de descartes ambientais inadequados, além de contribuindo para a demanda de energia. (FEDDERN, *et al.*, 2011).

O sebo bovino é um produto obtido a partir de resíduos de tecidos bovinos (Figura 5), após o processo de cozimento das vísceras e ossos obtidos após o abate do animal, além de partes não comestíveis ou condenadas, de resíduos gordurosos presentes na água usada para lavar os cortes ao longo da linha de

processamento e a consequente separação da gordura presente nestes compostos. A retirada da gordura pode ser feita processos em digestores de batelada contínuos, extração de gordura por prensas, centrífuga ou pelo método de extração de solventes orgânicos (VARÃO, *et al.*, 2017).

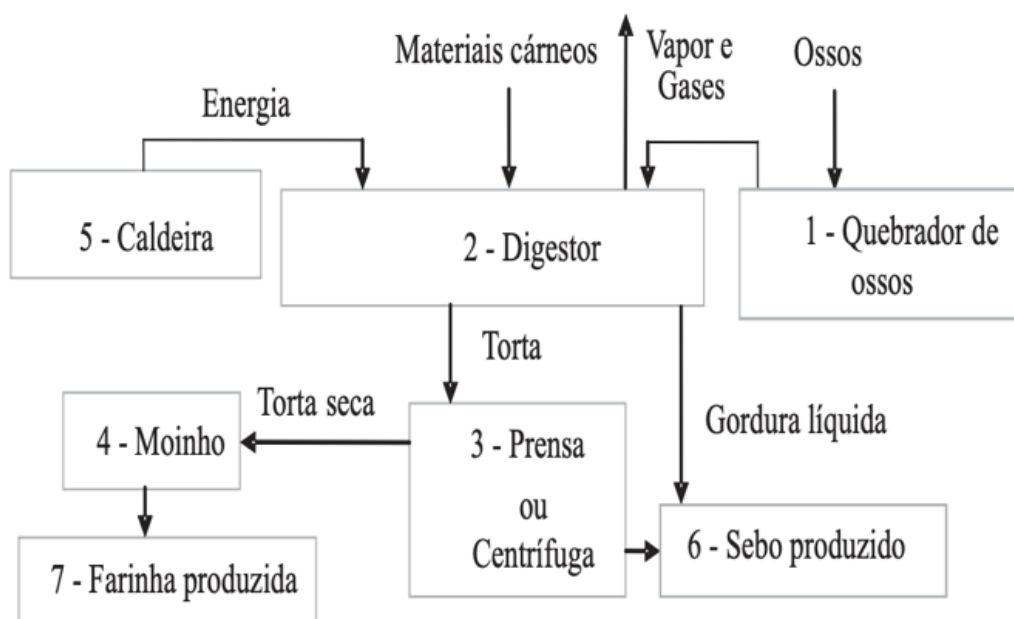


Figura 5. Fluxograma de produção do sebo bovino (REBOUÇAS, *et al.*, 2010).

Para evitar competição com óleos comestíveis e óleos vegetais não comestíveis, como óleo de *Jatropha curcas*, subprodutos de refinarias de óleo comestível, resíduos de gorduras animais têm sido considerado um recurso barato, e previsto para melhorar a economia de produção de biodiesel, já que tais gorduras animais dessas fontes não são adequadas para consumo humano e, portanto, são usados como alimentação de baixo custo para animais ou descartados como um produto residual (GANDURE, *et al.*, 2017).

O sebo residual, como as gorduras de frango e carneiro, são matérias-primas potencialmente sustentáveis e de baixo custo para a produção de biodiesel. Dentre a biomassa animal, o sebo bovino se destaca como a segunda matéria-prima mais utilizada para a produção de biodiesel no Brasil. A cadeia

produtiva da carne bovina é uma das mais importantes e organizadas cadeias do agronegócio brasileiro, com alta escala de produção, cobertura geográfica e baixa sazonalidade. Além disso, a utilização de sebo bovino para a produção de biodiesel é outra alternativa para o descarte desse resíduo animal, considerado um potencial poluidor, não entrando na discussão sobre alimento X combustível (BANKOVIĆ-ILIĆ, 2014).

O sebo bovino é a matéria-prima mais economicamente viável para o processo de fabricação de biodiesel, devido ao seu baixo custo final, e ainda as gorduras animais têm melhor desempenho na produção de biodiesel do que outros substratos usados para obtenção de biodiesel, porque eles possuem uma ampla gama de ácidos graxos saturados que podem ser processados facilmente. Outra vantagem é que o biodiesel derivado de gorduras animais possui alto índice de cetanos, levando a um melhor desempenho do motor diesel e redução de emissões (URIBE, *et al.*, 2014; GANDURE, *et al.*, 2017; RAVIKUMAR, *et al.*, 2021).

Em relação à conversão dessa matéria-prima em óleo, 01 quilograma de sebo resulta em 01 quilograma de óleo. Comparativamente, 01 quilograma de soja gera 170 gramas de óleo. A produção de biodiesel a partir de um sebo bovino de boa qualidade deve possuir um aproveitamento de aproximadamente 93% da reação (LEVY, 2011; VARÃO, 2017).

Sander *et al.* (2018), avaliaram a síntese de biodiesel a partir de resíduos de gorduras animais: sebo bovino, banha, gordura de frango e ganso, por meio de transesterificação química catalisada por catalisador alcalino. A extração líquido-líquido com solvente eutético profundo previamente preparado cloreto de colina/etilenoglicol (razão molar 1:2,5) foi selecionado como método de purificação. O biodiesel foi sintetizado com sucesso, e caracterizado em suas propriedades com a especificação padrão. por meio de transesterificação química usando metanol e hidróxido de sódio. A razão mássica ótima solvente/biodiesel foi definida com base na eficiência de extração obtida em diferentes razões mássicas. Solvente eutético profundo, cloreto de colina/etilenoglicol (razão molar 1:2,5) é muito eficiente para extração de

glicerol livre, especialmente em temperatura elevada, sendo removido pelo solvente selecionado.

Fard, *et al.* (2019), investigaram a produção de biodiesel com qualidade padrão a partir de sebo bovino, utilizando catalisador de óxido de bário. Os resultados dos experimentos mostraram que as condições otimizadas para a produção de biodiesel são 1:16 para a razão molar óleo/metanol, 4% para a porcentagem em peso do catalisador, 50°C para a temperatura de reação e 5 h para o tempo de reação, que rendeu 94,95% de rendimento percentual de produção (repetição de 3 vezes). Os resultados da análise FTIR no catalisador determinaram as vibrações relacionadas às ligações Ba-O e aprovaram a pureza do catalisador aplicado. Os estudos de ponto de chama mostram que há um leve traço de metanol na amostra produzida, devido ao alto ponto de chama e todo o metanol foi consumido durante o processo de síntese, portanto está na faixa do valor padrão ASTM. Além disso, as evidências deste estudo sugerem que a viscosidade da amostra de biodiesel estava de acordo com as condições padrão.

Erdogan, *et al.* (2020), avaliaram o desempenho, emissões de gases de escape e combustão de um gerador a diesel abastecido com dois tipos de biodiesel diferentes e suas misturas. Nos experimentos, biodiesel de gordura animal (AFB) obtido a partir de medula óssea bovina, biodiesel de óleo vegetal (VOB) derivado da mistura de óleo de cartamo/canola e diesel de ultrabaixo teor de enxofre (ULSD) foram utilizados como puros. Além disso, 50% em volume de AFB foi misturado com ULSD (AFB50), e 50% em volume de VOB foi misturado com ULSD (VOB50). Todos os testes do motor foram conduzidos a uma velocidade constante do motor de 1500 rpm para três diferentes cargas de gerador a diesel (3,6, 7,2 e 10,8 kW). De acordo com os resultados, quando o AFB e sua mistura foram usados como combustível em um gerador a diesel, determinou-se que os valores de pressão do gás do cilindro (CP) e taxa de liberação de calor líquido (HRR) foram maiores e aumentaram mais cedo em todas as cargas em comparação com VOB e ULSD. Além disso, os valores da temperatura média dos gases (MGT) e da temperatura dos gases de escape

(EGT) foram aumentados com o uso do AFB em comparação com outros combustíveis de teste, enquanto a eficiência térmica (TE), monóxido de carbono (CO) e emissão de hidrocarbonetos (HC) diminuído em geral. A emissão de dióxido de carbono (CO₂) também foi maior que ULSD, mas permaneceu menor que VOB. A emissão de óxido de nitrogênio (NO_x) mostrou uma mudança semelhante em todos os tipos de combustível.

4. CONCLUSÃO

O sebo como matéria-prima detém grande potencial produtivo para a cadeia produtiva do biodiesel, especialmente por se tratar de uma matéria-prima obtida como subproduto de baixo custo, e com grande disponibilidade, da qual se obtém um biodiesel de qualidade com boas vantagens energéticas em comparação com o biodiesel de origem vegetal.

A utilização de sebo bovino para a produção de biodiesel é uma boa alternativa para o descarte desse resíduo animal, já que quantidade de resíduos de fábricas de processamento de carne animal tem aumentado consideravelmente e, tais gorduras animais dessas fontes não são adequadas para consumo humano e, portanto, são usados como alimentação de baixo custo para animais ou descartados como um produto residual de baixo custo, auxiliando na solução de descartes ambientais inadequados, além de contribuir para a demanda de energia, evitando competição com óleos comestíveis e óleos vegetais não comestíveis, subprodutos de refinarias de óleo comestível.

Gorduras animais têm melhor desempenho na produção de biodiesel do que outros substratos que são usados para obtenção de biodiesel porque eles possuem uma ampla gama de ácidos graxos saturados que podem ser processados facilmente. Outra vantagem é que o biodiesel derivado de gorduras animais possui altos índices de cetanos, levando a um melhor desempenho do motor a diesel e redução emissões de gases nocivos ao ambiente.

Entretanto, alguns problemas necessitam ser superados, como a carência de um mercado organizado e a falta de normas técnicas que regulamentem a

sua produção e possibilitem a formação de um padrão de qualidade de parâmetros adequadamente controlados, afim de obter-se uma maior eficiência na produção como acidez, umidade, compostos insolúveis e insaponificáveis, de modo que possibilite a indústria de biodiesel adquirir matéria-prima de boa qualidade, evitando consequentemente a elevação nos custos de produção e ainda a obtenção de biocombustível fora dos padrões exigidos pela legislação.

5. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP - Portal ANP. (2022). Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?id=472>.
- BANKOVIĆ-ILIĆ, I. B., STOJKOVIĆ, I. J., STAMENKOVIC, O. S., VELIJKOVIC, V. B., & HUNG, Y. T. (2014). Waste Animal Fats as Feedstocks for Biodiesel Production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 32, pp. 238 – 254.
- BARCELLOS, L. S. & PEREIRA, R. G. (2012). Biodiesel de sebo bovino: Um estudo bibliométrico. *Sistemas & Gestão*, vol.10, pp 82 – 95.
- COLLA, L. M., REINEHR, C. O., & COSTA, J. A. V. (2012). Aplicações e produção de lipases microbianas. *Revista CIATEC – UPF*, vol.4 (2), pp.1 – 14.
- DELATORRE, A. B., RODRIGUES, P. M., AGUIAR, C. J., ANDRADE, V. V. V., & PEREZ, V. H. (2011). Produção de Biodiesel: Considerações sobre as diferentes matérias-primas e rotas tecnológicas de processos. *Perspectivas Online: Ciências Biológicas e da saúde*. vol.1, n.1.
- ENCARNAÇÃO, A. G. (2008). 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.
- ERDOGAN, S., BALKI, M. K., AYDIN, S., & SAYIN, C. (2020). Performance, emission and combustion characteristic assessment of biodiesels derived from beef bone marrow in a diesel generator. *Energy*, vol.207, 118300, pp. 1 – 11.

- FARD, R. G. Z., JAFARI, D., PALIZIAN, M., & ESFANDYARI, M. (2019). Biodiesel production from beef tallow using the barium oxide catalyst. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, vol.128, pp. 723 – 738.
- FEDDERN, V., JUNIOR, C. A., PRÁ, M. C., ABREU, P. G., SANTOS FILHO, J. I., HIGARASHI, M. M., SULENTA, M., & COLDEBELLA, A. (2011). Animal fat wastes for biodiesel production. In: STOYTCHIEVA, M.; MONTERO, G. (Ed.). *Biodiesel: feedstocks and processing technologies*. Rijeka: Intech Open, pp. 45 – 70.
- GANDURE, J., KETLOGETSWE, C., & JONAS, M. (2017). Production, composition and fuel properties of tallow Biodiesel: A Case of Botswana. *Energy and Power Engineering*, vol.9, pp. 355 – 365.
- HAMZA, M., AYOUB, M., & SHAMSUDDIN, R. B. (2020). A review on the waste biomass derived catalysts for biodiesel production. *Environmental Technology & Innovation*, vol.21, 101200, pp. 1 – 53.
- JÚNIOR, V. J. F., ARAUJO, A. S., VINHADO, F. S., & PIVESSO, P. R. (2012). CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO FORMADO EM BIODIESEL DE SEBO BOVINO. *Química Nova*, vol. 35, n. 10, pp. 1901 – 1906.
- LEVY, G. (2011). A inserção do sebo bovino na indústria brasileira de biodiesel: análise sob a ótica da economia dos custos de mensuração. *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.
- MARTINS, R., NACHILUK, K., BUENO, C. R. F., & FREITAS, S. M. (2011). O Biodiesel de sebo bovino no Brasil. *Informações Econômicas*, SP, vol. 41, n.5.
- NARWAL, S. K. & GUPTA, R. (2013). Biodiesel production by transesterification using immobilized lipase. *Biotechnology Lett*, vol.35, pp. 479 – 490.
- NORJANNAH, B., ONG, H. C., MASJUKI, H. H., CHING, J. J., & CHONG, W. T. (2016). Enzymatic transesterification for biodiesel production: A comprehensive review. *RSC Advances*, vol.6, 60034, pp. 60034 – 60055.
- PASHA, M. K., DAI, L., LIU, D., DU, W., & GUO, M. (2021). Biodiesel production with enzymatic technology: progress and perspectives. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, vol.15, n.5.

- QUEIROZ E SILVA, T., ROCHA, B. G., & CALAND, L. B. (2020). Purificação de óleo de fritura com adsorventes naturais para a produção de Biodiesel. *Revista Ciências Exatas e Tecnologia*, vol.15, n.15, pp. 80 – 87.
- RAVIKUMAR, R., KIRAN, K., HARISH, M., GURUMOORTHY, S., HEBBAR, S., & DIVAKARASHETTY, A. S. (2021). A comparative analysis of Biodiesel properties derived from Meat Stall Wastes through optimized parameters. IOP Conf. Series: *Materials Science and Engineering*, n.1065, pp. 1 – 11.
- REBOUÇAS, A. S., ZANINI, A., KIPERSTOK, A., PEPE, I. M., & EMBIRUÇU, M. (2010). Contexto Ambiental e aspectos tecnológicos das graxarias no Brasil para a inserção do pequeno produtor na indústria da carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol.39, pp. 499 – 509.
- ROSSI, G. Z., BORGES, I. R., PEREGO, T. F., TOLEDO, V. D. M., & FERREIRA, L. F. P. (2018). Technical analysis of Biodiesel production from residual fry oil. *The Journal of Engineering and Exact Sciences, JCEC*, vol. 04, n. 01.
- SANDER, A., KOSCK, M. A., KOSIR, D., MILOSAVLJEVIC, N., VUKOVIC, J. P., & MAGIC, L. (2018). The influence of animal fat type and purification conditions on biodiesel quality. *Renewable Energy*, vol.118, pp. 752 – 760.
- SINGH, D., SHARMA, D., SONI, S. L., SHARMA, S., SHARMA, P. K., & JHALANI, A. (2019). A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. *Fuel*, vol.262.
- SOUZA, B. F. B., BAQUETA, M. R., CIRCUNVIS, B. C., MARÇO, P. H., & TANAMATI, A. A. C. (2019). Utilização de argila residual recuperada como meio adsorvente de óleo de fritura para produção de Biodiesel. *Evidência*, Joaçaba vol.19, n.2, pp. 203 – 224.
- SU, E. & WEI, D. (2008). Improviment in lipase-catalyzed methanolysis of triacylglycerols for biodiesel production using a solvent engineering method. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, vol.55, pp. 118 – 125.
- URIBE, R. A. M., ABERCONI, C. H., & TAVAREZ, B. A. (2014). Produção de Biodiesel a partir do sebo bovino: Viabilidade econômica e métodos de produção. *X Congresso nacional de excelência em gestão*.

VARÃO, L. H. R., ZAMORA, H. D. Z., & PASQUINI, D. (2017). Vantagens e limitações do sebo bovino enquanto matéria – prima para a indústria brasileira de Biodiesel. *Holos*, vol.07, n.33, pp. 39 – 54.

ZHONG, L., FENG, Y., WANG, G., WANG, Z., BILAL, M., LV, H., JIA, S., & CUI, J. (2020). Production and use of immobilized lipases in/on nanomaterials: A review from the waste to biodiesel production. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol.152, pp. 207 – 222.

ZUFFO, A. C. (2015). O Sol, o motor das variabilidades climáticas. *Revista DAE*. vol. 63, n.198, pp. 6 – 24.