



UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA

LUAN DA SILVA CONCEIÇÃO

ÓLEOS VEGETAIS COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A PRODUÇÃO DE
BIODIESEL: CONCEITOS, COMPOSIÇÃO E ESTUDO COMPARATIVO

FEIRA DE SANTANA

2020

Luan da Silva Conceição

ÓLEOS VEGETAIS COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A PRODUÇÃO DE
BIODIESEL: CONCEITOS, COMPOSIÇÃO E ESTUDO COMPARATIVO

trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Engenharia
Química da Unidade de Ensino
Superior de Feira de Santana, como
requisito para a obtenção de título de
engenharia.

Orientador: Prof. Me. Ricardo de
Oliveira Mota.

FEIRA DE SANTANA

2020

RESUMO

O presente estudo visa obter dados da produção de soja, algodão, babaçu, palma e mamona para a avaliação e comparação de seus parâmetros e sua relevância para utilização como matéria prima de produção de biodiesel em escala industrial. Uma vez considerada um combustível não competitivo e que pode ser produzida a partir de qualquer óleo vegetal sem variações bruscas de parâmetros, o trabalho acolhe dados de composição e disponibilidade para destinar a uma planta industrial, levando em consideração viabilidade, beneficiamento, eficiência e barateamento do processo. Sendo assim o estudo realizou uma captação de dados das principais organizações regulamentadoras e fichas técnicas de reconhecimento nacional e separou os dados de produtividade, teor de óleo, competitividade de mercado, composição e propriedades físico-químicas, analisando cada tópico individualmente para em seguida agrupar as informações para obter um perfil do óleo vegetal concreto e comparadas entre os objetos de estudo para obter um ranqueamento dos óleos vegetais apropriados para a produção em escala industrial. Após análise viu-se que soja e algodão são os de melhor uso, com poucas ressalvas na tomada de decisão enquanto os demais óleos vegetais possuem ressalvas notáveis sobre a sua utilização como matéria prima principal, seja química ou economicamente.

Palavras-chaves: *Biodiesel, Matéria-Prima, Óleo vegetal, Comparativo.*

ABSTRACT

The present study aims to obtain data on the production of soybeans, cotton, babassu, palm and castor oil for the evaluation and comparison of its parameters and their production for use as raw material for the production of biodiesel on an industrial scale. Once considered a non-competitive fuel that can be added from any vegetable oil without parameter variations, the work receives composition and availability data to be sent to an industrial plant, taking into account the feasibility, processing, efficiency and cheapness of the process. Therefore, the study collected data from the main regulatory rules and nationally recognized technical data sheets and separated the data on productivity, oil content, commented on the market, composition and physical-chemical properties, analyzing each topic individually and then grouping together how information to obtain a profile of concrete vegetable oil and compared between the objects of study to obtain a ranking of vegetable oils grown for production on an industrial scale. After analysis it was found that soybeans and cotton are the best ones, with reservations in the decision-making while the other vegetable oils have notable reservations about their use as main raw material, either chemically or economically.

Keywords: *Biodiesel, Raw Material, Vegetable Oil, Comparative.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução do percentual de biodiesel adicionado ao diesel de petróleo ... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 2: Fluxograma do processo de produção de biodiesel 16

Figura 3: Reação de transesterificação.....**Erro! Indicador não definido.**

Figura 4: Reação de transesterificação do biodiesel metílico**Erro! Indicador não definido.**

Figura 5: Etapas reacionais da transesterificação**Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção de biodiesel por matéria-prima (m ³)	17
Tabela 2: Produção de Soja 2019/2020 no Brasil	27
Tabela 3: Composição dos ácidos graxos do óleo de soja	29
Tabela 4: Características físico-químicas do óleo de soja	30
Tabela 5: Produção de caroço de algodão 2019/2020 no Brasil	31
Tabela 6: Composição dos ácidos graxos do óleo de algodão	33
Tabela 7: Características físico-químicas do óleo de algodão	34
Tabela 8: Produção de Amendoas de babaçu 2002 do Brasil	35
Tabela 9: Composição dos ácidos graxos do óleo de babaçu	36
Tabela 10: Características físico-químicas do óleo de babaçu	37
Tabela 11: Produção de palma 2019/2020 no Brasil	38
Tabela 12: Composição do óleo de dendê	39
Tabela 13: Características físico-químicas do óleo de dendê	40
Tabela 14: Composição de ácidos graxos no óleo de palmiste	42
Tabela 15: Características físico-químicas do óleo de palmiste	43
Tabela 16: Produção de mamona 2011/2012 do Brasil	44
Tabela 17: Composição dos ácidos graxos do óleo de mamona	45
Tabela 18: Características físico-químicas do óleo de mamona	46

LISTA DE SIGLAS

ABRAPA – Associação Brasileira de Produtores de Algodão

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos vegetais

AGEITEC – Agencia Embrapa de informação tecnológica

ANP – Agência Nacional de Petróleo e Gás Natural

APROSOJA – Associação Brasileira dos Produtores de Soja

ASTM – American Society of Testing and Materials (Sociedade Americana de testes e materiais)

B2 – 2% de biodiesel presente no ecodiesel em relação volume/volume

B10 – 10% de biodiesel presente no ecodiesel em relação volume/volume

B100 – 100% de biodiesel presente no ecodiesel em relação volume/volume

CEN – Comité Européen de Normalisation (Comitê Europeu de Normalização)

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CX:Y – Composição de cadeia carbônica, número de carbonos e insaturações

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PROALCOOL – Programa nacional do álcool

PROOLEO – Programa de produção de óleos vegetais para fins energéticos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA.....	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
2.3 Justificativa	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 Fontes de Energia	13
3.2 Óleos Vegetais como fonte de energia	13
3.3 Biodiesel	14
3.4 Matéria-prima	16
3.5 Transesterificação	18
3.5.1 Processo reacional	19
3.6 Parâmetros de qualidade	21
4 METODOLOGIA.....	24
4.1 Produção e teor de óleo	24
4.2 Disponibilidade e composição.....	25
4.3 Análise comparativa	25
4.4 Índice de Iodo x cetano	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1. Soja	26
5.1.1 Produtividade.....	26
5.1.2 Teor de óleo	28
5.3.3 Competitividade de mercado.....	28
5.3.4 Composição.....	28
5.3.5 Propriedades Físico-químicas.....	29
5.2 Algodão	30
5.2.1 Produtividade.....	30
5.2.2 Teor de óleo	32

5.2.4 Composição.....	33
5.2.5 Propriedades Físico-químicas.....	34
5.3 Babaçu	35
5.3.1 Produtividade.....	35
5.3.2 Teor de óleo	36
5.3.3 Competitividade do mercado.....	36
5.3.4 Composição.....	36
5.3.5 Propriedades Físico-químicas.....	37
5.4 Palma (Dendê)	38
5.4.1 Produtividade.....	38
5.4.2 Teor de óleo	39
5.4.3 Competitividade de mercado.....	39
5.4.4 Composição.....	39
5.4.5 Propriedades Físico-químicas.....	40
5.5 Palma (Palmiste)	41
5.3.1 Produtividade.....	41
5.3.2 Teor de óleo	41
5.5.3 Competitividade de mercado.....	42
5.5.4 Composição.....	42
5.5.5 Propriedades Físico-químicas.....	43
5.6 Mamona.....	44
5.6.1 Produtividade.....	44
5.6.2 Teor de óleo	45
5.6.3 Competitividade de mercado.....	45
5.6.4 Composição.....	46
5.6.5. Propriedades Físico-químicas.....	47
6 CONCLUSÃO	48
7 REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre a utilização de fontes renováveis de energia tem aumentado ao longo do tempo influenciado pela irregularidade do preço dos barris de petróleo e pela preocupação ambiental causada pelas emissões desmedidas de gases do efeito estufa, devido essa preocupação surgiu o biodiesel, um biocombustível renovável e biodegradável que possui potencial energético para substituir completamente o diesel de petróleo a longo prazo. (PARENTE, 2003; PLÁ, 2005, ALVES, 2013)

O biodiesel é produzido no Brasil atualmente já em escala industrial e consiste no uso de óleos vegetais como matéria-prima para a produção do biocombustível, e considerando que o biodiesel já está integrado à matriz energética nacional e com fortes indícios de crescimento no consumo é de interesse das indústrias e da nação a criação de usinas produtoras de biodiesel. (MELO, 2017; PARENTE, 2003, ANP, 2020, MENDES & COSTA, 2010),

O Brasil possui grande variedade de oleaginosas que podem ser utilizadas para a produção de biodiesel em larga escala, como: Soja, dendê, mamona, babaçu, algodão, girassol, canola, pinhão-manso e amendoim, além de também poder ser produzido por gordura animal (MELO, 2017, RAMOS et al, 2003).

A variedade de oleaginosas candidatas à produção de biodiesel é uma vantagem do processo, entretanto para a devida aplicação em escala industrial depende da análises de parâmetros que podem diferir muito entre uma e outra, tanto em parâmetros físico-químicos, ecológicos e sociais, tais como: concentrações de ácidos graxos livres, custos totais, emissões pós-queima, disponibilidade de área para plantio, mão de obra qualificada e geração de empregos. (OLTRA & PRIOLO, 2012; RAMOS et al, 2003)

Uma grande variedade de óleos vegetais pode ser utilizada para a produção de biodiesel, tal como a gordura vegetal, entretanto o principal problema do uso dos óleos vegetais são a competição direta com outros setores da indústria química, tal como, alimentos e cosméticos. (BIODIESEL, 2020)

O custo do óleo vegetal representa entre 80% a 85% dos custos de produção, garantir um produto quimicamente viável como substituto ao óleo de soja, pode-se garantir, um processo produtivo economicamente mais viável. (MENDES & COSTA, 2010)

2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

2.1 Objetivo geral

- Avaliar parâmetros de qualidade, custo e disponibilidade de matéria-primas para a produção de biodiesel

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar quais opções de matéria-prima (Soja, Algodão, Dendê, Palma, Babaçu e Mamona) são viáveis para a produção em larga escala
- Verificar conflitos de mercado entre os óleos vegetais
- Analisar a composição e potencial calorífico do biodiesel produzido a partir de diferentes matérias-primas

2.3 Justificativa

Uma etapa importante antes do início da operação é saber quais são as matérias-primas que podem ser utilizadas e quais delas se mostram mais eficientes para o processo, tanto quimicamente, quanto economicamente, então é de suma importância a realização de um trabalho comparativo que levante esses dados, para facilitar a análise de dados e a tomada de decisão.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Fontes de Energia

A evolução da economia de uma sociedade está intimamente relacionada a seu consumo de energia, portanto quanto mais desenvolvida está se encontra, maior é o gasto energético para a manutenção da própria sociedade, isso se reflete em diversos problemas associados à etapas de geração energia, o exemplo mais comum é o acúmulo de gases nocivos no ambiente devido a queima de combustíveis fósseis e a potencial escassez desses materiais a longo prazo, principal fonte de energia mundial, que consiste na queima de depósitos antigos de carbono e enxofre com alto potencial energético, como petróleo, carvão mineral e gás natural. (CARVALHO & GUALDA, 2008, RAMOS et al, 2003, LÔBO & FERREIRA, 2009, CASTRO & BARAÑANO, 2019)

Em resposta a esses problemas os pesquisadores de todos os espaços do globo iniciaram estudos para a utilização de matérias-primas que possuem impactos ambientais menores e que possam substituir completa ou parcialmente os combustíveis fósseis, os avanços nas pesquisas permitem hoje considerar como fonte viável de energia, Bioetanol, Biodiesel, Hidroelétricas, energia eólica, energia nuclear, biomassa e óleo vegetal virgem. (RAMOS et al, 2003, LÔBO & FERREIRA, 2009, CASTRO & BARAÑANO, 2019)

3.2 Óleos Vegetais como fonte de energia

Por ser uma matéria-prima vegetal, biodegradável e renovável, a biomassa chamou muita atenção como possível substituinte parcial para os combustíveis derivado de petróleo, em especial dentro das biomassas, os óleos vegetais tem sido atrativo para programas de energia limpa do governo, por ser um combustível líquido, com alto valor energético e potencial calorífico e de fácil obtenção, auxiliando a descentralização da energia e favorecendo a agricultura familiar. (RAMOS et al, 2003, LÔBO & FERREIRA, 2009)

No Brasil, pesquisadores já desenvolveram pesquisas com óleo vegetal bruto com soja, algodão, macaúba, pinhão-manso, dendê, pequi, mamona, babaçu, pupunha e vários outros, realizando testes em caminhões e maquinário agrícola, no entanto, as pesquisas comprovaram que existe desvantagens no uso do óleo vegetal não tratado diretamente nos motores de funcionamento variável, como excessos de depósitos de carbono no motor, combustão incompleta e obstrução dos bicos injetores, tal como redução da vida útil do motor, estes problemas são causados principalmente devido a alta viscosidade e baixa volatilidade dos óleos virgens testados. (RAMOS et al, 2003, CASTRO & BARAÑANO, 2019)

Para corrigir os problemas do óleo vegetal in natura pesquisadores estudaram métodos para trabalhar o óleo vegetal, para que todos os parâmetros do combustível batam com a necessidade atual, a estratégia mais utilizada para o aprimoramento do óleo vegetal é forçá-lo a uma reação de transesterificação, que resulta no Biodiesel, líquido inflamável com alto potencial calorífico e de viscosidade e densidade adequada para a ignição. (RAMOS et al, 2003)

3.3 Biodiesel

O combustível obtido a partir da transesterificação de um óleo vegetal é considerado o substituto natural para o diesel de petróleo, o combustível fóssil comercializado em maior volume atualmente no Brasil e no mundo. (RAMOS et al, 2003, ANP, 2020, PARENTE, 2003)

O biodiesel é fruto de pesquisas de aprimoramento de óleo vegetal, e é cotado para a substituição parcial ou total do diesel, possui valor calorífico aproximado ao diesel, sendo possível fazer uma substituição 1:1 com o diesel, e é compatível para ser misturado sem alterar drasticamente seus parâmetros. (RAMOS et al, 2003, PARENTE, 2003, MASIERO & LOPES, 2008)

O crescimento descontrolado do valor médio do barril de petróleo em meados de 1973 causou um questionamento sobre a viabilidade de uso de derivados de petróleo a longo prazo e iniciou uma conscientização mundial a respeito da produção e consumo descontrolado de energia não renovável.

(PARENTE, 2003, LOBO& FERREIRA, 2009). Em resposta a isso o Brasil lançou em 1975 o Programa Nacional do Álcool, visando desenvolver o uso de etanol como combustível, para substituir parcial ou completamente a gasolina. (MASIERO & LOPES, 2008). Entretanto o súbito aumento da produção de biocombustíveis só ocorreu em função de suprir a necessidade causada pela baixa oferta e valor elevado do petróleo causado pela crise de petróleo em 1990 (RICO & SAUER. 2015).

O Proóleo – Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos, que deveria ser lançado em 1975 juntamente com o Proálcool, fora lançado de forma tardia em 1983, com o nome de Programa Nacional de Óleos Vegetais para Produção de Energia. Tendo como foco desenvolver e aperfeiçoar o biodiesel como combustível para substituir parcial ou completamente o diesel mineral. Porém foi descontinuado em 1985, devido à baixa dos preços do petróleo e retomados em 2003 (MASIERO & LOPES, 2008).

Na tentativa de reduzir o impacto ambiental causado pela emissão de carbono e outros componentes que atuam negativamente no ecossistema, adotou-se a adição de Biodiesel ao diesel comum, dando origem ao ecodiesel, uma mistura de Biodiesel e Diesel que são nomeados partir da proporção de Biodiesel/Diesel Mineral presentes na mistura. O ecodiesel B10 por exemplo, corresponde a uma mistura contendo 10% de seu volume em Biodiesel para 90% de diesel de petróleo (PARENTE, 2003). A mistura de Biodiesel ao diesel mineral teve início em 2004 com caráter exploratório, funcionando entre 2005 a 2007 com a comercialização voluntária do EcoDiesel B2. A obrigatoriedade veio no artigo 2º da Lei 11.097/2005. Que introduziu definitivamente o Biodiesel à matriz energética no Brasil (ANP, 2020). O percentual de biodiesel que compõe o EcoDiesel aumentou gradativamente ao longo dos anos e em março de 2018, a proporção de adição de Biodiesel ao óleo diesel passou a ser de 10% de acordo com a Lei nº 13.263/2016 (ANP, 2019), é possível observar o crescimento percentual a partir da figura 1.

Percentual de biodiesel BX(%)

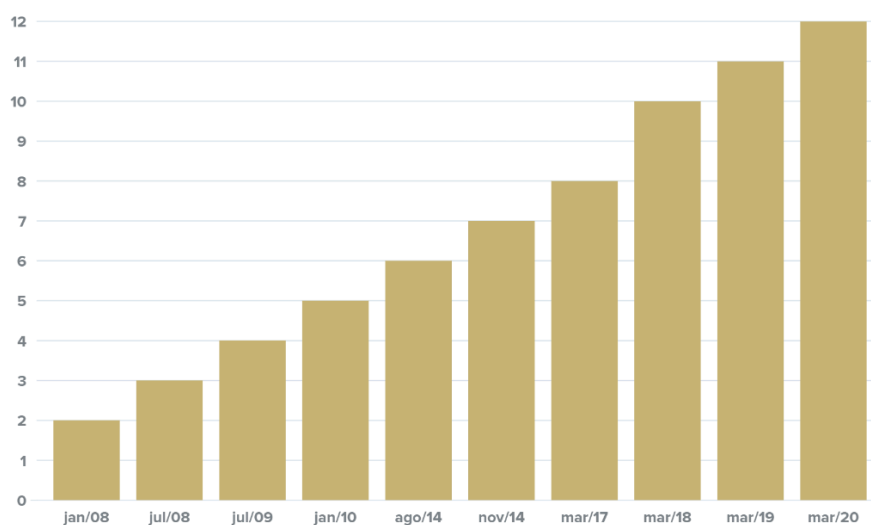


Figura 1: Evolução do percentual do biodiesel adicionado ao diesel de petróleo

Fonte: ANP (2020)

Nota-se a partir da figura que o percentual de biodiesel à mistura do ecodiesel vem aumentando gradativamente o que demonstra uma projeção positiva para os próximos anos.

3.4 Matéria-prima

O óleo vegetal é uma substância insolúvel na água, extraído de plantas, dois terços do valor extraído é destinado para a indústria alimentícia, entretanto, os lipídios presentes em sua composição são excelentes fontes de energia e de alto valor para a indústria de ácidos graxos, carburantes, lubrificantes, biodiesel, glicerina e várias outras aplicações. São constituídos principalmente por ésteres triagliceróis (>95%), e em pequena quantidade de diagliceróis e monogliceróis. (REDA & CARNEIRO, 2007. VOET & VOET, 2013; ALVES, 2013)

Os métodos mais utilizados para a extração do óleo vegetal são por uso de solvente como extrator, já que por ser insolúvel em água, é facilmente

extraído por solventes orgânicos apolares, como clorofórmio e metanol (VOET & VOET, 2013), ou por prensagem, o óleo cru, possui impurezas, tal como ácidos graxos livres, que pode afetar negativamente a qualidade do produto, dificultar o processo reativo e aumentar o custo de produção por necessidade de operações corretivas adicionais. (SHREVE & BRINK, 1997)

O Brasil possui grande variedade de oleaginosas que podem ser utilizadas para a produção de biodiesel em larga escala, como: Soja, dendê, mamona, babaçu, algodão, girassol, canola, pinhão-manso e amendoim, além de também poder ser produzido por gordura animal (MELO. J. C, 2017, CASTRO & BARAÑANO, 2019). A tabela 1 descreve o uso das diferentes matérias primas para produção de biodiesel de 2016 a 2019.

Tabela 1: Produção de biodiesel por matéria-prima (m³)

Matéria-Prima	2016	2017	2018	2019
Óleo de Soja	2.910.790	3.007.545	3.748.425	3.632.615
Gorduras animais	638.823	726.012	859.414	748.933
Óleo de algodão	40.624	12.873	49.020	54.403
Óleo de fritura usada	27.839	59.408	88.348	84.439
Matérias-primas diversas	21.986	42.380	81.463	229.808
Outros Materiais graxos	161.365	443.057	522.492	627.188
Total	3.801.427	4.291.276	5.349.162	5.377.385

Fonte: ABIOVE (2020)

A variedade de oleaginosas candidatas à produção de biodiesel é uma vantagem do processo, entretanto para a devida aplicação em escala industrial depende da análises de parâmetros que podem diferir muito entre uma e outra, tanto em parâmetros físico-químicos, ecológicos e sociais, tais como: concentrações de ácidos graxos livres, custos totais, emissões pós-queima, disponibilidade de área para plantio, mão de obra qualificada e geração de empregos. (OLTRA & PRIOLO, 2012)

3.5 Transesterificação

O processo de produção de biodiesel adotado é o processo de transesterificação que como mencionado no tópico abaixo, dentro de um reator em batelada com o auxílio de uma solução alcalina com o objetivo de produzir ésteres para agir como combustíveis. As etapas de produção de biodiesel ocorrem de acordo com a figura 2 a seguir.

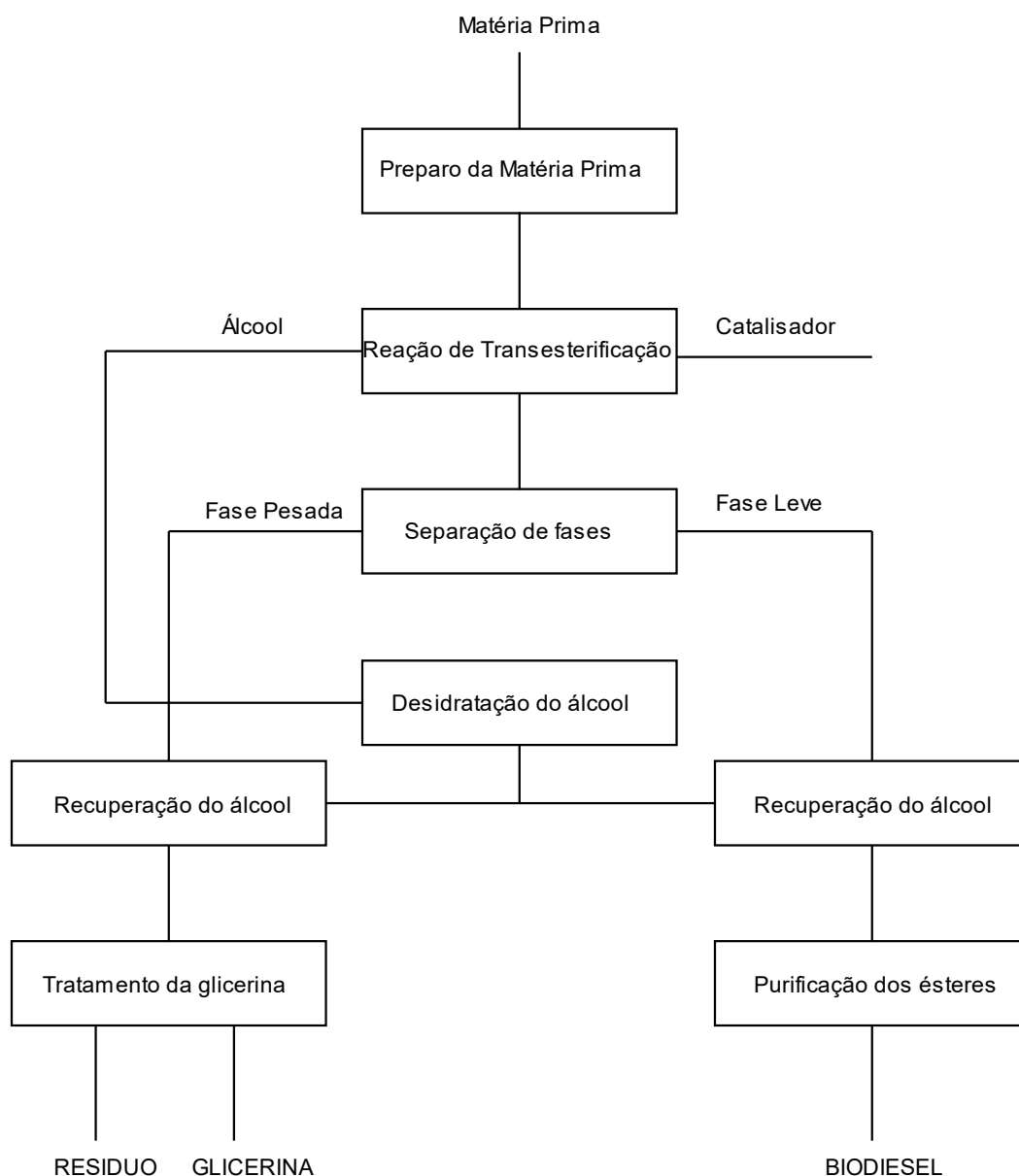


Figura 2: Fluxograma do processo de produção de biodiesel

Fonte: Adaptado de Parente (2003)

Considerando uma planta integrada de extração e refino de óleo de algodão a etapa de preparação de matéria-prima já está cumprida. Direcionando o óleo de algodão direto para o reator de transesterificação como demonstrado na figura 2.

A planta de biodiesel em sua maior extensão corresponde a tratamento do biodiesel e purificação dos ésteres, reaproveitamento de reagentes e tratamento de glicerina, um importante subproduto.

3.5.1 Processo reacional

O processo de produção do biodiesel pode ser realizado a partir de esterificação, transesterificação e craqueamento catalítico, entretanto apenas o processo de transesterificação se mostra economicamente viável para a produção em larga escala.

Transesterificação é um termo utilizado para uma classe de reações orgânicas que ocorre entre ésteres e álcoois, agilizada por catalise ácida, básica ou enzimática, sofrendo conversão de um éster a outro, através da troca do resíduo alcoxila, sem a formação de ácidos graxos livres. O equilíbrio da reação é deslocado com o uso de excesso de álcool (VOLLHARDT & SCHORE, 2013. GERIS et al, 2007), note o caminho de reação da transesterificação etílica a partir da figura 3 abaixo.

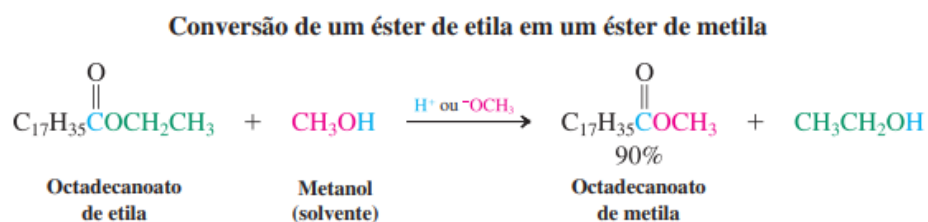


Figura 3: Reação de Transesterificação

Fonte: VOLLHARDT & SCHORE, 2013

O mecanismo de transesterificação é semelhante ao de hidrólise de ésteres e ácidos carboxílicos, tanto com catalizador ácido ou básico. De forma

que tem início forçando a protonação do oxigênio da carbonila, em seguida um ataque nucleofílico do álcool ao carbono da carbonila, como exemplificado na figura 4 (VOLLHARDT & SCHORE, 2013).

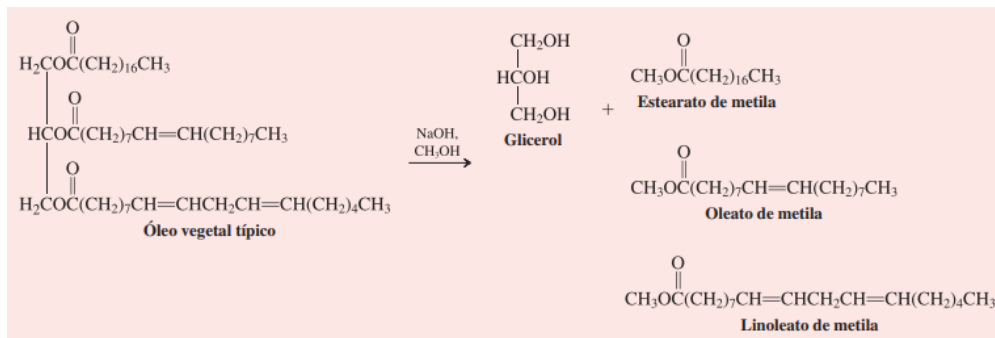


Figura 4: Reação de transesterificação do biodiesel metílico

Fonte: VOLLHARDT & SCHORE, 2013

Como demonstrado na figura 6, os ésteres ligados a glicerina do triaglicérides, são catalisados e reagidos individualmente, desmontando a cadeia e soltando ésteres já transesterificados e glicerina, um subproduto de valor agregado que é recuperado após o processo de transesterificação. Vale mencionar que a reação acontece automaticamente e podem acontecer sem catalizadores, entretanto a velocidade de reação inviabilizaria o processo. (GERIS et al, 2007)

O desprendimento dos ésteres componentes do triaglicérides são separados e reagidos individualmente como demonstrado na figura 5.

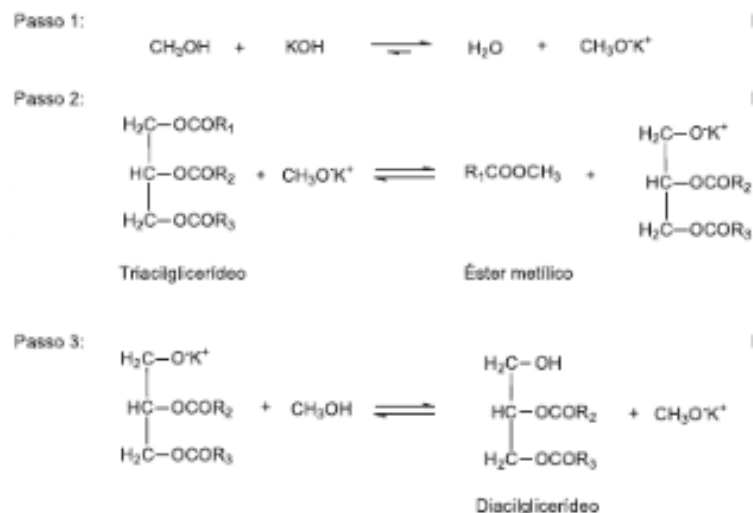


Figura 5: Etapas reacionais da transesterificação

Fonte: GERIS et al, 2007

O processo também pode ocorrer com etanol, os mecanismos de reação seriam os mesmos da figura acima, obtendo como produto final um éster etílico de propriedade similar ao metílico, porém o processo seria mais lento e seria necessário excesso de etanol.

3.6 Parâmetros de qualidade

A primeira definição de parâmetros que regulamentava os padrões de qualidade de biodiesel surgiu primeiro na Áustria, especificamente para ésteres metílicos de colza, os demais padrões de qualidade mundiais foram sendo estabelecidos em seguida. O padrão de qualidade americano regulamentado pela ASTM (*American Society of Testing and Materials*) através da norma ASTM D6751, enquanto a União europeia protocolou a norma EM 14214, pelo CEN (Comité Européen de Normalisation) que são utilizados como referência para padrões individuais dos demais países produtores de biodiesel. (LÔBO & FERREIRA, 2009)

No Brasil, as especificações do B100, que será adicionado ao diesel de petróleo é regulamentado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e

Biocombustíveis, através da Resolução nº 42 de 2008, que restringia os critérios de avaliação do biodiesel, tendo em base as normas ASTM D6751 e EN14214, enquanto a mistura de diesel e biodiesel tem sua especificação dada pela resolução ANP 15/2006. (LÔBO & FERREIRA, 2009)

Os principais parâmetros de qualidade para um óleo vegetal que será utilizado como matéria-prima para a produção de Biodiesel é índices de impureza, saponificação e Iodo, tal como a estrutura carbônica dos seus componentes visando um alto índice de cetano no produto final.

A qualidade do biodiesel está diretamente associada as estruturas moleculares dos ésteres que o compõe, contaminantes ou avarias do processo de produção, tal como má estocagem do biodiesel, considerando que as estruturas moleculares dos ésteres variam tanto no tamanho da cadeia quanto na quantidade e posições da insaturação, é seguro afirmar que o uso de matérias-primas diferentes pode resultar em resultados diferentes quanto aos parâmetros alcançados após a produção do Biodiesel. (LÔBO & FERREIRA, 2009, CASTRO & BARAÑANO, 2019)

As características físicas e químicas do biodiesel são bem parecidas entre si, independentemente de quais matérias-primas sejam utilizadas no processo e do agente de transesterificação. Os pontos em que as matérias-primas diferem umas das outras em relação a impurezas presentes na matéria-prima, como Iodo, enxofre que podem alterar negativamente não a capacidade de funcionamento do motor de ciclo diesel, mas sim na degeneração do motor a longo prazo e ou emissões desnecessárias de componentes gasosos nocivos, outra diferenciação entre o biodiesel de diferentes matérias-primas é baseada nos níveis de Cetano. (BIODIESELBR, 2020)

Os níveis de octano ou octanagem dos combustíveis está associado aos motores do ciclo otto, assim como o índice de Cetano ou cetanagem está para os motores de ciclo diesel. O índice de Cetano médio para o biodiesel no brasil é de 60, enquanto o Cetano do diesel de petróleo é em média de 50, esse fator está correlato com a melhor queima do biodiesel em motor diesel, uma vez que quanto maior o índice de Cetano de um biodiesel, melhor será a combustão da mistura. (BIODIESELBR, 2020; BASTOS et al, 2011)

Um alto número de cetano determina a qualidade do biodiesel analisado, compostos de cadeia linear saturada possuem alto número de cetano em comparação à aos compostos de cadeia ramificada e ou aromática com o mesmo número de carbono. (BASTOS et al, 2011)

4 METODOLOGIA

O trabalho em questão iniciou em processo de pesquisa, para dominância das informações prévias e formulação de um referencial teórico a partir de livros e trabalhos publicados nas áreas de bioenergia, processos químicos e química orgânica, para permitir uma base na qual as informações serão apresentadas e para justificar a coleta de dados.

O método de exclusão aplicados fora a relevância e apresentação de dados coerentes para a realização do trabalho, para tal trabalho fora necessário características físicas, químicas e econômicas dos óleos vegetais mencionados, dessa forma procurou-se o material publicado mais recente para dados físico-químicos e dados consolidados por livros e materiais publicados reconhecidos nacionalmente.

4.1 Produção e teor de óleo

A coleta de dados de produção e disponibilidade fora a primeira a ser realizada e levou em considerações dados publicados por organizações públicas e particulares responsáveis pelo acompanhamento estatístico da produção dos grãos e frutos selecionados. (Soja, Algodão, Babaçu, Dendê, Palmiste e Mamona).

Para coletar as informações pertinentes a produção de soja no Brasil fora utilizada os dados públicos da APROSOJA (Associação Brasileira dos Produtores de Soja) e um valor médio de teor de soja disponibilizado em literatura.

Para coletar as informações pertinentes a produção de algodão no Brasil, fora utilizado os dados públicos da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) e um valor médio de teor de soja disponibilizado em literatura.

Para coletar as informações das demais oleaginosas fora utilizado dados estatísticos do IBGE e EMBRAPA reforçado para análises das demais organizações regulamentadoras e os valores de percentual fora coletado por

literatura especializada em óleos vegetais como Moretto & Alves, 1986, e Tango, J. S. et. al, 1981.

4.2 Disponibilidade e composição

A coleta de dados de disponibilidade e de composição foi captada por fichas técnicas públicas disponibilizadas pela CAMPESTRE, Companhia Nacional de Abastecimento, IBGE e literaturas.

4.3 Análise comparativa

Uma vez tomada as informações pertinentes a composição, características e disponibilidade de produção, os valores foram listados em ordem crescente para todas as propriedades, para fazer uma avaliação dos óleos vegetais que apresentavam as características ideais em mais pontos do processo, em relação a qualidade do biodiesel final e a facilidade de controle e aquisição da matéria-prima visando um uso em qualquer estado da nação, antes de fazer uma avaliação mais aprimorada sobre o potencial calorífico do produto final.

4.4 Índice de Iodo x Cetano

Levando em consideração as análises realizadas no trabalho *“Determinação do número de cetano de biodiesel através da correlação com o índice de iodo”* de Bastos, et. al, pela UNICAMP, que comprova a correlação do índice de Iodo com a quantidade final de cetano em um biodiesel após reação, que afirma que maior índice de Iodo afirma uma maior concentração de insaturações, e a sua relação com a produção de cetano que aumenta quanto menor as insaturações e menor a cadeia, permite analisar as matérias-primas e ordenar em relação a seu índice de cetano, uma vez que quanto maior a sua concentração, menor o tempo de ignição e melhor para motores de ciclo diesel.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Soja

A soja é um dos produtos agrícolas mais antigos conhecidos e dominados pelo homem, produzido, tratado e comercializado a mais de quatro mil anos.

O óleo de soja é um recurso vegetal extraído do feijão-soja (*Glycine Max*), que é amplamente utilizado no Brasil em diversos setores da produção, sendo relacionado comumente com a indústria alimentícia (proteína vegetal e como óleo comestível) e matéria-prima principal da produção de Biodiesel, ao ser submetido a processo de extração extrai-se o óleo de soja bruto, um líquido viscoso de coloração âmbar.

5.1.1 Produtividade

A Soja hoje é o produto agrícola produzido em maior volume no Brasil e sua abundância está diretamente relacionado a sua produtividade, produzindo uma alta quantidade em toneladas por hectare.

A soja é produzida em todo o território nacional, como pode ser visto na tabela 2, os dados disponíveis em APROSOJA permite visualizar que as que mais se destacam em relação à produção de soja são Centro-oeste e Sul, produzindo juntos aproximadamente 79% de toda a produção nacional, são poucos estados brasileiros que não o produzem.

Tabela 2: Produção de soja 2019/2020 do Brasil

Região	Produção (mil ton)	Área (mil ha)	Produtividade (ton/ha)
TOTAL	124.233	36.895	3,37
NORTE	6.651	2.215	3,00
Amapá	54	18	3,00
Pará	2.100	700	3,00
Rondônia	1236	392	3,15
Roraima	150	50	3,00
Tocantins	3.111	1.055	2,95
NORDESTE	10.957	3.454	3,17
Bahia	3.330	1.615	3,30
Maranhão	3.115	1.038	3,00
Piauí	2.512	801	3,14
CENTRO-OESTE	54.983	16.488	3,33
Goiás	12.051	3.545	3,40
Mato Grosso	33.025	9.780	3,38
Mato Grosso do Sul	9.907	3.163	3,13
SUDESTE	8.842	2.663	3,32
Minas Gerais	5.242	1.588	3,30
São Paulo	3.600	1.075	3,35
SUL	42.800	12.075	3,54
Paraná	19.561	5.510	3,55
Rio Grande do Sul	20.874	5.880	3,55
Santa Catarina	2.365	685	3,45

Fonte: Computado a partir de dados de APROSOJA, 2019

Na tabela 2 é possível visualizar que a produtividade da soja é praticamente uniforme onde quer que seja a plantação, fornecendo dados o suficiente para definir que a soja possui uma boa compatibilidade com todas os climas brasileiros, com uma produtividade média alta de 3,37 toneladas por hectare plantado.

5.1.2 Teor de óleo

A literatura conservadora de Moretto e Alves, definem o percentual de óleo vegetal no valor entre 18 e 20% em volume do grão da soja, após um processo de extração mista, a variar em relação à época de colheita, tempo de armazenamento e subespécie do grão, podendo reduzir a concentração de óleo vegetal à até 15% (mecânica e solvente).

O teor de óleo presente na soja é baixo, um dos mais baixos analisados no trabalho, juntamente com o óleo de algodão, portanto a extração desse óleo vegetal precisa trabalhar com maior tempo, para apresentar resultados significativos em volume de produção.

5.3.3 Competitividade de mercado

A maior parte do volume produzido da soja e óleo de soja é destinado para a indústria alimentícia, entretanto divide diversas outras formas de uso não alimentícios, sendo o mais comum a produção de biodiesel, como destinos menores para o óleo de soja temos Biocompósitos, solventes, resinas, materiais escolares, lubrificantes industriais, espumas e ácidos graxos.

O óleo de soja após o refino e destinado para a compra em larga escada custa R\$ 6,30 segundo dados da Editora Stilo.

5.3.4 Composição

A configuração dos óleos graxos presentes no óleo semi-refinado de soja e expresso pela tabela 3 abaixo, organizado de acordo com o tamanho da cadeia do ácido graxo e de suas insaturações.

Tabela 3: Composição dos ácidos graxos do óleo de soja

ACIDOS GRAXOS	VALORES (%)
Láurico	Traços
Mirístico	Traços
Palmítico	9,7-13,3
Palmitoleico	Traços
Esteárico	3,0 – 5,4
Oleico	17,7 – 28,5
Linoleico	49,8 – 57,1
Linolênico	5,5 – 9,5
Araquídico	0,1 – 0,6
Elcosenóico	Traços
Behenico	0,3 – 0,7
Erúcido	Traços
Lignocérico	Traços

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

Os ácidos graxos mais comuns presentes no óleo de soja são respectivamente em volume o Linoleico, Oleico e Linoleico, de cadeias C18:2, C18:1 e C18:3, que são ácidos graxos de cadeias medianas, o que é aproveitável para a produção de biodiesel, em relação a sua produção de cetano, entretanto, as insaturações também presentes nesses ácidos graxos, reduzem consideravelmente a produção de cetano, portanto a produção de biodiesel a partir de óleo de soja pode utiliza-la como matéria-prima principal entretanto, a cetanagem do biodiesel será apenas, regular.

5.3.5 Propriedades Físico-químicas

O óleo de soja possui valores intermediários relativos a suas características físico-químicas, sendo uma ótima matéria-prima para a produção de biodiesel, suas características estão expostas na tabela 4.

Tabela 4: Características físico-química do óleo de soja

INDICES	UNIDADES	REFERENCIA
Peso específico (25°C)	g/cm ³	0,916 – 0,922
Iodo	gI ₂ /100g	120 – 141
Saponificação	mgKOH/g	180 – 200
Impureza	%	< 1,0
Acidez	%	<0,3
Peróxido	Meq/kg	<10,0

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

O óleo de soja possui um peso específico comum e baixa acidez e impurezas, entretanto o seu índice de iodo é extremamente alto, o índice de iodo é um indicativo das insaturações do óleo, que será transferido para o biodiesel finalizado, portanto, o alto índice de iodo é uma indicativa de redução na produção de cetano durante a transesterificação. E o baixo índice de saponificação não contraindica a sua produção.

5.2 Algodão

O óleo de algodão é um recurso extraído exclusivamente do caroço da planta do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*), que é utilizado na produção de biodiesel atualmente, o algodão possui 40% do volume em plumas e o restante é composto pelo caroço, visando aproveitar 100% do algodão e não retirar o foco de outros setores de produção, o caroço é trabalhado ao ser submetido à extração, obtendo um líquido viscoso de coloração escura.

5.2.1 Produtividade

Apesar do Brasil ser o quinto maior produtor mundial de pluma e caroço de algodão, a área destinada a produção de algodão ainda é baixa e a produção divide espaço de pluma e caroço, abaixando a sua produtividade.

O algodão é produzido em todo o território nacional, os dados da CONAB permitem visualizar que os estados que mais se destacam em relação a produção de algodão são Minas Gerais e a Bahia, juntos produzindo 89,6% de todo o caroço de algodão Nacional. Acompanhe os dados por estado na tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Produção de caroço de algodão 2019/2020 do Brasil

Região	Produção (mil ton)	Área (mil ha)	Produtividade (ton/ha)
TOTAL	4.371,3	1.665,6	2,62
NORTE	40,3	16,5	2,44
Rondônia	16,6	6,7	2,48
Tocantins	23,7	9,8	2,42
NORDESTE	1.009	365,3	2,76
Bahia	894,90	313,7	2,85
Ceará	1,6	2,8	0,57
Maranhão	68,9	27,8	2,48
Paraíba	1,9	1,9	1
Piauí	40,3	18,3	2,20
Rio Grande do Norte	0,7	0,3	2,33
CENTRO-OESTE	3.196,3	1.233,5	2,59
Goiás	92,4	35,5	2,60
Mato Grosso	3.020	1.166	2,59
Mato Grosso do Sul	83,9	32	2,62
SUDESTE	123,7	49,1	2,52
Minas Gerais	96,7	38,1	2,54
São Paulo	27	11	2,45
SUL	1,9	1,2	1,58
Paraná	1,9	1,2	1,58

Fonte: Computado a partir de dados de CONAB, 2020

É possível verificar na tabela 5, que a produtividade do algodão é praticamente uniforme em todas as plantações, com valor médio de produtividade média de 2,68 Toneladas por hectare.

O processo produz um óleo vegetal escuro, rico em gossipol, um corante vermelho escuro que está muito presente no óleo bruto, forçando o óleo a passar por etapas adicionais para seu refino, aumentando o custo total da operação e encarecendo o produto.

O óleo de algodão é levemente mais caro que o óleo de soja por causa do processo de refino adicional e não interfere em outras destinações para o óleo vegetal, sendo em grande parte destinado à produção de biodiesel.

5.2.2 Teor de óleo

As literaturas divergem em relação ao teor de óleo do algodão, materiais mais recentes determinam uma amplitude maior no percentual de óleo extraído. Variando entre 16 à 26%, enquanto literaturas mais antigas e mais conservadoras como a de Moretto e Alves de 1986, determinam um valor de óleo em v/v entre 18 e 20%, em extração mista (mecânica e solvente).

O baixo teor de óleo é compensado com a grande plantação, entretanto o processo para a extração deste óleo, para que seja obtido um alto volume para destinar a produção é necessário operar em máquinas maiores ou em maior tempo de permanência, portanto aumentando o gasto energético para a produção de um volume aceitável do produto acabado.

5.2.3 Competitividade de mercado

A principal destinação do óleo de algodão já é o uso nas usinas produtoras de biodiesel e também é muito utilizado em produtos alimentícios. Entre os demais produtos que competem com o uso do óleo de algodão temos maquiagens, óleos corporais, Shampoo, resinas, solventes e ácidos graxos.

O preço comercial do caroço de algodão já desplumado é de R\$ 1350,00 por tonelada, e produz um óleo vegetal de baixo valor agregado.

5.2.4 Composição

O óleo do caroço do algodão possui composição similar à do óleo de soja, podendo ser utilizados misturados sem mudar drasticamente as propriedades da matéria-prima, possui ácidos graxos de cadeias intermediárias, como mostra a Tabela 6 e com altas conversões.

Tabela 6: Composição de ácidos graxos do óleo de algodão

ACIDOS GRAXOS	VALORES (%)
Láurico	Traços
Mirístico	0,6 – 1,0
Palmítico	21,4 – 26,4
Palmitoleico	1,2
Esteárico	2,1 – 3,3
Oleico	14,7 – 21,7
Linoleico	46,7 – 58,3
Linolênico	Traços
Araquídico	0,2 – 0,5
Elcosenóico	Traços
Elcosadienoico	Traços
Behenico	0,6
Erúcido	Traços
Docosadienoico	Traços
Lignocérico	Traços

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

Os principais ácidos graxos presentes no óleo de algodão são respectivamente em volume são ácido linoleico, Oleico e Palmítico, de cadeias C18:2, C18:1 e C16:0, são ácidos de cadeias curtas-medianas, o que indica numa produção de cetano inferior que a produção usual com óleo de soja, levando em consideração apenas o comprimento da cadeia carbônica, entretanto, a quantidade de insaturações é menor que a usual com óleo de soja,

o contrabalanço dessas características fornecem um biodiesel de características aceitáveis e com um índice de cetano regular.

5.2.5 Propriedades Físico-químicas

Assim como a composição em ácidos graxos, as propriedades físico-químicas do óleo de algodão é similar ao de soja, note na tabela 7, entretanto, o óleo de algodão possui menor valor de iodo em g I₂/100g. O que garante um melhor funcionamento a longo prazo em motores de combustão interna que são sensíveis ao iodo presente no combustível.

Tabela 7: Características Físico-químicas do óleo de algodão

INDICES	UNIDADES	REFERENCIA
Peso específico (25°C)	g/cm ³	0,918 – 0,926
Iodo	gI ₂ /100g	96 – 115
Saponificação	mgKOH/g	189 – 198
Impureza	%	< 2,0
Acidez	%	<0,3
Peróxido	Meq/kg	<10,0

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

A tabela 7 permite visualizar que apesar do baixo índice de acidez e impureza, o óleo de algodão possui valor de referência de saponificação e impureza o que pode dificultar o processo de produção, obrigando a usina a fazer um tratamento do óleo vegetal para especificar o óleo. O índice de iodo é baixo, um reflexo das poucas insaturações presentes nos ácidos graxos que a compõem, esse fato aponta um leve crescimento no cetano, que é contraposto com a pequena cadeia carbônica como mencionado na tabela 6.

5.3 Babaçu

Babaçu é o fruto da palmeira nativa oleaginosa *Orbygnia*, a extração mista resulta num líquido viscoso de baixa densidade de cor amarela, o óleo de coco, como é chamado é extraído a partir da amêndoa da palmeira nativa, o óleo de babaçu é considerado de difícil aquisição e de baixo volume de produção devido o método de extração, sendo uma das poucas amêndoas que são retiradas do côco, manualmente.

5.3.1 Produtividade

O Babaçu é uma oleaginosa que é produzida em cachos na palmeira nativa, em sua maioria é nativa do meio norte do Brasil, região compreendida entre o maranhão e o Piauí, principalmente no maranhão, onde 1/4 do território selvagem está ocupado por elas, também pode plantada em cultivos artificiais, entretanto é menos utilizado, a plantação de babaçu é principalmente movida pela agricultura familiar, faltando assim dados de produtividade, os dados coletados podem ser analisados na tabela 8 abaixo.

Tabela 8: Produção de amêndoa de babaçu 2002 do Brasil

Região	Produção (ton)
TOTAL	292.220
NORTE	4.934
Amazonas	3
Pará	48
Tocantins	4.883
NORDESTE	277.289
Ceará	1.040
Bahia	1.108
Piauí	15.033
Maranhão	270.108

Fonte: TEXEIRA, 2004

O babaçu é produzido principalmente no território de estado do Maranhão, que promove sozinho 92% de toda a produção nacional, vale também mencionar que o fruto da palmeira é dividido em Epicarpo, mesocarpo, Endocarpo e Amêndoa, sendo a amêndoa o objeto de interesse da extração.

5.3.2 Teor de óleo

A literatura determina o conteúdo de óleo da semente de babaçu equivalente a 50% a 55%, um valor extremamente alto em relação às oleaginosas mais utilizadas. Sendo então a semente com maior potencial em extração em baixos volumes mencionados no presente trabalho, o alto teor de óleo garante uma produção considerável de óleo, com um volume muito menor em sementes, reduzindo a necessidade de estoque.

5.3.3 Competitividade do mercado

O óleo de babaçu é disputado por diversas indústrias químicas, principalmente a indústria alimentícia e a cosméticas, entretanto também é utilizada em escalas menores na produção de sabões, sabonetes finos, lubrificantes e nas óleoquímicas.

Após o refino do óleo de babaçu e próprio para a utilização em escala industrial custa R\$ 9,70 segundo dados da Estilo Stile, sendo o de maior valor agregado dos materiais estudados.

5.3.4 Composição

O óleo de babaçu se categoriza como um óleo láurico, uma vez que a maior percentual de ácido graxo é de ácido láurico, e os demais ácidos que a compõem, em sua maioria, também são ácidos de cadeia curta, como mostra a tabela 9 abaixo.

Tabela 9: Composição de ácidos graxos do óleo de babaçu

ACIDOS GRAXOS	VALORES (%)
Caprílico	2,6 – 7,3

Cáprico	1,2 – 7,8
Láurico	40,0 - 55,0
Mirístico	11,0 -27,0
Palmítico	5,2 – 11,0
Esteárico	1,8 – 7,4
Oleico	9,0 – 20,0
Linoleico	1,4 – 6,6

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

A composição do óleo de babaçu é maior respectivamente em ácidos láuricos, Mirístico, Oleico, Palmítico, Caprílico. De cadeias carbônicas C12:0, C14:0, C16:0, C18:1 e C8:0, são cadeias carbônicas curtas, com exceção do ácido oleico que possui cadeia mediana, possui pouquíssimas insaturações, apenas no ácido oleico. Este óleo vegetal quando submetido a produção de biodiesel, ele produz baixíssimo índice de cetano, apesar de suas baixas insaturações, suas cadeias são demasiadas curtas, apenas o ácido oleico contribuiria para o aumento do índice de cetano, entretanto a insaturação presente no ácido graxo, interfere negativamente para essa produção. O processo de produção utilizando esse óleo produziria um biodiesel, com baixo cetano, portanto baixo poder de queima.

5.3.5 Propriedades Físico-químicas

O óleo de babaçu, possui um peso específico baixo, e baixíssimo índice de iodo, índice de saponificação alto, entretanto as impurezas, acidez e índice de peróxido estão nos conformes, assim como os outros óleos vegetais analisados.

Tabela 10: Características Físico-químicas do óleo de babaçu

INDICES	UNIDADES	REFERENCIA
Peso específico (25°C)	g/cm ³	0,903 – 0,924
Iodo	gl2/100g	14 – 23
Saponificação	mgKOH/g	247 – 255

Impureza	%	< 1,0
Acidez	%	<0,3
Peróxido	Meq/kg	<10,0

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

Analisando a tabela 9 acima, podemos ver inicialmente que o índice de iodo do óleo de babaçu é baixíssimo, seria o mais indicado para a produção se não fosse composto principalmente de ácidos graxos de cadeia curta. E o índice de saponificações é o maior dentre todos os óleos analisados no presente trabalho, portanto interfere negativamente no uso desse óleo como matéria-prima principal para a produção de biodiesel.

O óleo de babaçu pode ser extraído com facilidade e pelo teor de óleo da amêndoa, reduz estoque e facilita a produção, entretanto a maior parte de seu volume é composto por ácidos graxos de cadeia curta, o que reduz o número de cetano do biodiesel, conseqüentemente aumentando o intervalo de queima do biodiesel e reduzindo seu potencial calorífico.

5.4 Palma (Dendê)

O óleo de palma, ou popularmente denominado óleo de dendê, é o produto da extração da polpa da fruta da palmeira (*Elaeis guineensis*), após a extração física. O dendezeiro, originalmente conhecido como palma-de-guiné, tem origem angolana, entretanto é de fácil adaptação sendo usado bastante na América do Sul, África e Eurásia.

5.4.1 Produtividade

O dendezeiro, dá frutos em cachos, podendo dar dezenas de frutos por cacho, e vários cachos por dendezeiro, é da família das palmeiras e crescem verticalmente, possui uma altíssima produtividade, entretanto, a sua produção é focada principalmente no Pará e litoral baiano, como mostra a tabela 11 abaixo.

Tabela 11: Produção de palma 2019/2020 do Brasil

Região	Produção (mil ton)	Área (mil ha)	Produtividade (ton/ha)
TOTAL	2.582	177,4	14,55
Pará	38	13	2,92
Bahia	2.544	164,4	15,47

Fonte: Computado a partir de dados de IBGE, 2020

Apesar da boa adaptação do dendezeiro, a planta trazida a África tem sua plantação principalmente no Pará e na Bahia, outros estados, do norte e nordeste possuem plantação destinada à produção de dendê em proporções menores, porém, não foi possível obter dados pertinentes à produção desses estados.

5.4.2 Teor de óleo

Do pericarpo de palma é retirado o óleo de dendê, seu conteúdo de óleo é de 20% de óleo numa relação de massa/massa. Por ser composto de massa frágil, é mais fácil de obter altos volumes de óleo de óleo por prensagem.

5.4.3 Competitividade de mercado

O óleo de dendê é utilizado em diferentes indústrias químicas, sendo um produto bem disseminado, as principais utilizações são na indústria alimentícia e cosmética, entretanto também é utilizado nas indústrias de sabões e sabonetes, velas, óleo-química e domissanitários.

O óleo de dendê após o refino e destinado para a compra em larga escada custa R\$ 6,60 segundo dados da Editora Stilo.

5.4.4 Composição

O óleo de dendê possui uma composição mista, com ácidos graxos com cadeias medianas. Uma configuração única, com percentuais de acordo com a

tabela 12 abaixo, crescendo em comprimento da cadeia carbônica e número de insaturações.

Tabela 12: Composição de ácidos graxos do óleo de dendê

ACIDOS GRAXOS	VALORES (%)
Láurico	Traços
Mirístico	0,5 – 5,9
Palmítico	32,0 – 51,0
Palmitoleico	Traços
Estearico	2,0 – 8,0
Oleico	38,0 - 52,0
Linoleico	5,0 – 11,0
Linolênico	Traços
Araquídico	0,9 – 1,1
Elcosenóico	1,1 – 1,3
Behenico	Traços
Lignocérico	1,0 – 1,2

Fonte: Computado a partir de dados de TANGO, et. al, 1981

O óleo de dendê, é composto principalmente por ácido palmítico e ácido oleico, com pequenas porções de ácido linoleico e esteárico. Como respectivas cadeias carbônicas, C16:0, C18:1, C18:2, C18:0, cadeias carbônicas médias, com poucas insaturações, o que o qualifica quanto a composição, um excelente material para a produção de biodiesel.

5.4.5 Propriedades Físico-químicas

O óleo de palma possui um peso específico baixo e seu percentual de impureza tende a ser levemente superior, enquanto acidez e peróxido estão coerentes à média dos demais óleos vegetais produzidos, como possível ver na tabela 13 a seguir.

Tabela 13: Características Físico-químicas do óleo de dendê

INDICES	UNIDADES	REFERENCIA
Peso específico (25°C)	g/cm ³	0,918 – 0,922
Iodo	gl ₂ /100g	44 – 60
Saponificação	mgKOH/g	195 – 205
Impureza	%	< 0,8
Acidez	%	<0,3
Peróxido	Meq/kg	<10,0

Fonte: Computado a partir de dados de TANGO et. al, 1981

Na tabela 13 acima, é possível verificar que o índice de iodo do óleo de palma é baixo devido a pouca presença de insaturações, o baixo índice de iodo é o segundo menor das amostras analisadas, entretanto a seu índice de saponificação é levemente superior ao de soja e algodão, que é comumente utilizado em produção em larga escala.

5.5 Palma (Palmiste)

O óleo de palmiste é produzido em vários países tropicais, é extraído a partir da amêndoa do fruto do dendzeiro, após o processo de extração do óleo de palmiste, obtém-se um líquido viscoso de amarela fraca, o material após a extração é comumente utilizado como combustível de caldeira, devido seu alto poder calorífico.

5.3.1 Produtividade

A produtividade do óleo de palmiste, está diretamente ligada a produção do dendê, uma vez que ele provem da mesma matéria prima, portanto é possível entender a produção dessa matéria prima a partir da tabela 11, acima.

5.3.2 Teor de óleo

O óleo de palmiste é extraído da amêndoa do coco dendê, esta pequena parcela do fruto corresponde a em média 25% do peso do furto, e da amêndoa

do fruto é retirado o óleo de palmiste, com seu conteúdo médio de 45 a 50% de óleo numa relação volume/volume. Por possuir um alto teor de óleo, é possível obter quantidades altas de volume com menor volume de matéria-prima.

5.5.3 Competitividade de mercado

O óleo de palmiste, assim como a maior parte dos outros óleos analisados, é primariamente utilizado pela indústria alimentícia, em sequência pela indústria de cosméticos, sabões e lubrificantes.

O óleo de palmiste após o refino e destinado para a compra em larga escala custa R\$ 8,60 segundo dados da Editora Stilo.

5.5.4 Composição

O óleo de palmiste possui uma configuração singular, possuindo diversos ácidos graxos em concentrações consideráveis, variando o tamanho da cadeia de 8 a 18 carbonos em suas cadeias de maior concentração.

Tabela 14: Composição de ácidos graxos do óleo de palmiste

ACIDOS GRAXOS	VALORES (%)
Capróico	0,8
Caprílico	1,9 – 6,2
Cáprico	2,6 – 5,0
Láurico	40,0 – 55,0
Mirístico	14,0 – 18,0
Palmítico	6,5 – 10,3
Esteárico	1,3 – 3,0
Oleico	12,0 21,0
Linoleico	1,0 – 3,5
Linolênico	0,7
Araquídico	Traços

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

Os ácidos graxos mais encontrados em maior concentração v/v no óleo de palmiste, em ordem decrescente são ácido Láurico, Oleico, Mirístico, Palmítico, Cáprico e Caprílico. De cadeia carbônica C12:0, C18:1, C14:0, C16:0,

C10:0 e C8:0. O óleo se classifica como óleo láurico, por sua concentração, e com exceção do ácido oleico, os seus componentes são de cadeia curta, uma vez que o número de cetano produzido após a transesterificação está diretamente associada ao comprimento de cadeia e instaurações, o óleo de palmiste produzira um biodiesel com baixo nível de cetano.

5.5.5 Propriedades Físico-químicas

O óleo de palmiste possui densidade relativamente alta, comparada a outros óleos vegetais, baixo índice de impureza, entretanto, possui alto índice de saponificação, como pode ser visto na tabela 15 abaixo.

Tabela 15: Características físico-químicas do óleo de palmiste

INDICES	UNIDADES	REFERENCIA
Peso específico (25°C)	g/cm ³	0,920 – 0,945
Iodo	gl ₂ /100g	14 – 23
Saponificação	mgKOH/g	242 – 255
Impureza	%	< 0,5
Acidez	%	<0,3
Peróxido	Meq/kg	<10,0

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

O óleo de palmiste, analisando apenas as suas propriedades seria uma matéria-prima ideal, apesar do seu alto índice de saponificação, o baixo índice de iodo e percentual de impureza, são chamativos, entretanto, como mencionado no tópico 5.5.4, o percentual de cetano produzido é inferior por causa da sua composição.

O óleo de Dendê e óleo de palmiste, ambos provem do mesmo fruto e possui a produção extremamente localizada, sendo viável apenas para a produção em usinas no litoral norte e nordeste, o óleo de dendê, é amplamente utilizado na indústria de alimentos e cosméticos, áreas de valor agregado

superior a produção de biodiesel, enquanto o óleo de palmiste é menos visado por esses segmentos industriais, entretanto a composição do óleo é principalmente láurico, um ácido graxo de curta cadeia carbônica, produzindo um biodiesel com pouco cetano.

5.6 Mamona

A mamona (*Ricinus communis*), fruto do pé de mamona ou mamoneira é uma planta da família das euforbiáceas, a sua semente é a matéria-prima da produção do óleo de mamona ou óleo de rícino. Após o processo sequencial de extração mecânica e por solvente, obtém-se um óleo extremamente viscoso de baixa densidade e de cor amarela, semitransparente.

5.6.1 Produtividade

A mamona é produzida principalmente no nordeste brasileiro, clima no qual a planta se adapta melhor. O Nordeste conta com 88% da produção de mamona de todo o Brasil, entretanto a produtividade da produção nordestina é baixa, isso se dá principalmente pelo fato de que a maturação da mamona não é uniforme, e depende muito tempo de coleta uma vez que ela é de difícil mecanização, então boa parte da produção provem de agricultura familiar, a diferença na produtividade pode ser analisada na tabela abaixo.

Tabela16: Produção de mamona 2011/2012 do Brasil

Região	Produção (mil ton)	Produtividade (ton/ha)
TOTAL	105,0	0,85
NORDESTE	92,5	0,70
Piauí	1,8	0,85
Ceará	29,5	0,49
Rio Grande do Norte	0,2	0,700
Pernambuco	3,9	0,53
Bahia	57,1	0,80

CENTRO-OESTE	10,9	2,01
Minas Gerais	10,9	2,01
SUDESTE	1,0	2,00
São Paulo	1,0	2,00
SUL	0,6	0,60
Paraná	0,6	0,60

Fonte: Computado a partir de dados de AGEITEC, 2013

A maior produtividade está localizada em minas gerais, onde a mamona é produzida em pequena escala, mas com organização agrícola superior à produção familiar do Nordeste, entretanto a sua produção e produtividade é muito baixa em consideração a outros óleos vegetais analisados no presente trabalho.

A ausência de dados mais recentes dificulta uma previsão melhor da mamona como matéria-prima, entretanto, é seguro dizer que o avanço da indústria de cosméticos, principal usuária do óleo de mamona, incentiva continuamente o aumento da produção de mamona no nordeste, centro-oeste e sudeste.

5.6.2 Teor de óleo

O óleo de mamona, extraído da semente de mamona, é uma das extrações mais produtivas possíveis, durante o processo de extração da mamona é possível obter um conteúdo de óleo vegetal entre 50 e 55%, a variar com a localização do plantio, estação do ano e tempo de armazenamento.

5.6.3 Competitividade de mercado

O principal componente do óleo de mamona, como descrito na tabela 14, é o ácido Ricinoleico (C18:1, 12-OH), compondo quase 90% do óleo de mamona, este óleo em especial possui uma hidroxila na cadeia carbônica, garantindo propriedades reacionais que são aproveitadas pela indústrias de resinas poliméricas: Revestimentos, adesivos, graxas, plastificantes e próteses,

o óleo de mamona, após tratado pela indústria cosmética, é comercializado como óleo de rícino, um dos produtos mais famosos e comercializado em cremes e loções hidratantes capilares.

5.6.4 Composição

O óleo de mamona possui uma configuração única, quase que todo o seu volume é composto de óleo Ricinoleico, um componente que não aparece nos demais óleos analisados, enquanto os outros componentes somados chegam a uma concentração máxima de 14% como pode ser analisado na tabela 17 a seguir.

Tabela 17: Composição de ácidos graxos do óleo de mamona

ACIDOS GRAXOS	VALORES (%)
Mirístico	Traços
Palmítico	1,0 – 2,0
Esteárico	0,9 – 2,0
Dihidroxiesteárico	0,9 – 1,1
Oleico	2,9 – 6,0
Linoleico	3,0 – 5,0
Linolênico	Traços
Behenico	2,1
Ricinoleico	86,0 – 89,0

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

O ácido Ricinoleico possui cadeia carbônica C18:1, 12 – OH, possui cadeia carbônica similar ao ácido oleico, entretanto a presença da hidroxila, facilita pontes de hidrogênio, é uma matéria-prima de boa qualidade entretanto, entretanto sua viscosidade é muito maior que a de todos os outros óleos vegetais analisados no presente trabalho, o cadeia carbônica com 18 carbonos é aproveitada no processo de transesterificação, entretanto a insaturação presente

no principal ácido graxo interferem negativamente na produção de cetano durante a produção de biodiesel.

5.6.5. Propriedades Físico-químicas

O óleo de mamona possui uma densidade moderada, baixa impureza e índice de acidez e peróxido na média dos óleos analisados, como possível ver na tabela 18 abaixo.

Tabela 18: Características físico-químicas do óleo de mamona

INDICES	UNIDADES	REFERENCIA
Peso específico (25°C)	g/cm ³	0,945 – 0,965
Iodo	gI ₂ /100g	81 – 91
Saponificação	mgKOH/g	176 – 187
Impureza	%	< 1,0
Acidez	%	<0,3
Peróxido	Meq/kg	<10,0

Fonte: Computado a partir de dados de CAMPESTRE, 2020

Como pode ser visto na tabela acima, o índice de iodo do óleo de mamona é baixo, comparado aos óleos usuais, soja e algodão, demonstra que é possível se obter um biodiesel de boa qualidade e com níveis de cetano aceitáveis.

O óleo de mamona, seria uma boa escolha, sua composição e disponibilidade facilitariam a produção, tal como o alto teor de óleo presente nas sementes de mamonas, entretanto, não há produtividade o suficiente para suprir a indústria de cosméticos e polímeros. Enquanto o biodiesel agrega pouco valor ao óleo vegetal.

6 CONCLUSÃO

Analisando as matérias-primas escolhidas para este trabalho, conclui-se que, apesar de todas serem possíveis matérias primas para a obtenção de biodiesel, fatores predominam no momento de escolha de uma delas para matéria-prima principal de uma planta de produção. A soja e algodão se apresentam como matérias-primas recomendadas, apesar de seus índices de iodo e saponificação, o volume de produção e ser produzida em todo o território nacional, tal como o número de cetano produzido em função dos ácidos graxos que a compõem, garantem uma grande atratividade dessa matéria-prima para a produção de biodiesel.

Todas as demais matérias-primas, apesar de gerarem um produto de qualidade aceitável, ao analisar outros detalhes de sua produção ou destinação, a torna uma matéria-prima que produz um biodiesel de qualidade inferior ou está diretamente associada com um mercado de valor agregado muito maior que a produção de biodiesel.

Todas as matérias-primas analisadas, produziriam um biodiesel aceitável, entretanto apenas o óleo de soja e algodão se mostram favoráveis para a produção em larga escala, entretanto todas as demais oleaginosas são excelentes opções como matéria-prima alternativa ou para alcançar o volume desejado em caso de indisponibilidade de soja e algodão numa usina de biodiesel.

7 REFERÊNCIAS

ABIOVE. Noticiário Mensal. Associação Brasileira das indústrias de óleo vegetais. Disponível em: <http://www.abiove.com.br>. Acesso em 12 de abril de 2020.

AGEITEC. Agencia Embrapa de informação tecnológico. Arvore do conhecimento: Mamona. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/mamona/arvore/CONT000h4pitb4s02wx7ha0awymtyiscijnl.html>. Acesso em 28 de dezembro de 2020.

Agencia Brasileira dos produtores de algodão (ABRAPA, 2020). Disponível em: <https://www.abrapa.com.br>. Acesso em 13 de abril de 2020.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2020). Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em 10 de abril de 2020.

ALVES; G. A. Estudo da viabilidade econômica da produção de biodiesel de gordura suína, uma estimativa baseada em dados experimentais em escala de bancada. Trabalho de conclusão de curso. Medianeira, 2013.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário Estatísticos Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – 2019. Ministério de Minas e Energia (2019). ISSN 1983-5884.

BASTOS. F, A; ARICETTI. J, A, TUBINO. M. Determinação do número de cetano de biodiesel através da correlação com o índice de iodo. Sociedade Brasileira de Química, UNICAMP. 2011

BIODIESELBR. Algodão. Curitiba, 2006, att. 2014. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/plantas/algodao/algodao>. Acesso em: 13 de abril de 2020.

CAMPESTRE, Ficha técnica: Óleo de Algodão, São Paulo. 2020

CAMPESTRE, Ficha técnica: Óleo de Babaçu, São Paulo. 2020

CAMPESTRE, Ficha técnica: Óleo de Dendê, São Paulo. 2020

CAMPESTRE, Ficha técnica: Óleo de Mamona, São Paulo. 2020

CAMPESTRE, Ficha técnica: Óleo de Palmiste, São Paulo. 2020

CAMPESTRE, Ficha técnica: Óleo de Soja, São Paulo. 2020

CARVALHO, E, R; GUALDA, N, D, F. Biodiesel: Modelagem e dimensionamento da rede logística no Brasil usando programação linear. ANPET, XXII Congresso de pesquisa e ensino em transportes. p 307-318 ISBN: 978-85-87893-14-7. 2008.

CASTRO, L, S; BARAÑANO. A, G. Predição de parâmetros de qualidade do biodiesel de diferentes oleaginosas. Revista da Universidade Vale do Rio Verde. Vol. 17. N°1. ISSN: 1517-0276. P 1-9. 2019.

GERIS et al, Biodiesel de soja – Reações de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. Rev. Química Verde. Vol. 30, n 5, p. 1369-1373. 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola – Lavoura permanente. 2020.

LÔBO. I. P; FERREIRA, S. L. C. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. Rev. Química Nova, Vol. 32, n° 6, p. 1596 – 1608. 2009.

MASIERO, G; LOPES, H. Etanol e biodiesel como recursos energéticos alternativos: perspectivas da América Latina e da Ásia. Rev. Bras. Polit. Int. 51 (2): p. 60-79. 2008.

MENDES, A. P. A; COSTA, R. C. Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras. BNDES. Biblioteca digital. BNDES Setorial 31. p. 253-280. 2010

MELO, J. C. Modelagem cinética, simulação e otimização da produção de biodiesel em escala piloto usando etanol proveniente de manipueira. Tese de doutorado, 127 folhas, Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduação em Engenharia Química, Recife, 2017.

MORETTO, e; ALVES, R. F. Óleos e gorduras (Processamento e análise). Editora da UFSC, 1986

OLTRA, C; PRIOLO, V. Un análisis exploratorio de la percepción pública de los biocombustibles. Revista iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS, Vol. 7, n. 20, p. 1-16. 2012.

PARENTE, J. S. P. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza, Tecbio, 2003.

PLÁ, J. A. Existe viabilidade econômica para o biodiesel no Brasil? Indic. Econ. FEE, Porto Alegre, Vol. 32, n. 4, p. 271-294, 2005.

RAMOS, L. P; KUCEK, K, T; DOMINGOS, A. K; WILHELM, H. M. Biodiesel, Um projeto de sustentabilidade econômica e socioambiental para o Brasil. Revista Biotecnologia Ciencia & Desenvolvimento. Ed n°31. p 28-37. 2003.

REDA, S. Y; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: Aplicações e implicações. Revista Analytica. n° 27, p. 60-67. 2007.

COTAÇÃO, óleos e gorduras vegetais. Revista Stile, 2021, Disponível em: <<https://www.editorastilo.com.br/cotacoes/oleos-e-gorduras-vegetais/>> Acesso em: 08 de Janeiro de 2021.

RICO, J. A. P.; SAUER, I. L. A review of Brazilian biodiesel experiences, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015.

SHREVE, R. N; BRINK, J. A. Industrias de processos químicos. 4ª Edição. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, p. 416. 1997.

TANGO, J. S. et al. Características físicas e químicas do óleo de dendê, Informações técnicas. 1981.

TEXEIRA, M, A. Biomassa de babaçu no Brasil. Departamento de energia, UNICAMP. 2004.

VOET, D; VOET, J. G. Bioquímica. 4ª Edição. Artmed Editora Ltda, p. 386-388. 2013.

VOLLHARDT, P; SCHORE, N. Química Orgânica. Estrutura e Função. 6ª Edição. Bookman Editora Ltda, p. 936.