UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA

VITOR MARIANO CORDEIRO

# ANÁLISE DE MATÉRIAS-PRIMAS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

Feira de Santana

2020

VITOR MARIANO CORDEIRO

# ANÁLISE DE MATÉRIAS-PRIMAS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso da Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana, como requisito para Obtenção do título em Engenharia Química.

Orientador: Vanessa Gomes Matos

Feira de Santana

2020

VITOR MARIANO CORDEIRO

# ANÁLISE DE MATÉRIAS-PRIMAS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso da Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana, como requisito para Obtenção do título em Engenharia Química.

Aprovado em:_____/_____/_____

BANCA EXAMINADORA

_____

Vanessa Gomes Matos
UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA
Nota atribuída _____

_____

Professor Ricardo Mota
UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA
Nota atribuída _____

_____

Professor Anderson Carneiro
UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA
Nota atribuída _____

Dedico este trabalho a meus pais, fonte de meus conhecimentos e saber. Graças a eles, tornei-me uma pessoa capaz de lutar para que meus sonhos e objetivos fossem sempre alcançados, sem jamais desanimar. Considero-me forte porque eles me ensinaram a ser forte.

**AGRADECIMENTOS**

A meus pais e avós, pelo incentivo, apoio e amor.

A Milena pelo apoio em todos os desafios enfrentados no curso.

A esta instituição e o corpo docente que foram de suma importância em minha formação.

A minha orientadora, pela contribuição em meu trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação.

“Não podemos prever o futuro, mas podemos criá-lo.” (Peter Drucker)

**RESUMO**

O presente trabalho versa sobre a análise dos insumos na produção do biodiesel no Brasil. Desde 1950, há uma tentativa de utilização de óleos vegetais como combustível substituto ao diesel derivado do petróleo, no entanto, a sua efetivação ainda hoje enfrenta uma série de desafios. Já no século XXI, as questões ambientais, dentre elas a sustentabilidade dos sistemas energéticos, ganharam relevância e, no Brasil, desde 2005 existem empresas aptas a produzir o Biodiesel. No entanto, diversos são os entraves que permeiam a sua produção, inclusive, fatores econômicos. O estudo demonstra a necessidade de buscar vias alternativas ao diesel em virtude dos impactos ambientais causados por seu uso em larga escala. Para isso, analisa diversos insumos: soja, gordura animal, algodão, mamona, girassol e dendê na produção do biodiesel, demonstrando e sintetizando em tabelas suas vantagens e desvantagens.

Palavras-chave: Biodiesel, combustível, sustentabilidade, matéria-prima, produção.

**ABSTRACT**

*The present work deals with the challenges inherent to the production of biodiesel in Brazil. Since 1950, there has been an attempt to use vegetable oils as a substitute fuel for diesel derived from petroleum, however, its effectiveness still faces a series of challenges today. In the 21st century, environmental issues, including the sustainability of energy systems, gained relevance and, in Brazil, since 2005 there are companies able to produce Biodiesel. However, there are several obstacles that permeate its production, including economic factors. This paper demonstrates the need to seek alternative routes to diesel due to the environmental impacts caused by its large-scale use. It analyzes several raw materials as: soy, animal fat, cotton, castor, sunflower and palm in the production of biodiesel, demonstrating and summarizing in tables its advantages and disadvantages.*

Keywords: Biodiesel, fuel, sustainability, production, raw material.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES


Figura 1 – Padrões Biodiesel . . . . . 17
Figura 2 – Roteiro básico de obtenção de Biodiesel . . . . . 18
Figura 3 – Reação Geral de Transesterificação . . . . . 19
Figura 4 – Reação de Transesterificação . . . . . 19
Figura 5 – Etapa Inicial - Craqueamento . . . . . 22
Figura 6 – Craqueamento Secundário . . . . . 23
Figura 7 – Processo HBio . . . . . 24
Figura 8 – Matéria-Prima Biodiesel - Outubro de 2016 . . . . . 28
Figura 9 – Expansão das áreas com lavouras de soja no Brasil por microrregião . . . . 29
Figura 10 – Histórico da Produção, área plantada e produtividade da soja no Brasil 2005 a 2015 . . . . . 30
Figura 11 – Comparativo Soja . . . . . 37
Figura 12 – Comparativo Gordura Animal . . . . . 38
Figura 13 – Comparativo Algodão . . . . . 38
Figura 14 – Comparativo Girassol . . . . . 38
Figura 15 – Comparativo Mamona . . . . . 38
Figura 16 – Comparativo Dendê . . . . . 38

SUMÁRIO


**1 INTRODUÇÃO . . . . . 10**

**2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . . 14**

2.1 Análise histórica do uso do Diesel . . . . . 14

**2.1.1 Biodiesel** . . . . . 15

**2.1.2 Processo de Produção do Biodiesel** . . . . . 16

**2.1.3 Transesterificação** . . . . . 18

2.1.3.1 Preparação da matéria prima . . . . . 19

2.1.3.2 A Reação . . . . . 19

2.1.3.3 Separação de Fases . . . . . 20

2.1.3.4 Etapas Posteriores . . . . . 21

**2.1.4 Craqueamento** . . . . . 21

2.1.4.1 Craqueamento Térmico . . . . . 22

2.1.4.1.1 Etapa inicial / craqueamento primário . . . . . 22

2.1.4.1.2 Segunda etapas / Craqueamento secundário . . . . . 22

2.1.4.1.3 Craqueamento Catalítico . . . . . 23

2.1.4.2 Hidroesterificação . . . . . 23

2.1.4.3 H-Bio . . . . . 24

**3 METODOLOGIA . . . . . 26**

**4 RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . . 27**

4.1 Soja . . . . . 28

4.2 Gordura Animal . . . . . 31

4.3 Algodão . . . . . 32

4.4 Girassol . . . . . 34

4.5 Dendê . . . . . 34

4.6 Mamona . . . . . 35

4.7 Blendas - Misturas de óleos . . . . . 36

4.8 Comparação entre as matérias-primas . . . . . 37

**5 CONCLUSÃO . . . . . 39**

**REFERÊNCIAS . . . . . 41**

# 1 INTRODUÇÃO

Segundo Galdino *et al.* (2009), os combustíveis fósseis, tais como petróleo, carvão e gás natural, foram gerados no interior da crosta terrestre a partir de resíduos de plantas e animais (“biomassa do passado”). Nesse sentido, acrescenta Carvalho (2008) que o petróleo era utilizado há mais de 4.000 a.C no Oriente Médio. Porém, no final do século XIX que o óleo passou a ser utilizado em larga escala como combustível.

Baird e Cann (2011) afirmam que as reservas globais de petróleo, que levaram cerca de meio bilhão de anos para serem formadas, serão consumidas em aproximadamente 200 anos. Além disso, alguns especialistas sugerem que a produção de óleo global atingirá o pico em algum momento entre os anos de 2005 e 2015. Porém, outros discordam e defendem que isso não ocorrerá até pelo menos 2030. Uma pesquisa realizada em 2006 com geólogos de petróleo revelou que a maioria acreditam que o pico acontecerá entre 2020 e 2040, Com isso, reduzir a poluição ambiental é hoje um objetivo mundial. Todo dia tomamos conhecimento de estudos e notícias indicando os males do efeito estufa, e o uso de combustíveis de origem fóssil tem sido apontado como o principal responsável por isso. Segundo Carvalho (2008) os mais respeitados geólogos do mundo, colocam o pico da produção mundial de petróleo e gás em torno dos próximos 15 a 20 anos, o que significa que a "idade do petróleo"está chegando ao fim. A escassez das reservas de petróleo, somado a preservação ambiental motivaram por uma fonte de energia alternativa. Segundo o Ministério do Meio Ambiente 80% das emissões de dióxido de carbono provém da queima de combustíveis fósseis.

A Comunidade Europeia, os Estados Unidos, Argentina e diversos outros países vêm estimulando a substituição do petróleo por combustíveis de fontes renováveis, incluindo principalmente o biodiesel, diante de sua expressiva capacidade de redução da emissão de diversos gases causadores do efeito estufa, a exemplo do gás carbônico e enxofre. Melhorar as condições ambientais, sobretudo nos grandes centros metropolitanos, também significa evitar gastos dos governos e dos cidadãos no combate aos males da poluição. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020a)

A escassez das reservas de petróleo, somado a preservação ambiental, motivaram a busca por uma fonte de energia alternativa. Os Biocombustíveis aparecem como uma solução viável para diminuir dependência por recursos não renováveis e a redução das emissões de gases de efeito estufa. (SANTOS *et al.*, 2012)

A emissão do Diesel tem sido preocupante. Segundo o Instituto Clima e Sociedade

(2020) a queima de Diesel é a maior fonte de carbono dos transportes. O crescimento desse combustível vem sendo maior que o da gasolina.

O uso de biocombustíveis não é somente uma alternativa economicamente vantajosa, mas também envolve aspectos sociais e ambientais: o biodiesel é biodegradável; é produzido a partir de matérias primas renováveis; não contém enxofre; diminui a emissão de particulados; as emissões de CO2 são quase completamente absorvidas durante o cultivo da oleaginosa; o biodiesel não contém os carcinogênicos existentes no diesel; não é considerado um material perigoso; aumenta a vida útil do motor graças à sua capacidade superior de lubrificação. (PUTTI; LUDWIG; MACINI, 2012)

O biodiesel representa uma alternativa essencial para atender à crescente demanda energética da sociedade de forma sustentável. Esse combustível é uma mistura de alquilésteres de cadeia linear, obtida da transesterificação dos triglicerídeos de óleos e gorduras com álcoois de cadeia curta, esta reação tem como coproduto o glicerol. (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009)

Como combustível, o biodiesel possui características vantajosas em relação aos combustíveis derivados do petróleo, podendo ser citada a condição de ser virtualmente livre de enxofre e de compostos aromáticos; alto número de cetano; teor médio de oxigênio; maior ponto de fulgor; menor emissão de partículas, HC, CO e de CO2; caráter não tóxico e biodegradável, além de ser proveniente de fontes renováveis. (BARBOSA *et al.*, 2008)

O biodiesel tem se revelado como uma alternativa real de substituição do óleo de diesel fóssil. No Brasil, a proposta de substituição de combustível de origem fóssil por combustíveis obtidos a partir de biomassa existe desde 1920. Mas foi a crise do petróleo na década de 70 que motivou o governo federal a criar o Programa Nacional do Álcool – PRÓÁLCOOL, que tornou realidade a substituição da gasolina pelo álcool combustível. Os testes realizados com diferentes proporções de mistura de biodiesel no diesel combustível apresentaram resultados técnicos viáveis. Mas dois fatores paralisaram o avanço do uso comercial do biodiesel no Brasil e no mundo: a redução do preço do petróleo e o elevado custo de produção, em relação ao diesel, entre 2007 e 2008. No entanto, recentemente, problemas ligados à disponibilidade do petróleo com preços acessíveis e aos seus impactos no meio ambiente reavivaram essa discussão em todo o mundo. (OSAKI; BATALHA, 2011)

Dessa forma, os biocombustíveis, definidos segundo a Lei n° 11.097 de 2005 como combustíveis originados de biomassa renovável com condições de substituir totalmente ou parcialmente os combustíveis fósseis, têm sido explorados em larga escala no Brasil, como alternativa para atender a demanda crescente por matrizes energéticas mais sustentáveis, e por isso, cada

vez mais se faz necessária a busca de soluções para os desafios atrelados à indústria dos biocombustíveis, mais especificamente a indústria do etanol, visando potencializar sua produção. (TAVARES, 2019)

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), regulamentou a mistura obrigatória no Brasil de 5% de biodiesel adicionado ao diesel fóssil (B5). Em paralelo a este percentual, a mistura B20 (20% de biodiesel adicionado ao diesel fóssil) já são utilizados em diversos veículos, como os da frota de transporte coletivo de São Paulo e Rio de Janeiro. Atualmente, a regulamentação vigente define a utilização de 12% do biodiesel adicionado ao Diesel. (UBRABIO, 2013).

Segundo a EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2015), ao abastecer sua frota urbana de ônibus com a mistura de 20% de biodiesel no diesel fóssil (B20), os 40 municípios brasileiras com mais de 500 mil habitantes podem diminuir em até 70% as emissões de Dióxido de Carbono causadas pela produção do combustível e ainda cerca de 15% na queima dessa mistura de biodiesel e diesel.

Em 2011, o Brasil era o quarto maior produtor mundial de biodiesel, atrás apenas da Alemanha, Estados Unidos e França, respectivamente o primeiro, segundo e o terceiro colocados. A soja continua sendo a principal matéria-prima utilizada, representando cerca de 77,9% da produção brasileira em março de 2011, seguida do sebo bovino em 16,15%, do óleo de algodão em 3,50% e de outras matérias-primas, que contribuem com apenas 2,45% do total. (RAMOS *et al.*, 2011)

Segundo Biodieselbr (2019), 57% da soja a ser moída em 2020 irá para a produção de biodiesel, um total de 14,25 milhões de toneladas de soja serão esmagadas para produção do biodiesel, uma quantidade superior em 3% ao ano de 2019. O biodiesel abre novos caminhos para a soja no Brasil.

O setor de Biodiesel tem como proposta o aumento gradual da mistura compulsória de biodiesel, tendo em vista a evolução prevista na Lei 13.263/2016, incluindo a prerrogativa de elevação do índice de mistura conferida ao Conselho Nacional de Política Energética – CNPE e na desejável continuidade de evolução gradual da participação do biodiesel na Matriz Energética Brasileira, sem prejudicar os usos facultativos já autorizados. A ampliação da participação do biodiesel na Matriz Energética Brasileira pelo aumento gradual da mistura obrigatória poderá seguir o cronograma mínimo: B7 (2016), B10 (2019), B15 (2025) e B20 (2030). (APROBIO; UBRABIO; ABIOVE, 2016a)

Portanto os novos combustíveis deverão, além de suprir a demanda de consumo, ser um

meio renovável e menos poluente. Justamente, devido a essas questões que o biodiesel poderá ganhar um destaque no cenário nacional brasileiro. Apesar de recente, o biodiesel tem papel importante quanto à substituição, mesmo que parcial, de combustíveis fósseis. São inúmeras as possibilidades de matérias-primas para a produção de biodiesel, mas nem todas são economicamente viáveis. (MANZANO; STRANDMAN, 2008)

No cenário econômico o biodiesel também está em destaque tendo em vista que, a produção de biodiesel do Brasil terminará 2020 com um total de 6,4 bilhões de litros, alta de 8,5% em relação a 2019 e nível recorde para um ano, disse nesta sexta-feira a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. (APROBIO; UBRABIO; ABIOVE, 2016a)

Segundo Daniel Furlan Amaral, economista-chefe da Abiove:

> "Mesmo diante de um cenário de incertezas como o que vivemos em 2020, em meio a uma pandemia que impactou a vida de pessoas e empresas no mundo todo, o Brasil encerrará o ano como o terceiro maior produtor de biodiesel". (REUTERS, 2020)

Assim, diante da importância ambiental, social e econômica que a produção do biodiesel tem para o Brasil, o presente trabalho apresentará os principais desafios atrelados a produção de Biodiesel, como as novas tendências para o processo, abordando diferentes tipos de matérias-primas e rotas de obtenção. Projeções divulgadas em abril de 2016 pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP estimam que se não houver investimentos em expansão da produção nacional de diesel e biodiesel, o país terá necessidade de importar cerca de 24,5 bilhões de litros em 2030 para atender ao consumo para veículos de ciclo diesel. (APROBIO; UBRABIO; ABIOVE, 2016a)

O trabalho tem como objetivo realizar uma revisão dos insumos utilizados pela indústria de Biodiesel no Brasil, buscando também trazer as novas tendências de produção, desde novas matérias primas até as diferentes rotas de obtenção.

Para entender as vantagens e desvantagens no uso dos insumos para obtenção do biodiesel definiu-se os objetivos específicos do trabalho: a) Realizar uma avaliação das matérias primas utilizadas para a produção de Biodiesel; b) Evidenciar rotas alternativas de obtenção de Biodiesel.

# 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 2.1 ANÁLISE HISTÓRICA DO USO DO DIESEL

O primeiro motor inventado por Rudolf Diesel, em 1893, utilizava óleo de amendoim. Na década de 1910, a indústria direcionou trabalhos de desenvolvimento do motor para utilização com diesel, o óleo cru do petróleo. Na época, porém, o petróleo era barato e acabou sendo preferido como combustível para esses motores. Apesar desse fato, na primeira metade do século XX esporadicamente os óleos vegetais puros foram usados nos motores do ciclo diesel, quando ocorreram crises no abastecimento mundial de petróleo, como na época da Segunda Guerra Mundial (GUERRA; FUCHS, 2017a)

Segundo Dabdoub, Bronze e Rampin (2009), a patente *"Procédé de transformation d'huiles végétales em vue de leur utilisation comme carburants"* de 31 de agosto de 1937, foi um marco importante na história dos biocombustíveis líquidos. Essa patente visava a transformação de um óleo vegetal em ésteres metílicos e etílicos de ácidos graxos de cadeia longa para utilização em motores de combustão interna.

O termo biodiesel foi publicado pela primeira vez em um trabalho chinês de 1988, sendo posteriormente utilizado em um artigo de 1991, momento a partir do qual se tornou de uso comum. (RAMOS *et al.*, 2011)

A pesquisa sobre o desenvolvimento dos óleos vegetais como combustível intensificou-se durante as situações de emergência, como na primeira e segunda guerras mundiais ou a crise da energia nos anos 70, quando o suprimento de petróleo foi comprometido. Recentemente, questões ambientais e a preocupação com a seguridade no fornecimento energético renovaram o interesse nos combustíveis alternativos, como etanol, biodiesel e gás natural. (RANESES *et al.*, 1999)

As crises de petróleo incentivaram o desenvolvimento de processos de transformação de óleos e gorduras em derivados com propriedades físico-químicas mais próximas às dos combustíveis fósseis, visando à substituição total ou parcial destes. De fato, o desabastecimento de petróleo no mercado mundial durante a Segunda Guerra Mundial fez com que pesquisadores de diversos países procurassem por alternativas, surgindo, na Bélgica, a ideia de transesterificar óleos vegetais com etanol para produzir um biocombustível conhecido hoje como biodiesel. (SUAREZ *et al.*, 2007)

No Brasil não foi diferente. Durante a década de 1940, aconteceram as primeiras tenta-

tivas de explorar a energia dos óleos, em motores a combustão interna. Artigos sobre estudos do uso dos óleos vegetais de babaçu, óleo de coco e óleo de algodão foram feitos nessa época. Nos anos 1970 e 1980, o governo estabeleceu um programa chamado PRO-ÓLEO, que teve como objetivo realizar uma mistura nos combustíveis Diesel com até 30% de óleo vegetal. Além disso tinha-se a possibilidade de substituição completa, apenas por óleo vegetal. Mas esse programa foi derrubado em 1986 quando o preço do petróleo teve uma queda. (POUSA; SANTOS; SUAREZ, 2007)

No final do século 20 o Governo Federal reiniciou as discussões sobre o uso do Biodiesel. Em 2002, a etanólise de óleos vegetais era considerada uma das principais rotas para um programa de substituição do Diesel fóssil chamado PROBIODIESEL. Esse programa foi apresentado pelo Ministério de Ciências e Tecnologias, sob o decreto nº 702 de 30 de outubro de 2002. (POUSA; SANTOS; SUAREZ, 2007)

Até 2005, a substituição de todo o diesel brasileiro seria feita por B5 (mistura de 5% Biodiesel e 95% diesel) e em 15 anos por B20 (mistura de 20% Biodiesel e 80% diesel). Foi nessa época que o Biodiesel deixou de ser um combustível experimental e se tornou em um relevante combustível na produção industria. (ANP, 2003)

O biodiesel de qualidade deve ser produzido seguindo especificações industriais restritas, como a emitida pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), que foi a portaria nº 255, tal como a lei nº 11.097/2005, que especifica todas as regras de comercialização e produção do biodiesel.

### 2.1.1 Biodiesel

Antes de analisar a importância do Biodiesel, faz-se necessário conceituá-lo. Diversos pesquisadores colaboram com definições para o Biodiesel, dentre eles, Ramos define:

> O biodiesel é definido como um substituto natural e renovável do Diesel de petróleo que pode ser produzido pela alcoólise de óleos vegetais e/ou gorduras animais ou pela esterificação de ácidos graxos, empregando alcoóis monohidroxilados de cadeia curta na presença de um catalisador que pode ser homogêneo, heterogêneo ou enzimático. (RAMOS *et al.*, 2011)

Portanto, entende-se que o biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis que pode ser produzido a partir de gorduras animais e espécies vegetais como soja, palma, girassol, babaçu, amendoim, mamona e pinhão-manso. No Brasil, a soja é a principal matéria-prima utilizada. A gordura animal é a origem de cerca de 20% do biodiesel produ-

zido no país. Algodão e óleo de fritura também são fontes significativas para produção desse biocombustível. (ANP - Agência Nacional do Petróleo, 2020)

De um modo geral, o biodiesel é considerado um derivado mono-alquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, obtido a partir de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal e sua utilização está relacionada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão. (National Biodiesel Board, 1998 apud Costa Neto *et al.*, 2000)

Dentre as características do Biodiesel, destaca-se que é virtualmente livre de enxofre e aromáticos; tem alto número de cetano; possui teor médio de oxigênio em torno de 11%; maior viscosidade e ponto de fulgor que o diesel convencional e, por isso, está diretamente atrelado à atividades agrícolas. (FANGRUI; HANNA, 1999 apud BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008)

No Brasil, a Medida Provisória nº. 214/2004, convertida na Lei nº. 11.097/05, lei contida no Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), é considerada um marco para a escalabilidade da produção do biodiesel, pois implementou a produção e uso do biodiesel obtido de variadas fontes oleaginosas, que promova a inclusão social, garantindo preços competitivos, produto de qualidade e abastecimento. Assim, a lei inaugura o uso de um modelo de energia sustentável no país.

### 2.1.2 Processo de Produção do Biodiesel

O biodiesel é um combustível natural para ser utilizado em motores a diesel. Tem como matérias-primas os óleos vegetais, a gordura animal, óleos e gorduras residuais. O óleo segue para um reator, onde é misturado com álcool (etanol ou metanol) e com uma substância catalisadora que acelera a reação das duas substâncias. Do resultado do processo, é retirada a glicerina, que tem diversas aplicações industriais, e um resíduo chamado de torta, usado para a fabricação de ração animal e de adubo agrícola. Os óleos vegetais puros não estão autorizados a serem utilizados como óleo combustível. O biocombustível resultante dessa separação é lavado e decantado, gerando o produto final.

Segundo a portaria 255 da ANP, o biodiesel é definido como um combustível composto de mono-alquil-ésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais e designado B100. (ANP, 2003) Além da definição dada pela a ANP pode-se apresentar na figura 1 com características físico-químicas determinadas pela ANP.

Existem processos alternativos para produção de biodiesel, tais como o craqueamento, a esterificação ou a transesterificação, que pode ser etílica, mediante o uso do álcool comum (etanol) ou metílica, com o emprego do metanol. Embora a transesterificação metílica seja o

processo mais utilizado, ao Governo não cabe recomendar tecnologias ou rotas tecnológicas, como se diz tecnicamente, porque essas devem ser adaptadas a cada realidade. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020a)

Figura 1 – Padrões Biodiesel

| CARACTERÍSTICA | UNIDADE | Brasil ANP 07/2008 |
|---|---|---|
| Aspecto | --- | Límpido e isento de impurezas |
| Massa específica * | kg/m3 | 850-900 a 20 °C |
| Viscosidade cinemática a 40 °C * | $mm^2/s$ | 3,0-6,0 |
| Água e sedimentos, máx. * | % volume | --- |
| Ponto de fulgor, mín. * | °C | 100 |
| Destilação; 90% vol. recuperados, máx. * | °C | --- |
| Resíduo de carbono dos, máx. * | % massa | Em 100% da amostra 0,050 |
| Cinzas sulfatadas, máx. * | % massa | 0,020 |
| Enxofre total, máx. * | mg/kg | 50 |
| Corrosividade ao cobre, 3 h a 50 °C, máx. * | - | 1 |
| Número de cetanos * | - | Anotar |
| Ponto de entupimento de filtro a frio, máx. * | °C | 19 |
| Ponto de fluidez (*pour point* - PP) * | °C | --- |
| Ponto de nuvem (*cloud point* - CP) * | °C | --- |
| Sódio + Potássio, máx | mg/kg | 5 |
| Cálcio + Magnésio, máx | mg/kg | 5 |
| Fósforo, máx | mg/kg | 10 |
| Contaminação total, máx | mg/kg | 24 |
| Teor de éster , min. | % massa | 96,5 |
| Índice de acidez, máx. | mg KOH/g | 0,50 |
| Glicerina livre, máx. | % massa | 0,02 |
| Glicerina total, máx. | % massa | 0,25 |
| Monoglicerídeos | % massa | Anotar |
| Diglicerídeos | % massa | Anotar |
| Triglicerídeos | % massa | Anotar |
| Metanol ou Etanol, máx. | % massa | 0,20 |
| Índice de iodo | g $I_2$/100 g | Anotar |
| Estabilidade à oxidação a 110 °C, mín | h | 6 |
| Água, máx | mg/kg | 500 |
| Ácido linolênico | % massa | --- |
| Metil ésteres com mais que 4 insaturações | %mass | --- |

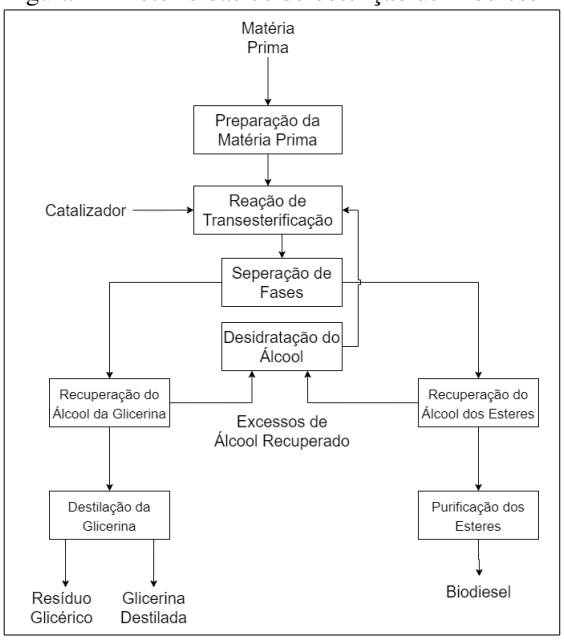
* Parâmetros típicos da normatização do diesel mineral

Fonte: Adaptado de (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009)

A produção de Biodiesel mais comum é utilizando a rota da transesterificação. A principal matéria prima é a soja. O processo é iniciado a partir da escolha de uma matéria-prima,

cada uma tem a preparação específica para o início do processo de Transesterificação. Após esse processo são apresentadas duas fases, que precisam ser separadas, o glicerol e os esteres. Após o processo de separação é comum a etapa de recuperação Álcool presente em cada fase. Assim que o Álcool é recuperado a etapa de purificação dos Ésteres é iniciada a fim da obtenção do Biodiesel puro. O processo segue o roteiro apresentado na figura 2:

Figura 2 – Roteiro básico de obtenção de Biodiesel



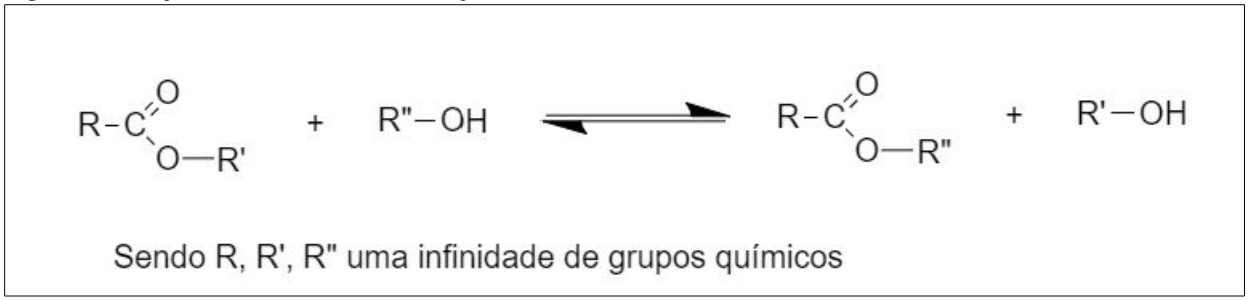

Fonte: Própria, 2020

### 2.1.3 Transesterificação

De acordo com Suarez *et al.* (2007), o biodiesel é considerado uma mistura de monoésteres alquílicos de ácidos graxos (esteres graxos) que podem ser obtidos principalmente por esterificação de ácidos graxos ou por transesterificação de óleos e gorduras (triacilglicerídeos), que costumam ser encontrados em sebo bovino e óleo de soja. A transesterificação, também conhecida como alcoólise, consiste na reação entre um éster e um álcool, com formação de outro éster e outro álcool.

A figura 3 exposta demonstra a reação de transesterificação, uma das possíveis rotas para obtenção do Biodiesel, demonstrando o processo detalhado anteriormente. Diante disso, importa destacar que, como salienta Meneghetti, 2013, p. é amplamente aceito que o mecanismo da reação de transesterificação ocorre em três etapas consecutivas e reversíveis, nas quais são formados os ésteres desejados (biodiesel), e diacilglicerídeos e monoacilglicerídeos como intermediários.

Figura 3 – Reação Geral de Transesterificação




Fonte: Própria, 2020

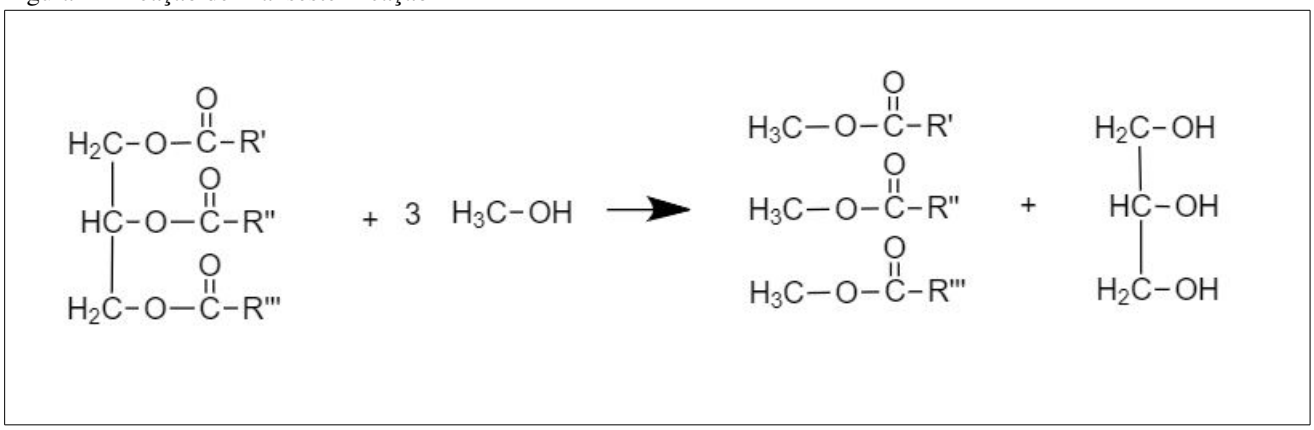
#### 2.1.3.1 Preparação da matéria prima

Os óleos devem ser processados com baixo teor de ácidos graxos livres e umidade de forma evitar a formação de produtos saponificados que diminuem eficiência de conversão. A matéria prima é neutralizada através de uma lavagem com uma solução alcalina de hidróxido de sódio ou de potássio, seguida de uma operação de secagem ou desumidificação. (ENCARNAÇÃO, 2007)

#### 2.1.3.2 A Reação

Na Transesterificação o triglicerídeo reage com um álcool (metanol ou etanol), formando ésteres (metílico ou etílico) com o glicerol. (FELTRE, 2004)

Figura 4 – Reação de Transesterificação




Fonte: Própria, 2020

Pode-se utilizar catalizadores básicos (NaOH ou KOH), ácidos (HCl, H2SO4) ou enzimas (lipases). A reação de transesterificação age de maneira mais rápida com catalisadores alcalinos, além de apresentar menor corrosão dos equipamentos.

Segundo Silveira, 2015 reação reversível é aquela que se desloca nos dois sentidos simultaneamente. Quando eleva-se a quantidade de reagentes a reação direta é fomentada. A rea-

ção de transesterificação é um exemplo de uma reação reversível. Quando o álcool é adicionado em excesso aumenta o rendimento do éster e permite a separação do glicerol formado.

O processo reacional ocorre preferencialmente com os álcoois de baixa massa molecular, como o metanol e o etanol, que são álcoois de cadeia curta, o que traz vantagens como: reação rápida com o triacilglicerideo, fácil dissolução do catalisador alcalino, além de permitir a separação simultânea do glicerol. (BATISTA; MAYNART; SUFFREDINI, 2009)

Entre os dois, o metanol é o mais utilizado devido ao seu baixo custo na maioria dos países e as suas vantagens físicas e químicas como polaridade. A mesma reação usando etanol é mais complexa, pois requer um álcool anidro, bem como um óleo com baixo teor de água para levar à separação do glicerol. (BATISTA; MAYNART; SUFFREDINI, 2009)

Apesar de Metanólise ser uma rota mais efetiva, a etanólise é mais utilizada no Brasil, pois, como explica Pousa, Santos e Suarez (2007), o etanol possui características que demonstram vantagens na produção do Biodiesel no Brasil como a alta capacidade de produção do referido insumo e a sua baixa toxicidade além de ser produzido a partir de fontes renováveis.

Na transesterificação com catalisadores básicos, água e ácidos graxos livres não favorecem a reação. Assim sendo, são necessários triglicerídeos e álcool desidratados para minimizar a produção do sabão. A produção de sabão diminui a quantidade de ésteres e dificulta a separação entre a glicerina e os ésteres (biodiesel). Nos processos que usam óleo in natura, adiciona-se álcali em excesso, para remover todos ácidos graxos livres. (Costa Neto *et al.*, 2000)

A transesterificação industrial ocorre por catálise alcalina gerando inevitavelmente sabões, exigindo invariavelmente matérias-primas semi-refinadas (mais caras). Esse problema afeta o rendimento dessas plantas, bem como a dificuldade de separação biodiesel/glicerina. Para resolver esse problema, a transesterificação faz uso de grandes quantidades de ácidos para quebra de emulsão, o que gera um custo operacional elevado. (TAPANES *et al.*, 2013)

#### 2.1.3.3 Separação de Fases

A separação de fases é uma etapa importante na produção de biodiesel. O processo de isolamento dos produtos pode ser experimentalmente difícil, e pode elevar, substancialmente, os custos de produção. A pureza do biodiesel deve ser alta e o teor de ácidos livres, álcool, glicerina e água devem ser mínimos de modo que a pureza do biodiesel seja maior que 96,5% (KARAOSMANOğLU, 1999)

O produto possui duas fases, uma mais pesada composta por glicerina e a outra é composta por biodiesel. Essas fases são separadas por decantação e/ou por centrifugação. Após a

separação é recuperado o álcool dos produtos formados, para ser reutilizado no processo. (ENCARNAÇÃO, 2007)

Após a transesterificação o produto final é o éster (metílico ou etílico), que segue para o decantador, um vaso horizontal onde a mistura permanece pelo tempo necessário para que as fases de éster e de glicerina se separem devido à diferença de densidade.

#### 2.1.3.4 Etapas Posteriores

Após a separação dos produtos formados, o álcool não será mais utilizado nesse processo, por isso ele é recuperado do biodiesel e da glicerina para ser reutilizado. Depois de recuperado, o álcool contém uma elevada quantidade de água, por isso ele é desidratado por destilação. O biodiesel após a lavagem, também é desumidificado para retirar o restante de catalisador, glicerol e álcool que ainda possam estar no produto.

A glicerina bruta do processo contém impurezas e, se purificada, terá um valor de mercado muito mais favorável. A purificação da glicerina bruta pode ser feita por destilação a vácuo, gerando um produto límpido e transparente. O produto de calda da destilação, ajustável na faixa de 10% a 15% do peso da glicerina bruta, pode ser denominado de "glicerina residual" e ainda encontra possíveis aplicações, como na indústria de tintas, para produção de tintas ou resinas. (LOFRANO, 2008)

Quando a reação de transesterificação for incompleta, ou caso a purificação não seja eficiente, o biodiesel produzido pode ficar contaminado com glicerol, triglicerídeos e álcool. A presença de contaminantes pode ser prejudicial para os motores e para o meio ambiente. Os ésteres deverão ser lavados por centrifugação e, posteriormente, secos. (VIEIRA, 2008)

### 2.1.4 Craqueamento

O craqueamento de óleos vegetais e gorduras animais, em sua forma natural ou transformados usando catalisadores, é considerado uma alternativa para a produção de combustíveis líquidos a partir de fontes renováveis.

O processo de craqueamento consiste na quebra das moléculas do óleo vegetal ou gordura, levando à formação de uma mistura de compostos químicos com propriedades semelhantes às do diesel, gases e gasolina de petróleo, que podem ser usados diretamente em motores convencionais. (TAPANES *et al.*, 2013)

Assim, o craqueamento é uma rota alternativa a já tradicional transesterificação, produzindo um combustível com propriedades muito semelhantes ao do diesel de petróleo, porém

possui um custo de produção muito elevado, tornando-o assim desinteressante. (TAPANES *et al.*, 2013)

2.1.4.1 Craqueamento Térmico

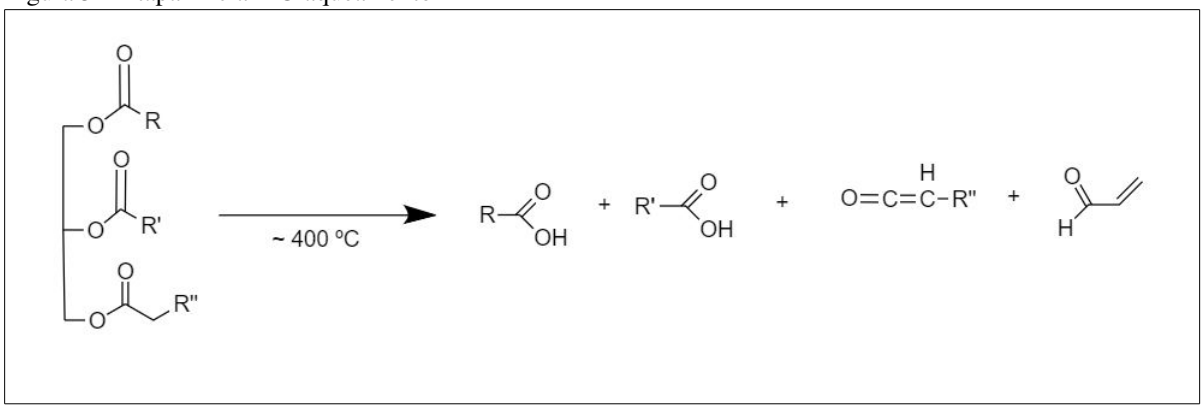
O craqueamento térmico é caracterizado pela quebra dos óleos e gorduras por altas temperaturas e na presença de catalisadores. Quando atingem temperaturas próximas a 400 ºC, as ligações químicas dos triglicerídeos se rompem, formando moléculas menores, com características físico-químicas semelhantes às dos combustíveis fósseis. (JARDINE; DISPATO; PERES, 2009)

O referido processo se divide em duas etapas:

**2.1.4.1.1 Etapa inicial / craqueamento primário**

Ocorre a formação de ácidos carboxílicos, obtidos pelo rompimento de ligações de carbono e oxigênio, entre a parte glicerídea e o resto da cadeia carbônica do triglicerídeo, como demonstrado a seguir:

Figura 5 – Etapa Inicial - Craqueamento



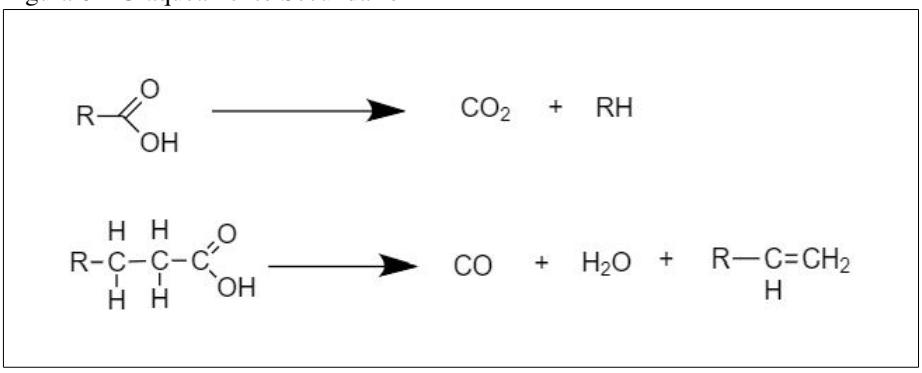

Fonte: Própria, 2020

**2.1.4.1.2 Segunda etapas / Craqueamento secundário**

Acontece a desoxigenação dos ácidos carboxílicos formados na etapa inicial. Esse processo é realizado por duas rotas: a descarboxilação e a descarbonilação, ambos ocorrem simultaneamente durante o processo de pirólise.Assim, na descarboxilação são formados dióxido de carbono e alcanos lineares, enquanto que na descarbonilação formam-se monóxido de carbono, água e alcenos terminais. Salienta-se que, o uso de catalisadores pode favorecer uma determinada rota do craqueamento secundário. (BARROS, 2009)

As reações a seguir demonstra as rotas para a degradação dos ácidos formados no craqueamento primário:

Figura 6 – Craqueamento Secundário




Fonte: Própria, 2020

#### 2.1.4.1.3 Craqueamento Catalítico

É caracterizado pela presença de catalisadores, podendo proporcionar um melhor controle dos produtos obtidos, favorecendo determinadas rotas reacionais e consequentemente alterando a composição final dos produtos, permitindo maior seletividade e, portanto, maior rendimento dos produtos desejado. (OLIVEIRA *et al.*, 2015)

Com o objetivo de evitar os produtos oxigenados, alguns catalisadores estão sendo testados para modificar a seletividade dos produtos da pirólise. Assim, catalisadores que apesentam um bom desempenho são: óxido de alumínio, óxidos de silício, óxidos de molibdênio, níquel suportado em alumina, zeólitas ácidas, ácido fosfórico suportado em sílica, alumina dopada com óxidos metálicos (estanho e zinco) e vários outros constituídos à base de sílica. (BARROS, 2009)

### 2.1.4.2 Hidroesterificação

Um dos métodos mais utilizados para a conversão de óleos e gorduras de origem animal ou vegetal em biodiesel é a transesterificação, como já demonstrado. No entanto, a utilização de catalisadores básicos é capaz de promover maior nível de saponificação no processo, visto que o catalisador reage com os ácidos graxos livres do óleo, produzindo sabão.

A hidroesterificação apresenta vantagens em relação a transesterificação, pois não há necessidade de limitações na matéria-prima, dispensando tratamento prévio, e, o uso de catalisadores heterogêneos tendem a eliminar a formação de sabões, eliminando as etapas de separação

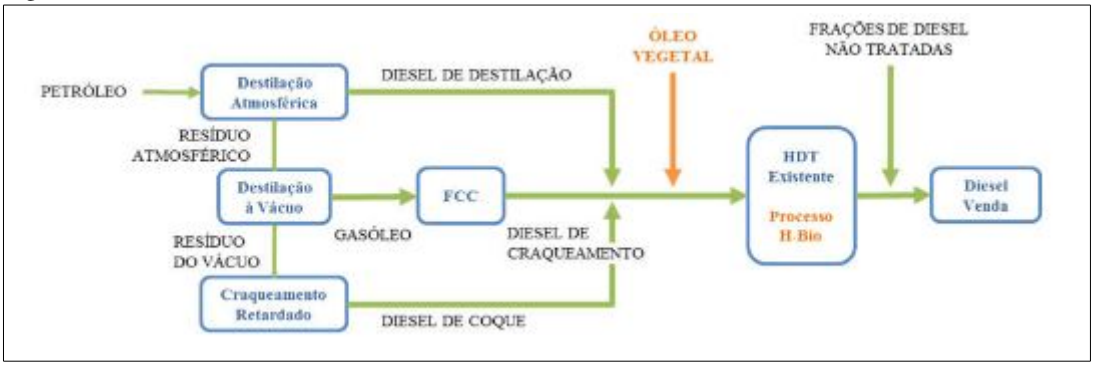
e produzindo uma glicerina de alta pureza com um possível reaproveitamento do catalisador. (CORDEIRO *et al.*, 2011)

Assim, o processo de hidroesterificação é a mais moderna alternativa na produção de biodiesel. Esse processo permite o uso de qualquer matéria-prima graxa (gordura animal, óleo vegetal, óleo de fritura usado, borras ácidas de refino de óleos vegetais, entre outros). Essas matérias primas são totalmente transformadas em biodiesel independente da acidez e da umidade que possuem. (TAPANES *et al.*, 2013)

#### 2.1.4.3 H-Bio

A Petrobras desenvolveu um processo denominado H-BIO que insere óleos vegetais no processo de refino de diesel mineral. O novo combustível produzido é gerado num processo de Hidrotratamento (HDT), como demonstrado na imagem a seguir:

Figura 7 – Processo HBio




Fonte: PETROBRAS, 2007

O diagrama demonstra como o processo acontece, o óleo vegetal ou animal é misturado com diesel de petróleo para ser hidroconvertido em unidades HDT, que são utilizados nas refinarias visando a redução do teor de enxofre e melhoria da qualidade do óleo diesel, ajustando as características do combustível às especificações da Agência Nacional do Petróleo (ANP). (TAPANES *et al.*, 2013)

O processo envolve uma hidroconversão catalítica da mistura de frações de diesel e óleo de origem renovável, em um reator de HDT, sob condições controladas de alta temperatura e pressão de hidrogênio. Assim, o óleo vegetal é transformado em hidrocarbonetos parafínicos lineares, similares aos existentes no óleo diesel de petróleo. Esses compostos contribuem para a melhoria de algumas propriedades na qualidade do óleo diesel final: aumento do número de cetano, que garante melhor qualidade de ignição, redução da densidade e do teor de enxofre. Em termos ambientais, apesar da utilização de fontes renováveis, o diesel obtido pelo processo

H-BIO não é capaz de reduzir as emissões de monóxido de carbono e material particulado. O diesel refinado pelo processo. (TAPANES *et al.*, 2013)

H-BIO: não possui enxofre e oxigênio. Isso causa a produção de um combustível com lubricidade menor que o diesel tradicional.(CORDEIRO *et al.*, 2011) Pode-se dizer que o processo H-BIO só é viável para grandes refinarias de petróleo que possuem unidades de HDT com capacidade ociosa e que processem óleos e gorduras mais baratas que o petróleo. Para produtores de óleos vegetais é inviável a instalação de plantas de HDT para produção de H-BIO (TAPANES *et al.*, 2013)

# 3 METODOLOGIA

Foi realizado uma consulta ampla de artigos atuais, em especial as pesquisas sobre biocombustíveis, fazendo uma real análise de referenciais bibliográficos existentes sobre a temática. Trata-se de uma análise documental multi e interdisciplinar, que visa analisar as matérias-primas utilizadas para a produção do biodiesel no Brasil, suas vantagens e desvantagens. Assim, através de uma revisão sistemática da literatura que trata sobre os desafios que permeiam a produção do biodiesel, em especial sobre o uso das matéria primas disponíveis, busca-se delimitar as dificuldades para a produção do biodiesel no Brasil, especificando através de figuras as vantagens e desvantagens relacionados a preço, disponibilidade, armazenamento das matérias primas.

# 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil possui um grande potencial de produção de óleo vegetal, capaz de alimentar boa parte da população mundial e de produzir energia. O óleo pode ser extraído de diversas espécies de plantas que crescem em diferentes condições ambientais. A diversidade de plantas oleaginosas é enorme, representadas por espécies como: dendê, macaúba, babaçu, tucum, coco, buriti, noz pecã, castanha, macadâmia, pinhão, amendoim, soja, canola, nabo forrageiro, pinhão-manso, tungue, girassol, algodão, linhaça, gergelim, crambe, cártamo, nim e moringa, dentre muitas outras. (GUERRA; FUCHS, 2017b)

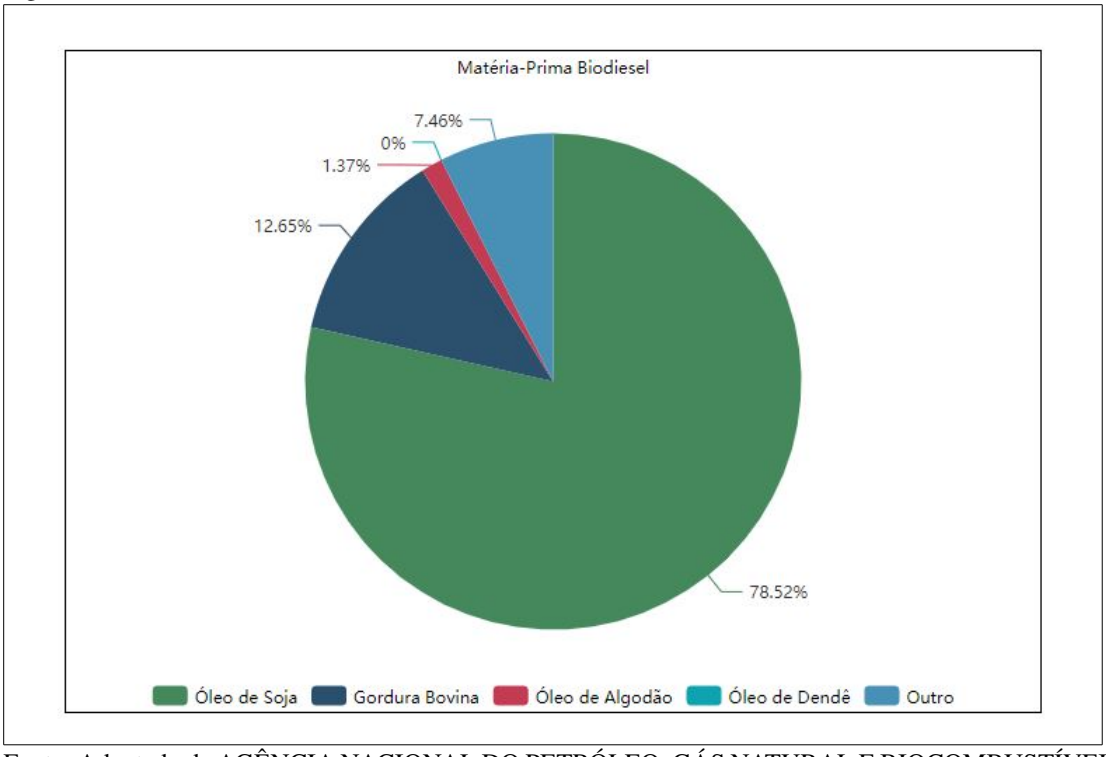
Há que se considerar também a necessidade de um maior volume de óleos para atender ao crescimento da demanda por biodiesel. Só nos últimos doze anos, a frota brasileira de automóveis aumentou 150%. Além disso, o governo estuda aumentar de 5% para 10% ou mais a adição do biocombustível ao óleo diesel. Soma-se a isso a necessidade de matéria-prima para o mercado de biocombustíveis de aviação, que começa a despontar. (FIEP, 2012)

Existe uma diversidade de vias para a obtenção de óleos vegetais como matéria-prima para produção de biodiesel que resultam das espécies cultivadas em cada região. Atualmente, apenas a soja é cultivada em escala suficiente para a produção comercial de biodiesel, já que que cerca de 90% da atual produção brasileira de óleos vegetais advém dessa leguminosa. (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008)

Segundo a EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2019a), a maior matéria prima para produção do Biodiesel no Brasil é a soja com aproximadamente 70% de todo Biodiesel produzido aqui. Após a soja, a segunda maior matéria prima é a Gordura Bovina, com 14%.

A região nordeste e, consequentemente, o semiárido brasileiro, apresentam elementos que podem beneficiá-las frente aos objetivos propostos pelo programa de biodiesel brasileiro, principalmente em termos da disponibilidade de plantas oleaginosas, tais como a mamona, que apresentam elevada produtividade de óleo por ha/ano e são intensivas em mão-de-obra. Cabe ressaltar ainda que essa região abriga cerca de 50% dos estabelecimentos considerados familiares no Brasil, fornecendo ocupação para aproximadamente 6,8 milhões de pessoas. (GUANZIROLI; CARDIM, 2000)

Figura 8 – Matéria-Prima Biodiesel - Outubro de 2016




Fonte: Adaptado de AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, (2016)

## 4.1 SOJA

A soja que hoje cultivamos é muito diferente dos seus ancestrais, que eram plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do rio Yangtse, na China. Sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. (EMBRAPA, 2020)

A literatura chinesa relata que a soja era bastante cultivada e utilizada, como alimento centenas de anos antes de os registros serem feitos. O registro mais antigo data de 2838 A.C. no herbário PEN TS' AO KANG MU. Indicando ser a soja, talvez, uma das mais antigas espécies cultivadas pelo homem. (BONATO; BONATO, 1987 apud MORSE, 1950)

No final da década de 60, dois fatores internos fizeram o Brasil começar a enxergar a soja como um produto comercial, fato que mais tarde influenciaria no cenário mundial de produção do grão. Na época, o trigo era a principal cultura do Sul do Brasil e a soja surgia como uma opção de verão, em sucessão ao trigo. O Brasil também iniciava um esforço para produção de suínos e aves, gerando demanda por farelo de soja. Em 1966, a produção comercial de soja já era uma necessidade estratégica, sendo produzidas cerca de 500 mil toneladas no País.(EMBRAPA,

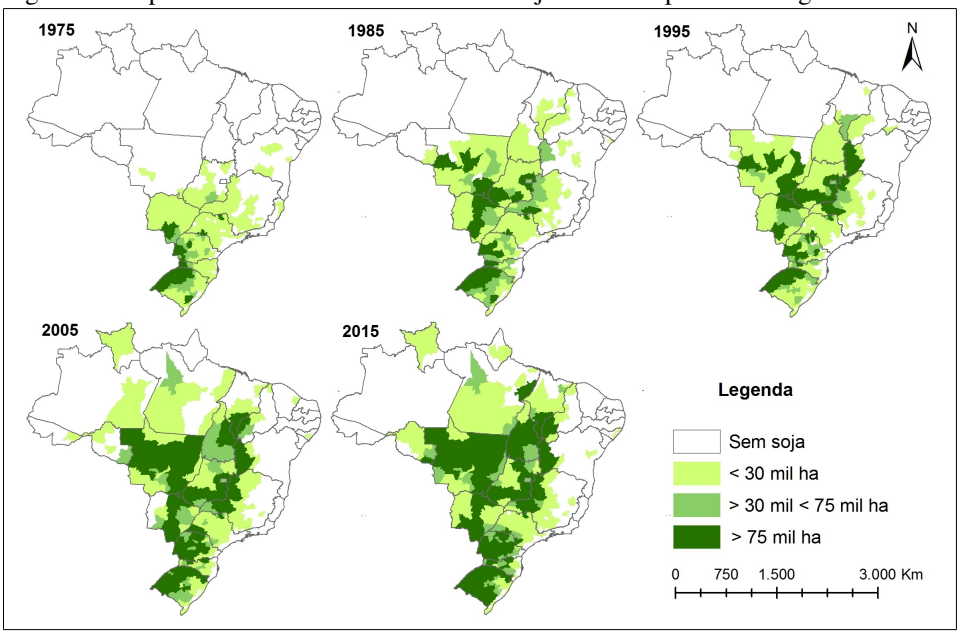
2020)

A partir dos anos 90, com a intensificação das pressões ambientais - em decorrência das mudanças climáticas globais - associadas à Guerra do Golfo, que encareceu o preço do petróleo, retomou-se a preocupação quanto à dependência energética desse insumo e seus derivados, estimulando-se a produção de biocombustíveis a partir de óleos vegetais. (FREITAS, 2004)

No Brasil, a soja tem sido cultivada em várias condições de ambiente, desde regiões frias, com altitude superior a 1200 m, até regiões quentes, com baixas altitudes e latitudes, gerando diferentes potenciais para produção da oleaginosa. (ANTONIO *et al.*, 2017)

A produção de soja no Brasil expandiu-se a uma taxa anual média de crescimento de 6,7% entre as safras 2000/01 e 2015/16, com o volume de grãos saltando de 38,4 para 95,4 milhões de toneladas no período. A área plantada cresceu a uma taxa de 6,2% ao ano, indo de 14 para 33,2 milhões de hectares. E a produtividade cresceu a uma taxa anual média de 0,7% ao ano (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2017). Um conjunto de tecnologias (sementes transgênicas, plantio direto, uso de agroquímicos etc.) contribuiu para estes resultados. Mas a incorporação de mais terras à produção de soja foi um fator decisivo, já que a taxa de crescimento da área plantada foi bem superior à da produtividade. Sua progressiva expansão geográfica é um reflexo direto disso. Resulta que a produção de soja atualmente cobre 53% da área total de grãos do Brasil.

Figura 9 – Expansão das áreas com lavouras de soja no Brasil por microrregião




Fonte: (JR, 2016)

Em 2013, 47,4% da soja produzida no Brasil destinou-se ao mercado doméstico para a fabricação de farelo, óleo e biodiesel, sendo que 52% do farelo e 23% do óleo foram expor-

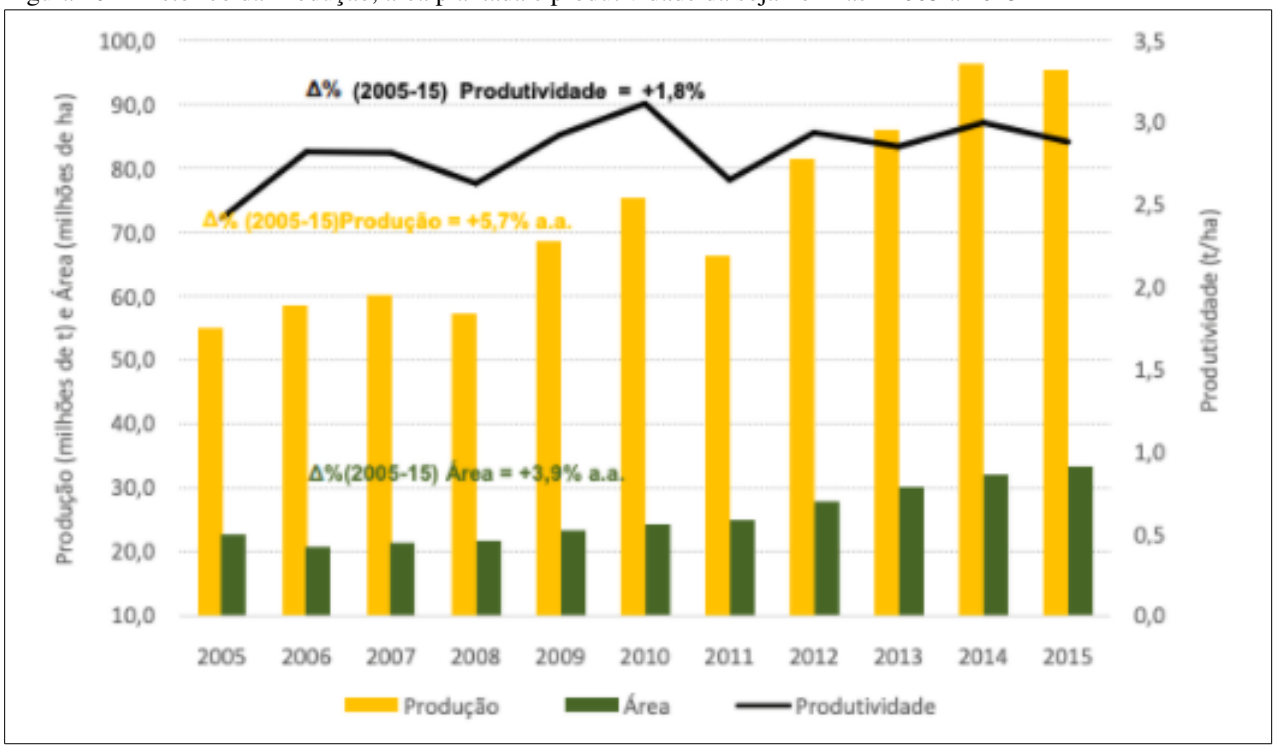
tados, e todo o biodiesel foi para consumo interno. (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2017)

No entanto, mesmo com a importante demanda por soja processada no mercado doméstico, mais da metade da soja produzida no Brasil tem se destinado à exportação na forma de grãos in natura. Com 41% de toda a soja ofertada no mercado global em 2013, o Brasil era o maior exportador de soja em grãos do mundo, seguido pelos EUA, com 39,3%, e a Argentina, com 7,3%. O valor das suas exportações alcançou o patamar de US$ 30,961 bilhões em 2013.

Segundo USDA (2019), o Brasil teve uma produção de 122 milhões de toneladas na safra de 2017/2018, em comparação o segundo maior produtor do mundo: Estado Unidos, tiveram uma produção de 120,07 milhões de toneladas. Porém, o Brasil nesse mesmo período conseguiu processar 44,52 milhões de toneladas, enquanto a China processou 90 milhões de toneladas e os Estados Unidos 55,93 milhões de toneladas.

Projetamos que a produção de soja chegará, em 2030, a 165 milhões de t, ocupando 44,6 milhões de ha com produtividade média de 3,7 t por hectare . Os dois últimos números apontam para um crescimento médio anual de 2,5% na área plantada e de 1,6% na produtividade, dados condizentes com a trajetória recente dessas variáveis, conforme disposto no gráfico:

Figura 10 – Histórico da Produção, área plantada e produtividade da soja no Brasil 2005 a 2015




Fonte: (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2017)

Apesar de haver uma produção significativa desta matéria prima no Brasil, a soja possui um rendimento inferior que outras espécies como mamona e dendê, o que pode ser conside-

rado uma desvantagem. A soja possui cerca de 18% de óleo, e produz em média 700 litros de biodiesel por hectare, quase um terço a menos que outras espécies. (GANDRA, 2007)

## 4.2 GORDURA ANIMAL

De acordo com Ribeiro (2010), a gordura de porco é composta de quantidades equivalentes de ácidos graxos saturados e insaturados, mas a quantidade de cada componente varia de acordo com diversos fatores que geralmente não são considerados quando se analisa a gordura ou se deseja aplicações específicas para a mesma. Essa produção gera uma quantidade de rejeitos de gordura em torno de 600 mil toneladas/ano com aplicações em diversas áreas, como por exemplo, na fabricação de rações, sabões, tintas, couro, têxteis e de lubrificantes e, recentemente, tem despertado o interesse em relação ao aproveitamento e transformação desse material graxo em biodiesel.

As gorduras animais são produzidas pelas indústrias de reciclagem animal, que coletam os resíduos de abates da indústria animal e as transformam nesta matéria-prima para os biocombustíveis. O biodiesel veio para agregar, se tornando o mais importante mercado consumidor para o sebo bovino, colaborando com vantagens econômicas, ambientais e sociais para toda cadeia de carnes e de biocombustíveis. Aquilo que era resíduo e passivo ambiental passou a gerar energia limpa que substitui o fóssil com todas as externalidades positivas atreladas, destaca Lucas Cypriano, da Associação Brasileira de Reciclagem Animal (ABRA). (EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2019b)

As vantagens da utilização de resíduos de abates de animais para produção de biodiesel são: a disponibilidade imediata, o baixo custo e a grande diversidade de matéria prima. (MAZZONETTO; IRANI; DARAGONI, 2017)

Segundo Krause *et al.* (2008), o biodiesel de sebo bovino apresenta também outras vantagens quando comparado aos de origem vegetal. Uma das características vantajosas é o alto valor calorífico e o alto número de cetanos, e aumento da estabilidade à oxidação pela maior resistência à mesma.

O combustível biodiesel produzido a partir de sebo bovino, o biocombustível apresenta baixo índice de Iodo, inferior a 50, possui o maior número de cetenas que conferem ao combustível estabilidade oxidativa superior. (NOGUEIRA *et al.*, 2010)

O sebo bovino é um produto inserido numa estrutura de produção que tem como principal mercado a carne. Porém, e não menos importante, os subprodutos do abate bovino são

insumos para outros processos, onde se pode destacar: a pele que se transforma em couro; o osso do qual se produz farinha utilizada na ração animal; o colágeno vinculado à produção alimentícia e cosmética; e o próprio sebo, utilizado pela indústria de limpeza e higiene, bem como na produção de biodiesel. (MARTINS *et al.*, 2011)

De acordo com o Anuário da Indústria de Biodiesel BIODIESELBR (2010), levando-se em consideração que se extrai, em média, 480kg de carne e 18kg de sebo de um boi, a produção de carne bovina no Brasil em 2004 teria potencial para dispor de uma quantidade de sebo para produzir 500 milhões de litros de biodiesel.

Apesar da grande potencialidade do uso do sebo bovino como matéria prima, existem poucos trabalhos na literatura sobre este tema devido a algumas dificuldades no seu processamento. Um dos obstáculos que se pode mencionar é a impureza. Ela interfere diretamente no processo de produção de biodiesel, pois diminui o rendimento do processo, aumenta os subprodutos secundários e dificulta os processos de separação e purificação do biodiesel e do glicerol, em especial quando se utiliza catalisadores convencionais: NaOH, KOH e metilato de sódio. (FERREIRA; PEREIRA; OLIVEIRA, 2015)

Os frigoríficos brasileiros têm se posicionado nas regiões onde a pecuária está se expandindo. Essa região tem tido taxas de expansão significativamente superiores às do resto do Brasil. Apesar de o efetivo bovino das outras regiões do Brasil ainda ser maior, a pecuária tem se expandindo mais fortemente nos Estados da Amazônia Legal brasileira (RIVERO *et al.*, 2009). No Brasil, vários estudos como o de Arima, Barreto e Brito (2005) já demonstraram que o desmatamento tem sido causado pela conversão de floresta, principalmente para pecuária, agricultura de corte e queima ou associada à exploração madeireira.

Projeta-se que o abate de bovinos no Brasil alcançará, em 2030, 63 milhões de cabeças, e com isso será gerado quase 1,5 milhão de t de sebo – 23kg, em média, por cabeça – dos quais 1,3 milhão irá para a produção de biodiesel (volume resultante do abate de 55 milhões de cabeças). Estimativas da Associação Brasileira de Reciclagem Animal – ABRA indicam um potencial de recuperação de mais 11 kg de sebo proveniente dos açougues, o que eleva o potencial para 34 kg por cabeça. (APROBIO; UBRABIO; ABIOVE, 2016b)

## 4.3 ALGODÃO

Recentemente, a dependência da importação de diesel combustível e a atual crise do petróleo intensificaram a discussão sobre o uso de combustíveis alternativos ao diesel, sendo o

biodiesel a alternativa principal para implementação de um grande programa de substituição do uso de diesel de petróleo no Brasil. (PUTTI; LUDWIG; MACINI, 2012)

O Brasil é o quinto maior produtor global de pluma, atrás de Índia, China, EUA e Paquistão. O algodoeiro é cultivado com o intuito de obter-se a sua fibra, constituída de celulose, a qual constitui o principal produto econômico da planta, sendo a matéria-prima básica para a indústria têxtil mundial. (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2017)

O óleo de algodão tem se mantido entre as principais matérias -primas que compõem a cadeia produtiva do biodiesel no Brasil desde 2008, quando a obrigatoriedade de adição de um percentual mínimo deste biocombustível ao óleo diesel comercializado em todo o território nacional, estabelecida pelo Governo Federal, passou a vigorar. Entretanto, apesar de ser o terceiro insumo mais utilizado desde então, a sua representatividade é pequena quando comparado ao óleo de soja e ao sebo bovino. Em 2015, o óleo de algodão representou 2,0% do total de biodiesel produzido no Brasil; atrás da soja, com aproximadamente 77,4% e do sebo bovino, cuja representação foi cerca de 19,2%. (APROBIO; UBRABIO; ABIOVE, 2016b)

O baixo preço do caroço de algodão em relação às outras culturas oleaginosas, um subproduto da indústria têxtil, é a sua principal vantagem enquanto uma alternativa para indústria de biocombustíveis. Consequentemente, o custo de sua conversão em biodiesel é um dos menores Royo (2010). Confrontado com o óleo de soja, o óleo de algodão é mais barato e possui quase a mesma disponibilidade, o que representa uma vantagem para o produtor de biodiesel BIODIESELBR (2014). Além da cultura apresentar ganhos de produtividade e mercado consolidado.

Apesar de ser mais barato e possuir quase a mesma disponibilidade do óleo de soja, o que representa uma vantagem para a produção de biocombustível, e ser um produto estável, com equilíbrio de ácidos graxos saturados e insaturados, o óleo de algodão apresenta impurezas que demandam um pré-tratamento específico, o que significa mais custos para o processo de industrialização do biodiesel BIODIESELBR (2014). Um exemplo é a presença de pigmentos que acompanham gossipol, e que lhe atribui coloração escura. A necessidade de eliminação destes compostos por meio de calor eleva o custo de produção do biodiesel. (VARÃO *et al.*, 2019)

## 4.4 GIRASSOL

As fontes de energia de origem fóssil são as mais utilizadas mundialmente e por serem limitadas, intensificaram-se as pesquisas relacionadas às energias alternativas (fontes renováveis). Em função deste interesse, os óleos vegetais surgiram como alternativa para substituição do óleo diesel em diversas aplicações, com inclusão do uso em motores de ignição por compressão. (FERRARI; SOUZA, 2009)

O girassol é uma planta originária da América do Norte, tradicionalmente cultivada pelos povos indígenas para alimentação. É uma cultura pouco sensível às variações no fotoperíodo, fato este que permite seu escalonamento de produção em quase todo o território nacional.A cultura do girassol oferece grandes vantagens em sistemas de rotação e sucessão, pois promove melhorias sensíveis nas propriedades físico-químicas dos solos. (SOARES *et al.*, 2008)

No Brasil, a produção de girassol pode ser observada nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. A maior área está no Centro-Oeste, com 43,5 mil hectares, seguida do Sul, com 21,2 mil hectares e Sudeste 2,2 mil hectares. A maior produtividade está na região Sudeste, atingindo 1.500 kg/ha. A região Centro-Oeste está em segundo lugar, com 1.451 kg/ha e Sul com 1.443 kg/ha. A maior colheita está localizada na região Centro-Oeste, com 63,1 mil toneladas. A região Sul 30,6 mil toneladas e a Sudeste 3,3 mil toneladas. (RUAS; SALVADOR; AMAZONAS, 2020)

O óleo obtido das sementes do girassol possui mais de 80% dos seus ácidos graxos insaturados, linoléico na maior parte (SOARES *et al.*, 2008). Isto demanda o uso de aditivos para sua estabilização visando o armazenamento e a formação de estoques logísticos. Como hoje este óleo ainda apresenta cotações de mercado acima dos da soja e da canola, esta cultura não oferece a melhor perspectiva como alternativa energética. Contudo, pode ser uma solução viável para a produção de energia renovável em pequena escala, a fim de atender os interesses regionais, e reduzir também a dependência de energia fóssil.

## 4.5 DENDÊ

A obtenção do biodiesel por meio do óleo de dendê é outro meio de obtenção de energia alternativo e foi demonstrado que a destilação fracionada dos produtos obtidos pelo craqueamento do dendê atende às especificações do óleo diesel, sendo possível utilizá-lo em motores convencionais. (SUAREZ *et al.*, 2007)

O dendê é objeto de estudo em várias áreas de trabalho da Embrapa em conjunto com

seus parceiros. O interesse dos pesquisadores pela palmeira está na alta produtividade de óleo, que pode chegar a 6.000 quilos por hectare (kg/ha). A planta tem sido apontada como principal alternativa para aumentar a participação da região Norte do país no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, bem como para diversificar as matérias-primas para esse biocombustível. Atualmente, mais de 80% do óleo utilizado na produção de biodiesel vem da soja, que produz cerca de 550 kg de óleo/ha. (FIEP, 2012)

Destaca-se que a grande vantagem do biodiesel de dendê se dá pela alta estabilidade oxidativa devido aos altos teores de ácidos graxos saturados Beltrão e Oliveira (2008), em conformidade com os parâmetros da ANP (Agência Nacional de Petróleo).

No entanto, a produção do dendê é insuficiente para o consumo já existente, segundo Manoel Teixeira Souza Junior, chefe geral da Embrapa Agroenergia, o país importa aproximadamente 60% do óleo de dendê que consome.

Assim, a expansão da produção do dendê com foco na produção do biodiesel enfrenta desafios como o aumento de oferta de sementes de variedades de alta qualidade genética desenvolvidas especialmente para o Brasil.

Com objetivo de avançar nesta área, a Embrapa Agroenergia tem usado recursos como a Genômica, a Fenômica e a Metabolômica para construir uma base de dados que dê suporte aos programas de melhoramento genético da cultura, que são desenvolvidos principalmente nas unidades Amazônia Ocidental e Oriental. O trabalho está focado não só no dendê, mas também no caiaué. (FIEP, 2012)

## 4.6 MAMONA

O óleo de mamona é obtido a partir da extração da semente da Ricinus communis, sendo o óleo altamente viscoso e de coloração amarelo-clara (OLAH *et al.*, 1994). A Índia é o maior exportador de óleo de mamona, seguida da China e do Brasil. Apesar da extensa variedade, em média as sementes possuem de 45 a 55% de óleo em peso, sendo a semente extremamente tóxica devido a presença da ricina, ricinina e outros alergênicos. Contudo o óleo puro é administrado como medicamento. (OGUNNIYI, 2006)

O alto teor de ácido ricinoléico presente no óleo de mamona o torna um óleo extremamente versátil, sendo que esta elevada proporção de grupos hidroxila confere ao óleo de mamona uma elevada viscosidade. (SCHOLZ; SILVA, 2008)

A utilização do óleo de mamona é diversa e compreende produção de tintas, revestimen-

tos, lubrificantes, entre outros. No Brasil o óleo de mamona tem sido considerado uma importante matéria-prima para a produção de biodiesel, principalmente no semi-árido em pequenas comunidades agrícolas. (LIMA, 2004)

O óleo de mamona pode ser obtido através de uma extensa variedade de processos, tais como prensas hidráulicas, prensas de rosca contínua e extração por solvente sendo o processo mais comum a prensagem a quente utilizando uma prensa hidráulica seguida de extração com solvente. (OLIVEIRA, 2012 apud SALUNKHE; DESAI, 1986)

A prensagem mecânica remove aproximadamente 45% do óleo presente na semente, sendo o restante presente na torta passível de se retirar pelo uso do solvente. Entre os solventes utilizados, os mais comuns são o hexano, heptano e o éter de petróleo. O óleo é refinado visando a diminuição de impurezas de forma a torná-lo mais resistente à degradação durante o armazenamento. O refino inclui remoção de matéria sólida e coloidal por decantação e filtração, neutralização dos ácidos graxos livres por tratamento básico, branqueamento e desodorização, sendo o método de refino usado em óleos alimentares aplicável a esta etapa. (OGUNNIYI, 2006)

A utilização de prensa de rosca contínua é empregada de duas formas, como uma operação de alta pressão para baixo conteúdo de óleo residual ou como uma etapa de pré-extração que precede a extração por solventes. Independente do processo adotado, os estágios para obtenção do óleo são a preparação da semente, aquecimento da semente, extração e separação dos sólidos do óleo extraído, podendo ocorrer o retorno desses sólidos à etapa de cozimento ou extração por prensa. (WARD, 1976)

## 4.7 BLENDAS - MISTURAS DE ÓLEOS

Desde o início do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o Brasil produziu 8,2 milhões de m³ de biodiesel. O programa, durante estes 7 primeiros anos, reduziram as importações de diesel em um montante de US$ 5,3 bilhões (ou R$ 9,5 bilhões ao câmbio de 1,80), contribuindo positivamente para a Balança Comercial brasileira. Mas essa é apenas uma parte da vantagem econômica, pois temos que considerar também o agronegócio vinculado ao biodiesel, que abrange a produção de matérias-primas e insumos agrícolas, assistência técnica, financiamentos, armazenagem, processamento, transporte, distribuição, etc. Juntas, essas atividades geram efeitos multiplicadores sobre a renda, emprego e base de arrecadação tributária e alavancam o processo de desenvolvimento regional, o que pode ser potencializado, a médio

prazo, com as exportações desse novo combustível. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020b)

No Brasil a produção de biodiesel, além do caráter ambiental, acrescentou um viés social ao biocombustível. Baseado nesse viés, o programa nacional elegeu a mamona como oleaginosa símbolo, devido a possibilidade de produção em pequenas comunidades agrárias que contribuiria para a distribuição de renda nacional. (ABRAMOVAY, 2009)

Contudo, a Resolução n° 07 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) de 19 de março de 2008 determinou que o biodiesel produzido unicamente por óleo de mamona não é adequado às especificações técnicas de densidade e viscosidade. Entretanto, essa inadequação não é exclusiva ao óleo de mamona na produção de biodiesel, tendo como exemplo de inadequações, o biodiesel de dendê e o biodiesel de sebo, que quando utilizados de maneira pura possuem ponto de congelamento abaixo da especificação. A te alternativa é a utilização da mistura de óleos (blendas) para adaptação às especificações da legislação. (MENEGHETTI *et al.*, 2006)

Devido a essa discordância na legislação o uso de blendas torna-se conveniente pela possibilidade do atendimento de diversas especificações.

## 4.8 COMPARAÇÃO ENTRE AS MATÉRIAS-PRIMAS

Diante do exposto, para melhor compreensão do tema analisado, compilou-se os dados discutidos anteriormente em figuras que demonstram as vantagens e desvantagens do uso de cada matéria-prima para produção do biodiesel.

Figura 11 – Comparativo Soja

| Soja | |
|---|---|
| Vantagens | Desvantagens |
| • Expansão da Produtividade destinada ao Biodiesel<br>• Adaptabilidade - Cultivo<br>• Disponibilidade | • Rendimento Inferior a Mamona e Dendê<br>• Não possui disponibilidade imediata |

Fonte: Própria, 2021

Figura 12 – Comparativo Gordura Animal

| Gordura Animal | |
|---|---|
| Vantagens | Desvantagens |
| • Rejeito (Resíduo) capaz de gerar energia<br>• Disponibilidade Imediata<br>• Baixo Custo<br>• Diversidade de Origem de matéria-prima<br>• Alto Valor Calorífico<br>• Maior estabilidade a oxidação | • Necessidade de Catalizadores não convencionais<br>• Impurezas<br>• Dificuldade de Processamento<br>• Poucos trabalhos na literatura<br>• Impactos Ambientais da Matéria-Prima<br>• Baixo índice de Iodo e Cetano |

Fonte: Própria, 2021

Figura 13 – Comparativo Algodão

| Algodão | |
|---|---|
| Vantagens | Desvantagens |
| • Baixo Preço da Matéria-Prima<br>• Produto Estável<br>• Disponibilidade | • Pré-tratamento específico<br>• Custo elevado para Produção<br>• Baixa Representatividade |

Fonte: Própria, 2021

Figura 14 – Comparativo Girassol

| Girassol | |
|---|---|
| Vantagens | Desvantagens |
| • Viável (para produção em pequena escala) | • Não estável (Ácido Graxos Saturados e Insaturados<br>• Custo elevado para Armazenamento<br>• Custo do Oléo elevado |

Fonte: Própria, 2021

Figura 15 – Comparativo Mamona

| Mamona | |
|---|---|
| Vantagens | Desvantagens |
| • Versatilidade<br>• Dificuldade de Processamento | • Semente Tóxica<br>• Muito Viscoso |

Fonte: Própria, 2021

Figura 16 – Comparativo Dendê

| Dendê | |
|---|---|
| Vantagens | Desvantagens |
| • Elevado Rendimento da matéria-prima<br>• Elevada estabilidade oxidativa (Ac. Graxos Saturados) | • Baixo Disponibilidade<br>• Produção Nacional Insuficiente |

Fonte: Própria, 2021

# 5 CONCLUSÃO

A substituição do diesel por biodiesel se justifica principalmente por razões ambientais. O aumento da concentração de CO2 na atmosfera agrava o efeito estufa. (OLIVEIRA; SUAREZ; Dos Santos, 2008)

Esse combustível renovável permite a economia de divisas com a importação de petróleo e óleo diesel e também reduz a poluição ambiental, além de gerar alternativas de empregos em áreas geográficas menos atraentes para outras atividades econômicas e, assim, promover a inclusão social. A disponibilização de energia elétrica para comunidades isoladas, hoje de elevado custo em função dos preços do diesel, também deve ser incluída como forma de inclusão, que permite outras, como a inclusão digital, o acesso a bens, serviços, informação, à cidadania e assim por diante. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020b)

Há que se considerar ainda uma vantagem estratégica que a maioria dos países importadores de petróleo vem inserindo em suas prioridades: trata-se da redução da dependência das importações de petróleo, a chamada "petrodependência". Deve-se enfatizar também que a introdução do biodiesel aumenta a participação de fontes limpas e renováveis em nossa matriz energética, somando-se principalmente à hidroeletricidade e ao álcool e colocando o Brasil numa posição ainda mais privilegiada nesse aspecto, no cenário internacional. A médio prazo, o biodiesel pode tornar-se importante fonte de divisas para o País, somando-se a energia solar, eólica e ao álcool como fonte de energia renovável que o Brasil pode e deve oferecer à comunidade mundial. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2020b)

Do ponto de vista econômico, a viabilidade do biodiesel está relacionada com o estabelecimento de um equilíbrio favorável na balança comercial brasileira, considerando-se que o diesel é o combustível mais consumido no Brasil e as importações desse produto aumentaram no último ano. (ANP, 2008)

Pensar no biodiesel como solução energética significa investir em pesquisas científicas e tecnológicas; discutir efeitos ambientais na produção agrícola; buscar modelos produtivos alternativos, que não só o da prejudicial monocultura; propiciar condições para que pequenos lavradores possam também participar do processo, não privilegiando somente a agroindústria; enfim, significa pensar em um modelo de desenvolvimento socialmente sustentável. Para isso, mais do que discutir sobre mudança de matriz energética, devem ser discutidos os meios de diminuir o consumo de energia. Pesquisas, debates, entrevistas, visitas, leitura de artigos de jornais ou revistas, realização de experimentos são sugestões de possibilidades para introduzir

não só os conceitos químicos, mas também as questões sociais aqui levantadas. (OLIVEIRA; SUAREZ; Dos Santos, 2008)

O Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel pode gerar milhões de empregos de qualidade e a interiorização dos postos de trabalho. Nos primeiros cinco anos do programa (2005-2010) foram criados 1,3 milhão de empregos em toda a cadeia de produção e comercialização do biodiesel, de acordo com a FGV. Nota-se a importância do incremento do uso do biodiesel e seu potencial na geração de novos empregos, que é acompanhado pela interiorização da indústria, agregação de valor e redução das disparidades regionais.(APROBIO; UBRABIO; ABIOVE, 2016a)

Assim, diante da análise dos artigos ficou evidente a relevância da produção do biodiesel em diversos âmbitos, que vão desde a sua importância ecológica por ser menos poluente que o Diesel fóssil a toda cadeia sócio-econômica movimentada. O biodiesel é uma alternativa viável, principalmente no contexto brasileiro, onde há uma abundancia de insumos (soja, blenda, milho, algodão, girassol). Diante disso, dentre as matérias primas analisadas a soja se destaca devido a sua versatilidade e produção em larga em escala, mesmo com rendimento inferior a outros insumos, como a mamona e o dendê, sua disponibilidade e viabilidade econômica são determinantes.

# REFERÊNCIAS


ABRAMOVAY, Ricardo. **Biocombustíveis: a energia da controvérsia**. [S.l.]: Senac, 2009.

ANP. **Portaria ANP N° 255**. 2003. 107–108 p. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=185852http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/portarias-anp/tecnicas/2003/setembro{&}item=panp-255--2003{&}export=pdf>.

____. Resolução ANP Nº7, de 19.3.2008 - DOU 20.3.2008. p. 9, 2008.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Produção de Biodiesel**. 2020. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/component/content/article/63-dados-estatisticos/789-producao-de-biodiesel>.

ANTONIO, Alvadi *et al.* **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. 2017. 21 p. Disponível em: <www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>.

APROBIO; UBRABIO; ABIOVE. **Biodiesel : oportunidades e desafios no longo prazo**. [S.l.], 2016. 1–12 p. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/36224/460139/ABIOVE-APROBIO-UBRABIO{_}Cen{á}rio+Setorial+Biodiesel+2030.pdf/1b8f4100-d2ed-b9b0-a212-76470b76555b?version=1.0>.

____. Biodiesel : oportunidades e desafios no longo prazo. p. 1–12, 2016.

ARIMA, Eugênio; BARRETO, Paulo; BRITO, Marky. **Pecuária na Amazônia: tendências e implicações para a conservação ambiental**. [S.l.: s.n.], 2005.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. [S.l.: s.n.], 2011. 300-301 p.

BARBOSA, Ronald Leite *et al.* Desempenho comparativo de um motor de ciclo diesel utilizando diesel e misturas de biodiesel. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1588–1593, 2008.

BARROS, José Gilberto Jardine Talita Delgrossi. Craqueamento. 2009.

BATISTA, Thais N.;; MAYNART, Marlon C.;; SUFFREDINI, Hugo B. Separação eficiente de glicerol e biodiesel através da utilização de blends de metanol e etanol. v. 1, p. 1–3, 2009. Disponível em: <http://ic.ufabc.edu.br/II_SIC_UFABC/resumos/paper_5_173.pdf>.

BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo ;; OLIVEIRA, Maria Isaura Pereira de;. Oleaginosas e seus óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel. **Embrapa Algodão. Documentos**, n. 201, p. 28, 2008. ISSN 0103-0205. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA-2009-09/22146/1/DOC201.pdf>.

BIODIESELBR. Anuário da indústria de biodiesel no brasil: 2004 – 2009. **Grupo BiodieselBR**, 2010.

____. **Algodão**. 2014. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/plantas/algodao/algodao>.

____. **57% Da Soja a Ser Moída Em 2020 Irá Para a Produção De Biodiesel**. 2019. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/materia-prima/soja1/57-da-soja-a-ser-moida-em-2020-ira-para-a-producao-de-biodiesel-081119>.

BONATO, Emídio Rizzo; BONATO, Ana Lidia Variani. A soja no Brasil: história e estatística. **EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, p. 61, 1987. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/446431?mode=simple>.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. **Combustíveis fósseis e insustentabilidade** . [S.l.]: scielocec, 2008. 30–33 p.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Soja Brasil**. 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>.

CORDEIRO, Claudiney Soares *et al.* **Catalisadores heterogêneos para a produção de monoésteres graxos (biodiesel)**. SBQ, 2011. 477–486 p. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci{_}arttext{&}pid=S0100-40422011000300021{&}lng=en{&}nrm=iso{&}tlng=pthttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci{_}abstract{&}pid=S0100-40422011000300021{&}lng=en{&}nrm=iso{&}tlng=pt>.

Costa Neto, Pedro R. *et al.* The utilization of used frying oil for the production of biodiesel. **Quimica Nova**, Sociedade Brasileira de Quimica, v. 23, n. 4, p. 531–537, 2000. ISSN 01004042. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci{_}arttext{&}pid=S0100-40422000000400017{&}lng=en{&}nrm=iso{&}tlng=pthttp://www.scielo.br/scielo.php?script=sci{_}abstract{&}pid=S0100-40422000000400017{&}lng=en{&}nrm=iso{&}tlng=pt>.

DABDOUB, Miguel J; BRONZE, João L.; RAMPIN, Márcia A. Biodiesel: visao critica do status atual e perspectivas na academia e na industria. **Quimica Nova**, v. 32, p. 776–792, 2009. ISSN 16787064.

EMBRAPA. **História - Embrapa Soja**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Biodiesel reduz em 70% a emissão de Gases do Efeito Estufa**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2723697/biodiesel-reduz-em-70-a-emissao-de-gases-do-efeito-estufa>.

____. **Sebo bovino é segunda matéria-prima na produção de biodiesel**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47881589/sebo-bovino-e-segunda-materia-prima-na-producao-de-biodiesel>.

____. ____. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47881589/sebo-bovino-e-segunda-materia-prima-na-producao-de-biodiesel>.

ENCARNAÇÃO, Ana Paula Gama. Geração de Biodiesel Pelos Processos de Transesterificação e Hidroesterificação, Uma Avaliação Econômica. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química - EQ, 2007**, p. 144, 2007.

FANGRUI, M.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review. Bioresource Technology, p. 1–15, 1999.

FELTRE, Ricardo. **Quimica 2**. [S.l.: s.n.], 2004. ISSN 1098-6596. ISBN 9788578110796.

FERRARI, Roseli Aparecida; SOUZA, Waleska Lemes de. **Avaliação da estabilidade oxidativa de biodiesel de óleo de girassol com antioxidantes** . [S.l.]: scielo, 2009. 106–111 p.

FERREIRA, L. A.; PEREIRA, N. C.; OLIVEIRA, S. M. Alternativas Viáveis Para a Redução Da Acidez No Sebo Bovino. p. 7354–7361, 2015.

FIEP. **Melhoramento genético do dendê para produção de biodiesel**. 2012. Disponível em: <http://www.fiepr.org.br/observatorios/biotec-agricola-florestal/FreeComponent21849content203632.shtml>.

FREITAS, Silene Maria. Biodiesel À Base De Óleo De Soja É a Melhor Alternativa Para O Brasil? **Informações Econômicas**, v. 34, p. 1–4, 2004. Disponível em: <www.mct.gov.br/leg/portarias.http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/pdf/seto3-0104.pdf>.

GALDINO, Mae *et al.* O contexto das energias renováveis no brasil. **Revista da DIRENG**, p. 17–25, 2009.

GANDRA, Alana. **Soja é opção farta para biodiesel, mas com pouco rendimento**. 2007. Disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2007-05-22/soja-e-opcao-farta-para-biodiesel-mas-com-pouco-rendimento>.

GUANZIROLI, Carlos Enrique; CARDIM, Silvia Elizabeth de C. S. Novo Retrato da Agricultura Familiar: O Brasil Redescoberto. **Incra/Fao**, p. 76, 2000. Disponível em: <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/AGRONOMIA_1271_1095426409.pdfhttps://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/novoretratoID-3iTs4E7R59.pdf>.

GUERRA, Edson; FUCHS, Werner. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 8, n. 1, p. 103, 2017. ISSN 0103-989X.

____. Biocombustível renovável: uso de óleo vegetal em motores. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 8, p. 103, 06 2017.

JARDINE, José Gilberto; DISPATO, Ivanilde; PERES, Mariana Rodrigues. Considerações sobre biodiesel como biocombustível alternativo ao diesel. **Documentos / Embrapa Informática Agropecuária**, v. 93, n. 1, p. 25, 2009. ISSN 1677-9274. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17275/1/doc93-1.pdf>.

JR, Valdemar João Wesz. Strategies and hybrid dynamics of soy transnational companies in the Southern Cone. **The Journal of Peasant Studies**, Routledge, v. 43, n. 2, p. 286–312, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03066150.2015.1129496>.

KARAOSMANOğLU, Filiz. Vegetable Oil Fuels: A Review. **Energy Sources**, Taylor and Francis Ltd., v. 21, n. 3, p. 221–231, 1999. ISSN 00908312. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00908319950014858>.

KRAUSE, Laísa Canielas *et al.* Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal. v. 26, n. 1, p. 147, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/14362>.

LIMA, Paulo César Ribeiro. O biodiesel e a inclusão social. **Consultoria Legislativa. Brasília: Câmara dos Deputados**, v. 200, 2004.

LÔBO, Ivon Pinheiro; FERREIRA, Sérgio Luis Costa; CRUZ, Rosenira Serpa da. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos** . [S.l.]: scielo, 2009. 1596–1608 p.

LOFRANO, Renata Carolina Zanetti. Uma revisão sobre biodiesel. **Pensamento Plural**, v. 2, n. 2, p. 83–89, 2008.

MANZANO, R.; STRANDMAN, S. M. Processo de obtenção e caracterização do biodiesel. **Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia)**, Universidade do Sagrado Coração, Bauru, 2008.

MARTINS, Renata *et al.* O Biodiesel de Sebo Bovino no Brasil. **Informações Econômicas**, v. 41, n. 5, p. 15, 2011.

MAZZONETTO, A. W.; IRANI, A.; DARAGONI, D. Produção de biodiesel a partir de gordura animal. **Bioenergia em revista: diálogos**, v. 7, n. 1, p. 80–102, 2017.

MENEGHETTI, Simoni M Plentz *et al.* Ethanolysis of castor and cottonseed oil: A systematic study using classical catalysts. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 83, n. 9, p. 819–822, 2006.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Perguntas Frequentes**. 2020. Disponível em: <http://portalh.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/biodiesel/perguntas-frequentes>.

____. ____. 2020. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/biodiesel/perguntas-frequentes>.

MORSE, WJ. In soybeans and soybean products. **Vol. I.(Ed. Markey, KS.) London: Interscience Publishers**, 1950.

National Biodiesel Board. **Anais do Congresso Internacional de Biocombustíveis Líquidos**, Instituto de Tecnologia do Paraná; Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, p. 42, 1998.

NOGUEIRA, Bruno M. *et al.* Microwave activation of enzymatic catalysts for biodiesel production. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, Elsevier B.V., v. 67, n. 1-2, p. 117–121, nov 2010. ISSN 13811177.

OGUNNIYI, D. S. **Castor oil: A vital industrial raw material**. Bioresour Technol, 2006. 1086–1091 p. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15919203/>.

OLAH, GA *et al.* Kirk-othmer encyclopedia of chemical technology. **Contact Lenses**, John Wiley & Sons Hoboken, NJ, 1994.

OLIVEIRA, Flavia C C; SUAREZ, Paulo A Z; Dos Santos, Wildson L P. Biodiesel: Possibilidades e Desafi os QUÍMICA NOVA NA ESCOLA QUÍMICA E SOCIEDADE. 2008.

OLIVEIRA, F. T. S. B. *et al.* Estudo Investigativo Para Diminuição Da Acidez Do Produto Obtido a Partir Do Craqueamento Termocatalítico Do Óleo De Palma. p. 14887–14893, 2015.

OLIVEIRA, Patrick. **PRODUÇÃO DE BIODIESEL DE BLENDAS DOS ÓLEOS DE MAMONA E ARROZ EM ESCALA PILOTO**. [S.l.], 2012.

OSAKI, Mauro; BATALHA, Mario Otávio. PRODUÇÃO DE BIODIESEL E ÓLEO VEGETAL NO BRASIL: REALIDADE E DESAFIO. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 227–242, 2011. ISSN 1517-3879.

POUSA, Gabriella P.A.G.; SANTOS, André L.F.; SUAREZ, Paulo A.Z. History and policy of biodiesel in Brazil. **Energy Policy**, v. 35, n. 11, p. 5393–5398, 2007. ISSN 03014215.

PUTTI, Fernando Ferrari; LUDWIG, Rafael; MACINI, Nayele. ANÁLISE DA VIABILIDADE DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DO USO DO ALGODÃO. **Ambiental**, v. 8, p. 127–142, 2012.

RAMOS, Luiz P. *et al.* Biodiesel production technologies. **Revista Virtual de Quimica**, v. 3, p. 385–405, 2011. ISSN 19846835.

RANESES, A R *et al.* Potential biodiesel markets and their economic effects on the agricultural sector of the united states1this analysis is not an endorsement of private products or firms and does not express policy recommendations by the us department of agriculture.1. **Industrial Crops and Products**, v. 9, p. 151–162, 1999. ISSN 0926-6690. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669098000272>.

REUTERS. **Produção de biodiesel do Brasil cresce 8,5% em 2020, diz Abiove - Notícias Agrícolas**. 2020. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/energia-biodiesel-producao-idBRKBN27F2YV-OBRBShttps://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/politica-economia/272575-producao-de-biodiesel-do-brasil-cresce-85-em-2020-diz-abiove.html{#}.X8vEG2RKi3I>.

RIBEIRO, Tiago Carneiro. Síntese de Insumos Químicos a partir de Biodiesel Produzido pela Transesterificação de Gordura Animal. 2010.

RIVERO, Sérgio *et al.* **Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia** . [S.l.]: scielo, 2009. 41–66 p.

ROYO, Juliana. **Algodão contribui para 5% do biodiesel Brasileiro**. 2010. 3 p. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21674{&}secao=PacotesTecnol{%}F3gicos>.

RUAS, João; SALVADOR, Mozar; AMAZONAS, Leonardo. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Companhia Nacional de Abastecimento**, v. 7, n. 6, p. 1–89, 2020. ISSN 2318-6852.

SALUNKHE, Dattajirao K; DESAI, Babasaheb B. **Postharvest biotechnology of oilseeds**. [S.l.]: CRC press, 1986.

SANTOS, Fernando A *et al.* Potential of sugarcane straw for ethanol production. **Quimica Nova**, v. 35, p. 1004–1010, 2012. ISSN 16787064.

SCHOLZ, Volkhard; SILVA, Jadir. Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, p. 95–100, 02 2008.

SOARES, Luis Henrique De Barros *et al.* Eficiência energética comparada das culturas do girassol e soja, com aptidão para a produção de biodiesel no Brasil. **Circular técnica Embrapa**, v. 25, 2008.

SUAREZ, Paulo A.Z. *et al.* Transformation of triglycerides into fuels, polymers and chemicals: Some applications of catalysis in oleochemistry. **Quimica Nova**, v. 30, n. 3, p. 667–676, 2007. ISSN 16787064.

TAPANES, Neyda De la Caridad Om *et al.* Biodiesel No Brasil: Matérias Primas E Tecnologias De Produção. **Acta Scientiae et Technicae**, v. 1, n. 1, 2013. ISSN 2317-8957.

UBRABIO. **Biodiesel – Eficiência no desempenho e qualidade reconhecida**. 2013. Disponível em: <https://ubrabio.com.br/2012/10/22/biodiesel-eficiencia-no-desempenho-e-qualidade-reconhecida/>.

USDA. **Brazil - Oilseeds and Products Annual**. [S.l.], 2019. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=OilseedsandProductsAnnual_Brasilia_Brazil_4-2-2019.pdf>.

VARÃO, Leandro Henrique Ribeiro *et al.* ÓLEO DE ALGODÃO COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE BIODIESEL. **O algodão é uma das principais oleaginosas cultivadas no Brasil e a terceira matéria-prima mais utilizada na cadeia produtiva do biodiesel no país. Entretanto, a sua representatividade no cenário deste biocombustível ainda é pequena comparado ao sebo bovi**, n. 34, p. 2–3, 2019.

VIEIRA, J. N. de S. O biodiesel e o desafio da inclusão social. **Cadernos de Alto Fundo/ Biodiesel e Inclusão Social do Conselho de Altos Estudos**, 2008. Disponível em: <http://apache.camara.gov.br/portal/arquivos/Camara/internet/conheca/altosestudos/temas.html/Biodiesel1/Publica%C3%A7%C3%A3o%20Cap%C3%ADtulos%208_10%20a%208_12.pdf>.

WARD, JA. Processing high oil content seeds in continuous screw presses. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Springer, v. 53, n. 6, p. 261–264, 1976.