



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

KIARA SOUZA DOS REIS CAVALCANTE

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL:
VANTAGENS E DESVANTAGENS DO ÓLEO DE SOJA E SEBO BOVINO**

PALMAS (TO)

2018

KIARA SOUZA DOS REIS CAVALCANTE

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL:
VANTAGENS E DESVANTAGENS DO ÓLEO DE SOJA E SEBO BOVINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agroenergia.

ORIENTADOR: Dr. Joel Carlos Zukowski Júnior.

PALMAS (TO)

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- C376p Cavalcante, Kiara Souza dos Reis.
Produção de biodiesel no Brasil: vantagens e desvantagens do óleo de soja e sebo bovino. / Kiara Souza dos Reis Cavalcante. – Palmas, TO, 2018.
109 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2018.
Orientador: Joel Carlos Zukowski Júnior
1. Soja, sebo bovino. 2. Vantagens técnicas. 3. Vantagens econômicas. 4. Vantagens ambientais. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

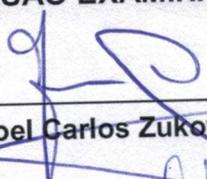
FOLHA DE APROVAÇÃO

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL: VANTAGENS E DESVANTAGENS
DO ÓLEO DE SOJA E SEBO BOVINO**

ALUNO: Kiara Souza dos Reis Cavalcante

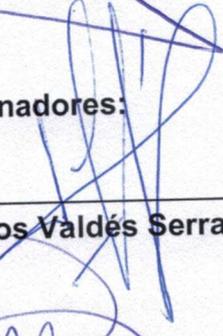
COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente:

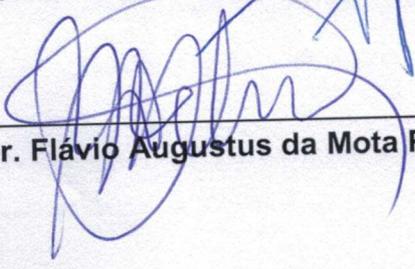


Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Júnior (UFT)

Examinadores:



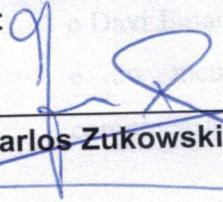
Prof. Dr. Juan Carlos Valdés Serra (UFT)



Prof. Dr. Flávio Augustus da Mota Pacheco (UFT)

Data da Defesa: 29/03/2018

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas PGA para o formato da
Dissertação foram contempladas:



Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Júnior (UFT)

Aos meus queridos pais, pelo amor e cuidado em todos os momentos. Aos meus filhos Pedro Nathan e Davi Emanuel, presentes de Deus pra minha vida e ao meu amado esposo Alessandro, pela compreensão, companheirismo e dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo privilégio da vida, pela oportunidade de aprender, de conhecer pessoas e conviver com elas.

Ao meu querido esposo que me amparou nos momentos difíceis, sustentou meus braços quando cansados e me fortaleceu com palavras de ânimo. NEOQEAV!

Aos meus pais que me apoiaram, incentivaram e acreditaram que seria possível chegar até aqui.

Aos familiares que contribuíram para a conclusão de mais uma etapa da minha vida. Eles não só estiveram ao meu lado, mas enquanto me dedicava a este trabalho cuidaram dos bens mais preciosos que tenho, Pedro Nathan e Davi Emanuel.

Ao meu orientador, prof. Dr. Joel Carlos Zuckowski Júnior, que acreditou no objetivo da pesquisa e me incentivou a continuar para concluí-la.

À minha querida amiga Dra. Eliana Kelly Pareja e aos professores Dra. Yolanda Vieira de Abreu e Dr. Cláudio de Castro Monteiro, pelas importantes contribuições neste trabalho.

Ao amigo e Diretor-geral do Campus Palmas do IFTO, prof. Octaviano Sidnei Furtado, pela compreensão, apoio e incentivo.

Aos professores participantes da Banca de Defesa Dr. Flávio Augustus da Mota Pacheco e Dr. Juan Carlos Valdés Serra pela disponibilidade e valiosas contribuições.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-graduação em Agroenergia.

Enfim, a todos que de alguma maneira me auxiliaram na execução e aprimoramento desta pesquisa.

Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento.

Provérbios 3:13

RESUMO

CAVALCANTE, K. S. R. **Produção de biodiesel no Brasil: características e vantagens das principais matérias primas.** 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2018.

Este trabalho tem como objetivo comparar as vantagens e desvantagens das duas matérias primas mais utilizadas para a produção de biodiesel no Brasil, o óleo de soja e o sebo bovino, sob o ponto de vista técnico, econômico e ambiental. Para isso, realizou-se o levantamento bibliográfico do histórico do PNPB e da cadeia produtiva da soja e do sebo. As características e propriedades físico químicas das matérias primas e do biodiesel produzido a partir delas foram comparadas demonstrando que a fonte mais vantajosa do ponto de vista técnico é a soja. Do ponto de vista econômico foram comparados os custos de produção disponíveis na literatura para os dois biodieseis e o nível de empregabilidade das usinas que utilizam essas duas matérias primas. Os resultados demonstraram que o custo de produção do biodiesel de sebo bovino (R\$ 1,16) é menor que o da soja e que as usinas que produzem a partir dessa matéria prima empregam mais pessoas. Do ponto de vista ambiental, foram comparadas as emissões de compostos tóxicos dos dois tipos de biodieseis, cujos resultados demonstraram que o biodiesel de sebo bovino reduz em maior quantidade as emissões dos gases poluentes, comprovando então que o biodiesel de sebo bovino é economicamente e ambientalmente mais vantajoso que o biodiesel de soja. Apesar disso, percebe-se que a soja, pelo grande desenvolvimento tecnológico e abundância, ainda continuará sendo a mais utilizada no mercado de biodiesel brasileiro por algum tempo.

Palavras-Chave: técnicas, econômicas, ambientais, comparativo.

ABSTRACT

CAVALCANTE, K. S. R. **Biodiesel production in Brazil: advantages and disadvantages of soybean oil and bovine tallow.** 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2018.

This work aims to compare the advantages and disadvantages of the two most used raw materials for biodiesel production in Brazil, soybean oil and bovine tallow, from a technical, economic and environmental point of view. A bibliographical research was conducted on the PNPB history, as well as soy and sebum production chain. The features and physical-chemical properties of the raw materials and their biodiesel products were compared, proving that the most technically beneficial source is soybean. From the economic point of view, it was compared the production costs of the two biodiesel fuels found in literature and the level of employability of the plants using these two raw materials were compared. The results showed that the cost of production of bovine tallow biodiesel (R\$ 1.16) is lower than that of soybeans and that the plants that produce from this raw material employ more people.. From the environmental point of view, the emissions of toxic compounds of the two types of biodiesel were compared, whose results showed that bovine tallow biodiesel emissions of pollutant gases in greater quantity, thus proving that bovine tallow biodiesel is economically and environmentally more advantageous than soybean biodiesel. In spite of this, it can be noticed that the soybean, due to the great technological development and abundance, will still be the most used in the Brazilian biodiesel market for some time.

Keywords: techniques, economic, environmental, comparative.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Características e propriedades utilizadas para comparação.....	31
Figura 2 - Variáveis analisadas nos aspectos econômicos.	32
Figura 3 - Variáveis analisadas nos aspectos ambientais	32
Figura 4 – Evolução da Mistura de Biodiesel no Brasil	35
Gráfico 1 – Evolução do percentual de famílias envolvidas nos arranjos SCS por região.	38
Gráfico 2 – Número de famílias envolvidas nos arranjos do Selo Combustível Social.....	42
Gráfico 3 - Participação percentual dos produtos nos contratos de custeio	45
Gráfico 4 – Comparação do crescimento da mistura e da produção de biodiesel (%).	50
Gráfico 5 - Maiores produtores mundiais de soja, safra 2016/2017.....	64
Gráfico 6 - Evolução da área de plantação de soja (Safra 1976/77 a 2016/17.).....	64
Gráfico 7 – Produtividade de soja (Safra 1997/98 a 2016/17)	65
Gráfico 8– Evolução do rebanho bovino brasileiro por regiões brasileiras	67
Gráfico 9 – Histórico do preço da arroba do boi (1995 – 2016)	69
Gráfico 10 – Número de Bovinos Abatidos no Brasil.....	69
Gráfico 11 - Evolução da balança comercial de petróleo e derivados.....	83
Quadro 1 - Principais diferenças entre os modelos de leilões de biodiesel.....	47
Quadro 2 - Comparação das rotas tecnológicas de produção de biodiesel.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores pagos pela matéria prima nos arranjos do SCS em 2016.....	39
Tabela 2 - Valor das Aquisições da Agricultura Familiar de 2008 a 2016 (milhões R\$)	40
Tabela 3 – Volume de Matéria Prima Adquirida da Agricultura Familiar em 2016.....	41
Tabela 4 - Percentuais Mínimos Regionais de Aquisições da Agricultura Familiar.....	42
Tabela 5 - Características das principais culturas oleaginosas do Brasil	60
Tabela 6 - Percentual de matérias primas utilizadas na produção de biodiesel (%).....	61
Tabela 7 - Produção de biodiesel (B100) por regiões brasileiras (%) – 2005 a 2016	61
Tabela 8 - Produção e Abate de Bovinos no Brasil 2005 e 2015.....	70
Tabela 9 – Características das matérias primas utilizadas na produção de biodiesel.....	73
Tabela 10 - Características físico química do biodiesel de soja e de sebo bovino.....	75
Tabela 11 – Custos de produção do biodiesel de soja e sebo bovino.....	79
Tabela 12 - Produção de biodiesel de soja e sebo bovino entre 2012 e 2016 (%)	81
Tabela 13 – Relação entre a produção de biodiesel e o nº de empregados.	82
Tabela 14 – Comparação das emissões do biodiesel de soja e sebo bovino.	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
BASA	Banco da Amazônia S/A
BCB	Banco Central do Brasil
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BTEX	Hidrocarbonetos (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos)
CEIB	Comissão Executiva Interministerial
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CO _x	Óxidos de carbono
DAP	Declaração de Aptidão ao Pronaf
DOU	Diário Oficial da União
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EN	Norma Européia
EUA	Estados Unidos da América
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IFTO	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
IN	Instrução Normativa
KOH	Hidróxido de potássio
KOH	Hidróxido de potássio
MDA	Ministério de Desenvolvimento Agrário
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social
MME	Ministério de Minas e Energia
NaOH	Hidróxido de sódio

NC	Número de cetano
NO _x	Óxidos de nitrogênio
OGR	Óleos e Gorduras Residuais
PCI	Poder Calorífico Inferior
PIS/PASEP	Programa de Integração Social/Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PMR	Preço Máximo de Referência
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SCS	Selo Combustível Social
SEAD	Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário
SEGEO –	Setor de Apoio a Logística e Gestão da Oferta
SIMP	Sistema de Informações de Movimentação de Produtos.
SO ₂	Dióxido de enxofre
SO ₃	Óxido sulfúrico
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Justificativa e relevância do tema	16
1.2	Problemática	17
1.3	Objetivos.....	17
1.3.1	Objetivo geral	17
1.3.2	Objetivos específicos	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1	Conceitos e concepções da produção de biodiesel	19
2.2	Aspectos técnicos.....	20
2.3	Aspectos econômicos.....	25
2.4	Aspectos ambientais	26
3	METODOLOGIA.....	28
3.1	Tipo de pesquisa	28
3.2	O método.....	29
3.3	Descrição da análise.....	30
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	34
4.1	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB).....	34
4.2	Políticas de inclusão social e sustentabilidade do PNPB.....	36
4.2.1	Selo Combustível Social.....	37
4.2.2	Projeto Polos de Biodiesel	43
4.2.3	Sustentabilidade econômica do biodiesel	44
4.3	Rotas tecnológicas para produção de biodiesel	51
4.3.1	Craqueamento	52
4.3.2	Pirólise	52
4.3.3	Esterificação.....	54
4.3.4	Hidroesterificação	56
4.3.5	Transesterificação	56
4.4	Matérias primas para produção de biodiesel.....	59
4.4.1	Soja	63
4.4.2	Sebo bovino	67
4.5	Comparação do biodiesel de soja e sebo bovino	72

4.5.1	Aspectos técnicos.....	73
4.5.2	Aspectos econômicos.....	78
4.5.3	Aspectos ambientais	84
4.5.4	Resultados da comparação sob os três aspectos.	86
5	CONCLUSÃO.....	88
	REFERÊNCIAS	90
	ANEXO I.....	109

1 INTRODUÇÃO

O biodiesel foi introduzido no Brasil com o objetivo de diversificar a matriz energética brasileira, diminuindo o uso de combustíveis fósseis, como o óleo diesel, cuja queima emite materiais tóxicos, danosos à saúde humana e que contribui para o aquecimento global. As preocupações com as questões ambientais e, principalmente, econômicas, que envolvem a redução da importação desse combustível, foram determinantes para o desenvolvimento de um novo biocombustível. Entre as características deste substituto, deveriam estar a capacidade de renovar-se, a viabilidade econômica e a sustentabilidade ambiental (OLIVEIRA, 2010).

O uso do biodiesel como fonte de energia alternativa, foi consolidado a partir do lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), instituído pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. O Programa introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, estabeleceu o percentual a ser misturado no diesel de petróleo e tem como objetivo a produção desse biocombustível de forma sustentável, tanto técnica, como economicamente. Entre suas diretrizes, está a produção de biodiesel a partir de diferentes matérias primas. (SEAD, 2017b).

Definido como um substituto natural e renovável do diesel de petróleo, o biodiesel pode ser produzido pela alcoólise de óleos vegetais e/ou gorduras animais ou pela esterificação de ácidos graxos, empregando alcoóis com a presença de um catalisador, que pode ser homogêneo, heterogêneo ou enzimático (RAMOS, *et al*, 2011).

As tecnologias de produção de biodiesel, aliadas ao tipo de matéria prima utilizada, apresentam diferentes resultados nas propriedades físico-químicas do biodiesel, nos ganhos financeiros e nos impactos ambientais. Neste sentido, este trabalho fez um recorte dos produtos com potencial para a produção do biodiesel e estudou as duas matérias primas mais utilizadas desde a implantação do PNPB, que são o óleo de soja e o sebo bovino e estabeleceu um comparativo entre as vantagens e desvantagens delas, considerando os aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

Do ponto de vista técnico, foram analisadas as propriedades físico-químicas do biodiesel como viscosidade, densidade, lubricidade, ponto de fulgor, poder calorífico, entre outros, que demonstraram ser diferentes dependendo da matéria prima utilizada. Além disto, também foram pesquisados os ganhos energéticos obtidos por meio do levantamento completo de toda a cadeia de produção, onde foi possível verificar a matéria prima com maior eficiência energética.

Do ponto de vista econômico, foram comparados os ganhos obtidos na produção e comercialização do biodiesel produzido a partir do óleo de soja e do sebo bovino e criação de empregos. Essa análise considerou os custos de produção disponíveis na literatura, os resultados obtidos pela venda desse produto nos leilões da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), os dados da Relação Anual de Informações Sociais do Trabalho e Emprego (RAIS) e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD).

Do ponto de vista ambiental, este trabalho analisou os ganhos obtidos pela utilização do biodiesel em relação ao diesel e ainda comparou os efeitos indesejáveis das atividades agrícolas de larga escala, os resíduos da produção e a emissão de materiais tóxicos durante a queima do biodiesel de soja e sebo bovino.

O trabalho foi estruturado em cinco capítulos, incluindo esta introdução. No capítulo 2, que trata do referencial teórico, são descritos os principais conceitos da produção de biodiesel e as concepções para a análise comparativa dos dois tipos de biodieseis. A metodologia foi descrita no capítulo 3 e no capítulo 4 estão apresentados os resultados e as discussões dos achados bibliográficos. O Capítulo 5, se refere a conclusão.

1.1 Justificativa e relevância do tema

O óleo de soja e o sebo bovino ocupam posição de destaque no cenário produtivo de biodiesel do Brasil, desde 2005, quando o PNPB foi implantado. Juntas, essas duas matérias primas são responsáveis por quase 90% do biodiesel produzido no Brasil ao longo desses doze anos (ANP, 2016a).

Apesar das várias fontes com potencial para a produção de biodiesel, duas variáveis influenciam diretamente na escolha dessas matérias primas, a maior abundância e a facilidade de obtenção (PRADO, 2015). Todavia, por acreditar que a escolha desses insumos possa ser influenciada também pelos resultados que eles apresentam, este estudo realizou uma revisão profunda dos vários aspectos que envolvem a produção do biodiesel.

A partir da análise da cadeia produtiva, tecnologias utilizadas, produtividade, rendimento, logística, custo de produção, poder energético, propriedades físico-químicas, preço e impactos ambientais da produção, este trabalho estabeleceu um comparativo entre essas duas matérias primas, de forma que foi possível demonstrar a fonte mais vantajosa em termos técnicos, econômicos e ambientais.

Espera-se que o resultado deste estudo possa contribuir com o processo de escolha da matéria prima, e que outros estudos também sejam realizados no sentido de diversificar as fontes utilizadas na produção do biodiesel.

1.2 Problemática

Ciente da importância do óleo de soja e do sebo bovino como fonte energética para a produção do biodiesel, é importante conhecer as características físico-químicas dessas matérias primas e as propriedades do biodiesel produzido a partir delas. Além disto disto, os ganhos financeiros advindos dessa produção e comercialização e os impactos ambientais provenientes da produção e uso do biodiesel, são variáveis relevantes no contexto da execução do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel.

Dessa forma, o estudo foi estruturado para responder a seguinte pergunta:

Quais são as vantagens e desvantagens dessas duas matérias-primas, e qual delas é mais vantajosa para a produção de biodiesel, considerando os aspectos técnicos, econômicos e ambientais?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo comparar as vantagens e desvantagens do óleo de soja e sebo bovino, principais matérias primas do biodiesel, em relação aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Apresentar a evolução do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB);
- b) Descrever a cadeia produtiva, características e rotas tecnológicas do óleo de soja e sebo bovino para a produção de biodiesel;
- c) Comparar as características e vantagens técnicas, econômicas e ambientais do óleo de soja e do sebo bovino;

- d) Evidenciar as particularidades que levaram estes insumos a se destacarem na matriz energética brasileira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos e concepções da produção de biodiesel

A busca pela diversificação da matriz energética brasileira surgiu pela necessidade de substituição dos combustíveis fósseis que contribuem para o aquecimento global e submetem o país a pressões econômicas quando os preços do petróleo aumentam no mercado internacional. Aliada a essas questões, as preocupações ambientais contribuíram para o desenvolvimento de um novo combustível renovável, viável e ambientalmente sustentável (OLIVEIRA, 2010).

Acreditando na descoberta deste novo biocombustível à base de materiais graxos, o governo brasileiro implementou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB, cujas diretrizes previam o uso desse novo combustível de forma segura, atendendo aos apelos da sustentabilidade e da viabilidade econômica. Esse Programa considerou a diversidade de oleaginosas disponíveis no país, a garantia do suprimento e da qualidade, a competitividade frente aos demais combustíveis, permitindo a produção a partir de diferentes rotas tecnológicas, e ainda uma política de inclusão social que previa a participação da agricultura familiar (CASTRO, 2011).

Ao longo de doze anos de execução, muitas pesquisas foram realizadas para comprovar a viabilidade da produção de biodiesel, analisar as principais características físico-químicas desse biocombustível, avaliar a competitividade de cadeias produtivas, custos, processos de produção, desempenho em motores e respectivas emissões. Além de estudos críticos referentes ao PNPB, cujas contribuições apontam as falhas do Programa e propõem caminhos para a superação das dificuldades.

O conhecimento das produções científicas que analisaram os resultados do PNPB, bem como das considerações técnicas que avaliaram as duas matérias primas mais utilizadas na produção do biodiesel, que são o óleo de soja e o sebo bovino, permitiu uma apreciação crítica do ponto de vista técnico, econômico e ambiental que possibilitou estabelecer as vantagens e desvantagens desses dois insumos.

Conforme descrito por Crestana (2005), todo avanço tecnológico possui vantagens e desvantagens, que devem ser analisadas a partir dos diversos atributos das matérias primas, que envolvem aspectos agronômicos, tecnológicos, econômicos e sociais, importantes critérios que devem ser utilizados em qualquer comparação que vise conhecer o produto mais vantajoso. Além disto, devem ser observados os aspectos técnicos do biodiesel produzido,

pois eles descrevem as especificações do produto, as consequências de sua queima, seu desempenho, emissões e durabilidade do motor e seus sistemas (SANTOS; MATAI, 2006).

Goldemberg (2009) ressalta que as questões ambientais e energéticas que envolvem a produção de biocombustíveis devem ser observadas em conjunto, pois quando se converte biomassa em combustível líquido, demanda-se energia e - dependendo da eficiência do processo de conversão e das fontes energéticas usadas - pode-se também produzir significantes emissões que reduziriam os benefícios advindos do seu uso.

Os aspectos econômicos da produção de biodiesel envolvem as variáveis: geração de renda no campo, redução da importação de diesel, desenvolvimento da economia e liderança com maior autonomia de trâmites comerciais (CRESTANA, 2005). Entretanto, Silva (1997) ressalta que o aspecto econômico deve ser visto de forma ainda mais ampla, e deve considerar os valores agregados como a criação de empregos, benefícios ambientais e melhoria de qualidade de vida.

Neste sentido, a fim de estabelecer parâmetros que permitam uma análise comparativa entre as duas matérias primas mais utilizadas na produção de biodiesel no Brasil, conceituou-se o que foi analisado na dimensão dos aspectos técnicos, econômicos e ambientais e que permitem compreender o que torna uma matéria prima mais vantajosa em relação a outra.

2.2 Aspectos técnicos

Como já descrito anteriormente, os óleos e gorduras possuem características distintas entre si que influenciam na qualidade e nas propriedades físico-químicas do biodiesel. Isto se deve ao fato deles serem constituídos por uma mistura de diversos compostos químicos, sendo os mais importantes os ácidos graxos e seus derivados triacilglicéricos e fosfatídicos, que podem ser divididos em dois grupos: os glicerídeos e os componentes não-glicerídicos (LOBO, *et al*, 2009; RAMOS, *et al*, 2017).

Entre as variáveis que envolvem os aspectos técnicos da produção de biodiesel estão as questões agrônomicas e tecnológicas da matéria prima. Na primeira, são analisados o teor de óleo e coprodutos, produção por área e ocupação do solo e na segunda, os tipos e teores de ácidos graxos, complexidade do processo de extração e valor agregado dos coprodutos (CRESTANA, 2005).

Nem sempre a matéria prima com maior teor de óleo e maior produtividade por área pode ser considerada a mais vantajosa, pois o tipo de ácido graxo e a tecnologia demandada

para extração e transformação dessa matéria prima, pode apresentar o maior custo. Isto porque as diversas propriedades químicas e físicas do biodiesel não estão relacionadas apenas aos processos de produção, mas à composição química dos óleos, ou seja, ao perfil dos ácidos graxos presentes, que é a principal característica para prospecção da qualidade final do biodiesel (FREITAS, 2015).

Assim, a composição química e as propriedades do biodiesel dependem da sua constituição, ou seja, do comprimento e do grau de saturação dos ácidos graxos e do álcool utilizados na sua fabricação. Dessa forma, é possível prever algumas de suas propriedades conhecendo as características do óleo ou gordura que será utilizado para produzir o mesmo. Para isso, muitos parâmetros físicos e/ou químicos da matéria prima e do biodiesel são monitorados como acidez, densidade, índice de iodo, viscosidade, massa específica, entre outros (ALMEIDA, *et al*, 2011). Alguns desses índices são especificados pela ANP, por meio da Resolução nº 45 de 25 de agosto de 2014.

Índice de Acidez - é uma das características mais importantes, pois confere qualidade aos óleos vegetais e mede principalmente os ácidos graxos livres. É a principal propriedade que determina a escolha do processo adequado de produção do biodiesel, pois dela dependem todos os demais procedimentos (KRAUSE, 2008). É um dos parâmetros de controle de qualidade do biodiesel, cuja regulamentação da ANP limita seu valor a 0,50 mg de KOH/g (FREITAS, 2015).

Vários fatores influenciam a acidez de um óleo vegetal, mas o principal é o tratamento dado ainda às sementes durante a colheita e armazenamento, de forma que a qualidade da matéria prima está diretamente relacionada com o processamento e, principalmente, com as condições de conservação dos óleos vegetais (ALMEIDA, *et al* 2011).

Índice de Saponificação - é definido como a quantidade em mg de hidróxido de potássio necessária para saponificar totalmente 1 grama de óleo ou gordura. Quanto mais elevado for o índice, maior será a tendência de ocorrer reações indesejáveis durante o processo de transesterificação, dificultando o processo de lavagem e diminuindo o rendimento da reação (SANTOS, 2010).

Índice de Iodo - está diretamente relacionado ao grau de insaturação nas cadeias dos ácidos graxos e influencia na qualidade e utilização do biodiesel. Óleos com altos índices de iodo representam alto grau de insaturação e são mais suscetíveis à oxidação. De outro lado, quanto menor a quantidade de compostos insaturados e menor o índice de iodo, maior a tendência a solidificação. Na Europa, a norma EN 14214 restringe o valor dessa grandeza a

130 g/100g de biodiesel. A legislação brasileira ainda não estabeleceu um limite para este parâmetro (FREITAS, 2015).

Índice de refração - é a relação existente entre a velocidade da luz no ar e no meio. Ele varia na razão inversa da temperatura e tende a aumentar com o grau de insaturação dos ácidos graxos constituintes dos triglicerídeos (PEREIRA, 2007). Como um parâmetro físico que também garante a qualidade dos óleos, o índice de refração é característico para cada tipo de matéria prima, dentro de certos limites, e está relacionado com o grau de saturação das ligações, sendo afetado por fatores como: teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamentos térmicos (ALMEIDA, *et al*, 2011).

Viscosidade Cinemática - é uma propriedade fluidodinâmica que expressa a resistência oferecida pela substância ao escoamento sob gravidade (SOUZA, *et al* 2009). Nos óleos puros, este parâmetro serve como indicativo do tempo que se gastará para fazer a síntese, ou seja, quanto maior for a viscosidade, maior será o tempo de reação (SANTOS, 2010). A alta viscosidade é a principal propriedade que justifica a razão do abandono do emprego de óleos vegetais puros como combustíveis alternativos ao diesel fóssil (ALMEIDA, *et al*, 2011).

Nos combustíveis, essa propriedade visa garantir o funcionamento adequado dos sistemas de injeção e bombas de combustível, além de influenciar a etapa de combustão, cuja eficiência dependerá da potência máxima desenvolvida pelo motor. Zuniga (2011) e Rodriguez (2010) ressaltam que, quanto mais elevada for a viscosidade, menor a eficiência do sistema de injeção de combustível, isto porque durante a atomização o tamanho das gotículas aumenta, levando à redução da área superficial onde acontece o contato com os gases pressurizados no interior da câmara de combustão e resultando na formação de depósitos.

Densidade - a densidade do biodiesel está diretamente ligada com a estrutura das suas moléculas, quanto maior o comprimento da cadeia carbônica do alquiléster, maior será a densidade. Entretanto, este valor decrescerá quanto maior forem o número de insaturações ou impurezas presentes na molécula. Através da determinação da densidade de óleos é possível verificar se houve adulteração nos produtos, como a adição de água ou substâncias dissolvidas dentro das amostras (ALMEIDA, *et al*, 2011).

Importante destacar, que valores muito elevados de densidade implicam em maior dificuldade dos motores em realizarem a queima dos combustíveis, fazendo com que essa queima ocorra em temperaturas mais elevadas, o que resulta num maior desgaste do motor (SILVA, *et al*, 2015).

Teor de umidade - a medida de água e sedimentos está em coerência com a de umidade, cujos valores deveriam estar abaixo ou igual a 0,5%, para não ocasionarem a formação de sabão e favorecerem o rendimento da reação (SANTOS, 2010). Esta propriedade é fundamental na produção do biodiesel, pois os processos clássicos de transesterificação e esterificação são influenciados negativamente em seus rendimentos por altos teores de água. Esta também é uma das propriedades do biodiesel a ser avaliada antes de sua comercialização, cujo valor deve ser no máximo de 200 ppm, de acordo com a Resolução 45/2014 da ANP (FREITAS, 2015).

Enxofre Total - o teor de enxofre gera emissões tóxicas, afeta o desempenho do sistema de controle de emissões do veículo e é oriundo da matéria prima (KRAUSE, 2008). A determinação do teor de enxofre é de suma importância para a qualidade do biocombustível, pois durante a combustão esse elemento se converte nos óxidos SO_2 e SO_3 que, após condensação em superfícies frias, formam ácidos com grande poder de corrosão (SANTOS, 2010). Assim, grandes quantidades de enxofre podem causar problemas ambientais e de corrosão em partes dos motores. Por possuir quantidades muito baixas de enxofre e excelente lubrificidade, o biodiesel atua como aditivo na mistura com o diesel mineral. A norma EN 14214 estabelece o valor máximo de enxofre no biodiesel em 10 mg kg^{-1} (LOBO; FERREIRA; CRUZ, 2009).

Massa Específica - utilizada para caracterizar óleos e gorduras para produção de biodiesel, é uma das propriedades utilizada como parâmetro no controle de qualidade. O tamanho das moléculas dos ésteres que compõem o óleo ou biodiesel determinam a massa específica, ou seja, esta propriedade relaciona a quantidade de matéria por volume, sendo expressa em kg/m^3 (FREITAS, 2015). O Regulamento Técnico nº 4/2012 da ANP estabelece os valores para massa específica entre 850 e 900 kg/m^3 .

Além destes parâmetros, que podem ser verificados nos óleos e no biodiesel, outras propriedades estão diretamente relacionadas à composição físico-química dos biocombustíveis e variam de acordo com a matéria prima utilizada. Elas influenciam o funcionamento e o desempenho dos motores de injeção por compressão e podem causar diferentes impactos ao meio ambiente, são elas: número de cetano, ponto de fulgor, ponto de névoa, teor de enxofre e poder calorífico inferior (ZUNIGA, 2011).

Número de Cetano (NC) - é o principal indicador adimensional da qualidade de um combustível em motores diesel e relaciona-se com a qualidade de ignição, de forma que, quanto maior for o índice de cetano, melhor será a combustão desse combustível num motor diesel (RODRIGUEZ, 2010).

De acordo com Alves (2008) o número adequado de cetano no combustível favorece o bom funcionamento do motor, isto porque valores de NC muito altos ou muito baixos podem causar problemas operacionais. Caso o NC seja muito alto, a combustão pode ocorrer antes do combustível e do ar estarem adequadamente misturados, resultando em combustão incompleta e na emissão de fumaça. Se o NC estiver muito baixo podem ocorrer falhas no funcionamento do motor, como trepidação, aumento excessivo da temperatura do ar, aquecimento inicial lento do motor e, também fenômenos de combustão incompleta (ZUNIGA, 2011).

Ponto de Fulgor - também conhecido como *flash point*, é a menor temperatura na qual um combustível, ao ser aquecido pela aplicação de uma chama sob condições controladas, gera uma quantidade de vapores que se inflamam. Este parâmetro é um indicativo dos procedimentos de segurança a serem tomados durante o uso, transporte, armazenamento e manuseio do biodiesel, pois está relacionado à inflamabilidade do produto (ALEME; BARBEIRA, 2012).

Quando completamente isento de metanol ou etanol, o ponto de fulgor do biodiesel, é superior à temperatura ambiente, o que significa que o combustível não é inflamável nas condições normais onde ele é transportado, manuseado e armazenado, servindo inclusive para ser utilizado em embarcações (BIODIESELBR, 2006).

Ponto de névoa - é definido como a menor temperatura em que se observa a formação de uma turvação numa amostra do produto, que indica o início da sua cristalização ou solidificação. É uma importante propriedade que mede a qualidade do biodiesel no tocante à sua aplicabilidade em motores, pois valores superiores à temperatura ambiente podem causar dificuldades na partida do motor e a perdas de potência do equipamento devido à obstrução causada por esses cristais (MEDEIROS, 2004).

Ponto de Fluidéz - é a menor temperatura na qual o óleo lubrificante flui quando sujeito a resfriamento. Este ponto é controlado para avaliar o desempenho do óleo quando submetido a baixas temperaturas ou em climas frios (MEDEIROS, 2004).

Ponto de Entupimento de Filtro a Frio (PEFF) - é a temperatura mais alta em que o combustível não flui ou demora mais que o estabelecido para passar pelo filtro (SOUZA, 2008). Este índice também é controlado para avaliar o desempenho nas condições de uso em que o óleo é submetido a baixas temperaturas ou em climas frios, cujo teste consiste no resfriamento do combustível até uma temperatura em que ele cesse de correr através do filtro. Isto acontece devido ao aumento da quantidade de cristais de parafina que se forma em baixas temperaturas (MEDEIROS, 2004). A regulamentação da ANP estabelece um limite máximo que varia entre 5 e 14°C, de acordo com a região e a época do ano (ANP, 2014)

Poder Calorífico Inferior (PCI) - O poder calorífico determina a quantidade de energia que está disponível no combustível e que é liberada na câmara de combustão, mediante reação química. Quanto maior o poder calorífico maior é a energia do combustível (ZUNIGA, *et al*, 2011). Existem dois tipos de poder calorífico: o poder calorífico inferior e o poder calorífico superior. A diferença entre eles é a entalpia de vaporização da água formada na reação e da água previamente existente no combustível, que pode estar no estado líquido ou no estado gasoso (antoniolima.web.br.com). Como nos motores a combustão interna a temperatura dos gases de combustão é muito elevada, a água contida neles se encontra sempre no estado de vapor. Dessa forma, para analisar a quantidade de energia do biodiesel deve-se considerar o poder calorífico inferior (SOUZA, 2018).

O PCI também poder indicar a viabilidade energética dos biocombustíveis. Por meio do levantamento completo de toda a cadeia de produção, é possível verificar se a energia final obtida é efetivamente maior que a energia não renovável investida nos processos agrícolas, industriais e na logística de transporte (SOARES *et al* 2008).

Esta visão, também aceita por Bueno (2000) *apud* Campos e Campos (2004), descreve o balanço de energia como um mecanismo que determina a energia gerada e consumida em um determinado sistema de produção, cujo principal objetivo é contabilizar os fatores de produção e os consumos intermediários. Esta contabilização de custos energéticos produz ferramentas que orientam a intervenção no sistema produtivo para melhorar sua eficiência.

Cada uma destas variáveis foi levantada neste estudo para comparar o biodiesel produzido a partir da soja e do sebo bovino, a fim de estabelecer um comparativo que permita apontar qual delas é mais vantajosa em termos técnicos.

2.3 Aspectos econômicos

Nos últimos doze anos a produção de biodiesel no Brasil alcançou todas as metas de crescimento e atendeu a demanda interna estabelecida pelo governo, cujos percentuais de mistura são estabelecidos por lei. Neste sentido, é possível acreditar que o biodiesel é financeiramente vantajoso, mas quanto? E em relação a quê?

Do ponto de vista econômico, é possível determinar as vantagens advindas da produção do biodiesel a partir dos ganhos financeiros obtidos pelos usineiros. Esse levantamento foi realizado a partir da diferença entre a receita obtida e os custos de produção. Alguns autores realizaram a análise econômica da produção de biodiesel a partir de diferentes

matérias primas, insumos e tecnologia a fim de determinar a viabilidade econômica desse empreendimento (ALVES, 2010). Tendo como base o volume de produção, estes estudos possibilitaram uma estimativa de custos, que foram utilizados para a demonstração das vantagens e desvantagens econômicas do biodiesel.

O volume de biodiesel produzido multiplicado pelo valor pago pelas refinarias, constante no resultado de cada Leilão de Biodiesel, fornece a receita da produção, que deve ser acrescida, ainda, do resultado financeiro obtido com a venda ou transformação dos subprodutos e resíduos da produção. Desse total, devem ser debitados os custos de produção e demais despesas intrínsecas ao funcionamento da empresa para que sejam demonstrados os ganhos financeiros.

Desde novembro de 2008, a ANP publica mensalmente o Boletim do Biodiesel com informações relacionadas à atividade de produção desse biocombustível no País, que incluem o resumo dos principais dados do setor, outorgas de Autorizações para Operação, Comercialização e Construção e os gráficos que mostram a evolução da capacidade nominal autorizada pela ANP, da demanda nacional compulsória e da produção de biodiesel. Além disto, são ilustradas graficamente, a distribuição das matérias primas utilizadas para produção de biodiesel, referentes a cada mês, bem como sua utilização nos últimos 12 meses, considerando os dados informados através do Sistema de Informações de Movimentação de Produtos (SIMP) (ANP, 2017c).

Essas informações permitiram a conhecimento do percentual de biodiesel produzido a partir da soja e do sebo bovino anualmente, em cada região brasileira. Relacionando-as com outros indicadores, foi possível identificar suas particularidades e os resultados de sua utilização.

2.4 Aspectos ambientais

O biodiesel apresenta inúmeros benefícios ambientais que vão desde a utilização de resíduos da agroindústria até a recuperação do CO₂ que está na atmosfera, por meio da absorção durante o crescimento das oleaginosas. Andrade Filho (2007) e Rodriguez (2010) destacam a capacidade de degradação deste biocombustível, cuja capacidade chega a ser quatro vezes mais rápida que o diesel convencional.

Entretanto, a principal vantagem, em termos ambientais, de se utilizar o biodiesel como combustível no transporte rodoviário, é a significativa redução das emissões de gases de

efeito estufa em comparação com o emprego do diesel de petróleo (RODRIGUEZ, 2010). Os resultados deste estudo demonstram que existem variações quantitativas de emissões de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, material particulado e óxidos de nitrogênio, não somente entre o diesel e o biodiesel, mas também, entre o biodiesel de óleo de soja e o de sebo bovino.

Outra variável que foi analisada e comparada neste tópico foi o custo ambiental para a produção das matérias primas utilizadas na produção do biodiesel. Isto porque, a crescente ocupação humana das áreas de mata, cerrado e floresta para o cultivo da soja e atividades pecuárias ameaçam a fauna e a flora brasileira, o que constitui uma grande desvantagem do biodiesel. Segundo Queiroz (2009), o desmatamento, a introdução de espécies exóticas, poluição por agrotóxicos, erosão dos solos além da destruição de rios e nascentes têm sido fatores determinantes no processo de perda de biodiversidade do cerrado.

Nesse contexto, a monocultura, é a principal causa do esgotamento da capacidade produtiva do solo, pois a produção contínua de uma mesma planta causam o seu desgaste e empobrecimento nutricional. Além disto, a conseqüente contaminação, gerada pelo uso indiscriminado de fertilizantes e agrotóxicos, que visam manter ou recuperar a produtividade da terra e combater as pragas que surgem em razão da uniformização das culturas, acarretam significativo desequilíbrio ambiental (ZIMMERMAN, 2009).

A produção em larga escala também resulta no aumento do consumo de água doce e na vasta utilização de terras férteis. Embora a utilização de terras devastadas e a recuperação de solos degradados estivessem entre as premissas do PNPB, a realidade brasileira demonstra que a grande parcela das matérias primas utilizadas para a produção de biodiesel provém de terras agricultáveis, onde lavouras mecanizadas produzem com maior facilidade em detrimentos das demais culturas (FERREIRA; OLIVEIRA, 2010).

Esse processo de mecanização das lavouras, terminam por dificultar ainda mais a inclusão de outras matérias primas na cadeia de produção de biodiesel, pois exigem o desenvolvimento de tecnologias para plantio, manejo e colheita, o que já está consolidado para a soja, principal fonte de biodiesel.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, estão descritos os procedimentos adotados para identificar as vantagens e desvantagens do óleo de soja e do sebo bovino, como matérias primas para a produção de biodiesel no Brasil, sob o ponto de vista técnico, econômico e ambiental. Para isso, teve como base as informações da cadeia produtiva, características físico-químicas dos insumos, rotas tecnológicas de produção e estudo das propriedades do biodiesel produzido. A princípio, é apresentada a classificação da pesquisa com os devidos referenciais teóricos, os métodos que foram utilizados para a captação das informações e por último a forma de análise que permitiu o alcance dos objetivos.

Por ocupar um lugar central no interior das teorias, a metodologia está sempre referida a elas e pode ser entendida como o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade (MINAYO, 1998), de forma que a exposição dos procedimentos de pesquisas, ou metodologia, confere graus de confiança ao resultado encontrado na investigação (BICUDO, 2011).

Neste sentido, o método é um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que permitem alcançar o objetivo, traçando o caminho a ser seguido (MARKONI; LAKATOS (2011). Elas estão sujeitas à classificação da pesquisa que se deseja executar, enquanto o tipo de pesquisa define os procedimentos metodológicos que devem ser adotados para o alcance dos objetivos propostos.

3.1 Tipo de pesquisa

Esta pesquisa é classificada como de natureza aplicada, pois segundo Gil, (1994) objetivou gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos. Identificando, descrevendo e comparando as características do óleo de soja e do sebo bovino foi possível compreender porque estes insumos foram escolhidos, quais as vantagens e desvantagens dessa escolha e que caminho pode ser percorrido por outras fontes oleaginosas a fim de que sejam aproveitadas de forma mais expressiva.

Quanto à forma de abordagem, esta pesquisa é classificada como qualitativa e quantitativa e não apenas porque a qualidade está no âmago da quantidade, mas porque alguns dos objetos investigados podem ser assumidos como contáveis ou mensuráveis (BICUDO,

2011). Nestes objetos estão inclusos, os estudos comparativos das vantagens econômicas, técnicas e ambientais, que serão obtidos por meio de estatística descritiva.

Considerando que a pesquisa qualitativa permite compreender as características dos fenômenos estudados, os quais oferecem oportunidades para avaliar as situações existentes e permitir a efetuação de novas questões aos contextos diferentes daqueles em que a investigação original foi efetuada (BICUDO, 2012), essa abordagem permitiu compreender a evolução do PNPB bem como as características relevantes da matéria prima e da cadeia produtiva.

Esta pesquisa é essencialmente bibliográfica, pois trata do levantamento da bibliografia já publicada em forma de livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos, cuja finalidade foi aproximar o pesquisador de tudo aquilo que foi escrito sobre o assunto (MARCONI; LAKATOS, 2001). Sendo indispensável nos estudos históricos, este procedimento permitiu a análise da evolução do PNPB bem como o histórico de utilização das duas principais matérias primas do biodiesel, que forneceram fundamentação teórica ao trabalho, bem como a identificação do atual estágio do conhecimento referente ao tema (GIL, 2010).

3.2 O método

Para atingir o objetivo geral, este estudo utilizou alguns métodos que foram necessários para o estabelecimento do marco teórico, para elucidação de alguns fenômenos, análise e interpretação dos dados obtidos durante a pesquisa. Para isso, os métodos utilizados foram:

Exploratório: este método foi utilizado em virtude da necessidade de uma visão panorâmica dos objetos estudados, como o PNPB e a cadeia produtiva das duas fontes de biodiesel mais utilizadas, cujo estudo permitiu a identificação dos fatores que as levaram a ocupar este lugar de destaque. Severino (2007), considera a possibilidade de delimitação de um campo de trabalho, cujas condições de manifestação podem ser mapeadas. O autor também considera a pesquisa exploratória uma preparação para a pesquisa explicativa. Além disso, este método teve como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito (GIL, 2010).

Descritivo: por ter permitido estabelecer relações entre as diversas variáveis que evidenciam a cadeia produtiva, tecnologia, produtividade, rendimento, custos de produção,

poder energético das principais matérias primas do biodiesel, entre outras que foram analisadas. Gil (2010) descreve como objetivos deste método, a descrição das características de determinada população, a identificação de possíveis relações entre variáveis e ainda a pretensão de determinar a natureza dessa relação. Deste modo, este método foi de grande importância para o desenvolvimento da investigação, pois a descrição completa dos objetos estudados demonstrou as relações entre as variáveis, os níveis de dependência e ainda os fatores que influenciam na escolha destes insumos.

Explicativo: por ter permitido analisar comparativamente as características e as vantagens técnicas, econômicas e ambientais das duas principais fontes de biodiesel, mostrando o caminho percorrido por eles, para que outras matérias primas tenham a possibilidade de se desenvolverem, promovendo assim a diversificação na escolha de matérias primas para o biodiesel.

Segundo Gil (2010), o método explicativo tem como propósito identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos, aprofundando o conhecimento da realidade, com a finalidade de explicar a razão e o porquê das coisas. Ou seja, além de registrar e analisar os fenômenos estudados, este método permitiu identificar suas causas, através da aplicação do método experimental/matemático e da interpretação dos métodos qualitativos (SEVERINO, 2007).

Por meio dele, foi possível compreender porque a soja e o sebo bovino são os insumos mais utilizados na produção do biodiesel em toda a história do PNPB e ainda se é possível que outras fontes oleaginosas sejam consolidadas com uma participação mais expressiva na matriz energética brasileira.

3.3 Descrição da análise

Para identificar qual das duas matérias primas, óleo de soja e sebo bovino, utilizadas na produção de biodiesel, é mais vantajosa do ponto de vista técnico, econômico e ambiental foram construídas algumas tabelas que consolidaram as informações referente às características e propriedades físico-químicas do óleo de soja, do sebo bovino e do biodiesel produzido a partir delas, comparando-as entre si, com outras matérias-primas e com o diesel de petróleo.

A Resolução nº 45/2014 da ANP, estabelece as especificações que devem ser obedecidas durante a produção e comercialização do biodiesel. Dentre essas características

podem ser destacadas: teor de óleo, índice de acidez, índice de saponificação, índice de iodo, viscosidade cinemática, densidade, índice de refração, teor de umidade, enxofre total, massa específica, índice de cetano, ponto de fulgor, ponto de névoa, ponto de fluidez, ponto de entupimento de filtro a frio. Outras propriedades foram levantadas pela relevância que possuem na literatura pesquisada, sendo eles: o poder calorífico inferior e balanço energético.

A Figura 1 permite visualizar as características e propriedades que foram comparadas neste estudo.

Figura 1 - Características e propriedades utilizadas para comparação.

Aspectos Técnicos	
Matéria prima	Biodiesel
Teor de óleo	Balanço Energético
Índice de Acidez	Índice de Acidez
Índice de Saponificação	Ponto de Névoa, Fluidez e PEFF
Índice de iodo	Índice de iodo
Viscosidade Cinemática	Viscosidade Cinemática
Densidade	Densidade
Índice de Refração	Índice de Cetano
Teor de Umidade	PCI
Enxofre Total	Teor de Enxofre
Massa Específica	Massa Específica
	Ponto de Fulgor

Fonte: Elaboração própria.

Outras tabelas consolidaram os custos de produção encontrados na literatura, volume de biodiesel produzido a partir da soja e do sebo bovino e número de empregos gerados nos estabelecimentos fabricantes de biocombustível, com exceção do álcool. Essas planilhas possibilitaram uma visão socioeconômica da produção desses biodieseis, permitindo uma comparação entre os indicadores, através de estatística descritiva, cujas relações podem ser observadas na Figura 2.

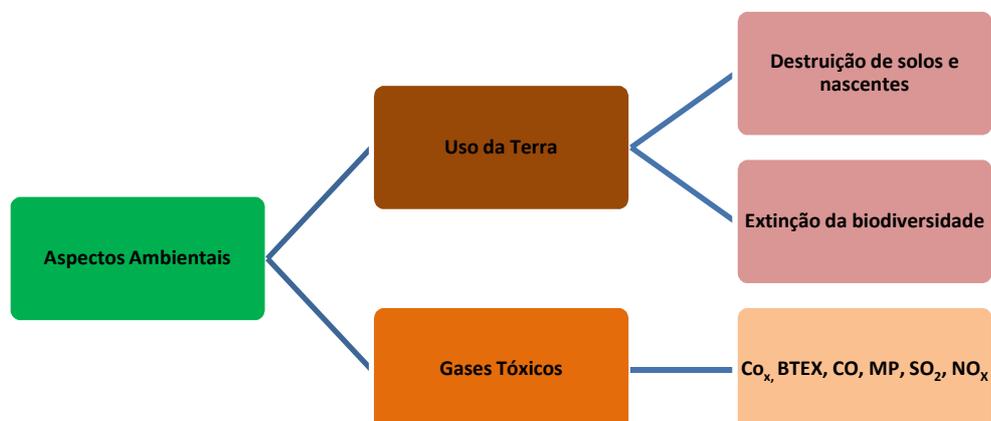
Figura 2 - Variáveis analisadas nos aspectos econômicos.



Fonte: Elaboração própria.

A análise ambiental foi realizada a partir dos estudos que demonstram as consequências do uso da terra para a produção da matéria prima e dos comparativos da emissão dos principais compostos tóxicos resultantes da queima do diesel e do biodiesel de soja e sebo bovino que são nocivos à saúde e que degradam o ambiente urbano. Dentre esses poluentes, pode-se destacar: dióxido de carbono (CO₂), hidrocarbonetos (BTEX), monóxidos de carbono (CO), materiais particulados (MP), dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x), (CARVALHO, 2011). A Figura 3, permite visualizar o interação dessas variáveis.

Figura 3 - Variáveis analisadas nos aspectos ambientais



Fonte: Elaboração própria.

Considerando que diferentes matérias primas resultam num biodiesel com diferentes composições químicas, que emitem maior ou menor quantidade de materiais poluentes, esse comparativo permitiu identificar a fonte mais vantajosa em termos ambientais.

Dessa forma, o conhecimento evolutivo do PNPB, a caracterização e descrição das duas matérias primas mais utilizadas na produção do biodiesel, a descrição panorâmica da cadeia produtiva e das rotas tecnológicas, a comparação das características físico-químicas dos insumos, do biodiesel e de suas vantagens evidenciaram as particularidades que levaram estes insumos a se destacarem na matriz energética brasileira.

Este estudo limitou-se a conhecer a evolução do PNPB e seus mecanismos de inclusão da agricultura familiar, a descrição dos principais processos de produção de biodiesel disponíveis na literatura, ao levantamento do uso da soja e do sebo bovino como insumos para produção de biodiesel, sua disponibilidade e produção nas regiões brasileiras e ainda a avaliação comparativa das características e propriedades dos biodieseis produzidos a partir dessas duas fontes.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Antes de alcançar êxito na produção e uso do biodiesel, o Brasil passou por algumas experiências que proporcionaram o amadurecimento das políticas públicas e o aperfeiçoamento do conhecimento adquirido ao longo dos anos. Na década de 1970, lançou o Programa Pró-Álcool e o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos - Pró-óleo, que previam a redução do consumo de gasolina e do diesel, por meio da mistura do álcool de cana-de-açúcar e de óleos vegetais excedentes da produção, respectivamente, cujos custos de produção deveriam ser competitivos com os do petróleo (OSAKI; BATALHA, 2008). Depois de algum tempo, a utilização do álcool se consolidou, entretanto, devido à queda do preço do petróleo, o Pró-óleo foi abandonado.

Em 1982, o professor da Universidade Federal do Ceará, Expedito José de Sá Parente, por ocasião de suas pesquisas com oleaginosas, conseguiu produzir um combustível de boa qualidade, capaz de substituir o petróleo, na época intitulado Prodieisel. Esse óleo combustível chegou a ser patenteado pela primeira vez em 1983, e mesmo sob patente brasileira, não prosperou no Brasil devido à ausência de incentivos do governo e à queda dos preços do petróleo em nível mundial (PARENTE, 2003).

Logo que os preços do petróleo subiram novamente, outros planos e programas governamentais foram esboçados para tornar a utilização de óleos vegetais uma política nacional para a redução de gases poluentes. Entretanto, somente em 2004, a iniciativa governamental prosperou. Por meio do Decreto Presidencial nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, foi instalado oficialmente o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB (BIODIESELBR, 2014).

4.1 Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)

O PNPB foi criado e implementado, definitivamente, pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, ampliou a competência administrativa da ANP, cujas atividades passaram a compreender também aquelas relacionadas aos biocombustíveis, estabeleceu os percentuais mínimos de mistura compulsória do biodiesel ao diesel mineral e ainda definiu os prazos a partir dos quais vigorariam tais percentuais (ALVARENGA JÚNIOR; YOUNG, 2013).

A mistura de biodiesel ao diesel de petróleo foi autorizada em dezembro de 2004, e até dezembro de 2007, essa mistura foi realizada em caráter autorizativo. Em janeiro de 2008, a mistura de 2% passou a ser obrigatória em todo o território nacional. O combustível proveniente da mistura dos dois óleos, recebeu o nome do percentual de participação do biodiesel, sendo B2 quando possui 2%, B20 quando possui 20% e B100, que é o biodiesel puro (SILVA; FREITAS, 2008). A evolução dessa mistura pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 4 – Evolução da Mistura de Biodiesel no Brasil



Fonte: Elaboração própria

B2* - De janeiro de 2005 a Dezembro de 2007, mistura não obrigatória.

Conforme demonstrado, o amadurecimento do mercado brasileiro proporcionou o aumento percentual da mistura de biodiesel. Ao longo dos 12 anos de execução do PNPB o percentual chegou a 8% no mês de março de 2017, por ocasião da publicação da Lei 13.263, de 23 de março de 2016. Essa Lei também prevê a autorização da adição de 10%, a partir de março de 2019 (ANP, 2016b).

A condução do PNPB é realizada por uma Comissão Executiva Interministerial - CEIB que tem, entre outras atribuições, a função de analisar, avaliar e propor outras recomendações e ações que sejam necessárias para a implantação do Programa e cumprimento dos seus objetivos. As ações relativas à gestão operacional e administrativa são executadas pelo Grupo Gestor (SEAD, 2017b).

As principais diretrizes do PNPB são: a implantação de um programa sustentável, de forma a promover a inclusão social; a garantia de preços competitivos, qualidade e

suprimento; e ainda a produção do biodiesel a partir de diferentes fontes oleaginosas e em diversas regiões do país (SEAD, 2017b).

A implementação sustentável, prevista nos objetivos do Programa e que deveria estar equilibrada nos pilares, econômico, social e ambiental, é fator importante que deve constar no histórico do PNPB. A descrição das ações institucionais e das respostas sociais e ambientais permitem inferir considerações quanto à sustentabilidade do Programa e à inclusão social dos agentes produtivos.

4.2 Políticas de inclusão social e sustentabilidade do PNPB

Quando se trata de meio ambiente, o PNPB enfatiza a utilização dos combustíveis renováveis pela grande capacidade de redução da emissão de poluentes e de diversos gases causadores do efeito estufa. Essa redução pode chegar a 78,5% quando se utiliza 100% de biodiesel metílico de soja B100 e 15,6% e 3,9%, utilizando B20 e B5, respectivamente (RATHMANN, *et al*, 2012). Logo, o uso do biodiesel no transporte urbano melhora a qualidade do ar das grandes cidades, devido à ausência de enxofre na sua composição, e promove uma melhoria no bem estar da população.

Aliada a questão ambiental, outras iniciativas políticas como a redução de tributos, oferta de crédito com menor custo financeiro aos produtores e subsídios que cobrem custos mais altos do biodiesel em relação ao diesel, foram implementadas com o objetivo de garantir a sustentabilidade econômica e social do PNPB. Contudo, apesar do crescimento e do fortalecimento que essas ações proporcionaram ao setor de biocombustíveis, outras intervenções foram necessárias para o alcance do desenvolvimento sustentável que, segundo Sachs (2007), deve estar fundamentado também no atendimento das necessidades socioeconômicas da população, e isso inclui o direito a educação, saúde e saneamento básico.

Segundo Prado (2015), uma breve comparação da política adotada pelos maiores produtores mundiais de biodiesel, E.U.A, Alemanha, Argentina e Brasil, aponta que o PNPB é o único programa que apresenta a inclusão da agricultura familiar como uma de suas diretrizes principais.

Desde o início do PNPB até 2016, a operacionalização de suas estratégias sociais estava a cargo do Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA). A Medida Provisória nº 726, de 12 de maio de 2016, extinguiu o MDA e transferiu suas competências para o Ministério do Desenvolvimento Social (MDS). Logo depois, o Decreto nº 8.780, de 27 de

maio de 2016, transferiu as competências do MDA, que estavam com o MDS, para a Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário - SEAD, que atualmente tem a responsabilidade de operacionalizar a estratégia social do PNPB, criando formas de promover a inserção qualificada de agricultores familiares na cadeia de produção do biodiesel (SEAD, 2017b).

Desde então, todas as ações relacionadas ao PNPB, que envolvem o Selo Combustível Social, a organização da base produtiva, cooperativas, demais projetos e parcerias, vem sendo executadas e acompanhadas pela SEAD.

4.2.1 Selo Combustível Social

O Selo Combustível Social, componente de identificação criado a partir do Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, é concedido pela SEAD aos produtores de biodiesel que cumprem os critérios estabelecidos pela Portaria nº 512, de 5 de setembro de 2017. Essa Portaria descreve os procedimentos relativos à concessão, renovação e cancelamento de uso do Selo "Combustível Social" (SCS), e exige do produtor o cumprimento das seguintes obrigações:

- a) Adquirir um percentual mínimo de matéria prima dos agricultores familiares enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) no ano de produção de biodiesel;
- b) Celebrar previamente contratos de compra e venda de matérias primas com os agricultores familiares ou com suas cooperativas; e
- c) Assegurar capacitação e assistência técnica aos agricultores familiares contratados;

Em contrapartida, este selo confere ao seu possuidor o *status* de promotor de inclusão social da agricultura familiar e por meio dele o produtor de biodiesel tem acesso a:

- a) Alíquotas de PIS/PASEP e COFINS com coeficientes de redução diferenciados para o biodiesel, e variam de acordo com a matéria prima adquirida e região da aquisição;
- b) Melhores condições de financiamento junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e suas instituições credenciadas, ao Banco da Amazônia S/A (BASA), ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB) e ao Banco do Brasil S/A;
- c) Participação assegurada de 80% no volume total negociado nos leilões de biodiesel (BRASIL, 2018).

Esse percentual de participação pode chegar a ser ainda mais alto para as empresas portadoras do SCS, isto porque elas também podem participar das ofertas destinadas a todas as empresas, com ou sem SCS, que é de 20% (AMARAL, 2015).

Além de estabelecer os procedimentos e responsabilidades para a concessão, renovação e cancelamento de uso do SCS aos produtores de biodiesel, a SEAD também é responsável por:

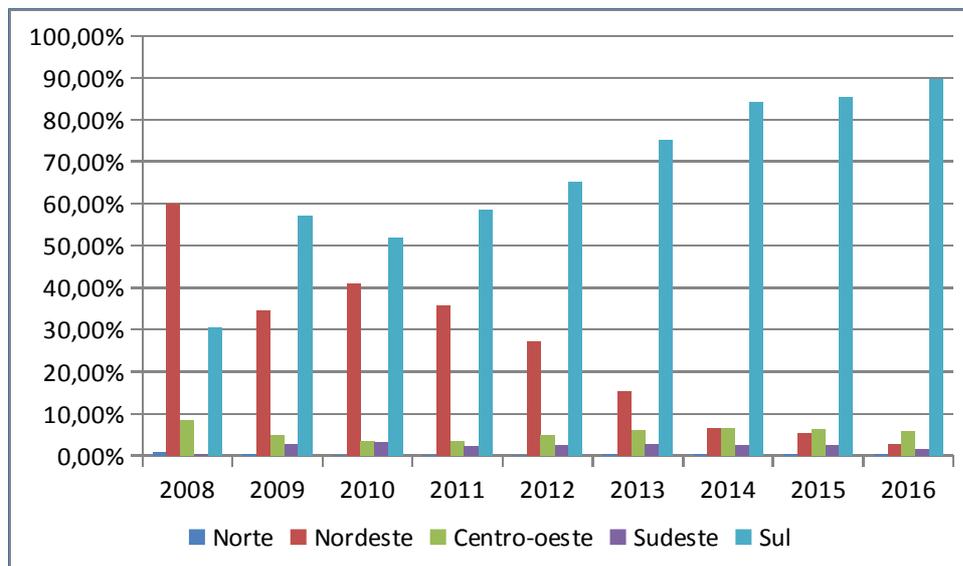
- Proceder a avaliação e a qualificação dos produtores de biodiesel para a concessão de uso do SCS;
- Conceder o SCS aos produtores de biodiesel, por intermédio de ato administrativo próprio; e
- Fiscalizar os produtores de biodiesel que obtiverem a concessão de uso do SCS quanto ao cumprimento dos requisitos estabelecidos neste Decreto.

A validade do SCS é de cinco anos, contados do dia 1º de janeiro do ano subsequente à sua concessão, e o produtor de biodiesel poderá solicitar à SEAD a renovação da concessão de uso do SCS, com antecedência mínima de cinco meses do término de sua validade.

Os dados do Balanço do SCS emitido pelo MDA demonstraram que, em 2016, cerca de 70 mil famílias estavam sendo beneficiadas com o Selo e que mais de 40 empresas e 80 cooperativas foram habilitadas para comercialização de biodiesel (SEAD, 2018).

O Gráfico 1, demonstra a evolução do percentual de famílias fornecedoras de matéria prima nos arranjos do SCS, no período de 2008 a 2015, nas diferentes regiões brasileiras.

Gráfico 1 – Evolução do percentual de famílias envolvidas nos arranjos SCS por região.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da SEAD, 2018.

No início do Programa, 60% das famílias estavam localizadas na região Nordeste e 31% na região Sul. Todavia, a inclusão dos agricultores familiares da região Sul aconteceu de tal forma que em 2011, essa participação foi invertida. Das 104 mil famílias fornecedoras de matéria prima para o biodiesel, 58% estavam localizadas na região Sul, e 36% estavam localizadas na região nordeste.

A partir daí, esse número passou a cair, e a participação de cooperativas aumentou, saindo de 65 para 79 em 2016, um aumento de 22%, aproximadamente (SEAD, 2018). Estes dados refletem a mudança de hábito de negociação entre os agricultores que, organizados em cooperativas, conseguiram um melhor preço pelos seus produtos, conforme demonstrado na Tabela 1, que consolida o valor pago pela matéria prima adquirida de forma individual e por meio das cooperativas no ano de 2016.

Tabela 1 - Valores pagos pela matéria prima nos arranjos do SCS em 2016

UF	Matéria Prima	Cooperativa (Valor/Tn)	Individuais (Valor/Tn)	Diferença (Valor/Tn)
AL	Coco	R\$ 2.411,76	R\$ -	R\$ -
BA	Mamona	R\$ 2.132,08	R\$ 2.384,62	-R\$ 252,54
	Óleo de Peixe	R\$ 2.333,33	R\$ -	R\$ -
	Soja	R\$ 1.333,70	R\$ 1.224,76	R\$ 108,94
CE	Óleo de Peixe	R\$ 2.500,00	R\$ -	R\$ -
	Mamona	R\$ -	R\$ 2.285,71	R\$ -
GO	Soja	R\$ 1.160,15	R\$ 1.145,32	R\$ 14,82
MG	Mamona	R\$ -	R\$ 2.000,00	R\$ -
	Óleo de Macaúba	R\$ 2.000,00	R\$ -	R\$ -
	Soja	R\$ -	R\$ 1.160,03	R\$ -
MS	Soja	R\$ -	R\$ 1.174,34	R\$ -
MT	Soja	R\$ 1.136,51	R\$ 983,38	R\$ 153,12
PA	Soja	R\$ -	R\$ 1.222,97	R\$ -
PR	Óleo de Frango	R\$ 2.351,93	R\$ -	R\$ -
	Óleo de Soja	R\$ 2.628,10	R\$ -	R\$ -
	Soja	R\$ 1.360,72	R\$ 1.177,05	R\$ 183,66
RS	Soja	R\$ 1.321,67	R\$ 1.203,12	R\$ 118,54
SC	Óleo de Soja	R\$ 2.810,26	R\$ -	R\$ -
	Soja	R\$ 1.345,55	R\$ 1.183,76	R\$ 161,79
SE	Coco	R\$ 1.200,00	R\$ -	R\$ -
SP	Soja	R\$ -	R\$ 1.155,28	R\$ -
TO	Soja	R\$ -	R\$ 1.157,30	R\$ -
Total Geral		R\$ 1.341,36	R\$ 1.171,97	R\$ 169,39

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da SEAD, 2018.

Com exceção da mamona no estado da Bahia, o valor negociado pela cooperativa é bem maior que o valor negociado de forma individual.

Em virtude das dificuldades da empresa para identificar todas as famílias rurais, bem como de definir um acordo de fornecimento para cada uma, “as cooperativas funcionam como um facilitador para o processo de integração entre os agricultores e as usinas de biodiesel, mesmo não sendo uma obrigação para essas famílias organizarem-se em cooperativa” (PRADO, 2015 p. 48).

Por esta razão, os preços dos produtos firmados na negociação costumam ser outra especificidade em uma mesa de negociação com produtores e cooperativas de agricultura familiar. Nas negociações com sindicatos e organizações representativas, o preço geralmente é acrescido de um valor adicional sobre o preço de venda aos refinadores (PRADO, 2015).

Essa peculiaridade nas negociações com agricultores e cooperativas não tem sido entrave para o crescimento das aquisições da agricultura familiar. A Tabela 2 demonstra que, apesar da diminuição na diversidade de matérias primas, o valor total negociado cresceu continuamente nos últimos 9 anos. O destaque nessas negociações é a inclusão do coco e dos óleos de macaúba e peixe que estão sendo negociados pelas cooperativas de agricultores familiares dos estados da Bahia, Ceará, Sergipe e Minas Gerais.

Tabela 2 - Valor das Aquisições da Agricultura Familiar de 2008 a 2016 (milhões R\$)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Amendoim	0,11	1,22	1,05	0,83	1,25	1,47	0,66	-	-
Canola	0,62	0,35	1,17	1,9	1,78	0,79	1,13	1,52	
Dendê	2,45	2,5	3,35		-	-	-	-	-
Gergelim	0	0,18	4,17	0,24	-	-	-	-	-
Girassol	1,95	1,12	1,18	1,65	7,15	5,45		0,04	-
Mamona	5,14	26,79	46,36	7,73	0,92	1,94	4,7	13,091	12,918
Coco	-	-	-	-	-	-	-	0,159	5,456
Macaúba	-	-	-	-	-	-	-	0,001	0,018
Óleo de Peixe	-	-	-	-	-	-	-	0,114	0,17
Óleo de Frango	-	-	-	-	-	-	-		5,479
Total									
Diversificação	10,27	32,16	57,28	12,35	11,1	9,65	6,49	14,925	24,041
Soja	256,122	640,797	996,041	1492,973	2050,071	2799,431	3219,467	3886,989	4189,564
Óleo de Soja	10,128	4,393	5,369	13,847	49,329	46,12	26,872	40,288	59,95
Total Geral	276,52	677,35	1058,69	1519,17	2110,5	2855,201	3252,829	3942,202	4273,555

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da SEAD, 2018.

Quanto à especificidade da matéria prima adquirida dos agricultores familiares, a soja é líder durante todo o período. Oliveira e Abreu (2012) acreditavam que o uso da soja na

produção do biodiesel excluiria a agricultura familiar, isto porque o cultivo dessa oleaginosa exige grandes extensões de terra e elevado grau de mecanização. Todavia, o Balanço do SCS de 2016, demonstra o contrário. Na Região Sul, onde estão localizadas a maior parte das famílias envolvidas nos arranjos do SCS, a soja e o óleo de soja são as principais matérias primas adquiridas da agricultura familiar (SEAD, 2018), conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 – Volume de Matéria Prima Adquirida da Agricultura Familiar em 2016.

UF	Matéria Prima	Cooperativas (mil ton)	Individuais (mil ton)	Aquisições Totais
AL	Coco	2,04	-	2,04
	Mamona	5,83	0,13	5,96
BA	Óleo de Peixe	0,03	-	0,03
	Soja	18,04	5,25	23,29
CE	Óleo de Peixe	0,04	-	0,04
	Mamona	-	0,07	0,07
GO	Soja	100,97	191,16	292,13
	Mamona	-	0,01	0,01
MG	Óleo de Macaúba	0,01	-	0,01
	Soja	-	12,31	12,31
MS	Soja	-	118,85	118,85
MT	Soja	12,6	56,57	69,17
PA	Soja	-	1,48	1,48
	Óleo de Frango	2,33	-	2,33
PR	Óleo de Soja	9,68	-	9,68
	Soja	466,93	68,68	535,61
RS	Soja	1446,97	509,99	1.956,96
SC	Óleo de Soja	12,28	-	12,28
	Soja	195,86	4,68	200,54
SE	Coco	0,45	-	0,45
SP	Soja	-	72,77	72,77
TO	Soja	-	1,78	1,78
Total Geral		2.274,06	1.043,73	3.317,79

Fonte: Elaboração Própria, a partir de dados da SEAD, 2018.

Em relação às aquisições da agricultura familiar, o percentual mínimo de matéria prima a ser adquirida dos agricultores familiares pode ser diferenciado por região e deve ser estipulado em relação às aquisições anuais efetuadas pelo produtor de biodiesel.

Esses percentuais, definidos por normativas, foram modificados algumas vezes, conforme pode ser observado na Tabela 4, e nessas alterações incluíram outros aspectos relacionados: ao conceito de Cooperativa de Agricultor Familiar - sendo consideradas todas

aquelas que possuam Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP); e ampliação dos valores considerados no cálculo das exigências do SCS – que incluem aquisição de matéria prima de agricultores familiares, assistência técnica, análise de solos, doação de insumos, sacaria, máquinas, equipamentos e benfeitorias, contratos de pesquisas e assistência técnica permanente, cujos valores foram limitados a 100% em regiões carentes e 50% nas demais regiões (PIRES, 2015).

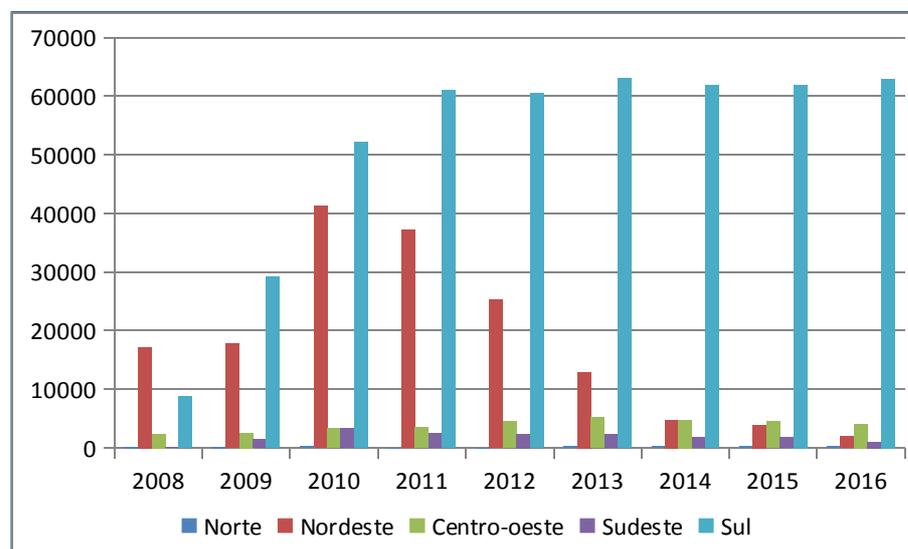
Tabela 4 - Percentuais Mínimos Regionais de Aquisições da Agricultura Familiar

Regiões	IN MDA n° 01/2005	IN MDA n° 01/2009	IN MDA n° 01/2011	Portaria MDA n° 60/2012	Portaria MDA n° 81/2014
Norte	10%	15%	15%	15%	15%
Nordeste	50%	30%	30%	30%	30%
Centro-oeste	10%	15%	15%	15%	15%
Sudeste	30%	30%	30%	30%	30%
Sul	30%	30%	30%	35% ¹ e 40% ²	40%

Fontes: Instruções Normativas (IN) do MDA e Portarias citadas na legenda. Elaboração própria.
¹35% na safra de 2012/2013; ²40% a partir da safra 2013/2014.

As alterações propostas nessas normativas foram consistentes com as prioridades do PNPB de promover a inclusão social da agricultura familiar das regiões carentes na cadeia produtiva do biodiesel. Todavia, o confronto delas com os resultados da participação da agricultura familiar do nordeste, demonstra que os números de inclusão social nessa região declinaram progressivamente a partir de 2011 (PIRES, 2015), conforme Gráfico 2.

Gráfico 2 – Número de famílias envolvidas nos arranjos do Selo Combustível Social



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da SEAD, 2017b.

De acordo com Pires (2015) a redução da participação dos agricultores da região nordeste se deve ao fato de que as usinas não têm nenhuma vantagem adicional para aquisições de matérias primas junto às famílias e regiões prioritárias do PNPB e ainda arcam com o ônus do SCS, tendo como contrapartida o direito de disputar 80% do mercado cativo de biodiesel nos leilões públicos da ANP. Como tais regras não distinguem regiões, nem matérias primas, a agricultura familiar do Sul acabou ocupando espaço cada vez maior no processo de inclusão social (PIRES, 2015),

Outros critérios e procedimentos foram aperfeiçoados por meio da Portaria nº 337, de 18 de setembro de 2015, no intuito de atualizar e qualificar a manutenção e uso do SCS. Entre essas adequações estão: a necessidade de cadastramento dos imóveis rurais participantes do PNPB e do SCS no Cadastro Ambiental Rural (CAR), a limitação da quantidade de matéria-prima declarada pelas empresas produtoras de biodiesel ou cooperativa e a área constante na DAP do agricultor familiar. Além disso, a quantidade adquirida de matéria prima que é apresentada por agricultor deve ser coerente com a produtividade informada pelos órgãos oficiais, como o IBGE e CONAB (SEAD, 2017a).

Essas alterações na legislação permitem acompanhar a produção das unidades familiares, confrontando-as com o tamanho da área de produção e a quantidade adquirida pelas usinas. Esse controle pode contribuir para o fortalecimento da aquisição de matérias-primas da agricultura familiar, ainda que não resolva as questões socioeconômicas dos agricultores familiares do nordeste.

A referida Portaria também esclareceu os procedimentos técnicos e administrativos que devem ser adotados quando houver arranjos de aquisição de matéria prima de origem animal, em especial para o sebo bovino. Esses procedimentos devem ser adotados tanto pelas empresas produtoras de biodiesel quanto pelo órgão gestor do SCS.

O número de usinas com SCS pode ser encontrado no Anexo I, deste trabalho.

4.2.2 Projeto Polos de Biodiesel

A segunda frente de atuação do Ministério de Desenvolvimento Agrário para promover a inserção da agricultura familiar de forma qualificada na cadeia de produção do biodiesel refere-se ao Projeto Polos de Biodiesel, que tem como objetivo articular a base produtiva da agricultura familiar e os diversos atores estaduais e territoriais envolvidos na produção de biodiesel. Este Projeto deveria facilitar o acesso dos agricultores às políticas

públicas, às tecnologias e à capacitação adequada, de acordo com as potencialidades das regiões do país (BRASIL, 2018a).

Os Polos de Produção são áreas geográficas compostas por vários municípios, com a presença de agricultores familiares, produtores ou potenciais produtores de matérias primas para fins de produção de biodiesel, por meio dos quais é possível implementar políticas de apoio técnicos para a obtenção de melhores índices de produtividade, rentabilidade e aumentar as condições econômicas para as famílias apoiadas pelo SCS (PRADO, 2015).

A formação de um polo exige a presença de agricultores familiares com vocação para a plantação de alguma cultura oleaginosa, identidade dos cooperados com a região, áreas consideradas aptas para o plantio com zoneamento agrícola, atuação e ou interesse de atuação de empresas detentoras do SCS e ainda atores sociais políticos e econômicos interessados no desenvolvimento desta cadeia produtiva (PRADO, 2015).

Prado (2015) realizou um estudo detalhado da localização dos Polos de Produção e verificou que a maioria deles está nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. A região Norte possui apenas um polo de produção no estado do Pará e nas regiões Sul e Sudeste, eles estão estabelecidos em áreas tipicamente rurais.

Embora as regiões Sul e Centro-Oeste sejam as mais tradicionais no cultivo de soja, Prado (2015) observou que os salários pagos na região Sudeste apresentam estimativas maiores de valores em comparação com as demais, enquanto a região Sul apresenta os menores valores calculados. Isto se deve ao intensivo cultivo de soja em pequenas propriedades de agricultores familiares na região Sul, cuja principal característica é o emprego da mão-de-obra familiar, enquanto nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, devido o grande número de empresas de *commodities*, a mão-de-obra utilizada é formal (PRADO, 2015).

Assim, a exigência do pagamento de pelo menos um salário mínimo na empregabilidade formal, em detrimento da remuneração dos agricultores familiares que é resultante dos ganhos obtidos pela produção e venda, é o caracteriza esse maior valor da região sudeste.

4.2.3 Sustentabilidade econômica do biodiesel

O Governo Federal utiliza três instrumentos de política pública para viabilizar a sustentabilidade econômica do PNPB:

1. o Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel do BNDES;

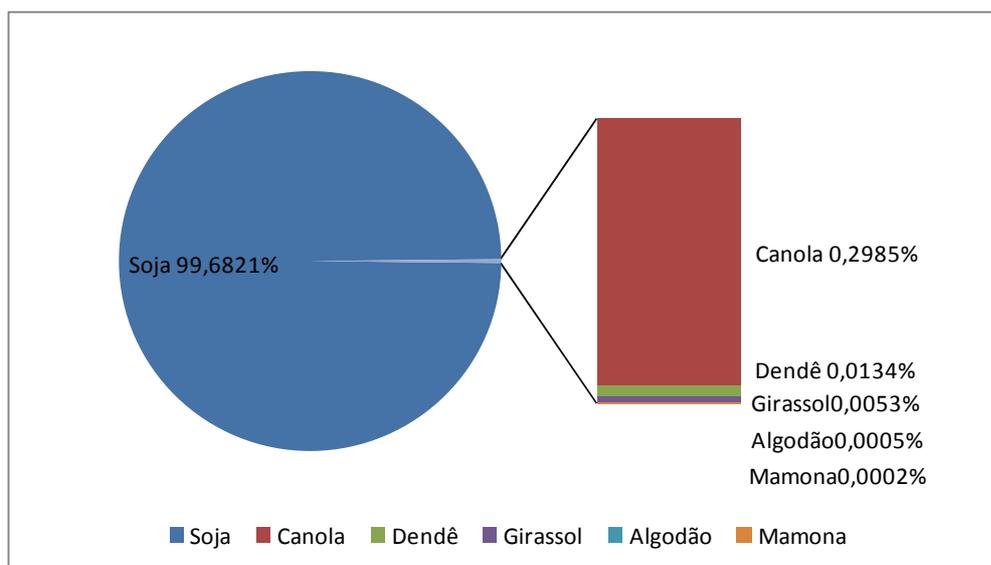
2. o “Programa BB de Apoio à Produção e Uso de Biodiesel”; e
3. os Leilões de Biodiesel promovidos pela ANP.

O Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel, gerido pelo BNDES foi criado em 2004, por meio da Resolução do BNDES nº. 1.135, Anexo IV e tem o objetivo de disponibilizar recursos para o uso comercial do biodiesel que englobam todas as fases de produção e a compra de máquinas e equipamentos (UBRABIO, 2018).

O Programa BB Biodiesel – Programa Banco do Brasil de Apoio à Produção e Uso de Biodiesel visa apoiar a produção, a comercialização e o uso do biodiesel como fonte de energia renovável e atividade geradora de emprego e renda, por meio da disponibilidade de linhas de crédito de custeio, investimento e comercialização, a partir do incentivo à produção de matéria prima, à instalação de plantas agroindustriais e à comercialização. Além das exigências específicas de cada linha, o principal critério considerado pelo banco na concessão do crédito é a garantia de comercialização, tanto da produção agrícola quanto do biodiesel (BANCO DO BRASIL, 2017).

Observados o zoneamento agrícola e a aptidão regional, as culturas priorizadas pelos Programas de Financiamento do governo brasileiro, para produção de biodiesel, são o dendê, a mamona, a soja, o algodão (caroço), o girassol e a canola. O Gráfico 3, demonstra o percentual de participação, por produto, nos Contratos de Custeio, negociados por meio do Pronaf, entre 2013 e 2016.

Gráfico 3 - Participação percentual dos produtos nos contratos de custeio.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do BCB, 2018.

O Gráfico 3 demonstra que, do total de aproximadamente 9,6 bilhões de reais disponibilizados aos agricultores familiares para o cultivo dessas oleaginosas, entre 2013 e 2016, por meio do PRONAF, 99,7% desse valor, foi destinado ao cultivo da soja (BCB, 2018).

O terceiro instrumento de política pública escolhido pelo Governo Federal para assegurar o adequado funcionamento do sistema de estoques do biodiesel, advindo do progressivo aumento da mistura obrigatória do biocombustível ao diesel e garantir sua viabilidade econômica é o mecanismo de compra por leilões públicos, promovidos pela ANP, bimestralmente (ANP, 2017b).

Esse sistema funciona como um mecanismo transparente de comercialização de biodiesel que garante aos produtores e aos agricultores um mercado competitivo para a venda da produção, e aos consumidores a disponibilidade de biocombustível com antecedência e a menores preços, vez que o risco dos produtores é menor por já saberem o quanto poderão vender (LOCATELLI, 2008).

Por meio dos leilões também é possível garantir a igualdade de acesso entre pequenos e grandes produtores, eliminar ou minimizar a assimetria de informação entre os agentes, fornecer um ambiente competitivo entre os produtores, facilitar a fiscalização do cumprimento do percentual de mistura do biodiesel ao diesel mineral, e garantir a participação mínima da agricultura familiar no fornecimento de matérias primas para a produção de biodiesel (MENDES; COSTA, 2009).

As diretrizes dos leilões foram apresentadas a partir da Portaria MME nº 284, de 04 de outubro de 2007, alteradas pela Portaria MME nº 301, de 20 de outubro de 2007 e substituída pela Portaria MME nº 109, de 17 de março de 2008. Novas alterações ocorreram com a Portaria nº 274, de 26 de abril de 2011, que foi modificada pela Portaria nº 469, de 02 de agosto de 2011 e que foi revogada pela Portaria MME nº 276, de 10 de maio de 2012. Com essa revogação, entrou em vigor o “novo modelo” de leilões, estabelecido pela Portaria MME nº 476, de 15 de agosto de 2012, válido até hoje, cujo processo é composto de seis etapas principais:

Etapa 1: habilitação dos fornecedores de biodiesel, promovida diretamente pela ANP por meio de análise documental.

Etapa 2: apresentação das ofertas pelos fornecedores para atender à mistura obrigatória, em que cada fornecedor pode apresentar até três ofertas por unidade produtora. O preço apresentado para cada oferta, em reais por metro cúbico, na condição FOB - dispêndios com fretes e seguros saem por conta do comprador – incluindo PIS/Pasep e Cofins, sem

ICMS, não pode ser superior ao Preço Máximo de Referência (PMR) regional, que é calculado pela ANP.

Etapa 3: seleção das ofertas pelos adquirentes, em que os distribuidores disputam os lotes de biodiesel ofertados pelos produtores detentores do SCS.

Etapa 4: reapresentação de novos preços pelos fornecedores, sempre iguais ou inferiores àqueles apresentados na etapa 2, visando a sua participação na etapa 5.

Etapa 5: seleção das demais ofertas pelos adquirentes, com origem em quaisquer fornecedores, independentemente de possuírem o SCS.

Etapa 6: consolidação e divulgação do resultado final, que é publicado no Diário Oficial da União (DOU).

Duas novas etapas foram introduzidas pela Portaria MME nº 476, de 15 de agosto de 2012, sendo elas a fase de habilitação e a reapresentação de preços que, segundo Amaral (2015) aumentará o rigor no cumprimento das regras, evitará mudanças de última hora e estimulará ainda mais a competição.

Outras alterações foram realizadas nos leilões públicos de biodiesel, e podem ser visualizadas no Quadro 1 que demonstra as principais diferenças entre o modelo antigo e o novo.

Quadro 1 - Principais diferenças entre os modelos de leilões de biodiesel

Descrição	Antigo	Vigente
Quanto à realização – Foram incluídas duas novas etapas nos leilões. A primeira, que se refere à fase de habilitação, aumenta o rigor no cumprimento das regras e evita mudanças de última hora. A segunda, diz respeito a uma reapresentação de preços, que busca estimular ainda mais a competição.	04 Etapas	06 Etapas
Quanto à promoção – A preferência é que sejam promovidos diretamente pela ANP, mediante a utilização de sistema eletrônico de negociação, todavia, na hipótese de inexistência ou de inoperância desse sistema, permite-se que uma ou mais etapas do leilão sejam promovidas, indiretamente, pelos próprios adquirentes, em estrita obediência às regras do edital fixadas pela ANP.	Promovidos diretamente pela ANP	Promovidos direta ou indiretamente pela ANP
Quanto à periodicidade – No novo modelo os leilões passam a ocorrer bimestralmente e não mais de acordo com a necessidade observada pela ANP de obter produto.	Periodicidade indefinida	Periodicidade definida
Quanto aos adquirentes – No modelo velho, os produtores e importadores de diesel, não tinham qualquer ação na escolha do produto que iriam adquirir. No novo modelo novo, os adquirentes participam ativamente do processo de seleção considerando a necessidade e o interesse de seus clientes, na compra posterior do biodiesel, observados os critérios de preço, de logística e de qualidade.	Adquirentes passivos	Adquirentes ativos
Quanto aos lances – No modelo antigo, os leilões eram presenciais e as ofertas eram classificadas pela ANP para posterior apresentação aos produtores e importadores de óleo diesel. No novo, os fornecedores apresentam seus lances pela internet, com uso de sistema eletrônico e baseado na plataforma de compra da Petrobras, a Petronect.	Lances presenciais	Lances on-line

Descrição	Antigo	Vigente
Quanto à definição do volume – No modelo novo, as distribuidoras definem quanto querem comprar, baseando-se para isso na previsão de venda para o bimestre	MME define o volume	Distribuidora define o volume
Quanto à divisão dos lotes – No modelo velho, o volume era leiloado em um lote nacional, no modelo novo o volume é leiloado em lotes regionais, proporcionalmente à demanda de biodiesel em cada região.	Lotes indivisíveis	Lotes divisíveis
Quanto ao ganhador – No modelo novo, cada oferta poderá ter, como resultado final, mais de uma distribuidora ganhadora, até o limite de volume ofertado.	Único ganhador por lote	Múltiplos ganhadores por lote
Quanto às capacidades ofertada e instalada – No modelo velho, os pequenos produtores não conseguiam ofertar lotes maiores que sua capacidade. No modelo novo, a usina decide o quanto quer ofertar no total, podendo o volume ser dividido em até três ofertas individuais.	Capacidade ofertada igual a capacidade instalada	Capacidade ofertada maior que a capacidade instalada
Quanto aos preços – No modelo velho, a usina definia a região de destino observando o Fator de Ajuste Logístico entre origem e destino. No modelo novo, a usina não define mais a região de destino, sendo o produto ofertado sempre “na porta da usina”.	Preço FOB + FAL	Preço FOB – FAL
Quanto à relação entre os agentes – No modelo velho, as usinas produtoras de biodiesel vendiam diretamente para a Petrobras, que, posteriormente, revendia o produto às distribuidoras de combustíveis. No modelo novo as compras poderão ser realizadas diretamente entre usinas e distribuidoras.	Usinas + Petrobrás + Distribuidora	Usinas + Distribuidoras
Quanto ao PMR - No modelo velho, era estabelecido um único Preço Máximo de Referência (PMR) para todo o leilão. No modelo novo a ANP estabelece PMR para cada região em cada leilão público.	PMR por leilão	PMR por Região
Quanto à qualidade - No modelo, antigo não existia um indicador de temperaturas mínimas. No modelo novo os ofertantes são obrigados a informar o CFPP (<i>Cold Filter Plugging Point</i> – Ponto de Entupimento de Filtro a Frio) de seu produto, permitindo que as distribuidoras comprem um biodiesel de melhor qualidade.	CFPP não obrigatório	CFPP obrigatório

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações de AMARAL, 2015.

A alteração na relação entre os agentes estabelece uma proximidade entre eles e permite uma redução dos custos logísticos e obtenção de produtos de melhor qualidade. Além disso, as margens e ganhos que eram apropriados pela Petrobras, passaram a ser das próprias empresas distribuidoras nesta nova sistemática. Esse mecanismo resulta num volume ofertado divergente do arrematado, cujos dimensionamentos são influenciados pela localização do mercado fornecedor de soja, principal matéria prima utilizada na fabricação de biodiesel, pela localização das indústrias e capacidade instalada e ainda pela localização do mercado consumidor, que é determinado pelo mercado do derivado de petróleo (AMARAL, 2015).

Apesar das características públicas do leilão que permitem a promoção de um ambiente mais transparente de comercialização e o conhecimento dos agentes envolvidos, volumes transacionados e condições de preços, não é possível saber previamente quanto de biodiesel será ofertado ou arrematado. Ou seja, nesse novo sistema de leilões públicos as usinas escolhem quanto querem vender e precificam o seu produto de acordo com as regras e a referência regional da ANP, informada oficialmente em cada leilão (AMARAL, 2015).

Quando há necessidade de suprir os volumes de biodiesel, não entregues pelos produtores aos adquirentes, ou ainda quando for necessário adquirir quantidades de biodiesel superiores à demanda necessária ao atendimento do percentual mínimo obrigatório, a ANP realiza leilões complementares ou específicos para atender essas necessidades (ANP, 2017b).

Neste sentido, os leilões vêm cumprindo suas principais funções, de comercialização e abastecimento e os níveis de concentração, referentes às participações das empresas nos leilões de biodiesel, diminuíram consideravelmente. Os principais fatores que contribuíram para essa desconcentração foram: a quantidade de empresas participantes dos leilões, o aumento dos percentuais de mistura obrigatório de biodiesel ao diesel mineral e o PMR de cada leilão (AMARAL, 2015).

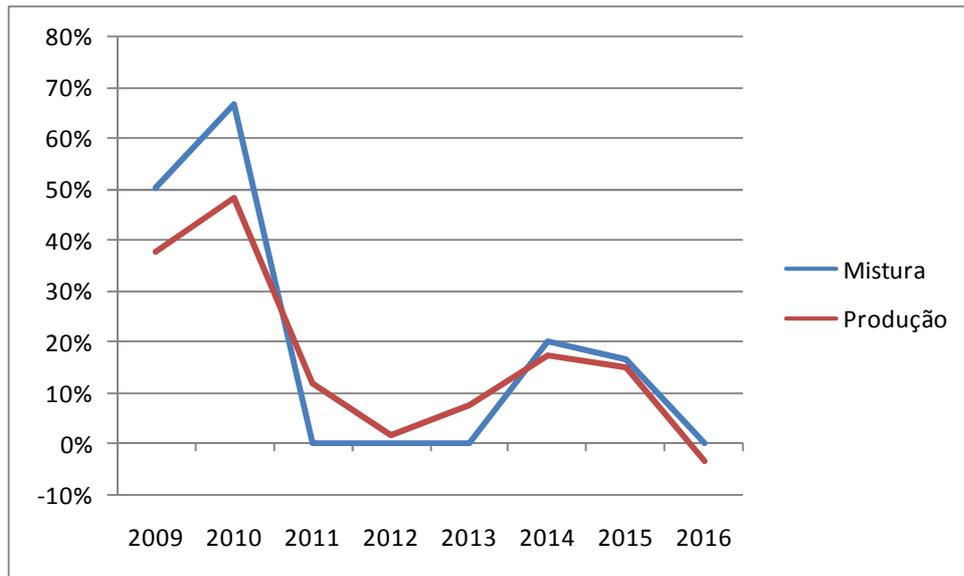
Para estimular a obtenção do SCS, o governo estabeleceu dois blocos de leilão de menor preço de biodiesel. No primeiro bloco, 80% do volume total a ser comprado pela ANP é destinado somente às refinarias que detém o SCS e os 20% restantes destinado para aquelas que não têm, sendo o *price cap* deste leilão menor (PRADO, 2015).

Importante ressaltar, que o objetivo do governo não é apenas estimular as empresas por meio de isenções fiscais, mas utilizar o mercado de biodiesel para incluir os agricultores familiares como fornecedores de matéria prima, e, desta forma, implementar uma política social para os pequenos agricultores brasileiros, por meio da disponibilização de tecnologia e produtos financeiros a essas famílias, além de oferecer melhores formas de comercialização de sua produção (PRADO, 2015).

O aumento do volume produzido e negociado pelas usinas de biodiesel tem estreita relação com o aumento percentual de mistura estabelecido pelo Governo Federal. Isto se deve ao fato de não haver exportações nem importações relevantes desse biocombustível, ou seja, as indústrias produzem o volume de biodiesel vendido nos leilões públicos da ANP para atendimento da mistura obrigatória, de forma que o consumo interno é praticamente idêntico à produção, diferindo apenas marginalmente devido aos estoques de passagem de um ano para outro (PIRES, 2015).

De acordo com Mendes e Costa (2010), a obrigatoriedade da mistura é o principal instrumento que permite a continuidade do PNPB, pois o preço do biodiesel sempre foi superior ao do diesel mineral, tornando-o pouco competitivo, cuja diferença já chegou a ser maior que um real por litro no início do PNPB (MENDES; COSTA, 2010). O Gráfico 3 permite observar essa comparação entre o aumento percentual de mistura e o aumento percentual da produção.

Gráfico 4 – Comparação do crescimento da mistura e da produção de biodiesel (%).



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da ANP, 2017c.

O Gráfico 3, permite observar que existe uma relação direta entre essas duas variáveis. Entre 2009 e 2015 o aumento percentual da produção variou exatamente como o aumento percentual da mistura, com exceção do ano 2016, quando a produção de biodiesel do Brasil recuou em cerca de 3,5%. Essa queda se deve principalmente a retração na atividade econômica do País, que refletiu de forma direta no consumo de combustíveis, especialmente o diesel B, que é a mistura de diesel mineral e biodiesel, usado no transporte de cargas (SNA, 2016).

Para Mendes e Costa (2010) a obrigatoriedade da mistura é o principal instrumento que permite a continuidade do PNPB, enquanto que para Pires (2015), as regras dos leilões são a única ferramenta que sustenta de fato a participação da agricultura familiar nele. Essas duas verdades refletem a realidade brasileira para vencer os desafios de tornar o biodiesel viável economicamente e promotor da inclusão social.

Outra importante diretriz do PNPB discutida adiante é a participação de diferentes matérias primas na produção do biodiesel. Vários tipos de óleos vegetais e gorduras animais podem ser utilizados como matéria prima. Contudo, o teor de água e iodo, a quantidade de ácidos graxos livres e o nível de saturação diferenciam as matérias primas e influenciam nas propriedades físico-químicas do biodiesel. Neste sentido, é importante conhecer inicialmente os vários tipos de processos utilizados para transformar os óleos vegetais e as gorduras animais em biodiesel.

4.3 Rotas tecnológicas para produção de biodiesel

Os óleos vegetais foram testados, inicialmente, como combustíveis em motores a combustão interna na sua forma *in natura*. Entretanto, devido às propriedades físico-químicas desses materiais, vários problemas foram observados durante sua queima. A alta viscosidade dos óleos ocasionam sérios problemas operacionais, como:

- a) ocorrência de gomas durante a estocagem dos óleos e diminuição da eficiência de lubrificação, devido às reações de oxidação e polimerização dos mesmos;
- b) obstrução dos filtros de óleo e bicos injetores;
- c) diluição parcial do combustível no lubrificante;
- d) comprometimento da durabilidade do motor e aumento em seus custos de manutenção; e
- e) produção de acroleína durante a combustão, uma substância tóxica e cancerígena, formada pela decomposição térmica do glicerol (RAMOS *et al*, 2003; FELIZARDO, 2011).

Esses problemas impulsionaram as pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias que pudessem transformar esses óleos e gorduras e ainda outros ácidos graxos em biocombustíveis. Ao longo dos últimos 100 anos, várias transformações químicas foram testadas e de maneira geral observou-se que monoésteres alquílicos de ácidos graxos podem ser produzidos a partir de qualquer óleo vegetal (RAMOS *et al*, 2011).

Entretanto, devido às diferentes propriedades das matérias primas, as rotas tecnológicas de produção de biodiesel devem ser adaptadas e as condições de processamento devem ser modificadas, levando em consideração tanto as características dos óleos e gorduras, quanto os demais insumos utilizados na produção, como os alcóois e os catalisadores, para o alcance da eficiência nos processos de transformação (SARAF; THOMAS, 2007).

De acordo com Ramos *et al* (2011) o biodiesel pode ser produzido pela alcoólise de óleos vegetais e/ou gorduras animais, também chamada de transesterificação, ou pela esterificação de ácidos graxos, com o emprego de alcóois mono-hidroxilados de cadeia curta, ambas na presença de um catalisador que pode ser homogêneo, heterogêneo ou enzimático.

Outros processos também são conhecidos, apesar de pouco usuais na produção em grande escala, e merecem citação neste trabalho. Trata-se do craqueamento, pirólise e hidroesterificação. Os dois primeiros são utilizados como sinônimos em algumas literaturas, contudo, conforme demonstrado a seguir, esses métodos possuem características distintas que os diferenciam.

4.3.1 Craqueamento

O craqueamento consiste na conversão da biomassa em energia por meio de calor ou com calor e um catalisador, denominados craqueamento térmico e craqueamento termo catalítico. Nesse tipo de reação as cadeias carbônicas dos triésteres componentes dos óleos e gorduras são quebradas e formam uma mistura de compostos constituída principalmente de hidrocarbonetos e, em menor quantidade, compostos oxigenados (RODRIGUES, 2007).

É interessante salientar que o tamanho e grau de insaturação dos compostos orgânicos obtidos dependem do esqueleto de carbono dos triglicerídeos e de reações consecutivas dos produtos formados. Em algumas situações, esse processo é auxiliado por um catalisador para a quebra das ligações químicas, de modo a gerar moléculas menores (SILVA, 2008). Vários estudos demonstram que o produto do craqueamento também depende da temperatura aplicada ao processo e da taxa de aquecimento a que o sistema é submetido (BUDIANTO *et al.*, 2014). Essas variáveis influenciam tanto na composição química do produto final quanto na eficiência do processo de conversão, que se refere ao índice de rendimento das biomassas.

Quando o craqueamento ocorre na presença de moléculas de hidrogênio, ele é chamado de hidrocraqueamento e o produto final é conhecido como H-Bio. A principal vantagem desse processo é a eliminação completa de produtos oxigenados no final da reação, que resulta na diminuição do caráter oxidante da mistura, que pode levar a problemas de corrosão no motor, o que dificilmente acontece apenas por craqueamento (ALVES, 2012).

Alguns autores utilizam os termos craqueamento e pirólise como sinônimos, entretanto existe uma relevante diferença entre eles: no primeiro a reação se dá em ambiente oxigenado e no segundo com pouco ou nenhum oxigênio (ALVES, 2012). Por esta razão, apresenta-se a seguir as características do processo de pirólise, demonstrando suas vantagens em relação as demais rotas tecnológicas.

4.3.2 Pirólise

Conforme citado anteriormente, a pirólise é a conversão de uma estrutura química orgânica em outra por meio de calor, em deficiência de oxigênio, e na presença, ou não, de um catalisador. Ela pode ser usada para produzir uma combinação de gases, biocarvão e bio-óleo, que possuem diferentes potenciais econômicos para a produção de energia (RAMOS *et al.*, 2011).

Esses diferentes produtos são obtidos a partir do controle da quantidade de oxigênio durante o processo de conversão, ou seja, a utilização de ar resulta na obtenção de um gás pobre que pode ser utilizado para a produção de eletricidade e vapor de água, enquanto a utilização do oxigênio puro no processo proporciona a obtenção de um gás de síntese que pode ser transformado em combustível líquido (MOURA, 2016).

A pirólise é mais eficiente que a combustão, porque oferece menos poluição ao meio ambiente e consiste na degradação térmica do material orgânico na ausência parcial ou total de um agente oxidante, ou mesmo num ambiente com uma concentração de oxigênio capaz de impedir a gaseificação intensiva do material orgânico (GÓMEZ, 2009).

Durante a pirólise, os principais fenômenos que ocorrem são: transferência de calor, a partir de uma fonte que o produz, ocasionando aumento da temperatura no interior do combustível; início das reações de pirólise, levando à liberação de compostos voláteis e a formação de resíduo carbonoso; liberação de compostos voláteis, resultando na transferência de calor entre os voláteis quentes e o combustível frio não pirolisado; e condensação de alguns dos compostos voláteis nas partes mais frias do combustível para a produção de alcatrão e reações (VIEIRA; ALEXANDRE, 2014). A pirólise pode ser dividida em vários tipos:

Pirólise lenta: neste processo são utilizadas baixas taxas de aquecimento (menos de 2°C/segundo), baixa temperatura (inferior a 500 ° C) e elevados tempos de residência dos produtos (gás: maior do que 5s e sólida pode ser minutos, horas ou dias). Na pirólise lenta a biomassa é pirolisada até uma temperatura da ordem de 400-500°C com uma taxa de aquecimento de cerca de 0,1 para 1°C/s durante um período compreendido entre 5 e 30 min (MANOJTRIPATHI, 2016). A pirólise lenta favorece a formação de carvão animal mas os produtos líquidos e gasosos são também formados em uma pequena quantidade.

Pirólise rápida - neste tipo de pirólise a biomassa é aquecida até uma temperatura de 850-1250°C, com uma taxa de aquecimento de 10-200°C durante um curto espaço de tempo que varia entre 1 e 10 segundos. O produto principal resultante deste processo é o bio-óleo, todavia este tipo de pirólise, proporciona um melhor rendimento na recuperação de coprodutos como o carvão e o gás (MANOJTRIPATHI, 2016).

Pirólise a vácuo - é a degradação térmica da biomassa sob baixa pressão e na ausência de oxigênio. Embora algumas das condições de operação de pirólise a vácuo sejam semelhantes à de pirólise lenta o método para a remoção de vapores a partir da região de reação proporciona uma grande diferença entre estes (MANOJTRIPATHI, 2016).

Pirólise intermediária - Este tipo de pirólise é geralmente utilizado para fazer um balanço entre os produtos líquidos e sólidos. A pirólise lenta produz alto rendimento de carvão, mas os produtos líquidos são relativamente baixos, enquanto a pirólise rápida produz elevado rendimento líquido e o rendimento de biocarvão é reduzido (VIEIRA, *et al*, 2014). As condições de funcionamento para pirólise intermediária estão entre a pirólise lenta e a rápida.

Hidropirólise - é uma técnica relativamente nova para converter a biomassa em alta qualidade de bio-óleo. Neste processo, materiais à base de hidrogênio são adicionados no reator juntamente com a biomassa a uma pressão superior à pressão atmosférica. Essa reação está associada, muitas vezes, com a utilização de catalisador para remover o oxigênio, água e COx diferente do produto líquido (MANOJTRIPATHI, 2016).

Além destes mais conhecidos, outros tipos de pirólise têm sido desenvolvidos para melhorar a produtividade e a qualidade dos produtos e ainda aumentar a eficiência energética do processo. Entre elas, destaca-se a *pirólise por Microondas*, cujas diferenças estão nos mecanismos de aquecimento (aquecimento dielétrico contra aquecimento convectivo e condutor) e na ocorrência de um ponto quente ou faísca (HUANG *et al*, 2016).

A pirólise de microondas é mais rápida e necessita de menos tempo de entrada de energia e de processamento. Entretanto, a energia elétrica necessária para este tipo de pirólise é maior do que para a pirólise convencional, ou seja, enquanto a necessidade de calor na pirólise convencional pode ser atendida pela queima das sobras do carvão ou de outros combustíveis externos a pirólise de microondas depende da energia elétrica (HUANG *et al*, 2016).

Utilizando este tipo de pirólise, Huang *et al* (2016) realizou um estudo com várias fontes de biomassa e constatou que o rendimento dos produtos pode ser maior dependendo dos parâmetros operacionais do processo, como o nível de potência do micro-ondas, tempo de processamento, características da biomassa e os efeitos de catalisadores ou absorvedores de micro-ondas.

A aplicação industrial do craqueamento ou da pirólise de biomassa requer reatores adequados que podem tratar conjuntamente diferentes tipos de materiais heterogêneos e irregulares. Esses equipamentos são considerados de alto custo e constituem-se na principal desvantagem dessas duas rotas tecnológicas (CHRISTOFF, 2006; ALVAREZ, 2015).

4.3.3 Esterificação

A esterificação consiste na obtenção de ésteres a partir da reação entre um ácido graxo e um álcool, que pode ser o metanol ou etanol, e tem como subproduto apenas a água. Diferença da transesterificação por utilizar ácidos graxos ao invés de triglicerídeos como matéria-prima, o que a torna mais vantajosa devido à possibilidade do uso de matérias primas de baixo valor agregado e pela não formação de glicerol (ENCARNAÇÃO, 2008).

Esta tecnologia foi desenvolvida para converter matérias primas de alta acidez, cujo uso está associado ao desenvolvimento de processos híbridos e consiste na reação de um ácido graxo com um mono-álcool para formar ésteres. Esses processos podem ser realizados em meio homogêneo, têm sido propostos: (a) a esterificação seguida da transesterificação, (b) a esterificação simultaneamente à transesterificação e (c) a hidrólise seguida de esterificação, também conhecida como hidroesterificação (RAMOS *et al*, 2011).

Conforme citado anteriormente, esse processo apresenta como principal vantagem a possibilidade de produção de biodiesel a partir de resíduos de baixo valor agregado. Desta forma, óleos residuais de elevada acidez ou mesmo borras de refino de óleos vegetais podem ser convertidos em biodiesel utilizando-se um processo de esterificação, seguido de uma pré-purificação para retirar o catalisador ácido e água oriundos da reação para, em seguida, serem convertidos em biodiesel por um processo clássico de transesterificação em meio alcalino (RAMOS *et al*, 2011).

Na esterificação de ácidos graxos com alcoóis de cadeia curta, por exemplo, metanol e etanol, são usados catalisadores ácidos, como o ácido clorídrico, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, dentre outros. Quando se compara a cinética da esterificação ácida com a cinética da transesterificação, percebe-se que a primeira é mais favorável que a segunda, isto porque a esterificação é bem mais rápida (MACHADO, 2013). Desta forma, os ácidos graxos livres presentes no material graxo podem ser rapidamente convertidos em ésteres metílicos ou etílicos (CANACKI; GERPEN, 1999; PISARELLO *et al*, 2007).

Quando comparados aos catalisadores básicos, a esterificação metílica de ácidos graxos, utilizando o ácido sulfúrico como catalisador, resulta num estado de equilíbrio em que o sistema pode ser atingido em menos de 1h de reação, com excelentes rendimentos (ARANDA *et al* 2009). Todavia, apesar de suas vantagens este método não é muito utilizado devido ao caráter corrosivo dos catalisadores, usualmente, ácidos minerais fortes, que causam problemas de corrosão nos equipamentos. Já os catalisadores heterogêneos apresentam menores rendimentos, devido a problemas de transferência de fase dos reagentes (VIEIRA, 2011; DOURADO, 2015).

Dessa forma, o desafio tecnológico para o desenvolvimento do processo de obtenção de biodiesel por esterificação de ácidos graxos é o desenvolvimento de catalisadores ácidos heterogêneos que apresentem alta atividade, fácil separação dos produtos e que não apresentem corrosividade para os equipamentos.

4.3.4 Hidroesterificação

A hidroesterificação é uma rota alternativa que consiste em duas etapas consecutivas: a primeira é a hidrólise do triglicérido, que produz ácido graxo e glicerina; e a segunda a esterificação dos ácidos graxos produzidos na primeira etapa, que pode ser realizado em meio homogêneo ou heterogêneo (SILVA, *et al* 2011). O biodiesel produzido na esterificação após a hidrólise é livre de contaminação com resíduos de glicerol livre ou total, tornando-se um biocombustível de elevada pureza que tem como subproduto a água (RAMOS, *et al*, 2011).

Assim como na esterificação direta, citada anteriormente, as reações de hidrólise seguida de esterificação podem ser realizadas por meio de catálise homogênea, heterogênea, enzimática ou sem catalisador. Além da toxicidade e corrosividade dos catalisadores homogêneos, eles ainda apresentam como desvantagem a dificuldade de separação do meio reacional e de reutilização do catalisador (SANTOS *et al*, 2012).

Os catalisadores heterogêneos apresentam a vantagem de reduzir significativamente a etapa de purificação dos produtos gerados e podem ser reutilizados em novas reações. Sua desvantagem é que as reações necessitam de condições reacionais elevadas, como altas temperaturas e pressão, para que possuam rendimento competitivo em relação à catálise homogênea (CÁRDENAS, 2013).

A grande vantagem desta rota tecnológica, é a possibilidade de produção do biodiesel a partir de matérias primas de baixa qualidade, que possuem elevada acidez e alto teor de umidade, alto índice de iodo e de ácidos graxos saturados, como: os óleos brutos de palma, macaúba, mamona, pinhão manso, tucum, moringa, babaçu, crambe, óleos e gorduras residuais (OGR), entre outras oleaginosas (SUAREZ, 2009; RAMOS, *et al*, 2011).

Assim, além da possibilidade de diversificação das matérias primas para a produção de biodiesel, essa rota tecnológica também possibilita a utilização de resíduos de outros processos produtivos (OGR), que pode diminuir o custo da produção.

4.3.5 Transesterificação

Este é o processo mais utilizado no Brasil e no mundo para produção de biodiesel em larga escala. Consiste na reação de óleos vegetais ou gorduras animais com um álcool, etanol ou metanol, na presença de um catalisador, que pode ser homogêneo, heterogêneo ou enzimático. A transesterificação metílica de óleos vegetais, em meio alcalino homogêneo, é o processo mais comum de produção do biodiesel e utiliza como catalisador o hidróxido de potássio (KOH), hidróxido de sódio (NaOH), carbonatos e/ou metóxidos. (RAMOS, *et al* 2011).

O metanol é um dos reagentes mais indicados para essa reação, pois suas moléculas são pequenas e de pequena massa, o que lhe confere qualidades químicas para a transesterificação. Sintetizado a partir de fontes não renováveis, o metanol é mais utilizado na produção de biodiesel por exigir um processo mais simplificado, quando comparado à transesterificação etílica que é mais complexa (FARIA, *et al* 2010).

A transesterificação em meio alcalino permite a utilização de temperaturas e pressões menores, o que diminui os custos energéticos e de instalação dos reatores e ainda permite o uso de menores relações molares álcool/óleo. (SOUZA, 2006). Contudo, Santacesaria *et al* (2012) defendem que esta tecnologia requer o uso de óleos altamente refinados, como o óleo de soja, que não contém ácidos graxos livres e umidade, para que o rendimento seja satisfatório.

A utilização de catalisadores básicos permite obter taxas de reação quase 4 mil vezes superiores às obtidas pela mesma quantidade de catalisadores no processo ácido (SOUZA, 2006). O custo desses catalisadores também são bem inferiores ao dos ácidos e enzimas utilizados em outros processos de transesterificação.

A transesterificação também pode ser conduzida em meio ácido homogêneo, cuja vantagem é a irrelevância da quantidade de ácidos graxos livres que podem ser esterificados no mesmo vaso de reação, o que possibilita o uso de óleos vegetais não refinados e resíduos industriais e domésticos ricos em triglicerídeos, como óleos de fritura o que diminuiria o custo de produção do biodiesel. Os catalisadores mais comuns neste tipo de processo são os ácidos sulfúrico e sulfônico (SOUZA, 2006; RAMOS *et al*, 2011).

A desvantagem dessa rota é que ela requer condições de trabalho mais enérgicas que a alcalina, ou seja, as relações molares são mais elevadas, sendo comum o uso de 30:1, os tempos de reação são mais longos, o consumo energético maior, visto que a maioria dos processos demanda aquecimento, e ainda apresenta taxas de conversão de triglicerídeo muito inferiores aos obtidos na catálise básica homogênea (SILVA *et al*, 2011)

Outra tecnologia também usada na síntese do biodiesel é transesterificação com catalisadores heterogêneos, cuja estratégia oferece vantagens técnicas e ambientais em relação à catálise homogênea (básica e ácida), pois facilita a purificação dos monoésteres alquílicos, permite a reciclagem do catalisador sólido ao longo de sua vida útil e minimiza a geração de efluentes. Além disso, facilita consideravelmente a recuperação e a purificação da glicerina (CORDEIRO, *et al*, 2011). O Quadro 2, resume as principais vantagens e desvantagens dessas rotas tecnológicas:

Quadro 2 - Comparação das rotas tecnológicas de produção de biodiesel.

Rotas	Vantagens	Desvantagens
Craqueamento	Eliminação completa de produtos oxigenados e diminuição do caráter oxidante.	Alto custo de instalação.
Pirólise	Menor poluição ao meio ambiente.	Alto custo de instalação.
Esterificação	Utiliza matéria prima de alta acidez e baixo valor agregado.	Os melhores catalisadores têm caráter corrosivo.
Hidroesterificação	Utiliza matéria prima de baixa qualidade.	Dificuldade de separação do meio reacional.
Transesterificação	Processo simplificado e de baixo custo.	Exige óleos altamente refinados.

Fonte: Elaboração própria, a partir de informações de vários autores.

Conforme visto anteriormente, alguns tipos de óleos apresentam restrições e são considerados não ideais em virtude de algumas propriedades, como o alto índice de iodo, que torna o biodiesel mais suscetível à oxidação e inadequado para uso direto em motores do ciclo-diesel e o alto teor de ácidos graxos saturados, que compromete as propriedades de fluxo do biodiesel a baixas temperaturas, podendo causar o entupimento dos filtros de óleo e do sistema de injeção do motor. Apesar disto, alguns estudos demonstram que esses problemas podem ser superados e/ou minimizados pela adição de antioxidantes que proporcionam a estabilidade oxidativa do biodiesel (DOMINGOS, *et al*, 2007; RAMOS, *et al*, 2011).

Neste sentido, a escolha da rota tecnológica mais adequada depende do conhecimento da composição físico-química das matérias primas a serem utilizadas na produção de biodiesel. De outro lado, a escolha da matéria prima depende largamente de fatores como abundância, custo, logística, produtividade e, em alguns casos, subsídios governamentais

(MARTINS; CARNEIRO, 2013). Esses fatores influenciam diretamente nessa escolha, pois podem diminuir ou aumentar os custos de produção do biodiesel.

4.4 Matérias primas para produção de biodiesel

Várias fontes oleaginosas foram estudadas e testadas para verificação de seus potenciais como matérias primas para utilização no processo de produção do biodiesel, que, segundo a Resolução nº 42, da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, é um biocombustível derivado de biomassas, capaz de substituir parcial ou totalmente os combustíveis de origem fóssil para uso em motores de combustão interna ou para geração de outro tipo de energia (ANP, 2004).

A biomassa é definida por Pacheco (2006) como sendo a energia química produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono através da fotossíntese, de forma que plantas, animais e seus derivados são biomassa e podem ser utilizados como combustível na sua forma bruta ou através de seus derivados. Essas biomassas, quando comparadas com o combustível de petróleo, apresentam a grande vantagem de possuírem maiores porcentagens de oxigênio, o que proporciona uma combustão completa do combustível (CUNHA, 2008).

Em relação ao biodiesel, existem diferentes biomassas com potencial para serem utilizadas em sua produção, que podem ser de origem vegetal, animal ou residual. De origem vegetal, destacam-se as culturas do dendê, pinhão manso, coco da praia, babaçu, girassol, canola, mamona, soja, algodão e nabo forrageiro. De origem animal, podem ser utilizados como matéria prima o sebo bovino e as gorduras de frango, porco e peixe. Outros óleos e gorduras residuais resultantes do processamento doméstico, comercial e industrial também podem ser utilizados como matéria prima, cujo destaque é daqueles obtidos do lodo de esgoto, lixo orgânico e óleos de fritura (FERREIRA, 2014).

Algumas fontes energéticas já possuíam uma cadeia produtiva bem definida antes do PNPB, e foram fortalecidas com a implementação do Programa, caso da soja e do algodão. Outras foram objetos de pesquisas e receberam investimentos para o cultivo em algumas regiões do país - caso da mamona nos Estados da Bahia e do Ceará.

A princípio, a produção de mamona deveria se encaixar no PNPB, pois adota um sistema pouco mecanizado, em que os agricultores utilizam sementes comuns e não usam insumos modernos, como adubos e defensivos agrícolas. Todavia, essa matéria prima fracassou por diversos fatores, destacando a geração de renda insuficiente para remunerar o

agricultor familiar e o alto custo da colheita manual, uma das principais razões que inviabilizou sua produção. A Tabela 5, apresenta algumas características das principais culturas oleaginosas.

Tabela 5 - Características das principais culturas oleaginosas do Brasil

Espécie	Teor de óleo (%)	Meses de colheita por ano	Rendimento (t óleo ha)
Babaçu	66	12	0,1 - 0,3
Mamona	48	3	0,5 - 0,9
Amendoim	45	3	0,6 - 0,8
Girassol	44	3	0,5 - 1,9
Canola	38	3	0,5 - 0,9
Pinhão Manso	37	12	2
Dendê	26	12	3 - 6
Soja	20	3	0,2 - 0,5
Algodão	19	3	0,1 - 0,3

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2006; BRASIL, 2007;

As oleaginosas como o girassol, a canola e o amendoim, apesar do importante teor de óleo que possuem, apresentam baixa produtividade e são considerados óleos nobres por suas características físico-químicas. São de grande utilização na indústria alimentícia e farmacêutica e, portanto, inviáveis para produção de biodiesel (SILVA; FREITAS, 2008).

Também classificado entre os óleos nobres, o óleo de dendê ou palma, cujo teor de óleo é de 22%, apresenta o maior rendimento por hectare, chegando a 5 toneladas no Brasil. Em sua composição estão alguns ácidos que atuam como antioxidantes no corpo humano e também ricos em vitaminas "A" e "E" (RODRIGUES, 2009). Estas características resultam na aplicação de quase 90% da sua produção nas indústrias de alimentos e cosméticos.

O óleo de algodão é a terceira matéria prima mais utilizada desde o início do Programa. Sua cadeia de produção está estruturada muito antes da implantação do PNPB, sendo utilizado principalmente pelas indústrias têxtil, alimentícia ou de cosméticos, isto porque o algodão é um produto que tem mercado garantido dentro da própria região Nordeste e não é perecível (SILVA, 2014).

Além dessas vantagens, a planta do algodão possui sincronia com ambiente do semiárido, onde há uma grande tradição para o seu cultivo, colocando-a como uma das poucas opções fitotécnicas para a referida região, tanto para a fabricação de fibra quanto de óleo, que

pode ser utilizado para a alimentação humana e para a produção de biodiesel. Os principais exploradores dessa cultura são os pequenos e médios agricultores, a quem ela proporciona geração de emprego e renda, nas regiões centro-oeste e nordeste do Brasil (BELTRÃO *et al.* 2009).

As matérias primas mais utilizadas na produção de biodiesel desde 2005 podem ser visualizadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Percentual de matérias primas utilizadas na produção de biodiesel (%)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Óleo de Soja	30,67	95,29	86,58	82,14	77,44	82,94	81,23	77,40	76,39	76,87	77,71	79,14
Sebo Bovino	-	1,18	8,44	13,02	15,71	12,45	13,06	16,35	19,30	18,87	18,09	15,10
Óleo de algodão	-	-	0,47	2,05	4,37	2,39	3,68	4,29	2,20	2,25	2,00	1,04
Outros ¹	69,33	3,52	4,52	2,80	2,47	2,22	2,04	1,95	2,10	2,01	2,19	4,72

Fonte: Adaptado de ANP, 2015 e ANP, 2017d, conforme Resolução ANP nº 17/2004.

¹Inclui gordura de frango e de porco, óleo de palma, óleo de amendoim, óleo de nabo-forrageiro, óleo de girassol, óleo de mamona, óleo de sésamo, óleo de canola, óleo de fritura usado e outros materiais

A soja é a fonte oleaginosa mais utilizada para a produção do biodiesel no Brasil. Aproximadamente 70% do total de biodiesel produzido entre 2005 e 2016 foi originado desta cultura. O sebo bovino é a segunda matéria prima mais utilizada e foi responsável por 12,8% de toda a produção neste período. Esses percentuais variam de acordo com os meses do ano e com a região do país. Em certas épocas, apenas um insumo é utilizado. Isto acontece porque a matéria prima é escolhida de acordo com a disponibilidade de cada região e com a correspondente acessibilidade (MENDES, 2012). A Tabela 7 permite visualizar o percentual de biodiesel produzido em cada região brasileira desde 2005.

Tabela 7 - Produção de biodiesel (B100) por regiões brasileiras (%) – 2005 a 2016

Regiões	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Norte	69,3	3,5	6,6	1,4	2,6	4,0	3,9	2,9	2,1	2,5	1,7	1,0
Nordeste	21,2	50,4	42,6	10,8	10,2	7,4	6,6	10,8	9,5	6,8	8,0	8,0
Sudeste	6,0	31,2	9,2	15,9	17,7	17,6	14,2	9,4	9,0	7,9	7,5	6,7
Sul	3,5	0,1	10,6	26,8	29,7	28,3	36,6	34,1	38,8	39,7	38,4	41,0
Centro-Oeste	0,0	14,7	31,1	45,1	39,8	42,7	38,8	42,8	40,6	43,1	44,4	43,3

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da ANP, 2017d.

É possível observar na Tabela 7 que no ano de 2005 a Usina Agropalma, localizada no estado do Pará, utilizando o óleo de palma, foi responsável por 69,33% da produção nacional

de biodiesel. Em 2006, a empresa Brasil Ecodiesel, com usinas instaladas nos estados do Piauí, Ceará e Bahia e utilizando a mamona e o óleo de soja como matérias primas, fez da região nordeste a maior produtora de biodiesel, com 50,43%, enquanto a região sudeste participou com 31,25% na produção nacional.

No ano de 2007, com mais uma usina instalada no estado do Maranhão, o nordeste continuou liderando a produção nacional de biodiesel, com 42,6%. Nessa época, a região centro-oeste também despontava com grande potencial para o mercado de biocombustíveis. Com um percentual de 31% de participação, ela saltou de 10 mil m³ para quase 126 mil m³ em apenas um ano.

A partir de 2008 a região Centro-oeste consolidou-se como a maior produtora de biodiesel do país. As usinas Fiagril, Biocamp e ADM localizadas no estado do Mato Grosso e Granol e Caramuru em Goiás, foram as grandes empreendedoras do mercado de biocombustível nessa região. Em funcionamento até hoje, essas empresas são responsáveis por mais de 64% da produção regional (ANP, 2017c).

Ainda em 2008, a região nordeste caiu para quarto lugar no ranking nacional e ocupou essa posição até 2011. A partir de 2012, passou a intercalar o terceiro lugar com a região sudeste que, desde 2010, também vêm diminuindo sua produção. Com uma produção pouco maior que 254 mil m³ em 2016, registrou uma queda de quase 40% na produção de biodiesel em relação ao ano de 2010.

Até o ano de 2013, a participação do óleo de soja na produção nacional de biodiesel foi diminuindo, sendo substituído principalmente pelo sebo bovino. Entretanto, devido a alta do preço do sebo, sua utilização regrediu a partir de 2014, e foi sendo substituída novamente pelo óleo de soja. Em 2016, aproximadamente 94% do biodiesel brasileiro foi produzido a partir do óleo de soja e do sebo bovino, cujo percentual equivale a 3,5 milhões de m³ de biodiesel (ANP, 2016a).

Neste sentido, afirma Prado:

Apesar das várias fontes para se produzir o biodiesel, a característica que determinou a escolha das mais utilizadas para o processamento foram as que apresentaram maior abundância e facilidade de obtenção. Não obstante, as principais matérias primas utilizadas para o processamento de biodiesel no Brasil são o óleo de soja, o sebo bovino e o caroço de algodão (PRADO, 2015, p. 19).

A grande disponibilidade de óleo de soja nas regiões centro-oeste e sul do país, influenciam diretamente na escolha dessa oleaginosa como insumo para a produção de biodiesel, pois está presente em todas as regiões do país. Todavia, conforme será demonstrado a seguir, o principal interesse na crescente produção desta oleaginosa não é a produção de

óleo, mas sim o farelo proteico, principal ingrediente para a ração de aves, bovinos, suínos entre outros.

4.4.1 Soja

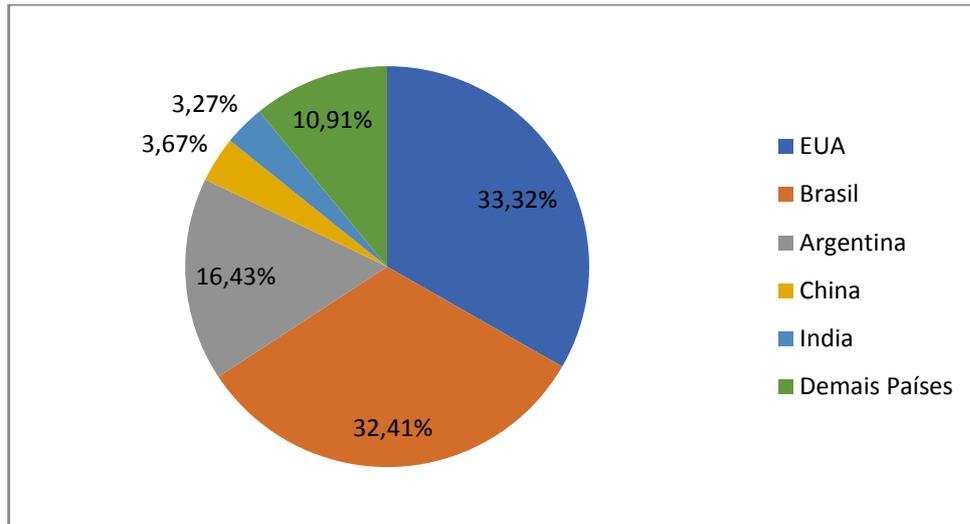
De origem asiática, a soja foi domesticada e melhorada pela primeira vez por cientistas chineses. Foi introduzida no Brasil em 1901, quando começaram os cultivos na Estação agropecuária de Campinas e a distribuição de sementes para produtores paulistas. Entretanto, devido às condições climáticas, foi no Rio Grande do Sul que as primeiras cultivares se desenvolveram e passaram a ser produzidas em larga escala. Essa expansão se deu por volta dos anos 1970, em virtude da ampliação da indústria de óleo e do aumento da demanda internacional pelo grão (APROSOJA BRASIL, 2018).

O crescimento do plantio foi associado ao desenvolvimento de tecnologias e pesquisas, de forma que na década de 70, os investimentos no aumento da produtividade de grão, consolidava a soja como a principal cultura do agronegócio nacional. Os estudos realizados pelos cientistas brasileiros permitiram que, pela primeira vez na história, o grão fosse plantado com sucesso, em regiões mais quentes e com grande contraste nos índices de precipitação anual (EMBRAPA, 2018).

Esta conquista revolucionou a história da soja brasileira que, após 40 anos de investimento em tecnologia e pesquisa, tornou-se um grande sucesso no mercado mundial. Entre as safras de 1976/77 e 2016/17 a área plantada cresceu de 7 para 33,9 milhões de hectares, ascendendo a produção de 12,14 para 113,9 milhões de toneladas. Esse crescimento se deve principalmente aos investimentos em produtividade, cuja média nacional aumentou de 1.748 para 3.362 kg/ha nesse período, sendo a melhor de toda sua história (CONAB, 2017).

Com essa produção, o Brasil ocupa o segundo lugar no ranking mundial, estando à frente da Argentina e da China, que ocupam o 3º e 4º lugar, respectivamente. O primeiro lugar pertence aos Estados Unidos com uma produção aproximada de 117 milhões de toneladas de grão (USDA, 2017). A produção acumulada dos Estados Unidos e do Brasil na safra de 2016/2017 equivale a quase 66% da oferta mundial de soja, representando uma grande vantagem econômica para o país e também uma grande responsabilidade com o mercado consumidor. Mais de 42% da soja exportada em 2016 foi de origem brasileira, enquanto os Estados Unidos ficaram em segundo lugar com 39,4% do total exportado (FIESP, 2017), conforme demonstrado no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Maiores produtores mundiais de soja, safra 2016/2017.

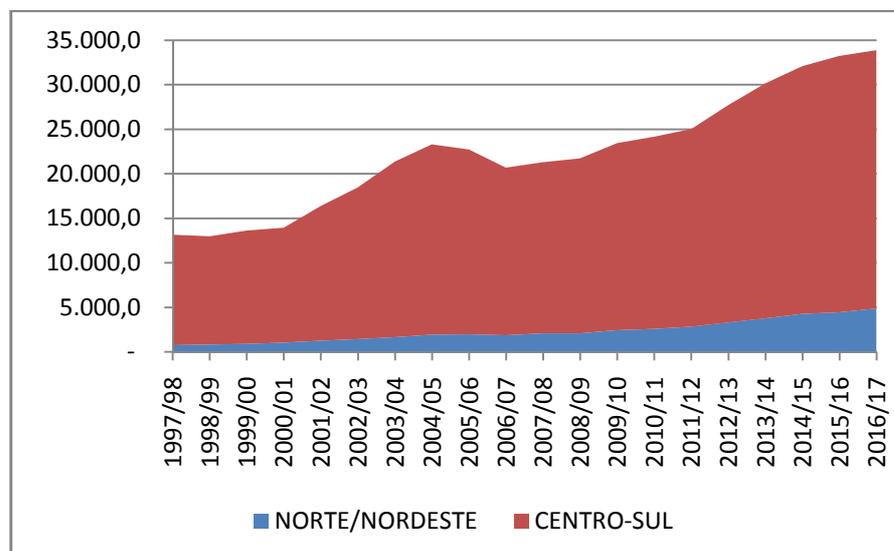


Fonte: Elaboração própria a partir de dados da USDA, 2017.

Os últimos 20 anos de produção de soja no Brasil trouxeram importantes vantagens ao crescimento agroindustrial do país, como a aceleração da mecanização e a tecnificação das culturas brasileiras, a modernização do sistema de transportes, a expansão da fronteira agrícola e a profissionalização e incremento do comércio nacional e internacional (DALL'AGNOL *et al*, 2008).

Nesse período, a plantação ultrapassou as fronteiras das regiões centro-sul e ocupou um território significativo das regiões norte e nordeste brasileiras, passando de 776 mil hectares para 4,88 milhões de hectares de soja, segundo dados do Gráfico 6.

Gráfico 6 - Evolução da área de plantação de soja (Safra 1976/77 a 2016/17).

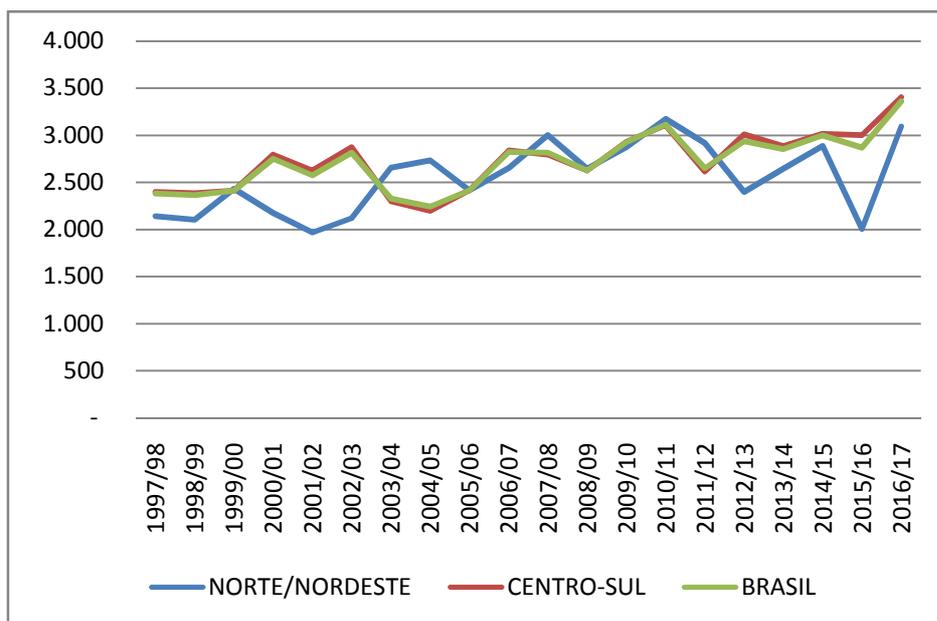


Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da Conab, 2017.

Conforme pode ser observado no Gráfico 6, nos anos de 2004 a 2006, houve a redução da área plantada, que se deve, principalmente, à estiagem na região sul no final de 2003 e início de 2004. A falta de chuva resultou numa perda de quase 70% em relação à produção da safra 2002/03, cuja quebra foi considerada generalizada e de grandes proporções, por haver prejudicado também as culturas do arroz, feijão e milho (FÜRSTENAU, 2005).

Nos outros estados da região sudeste do país, a ocorrência de chuvas intensas e contínuas, propiciaram um ambiente favorável para a infestação e desenvolvimento de doenças fúngicas, ao mesmo tempo em que dificultaram a adoção de tratamentos culturais, causando o atraso na colheita e redução da produtividade das lavouras. Conforme pode ser observado no Gráfico 7, a incidência de chuvas no período da colheita é prejudicial tanto quanto a falta de chuvas no período de plantio.

Gráfico 7 – Produtividade de soja (Safra 1997/98 a 2016/17).



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da CONAB, 2017.

As frustrações ocorridas nas três safras causaram o desestímulo dos produtores, por não conseguirem honrar os compromissos assumidos, e também contribuiram para a redução substancial da área plantada nos anos 2004 a 2006 (SEGEO, 2006).

As condições climáticas não apenas desaceleraram o crescimento da plantação, mas afetam significativamente a produtividade dos grãos. A maior queda de produtividade foi registrada na safra de 2015/16 nas regiões norte e nordeste. Os períodos de seca enfrentados

pelo Tocantins, maior produtor da região, fizeram com que a produtividade do Estado recuasse em mais 33%, em relação à safra anterior, o equivalente a redução de quase 19% na produtividade da região Norte do País (CONAB, 2017).

Outra região afetada pela falta de chuva nesse período foi o nordeste, que registrou a menor quantidade de grão produzida por hectare nos últimos 20 anos, cerca de 1.770 kg de soja por hectare de lavoura plantada. Em valores monetários, a sojicultura do Nordeste obteve um prejuízo de R\$ 5,2 bilhões, enquanto a sojicultura do Norte perdeu mais de R\$ 1,3 bilhão. "Juntas, as regiões foram responsáveis por 53,5% da perda econômica ocorrida por estresses na safra de soja 2015/16, no Brasil" (HIRAKURI, 2016, p. 6).

Em virtude da pequena participação das regiões norte e nordeste na produção do país, cerca de 9,35%, estas perdas não resultaram num impacto significativo para a produtividade nacional, que nas últimas duas décadas recebeu um incremento de 41%, o que equivale a uma média nacional de 3.362 kg/ha (CONAB, 2017).

Na última safra (2016/17) o Brasil alcançou um novo recorde de produtividade chegando a produzir cerca de 3.500 kg de soja em cada hectare de lavoura plantada no estado de Santa Catarina, localizada na Região Sul do país (CONAB, 2017). Esse aumento da produtividade aliado à expansão das lavouras de soja quase triplicou a produção brasileira nos últimos vinte anos.

As exportações originadas pela cadeia produtiva dessa *commodity*, que inclui a soja em grão, o farelo e o óleo, ultrapassaram os US\$ 25,5 bilhões e representaram 29,7% e 13,7%, respectivamente, do total exportado pelo agronegócio nacional e pelo País como um todo (EMBRAPA, 2018; MDIC, 2017), revelando que o complexo agroindustrial da soja é o principal exportador de produtos agropecuários do Brasil.

Imerso nessa grande cadeia produtiva, o óleo de soja, principal matéria prima do biodiesel, é um artigo manufaturado que requer elaborada tecnologia de processamento e que emerge como subproduto do processamento do farelo (OLIVEIRA, 2010).

Segundo dados da Abiove (2017), a produção de óleo de soja entre 2008 e 2016 cresceu 24%. Ainda assim, esta taxa de crescimento foi muito inferior ao aumento do volume de óleo de soja para obtenção do biodiesel, que saiu de 0,8 milhão para 2,6 milhões de toneladas, ou seja, um crescimento de mais de 220% neste mesmo período (BRASIL, 2017a)

Além das culturas oleaginosas, outras fontes são utilizadas em cada região do país no intuito de atender a demanda regional ou reaproveitar parte dos resíduos agroindustriais, como é o caso do sebo bovino e das gorduras de porco e frango. Desses materiais graxos, o de maior

relevância é o sebo bovino, cuja produção também está envolvida numa outra cadeia de produção - a carne, que representa a segunda maior potência do agronegócio brasileiro.

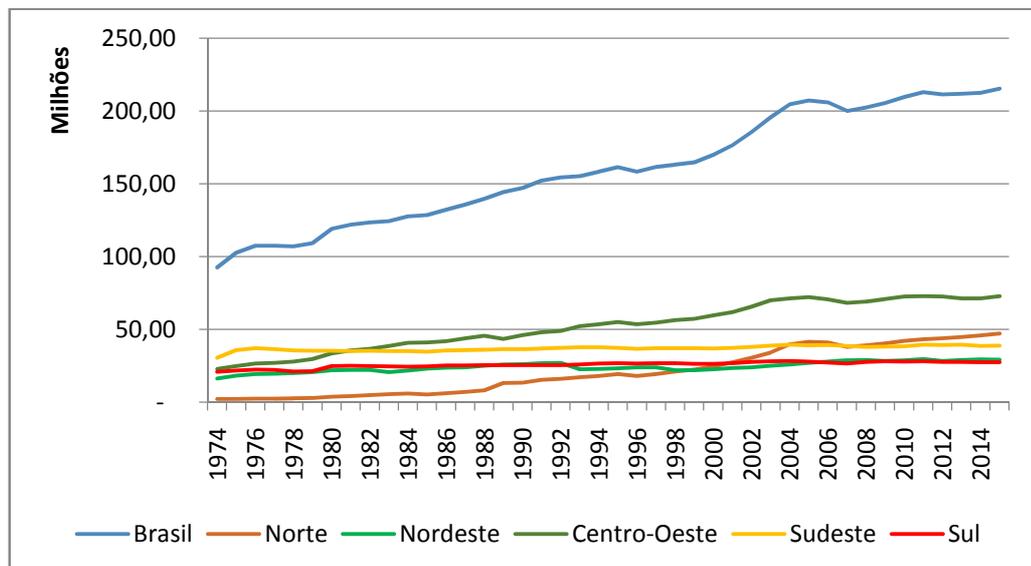
4.4.2 Sebo bovino

O sebo bovino é a segunda matéria prima mais utilizada para produção de biodiesel no Brasil e possui vantagens sociais, econômicas e ambientais. Considerado uma matéria prima secundária da agroindústria de carnes, sua produção depende diretamente do número de abates de bovinos do país. Foi destinado primeiramente às indústrias de limpeza e higiene e depois às indústrias alimentícias como um importante ingrediente da ração animal (MARTINS, *et al*, 2011).

A descrição da cadeia produtiva do sebo bovino, demanda o conhecimento do histórico da pecuária de corte do Brasil e do Mundo. A carne bovina e o couro já eram importantes produtos de exportação brasileiros desde o final do século XVIII, sendo responsáveis pelo grande desenvolvimento do Estado do Rio Grande do Sul que abastecia o Sudeste e o Nordeste brasileiro, e também alguns países da América Central (SOUZA, 2008).

Após três séculos de desenvolvimento, a pecuária nacional conquistou o mercado internacional, tornando o Brasil o maior exportador de carne do mundo. Essa imagem era completamente diferente 40 anos atrás, no que se refere à produção, comércio e mercado da carne bovina, conforme pode ser visualizado no Gráfico 8.

Gráfico 8– Evolução do rebanho bovino brasileiro por regiões brasileiras.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE, 2017.

Na década de 1970, se tinha menos da metade do rebanho atual e a produção de carne não atendia a demanda da população brasileira (GOMES *et al*, 2017). O rebanho brasileiro consistia num total de 92,4 milhões de cabeças, distribuídos em todas as regiões brasileiras.

A região sudeste era a maior produtora de bovinos do país, com 32,8% do efetivo, seguida das regiões Centro-oeste e Sul, com percentual de 24,7% e 22,4%, respectivamente. Os rebanhos das regiões norte e nordeste representavam uma pequena fatia que não chegava a 20% do total. O Gráfico 7, demonstra a evolução do rebanho brasileiro.

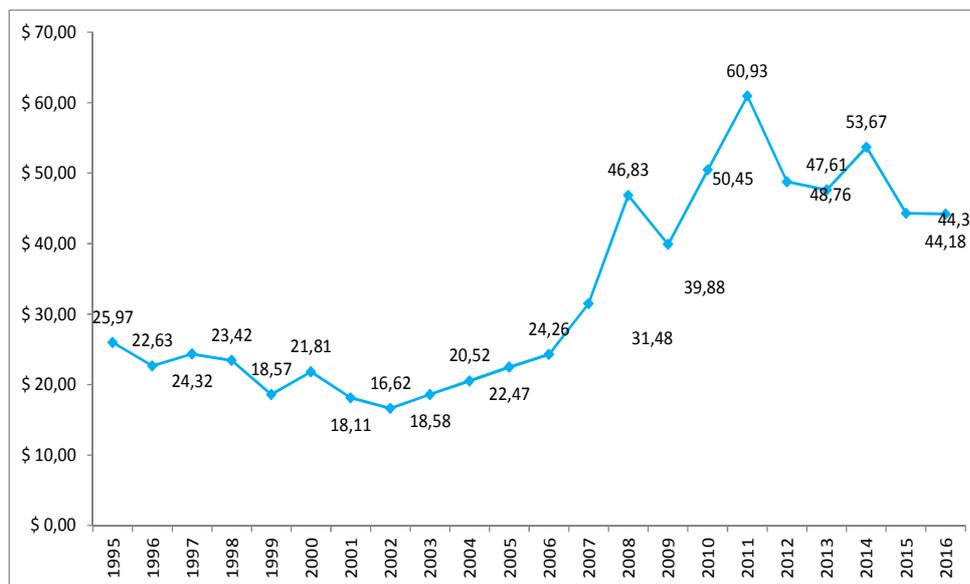
Em 1980 a média anual de crescimento do rebanho era 4,37%, e em 1995 já havia alcançado um crescimento de quase 75%, que equivale ao quantitativo de 161,22 milhões de cabeças. Nesse ano, a região centro-oeste se consolidou como a maior produtora de gado, seguida da região sudeste, e juntas foram responsáveis por mais de 57% do rebanho nacional, aproximadamente 92,229 milhões de cabeças (IBGE, 2017). O grande destaque deste período, foi da região norte que, apesar de sua pequena participação na pecuária nacional (cerca de 12%), aumentou em mais de sete vezes o rebanho bovino entre os anos de 1974 a 1995, o que caracterizou a desconcentração da agropecuária brasileira.

Acredita-se que o crescimento da malha rodoviária tenha sido a causa principal para a evolução da pecuária nas regiões norte e nordeste do Brasil. A construção de estradas, os aumentos do preço da terra na região sul do país, a redução do salário rural e a disponibilidade de crédito rural, favoreceram a expansão da pecuária na região amazônica e, conseqüentemente seu desmatamento (FERRAZ, 2001).

Apesar de acreditar que não foram as estradas que levaram ao desmatamento, mas sim a viabilidade financeira da pecuária, Margulis (2003) reconhece que a redução dos custos de transportes propiciada pelos investimentos nos grandes eixos rodoviários tornou lucrativa a implantação da atividade agropecuária, considerada por Rivero *et al* (2009), inviável.

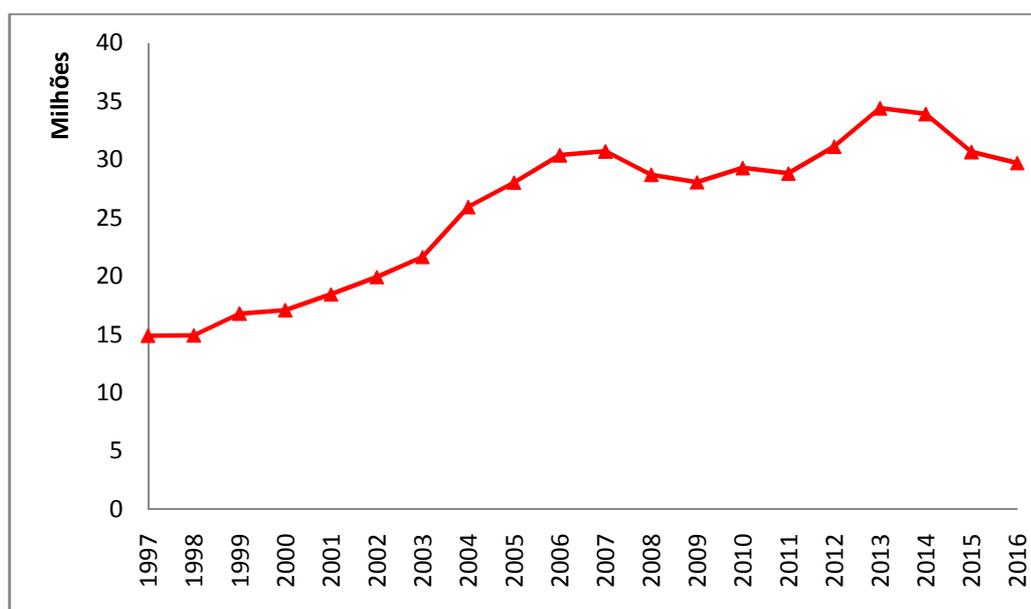
O quadro recessivo resultante dos programas de estabilidade implementados na década de 90, resultou na queda do preço da arroba do boi, cuja diferença chegou a quase 40%, entre 1995 e 2002. A partir de 2002, o preço da arroba voltou a subir, com algumas quedas registradas nos anos de 2009, 2012, 2013 e 2015 (CEPEA, 2017).

Segundo Santos *et al* (2017) as flutuações dos preços da arroba bovina, se devem possivelmente ao aumento das exportações, ao crescimento do consumo interno de carne bovina, à variação cambial e até à concentração do mercado de frigoríficos. O Gráfico 9, foi construído a partir da média dos preços negociados durante todo o ano, e permite observar esse comportamento informe.

Gráfico 9 – Histórico do preço da arroba do boi (1995 – 2016).

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do CEPEA, 2017.

Apesar disso, o comportamento da agropecuária brasileira revelou-se diferenciada ao longo desse período. Enquanto os preços da arroba do boi continuaram caindo, a produção de carne bovina seguiu o caminho inverso e continuou crescendo no Brasil, conforme pode ser visualizado no Gráfico 10.

Gráfico 10 – Número de Bovinos Abatidos no Brasil.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE, 2017.

Essa incoerência entre o preço da arroba do boi e a produção de carne resultou no aumento do consumo per capita de carne bovina – que passou de 34,5 para 37 kg/ano/pessoa, na redução em 66% das importações de carne e no aumento das exportações que chegaram a 2,2 milhões de toneladas, o equivalente a seis vezes o total exportado em 1996 (ZEN, *et al* 2008).

No período de execução do PNPB, o crescimento do rebanho bovino desacelerou e alguns estados como o Amapá, Piauí, Mato Grosso do Sul e São Paulo apresentaram uma diminuição aproximada de 18%, 10%, 13% e 22%, respectivamente, vide Tabela 8.

Tabela 8 - Produção e Abate de Bovinos no Brasil 2005 e 2015.

Regiões/Estados	Produção			Abate		
	2005	2015	Variação	2005	2015	Var.
Norte	41.489.002	47.154.969	13,66%	4.381.201	6.306.428	43,94%
Rondônia	11.349.452	13.397.970	18,05%	1.277.519	1.904.823	49,10%
Acre	2.313.185	2.916.207	26,07%	224.432	420.205	87,23%
Amazonas	1.197.171	1.293.325	8,03%	43.360	235.934	444,13%
Roraima	507.000	794.783	56,76%	58.286	52.755	113,59%
Pará	18.063.669	20.271.618	12,22%	1.891.179	2.647.762	40,01%
Amapá	96.599	79.486	-17,72%	29.420		
Tocantins	7.961.926	8.401.580	5,52%	915.291	1.097.704	19,93%
Nordeste	26.969.286	29.092.184	7,87%	2.384.238	3.167.214	32,84%
Maranhão	6.448.948	7.643.128	18,52%	539.767	839.121	55,46%
Piauí	1.826.833	1.649.549	-9,70%	121.960	133.768	9,68%
Ceará	2.299.233	2.516.197	9,44%	308.231	229.445	-25,56%
Rio Grande do Norte	978.494	918.952	-6,09%	71.600	109.844	53,41%
Paraíba	1.052.613	1.170.803	11,23%	63.552	75.167	18,28%
Pernambuco	1.909.468	1.948.357	2,04%	338.325	314.289	-7,10%
Alagoas	985.422	1.255.696	27,43%	148.508	159.319	7,28%
Sergipe	1.005.177	1.231.130	22,48%	36.891	87.476	56,56%
Bahia	10.463.098	10.758.372	2,82%	792.295	1.218.785	53,83%
Centro-Oeste	71.984.504	72.705.736	1,00%	10.695.347	11.087.399	3,67%
Mato Grosso do Sul	24.504.098	21.357.398	-12,84%	3.811.434	3.408.741	-10,57%
Mato Grosso	26.651.500	29.364.042	10,18%	4.081.659	4.540.805	11,25%
Goiás	20.726.586	21.887.720	5,60%	2.789.424	3.060.939	9,73%
Distrito Federal	102.320	96.576	-5,61%	12.830	76.914	499,49%
Sudeste	38.943.898	38.812.076	-0,34%	6.737.399	6.449.604	-4,27%
Minas Gerais	21.403.680	23.768.959	11,05%	1.955.835	2.840.812	45,25%
Espírito Santo	2.026.690	2.223.531	9,71%	224.729	351.270	56,31%
Rio de Janeiro	2.092.748	2.351.451	12,36%	97.961	205.011	109,28%
São Paulo	13.420.780	10.468.135	-22,00%	4.458.874	3.052.511	-31,54%
Sul	27.770.006	27.434.523	-1,21%	3.681.183	3.508.932	-4,68%
Paraná	10.153.375	9.314.908	-8,26%	1.430.967	1.246.820	-12,87%
Santa Catarina	3.376.725	4.382.299	29,78%	294.330	440.314	49,60%
Rio Grande do Sul	14.239.906	13.737.316	-3,53%	1.955.886	1.821.798	-6,86%
Brasil	207.156.696	215.199.488	3,88%	28.030.409	30.651.802	9,35%

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE, 2017.

O que se percebe na Tabela 8 é que as regiões Sul e Sudeste do país, registram uma variação negativa no seu crescimento, possivelmente em razão dos custos de produção que são maiores quando comparados à pecuária extensiva da região norte e centro-oeste. Isso demonstra que o desempenho desse setor é menos sujeito às condições macroeconômicas desfavoráveis (CAMPOS; PAULA, 2002).

O número de animais abatidos também diminuiu nesse período, cuja queda foi mais evidente nos estados de São Paulo (31,5%), Ceará (25,6%), Paraná (12,9%) e Mato Grosso do Sul (10,6%). Apesar desses números, a variação do rebanho brasileiro e do número de abates no período que compreende o PNPB foi positiva, com cerca de 4% e 9% de aumento, respectivamente.

A maior parte do efetivo de bovinos brasileiro está localizado nas regiões centro-oeste e norte do país, que concentram cerca de 33,8% e 21,9%, respectivamente. Em termos estaduais, o Mato Grosso possui o maior rebanho bovino, com um efetivo maior que 29,36 milhões de cabeças, seguido de Minas Gerais com um total de 23,7 milhões. O Pará, ocupa o 5º lugar com um efetivo de 20,27 milhões de cabeças de gado, ficando atrás do Goiás e do Mato Grosso do Sul, que possuem respectivamente, 21,8 e 21,3 milhões de cabeças, conforme pode ser observado na Tabela 8.

A evolução do rebanho bovino brasileiro foi acompanhado de um desenvolvimento estruturado que elevou a produtividade e a qualidade do nosso produto, proporcionando-lhe competitividade e abrangência de mercado. Atualmente, nosso parque industrial tem capacidade de processamento de quase 200 mil bovinos por dia (GOMES, *et al* 2017).

De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (*United States Department of Agriculture – USDA*), em 2016 o Brasil ocupou o segundo lugar em vários indicadores mundiais: com 22,5% do efetivo de bovinos do mundo; 16,3% e 13,7% na produção e consumo de carne bovina, respectivamente; e responsável por 19,1% da exportação mundial desse produto. Junto com os Estados Unidos (maior produtor mundial) e a União Europeia, abarcaram cerca de 48,5% da carne produzida no mundo (CAIS, 2016).

Conforme citado anteriormente, o sebo está inserido nessa estrutura de produção e abate e diariamente é disponibilizado em grande quantidade. Por ano, essa produção chega a 1,56 milhão de toneladas, e cada quilograma pode gerar até 800 ml de biodiesel (BARROS; JARDINE, 2014).

Apesar da grande abundância dessa matéria prima na região centro-oeste e norte do país, apenas 7,6% e 1,92%, respectivamente, do biodiesel dessas regiões foram produzidos a partir do sebo bovino em 2016. Nesse mesmo ano, as regiões sudeste e nordeste foram as que

mais utilizaram essa biomassa como fonte de biodiesel, cerca de 48,4% e 27,73%, respectivamente (ANP, 2017c).

Das usinas de biodiesel autorizadas para operar, pelo menos oito delas utilizam o sebo bovino na produção de biodiesel e estão localizadas nos Estados de São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Rondônia. Os grupos JBS, Biocapital, Fertibom, AmazonBio, Biopar, CLV Agrodiesel e Biocar Biodiesel se destacam entre elas, sendo que as duas primeiras, localizadas no Estado de São Paulo, têm o sebo bovino como sua principal matéria prima (MARTINS; CARNEIRO, 2013).

Por estarem envolvidas num ambiente institucional de aspectos sanitários relacionados às questões sociais e ambientais, cujas práticas de funcionamento estão estabelecidas na legislação, o controle da produção e dos procedimentos de tratamento dos subprodutos são rigorosamente acompanhados (SILVA, 2009). Essa rigidez no tratamento dos resíduos, que incluem o sebo bovino, tem proporcionado maior segurança na sua utilização como matéria-prima para o biodiesel.

Entre as vantagens dessa matéria prima estão: a não competição com a indústria de alimentos, o custo relativamente baixo e a grande disponibilidade no mercado brasileiro. Além disto, a grande viabilidade econômica da transformação da gordura animal em biodiesel está no seu uso como combustível na própria frota do frigorífico, uma vez que o principal custo da carne no Brasil está associado ao transporte (LEVY, 2011). Isto indica que o sebo bovino pode não contribuir para diminuir a *sojadedependência*, que caracteriza o atual PNPB, pois embora haja empresas com alta capacidade produtiva atuando com esse insumo, o fato de utilizarem grande parte do biodiesel produzido em suas próprias frotas diminui a quantidade a ser comercializada nos leilões, prejudicando a expansão desse mercado (PRADO, 2015).

Além da grande disponibilidade, o óleo de soja e o sebo bovino, possuem outras vantagens do ponto de vista técnico, econômico e ambiental que são comparadas no item seguinte.

4.5 Comparação do biodiesel de soja e sebo bovino

Os parâmetros que permitiram uma análise comparativa entre o biodiesel produzido a partir da soja e do sebo bovino, foram divididos em três dimensões, a saber: aspectos, técnicos, econômicos e ambientais. Esses parâmetros permitem visualizar as vantagens e desvantagens das duas matérias primas, bem como as barreiras e potencialidades de cada uma.

4.5.1 Aspectos técnicos

4.5.1.1 Da matéria prima

Conforme citado no Capítulo 2, o conhecimento da matéria prima possibilita a garantia da qualidade do biocombustível final e conseqüentemente evita problemas em sua utilização nos motores. A partir da revisão da literatura, construiu-se a Tabela 9 com as principais características de alguns óleos e gorduras destinados à produção de biodiesel, que permite estabelecer um comparativo entre eles para conhecer o mais vantajoso.

Apesar do objetivo principal deste trabalho ser o de comparar as propriedades do óleo de soja e do sebo bovino, considerou-se relevante exibir as propriedades das outras matérias primas, conforme demonstrado na Tabela 9. Isto porque, poucos estudos foram realizados para conhecer as propriedades físico química dos óleos e gorduras e esses indicadores são de suma importância para a escolha do processo mais adequado e dos tipos e quantidades de catalisadores necessários para uma reação mais eficiente.

Tabela 9 – Características das matérias primas utilizadas na produção de biodiesel.

	Soja	Milho	Girassol	Canola	Algodão	Sebo
Teor de óleo (%)	17,0 ¹⁴ ; 18 ⁵	4,8 ⁷	38-48 ¹⁴ ; 42 ⁵	40-48 ¹⁴	15 ¹⁴	100 ¹⁴
Índice de Acidez (mg de KOH/g)	61,98 ¹ 0,1510 ⁸	62,574 ¹	62,168 ¹	62,057 ¹ 5,4 ³	0,20 ⁹	0,69 ⁵ 0,0803 ⁸
Índice de Saponificação	142,327 ¹ 190,0 ¹⁰	148,156 ¹ 191,0 ¹⁰	133,686 ¹ 192,0 ¹⁰	123,862 ¹ 193,0 ¹⁰	192,2 ⁹	246,1 ⁹
Índice de Iodo	115,35 ⁸ 121,6 ¹⁰	124,0 ¹⁰	135,4 ¹⁵ 127,5 ¹⁰	125,0 ¹⁰	124,2 ⁹	44,2 ¹² ; 41,52 ¹⁴ 27,92 ⁸
Viscosidade ¹ Cinemática (mm ² /s)	94,33 ¹ 32 ²	106,67 ¹ 35 ²	101,27 ¹ 37 ²	109,76 ¹ 56 ⁶	33,9 ⁹ 33 ²	5,67 ¹¹ 51 ²
Densidade 26°C (g/cm ³)	0,952 ¹	0,931 ¹	0,945 ¹	0,943 ¹	0,919 ⁹	0,875 ¹¹
Índice de Refração (26°C)	1,4735 ¹	1,4715 ¹	1,4730 ¹	1,4710 ¹	1,470 ⁴	1,450-1,458 ¹³
Teor de Umidade (%)	0,09 ⁸		0,04 ⁹	0,437 ³	0,04 ⁹	0,760 ⁹ 0,1 ⁸
Enxofre Total (%massa)	nd	nd	0,2 ⁹	Nd	0,7 ⁹	0,9 ⁹
Massa Específica g/cm ³	0,919 ⁸	nd	Nd	Nd	Nd	0,901 ⁸

Fonte: Elaboração própria, a partir de vários autores. 1ALMEIDA, et al, 2011; 2CARDOSO, 2007; 3OLIVEIRA, et al, 2015; 4FIRMINO, et al, 2005; 5BRASIL, 2006; 6MEIER, 2015; 7SANTOS, et al, 2012; 8FREITAS, 2015; 9SANTOS, 2010; 10MORAIS, et al, 2012; 11SILVA, et al, 2015; 12SOUZA, et al. 2009; 13VARÃO, et al, 2017; 14MEIRELLES, 2003, apud KRAUSE, 2008;.

Segundo os dados da Tabela 9, o óleo de soja não é a oleaginosa com maior teor de óleo. Todavia, é uma das plantas que possui o maior avanço tecnológico para sua produção, possibilitando uma maior produtividade e melhor rendimento em grãos. Além disto, a torta, que é um co-produto da prensagem da soja, tem mercado garantido nas indústrias de ração animal (QUESSADA, 2010). O sebo bovino por sua vez tem um rendimento de 100%, ou seja, 1 kg sebo bovino produz 1 quilograma de óleo (KRAUSE, 2008).

Quanto ao índice de acidez, o óleo de soja é matéria prima que apresenta o menor valor, possibilitando a utilização da rota tecnológica mais acessível e de menor custo, sendo por isso a mais vantajosa em termos de qualidade. Óleos com elevada acidez não podem ser processados diretamente na catálise alcalina, porque podem formar sabões que dificultam a separação da fases e reduz o rendimento do processo de conversão, de forma que quanto mais alta a acidez da matéria prima, menor a eficiência da conversão (KRAUSE, 2008).

Em relação ao índice de saponificação, a soja também está entre as melhores alternativas. Matérias primas com altos índices de saponificação como o sebo bovino tendem a dificultar o processo de lavagem diminuindo o rendimento da reação. De outro lado, essas matérias primas saturadas como o sebo possuem longa cadeia de hidrocarbonetos que implicam em maior número de cetano e produzem um biodiesel com melhor qualidade de ignição (RODRIGUEZ, 2010). O sebo bovino também é o mais vantajoso em termos de oxidação, pois apresenta o menor índice de iodo.

Quanto à viscosidade cinemática, o óleo de soja é o que apresenta o menor valor, isto quer dizer que seu tempo de reação é menor em relação aos outros óleos e que o processo de conversão é menos custoso.

Em relação à densidade o sebo e o óleo de milho foram os que apresentaram o menor valor. Essas matérias primas deveriam ser as mais preferidas para a produção de biodiesel por possuírem o menor índice de adulteração, todavia, a escolha delas envolve outras propriedades e implicações.

O índice de refração não apresentou diferença significativa entre as matérias primas pesquisadas, diferentemente do teor de umidade, cujo maior percentual foi percebido no óleo de canola e no sebo bovino. Essa característica favorece a formação de sabão e dificulta o rendimento das reações de transesterificação e esterificação, exigindo rotas tecnológicas alternativas.

Para Freitas (2015) o fato da massa específica do óleo de soja ser maior que a do sebo bovino indica que o primeiro possui uma quantidade de ésteres com cadeia carbônica maior

que o sebo, isto porque a massa específica está diretamente relacionada com a composição química de suas moléculas.

4.5.1.2 Do biodiesel

As propriedades físico químicas das matérias primas resultam num biocombustível de menor ou maior qualidade, de forma que, vários autores estudaram as características e propriedades físico química do biodiesel produzido a partir de diferentes matérias primas para comparar com o diesel de petróleo.

Outros autores, conseguiram relacionar as propriedades das matérias primas à qualidade do biodiesel produzido e contribuíram de forma relevante para esta pesquisa, conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Características físico química do biodiesel de soja e de sebo bovino.

Propriedades e Características	Óleo de Soja	Sebo Bovino	Diesel	ANP n° 45/2014) Dou 26/8/14
Índice de Acidez (mg KOH/g)	0,2379 ¹ ; 0,5 ²⁵ ; 0,32 ¹⁸ ; 0,8 ¹² ; 0,09 ² ; 0,46 ⁸	0,6279 ¹ ; 0,70 ⁵ 0,065 ¹⁵ ; 0,77 ³ ; 0,30 ¹⁸	0,53 ¹²	0,50
Índice de iodo (g I2/100g)	127,38 ² ; 126 ¹⁸ 104,45 ²⁵	41,52 ³ ; 40,2 ¹⁵ 44,6 ³ ; 54,5 ¹⁸		Anotar
Índice de Cetano	57,8 ²⁵ ; 51,8 ¹⁸	60,35 ⁵ ; 60,9 ¹⁸	46,52 ⁵ 45,8 ¹⁰ ; 45,7 ¹² ; 51,3 ⁴	Anotar
Ponto de Fulgor (°C) min	190 ¹ ; 175 ¹² ; 158,8 ¹⁸ ; 122 ²³	172 ¹ ; 156,7 ⁵ ; 121 ³ 157,2 ¹⁸ ; 187 ^{14,15} ; 124 ²³	70 ¹ / 40,7 ⁵ / 44 ¹⁴ ; 71 ¹² ; 58 ⁸ ; 52 ⁴ 65 ⁴	≥100
Ponto de Névoa (°C)	3,0 ²² ; 5,0 ² ; 0 ²⁴	20 ¹³ ; 22 ²² ; 17 ⁶ ; 15 ²⁴	1 ¹⁰ ; 13 ⁴ ; -1 ⁴ ; 11 ⁶ ; 2 ²⁴	9-19 ¹¹
Ponto de Fluidez (°C)	-3,0 ² ; -2,0 ²² ; -6 ²⁴	14 ²² ; 13 ⁶ ; -11 ²⁴	10, -4 ⁴ ; 0,0 ⁶	
Ponto Entupimento a Frio (°C)	-08 ¹ ; -4,0 ²	19 ¹ ; 14,3 ⁵ ; 14 ⁶	-2,7 ¹ ; -15,3 ⁵ ; 12 ⁴ - 1 ⁴ ; 9 ⁶	Máx 19
Massa Específica 20°C (kg/m ³)	877,5 ²⁵ ; 882,0 ¹² ; 883,5 ¹ ; 881,2 ²³	870,3 ¹⁵ ; 875,3 ¹ 872,9 ²³	838,5 ¹² ; 834,8 ⁸	850-900
Viscosidade Cinemática (mm ² /s a 40°C)	4,32 ¹² ; 4,6 ² ; 3,8 ⁸ 4,29 ¹⁸ ; 4,6 ¹ ; 4,1 ²³	6,065 ¹ ; 5,3 ⁵ ; 4,9 ¹⁵ 4,9 ¹⁴ ; 4,83 ¹⁸ ; 4,6 ²³	2,7 ⁵ ; 3,5 ¹² ; 2,7 ¹⁴ 2,1 ⁸ ; 3,1 ⁴	3,0 – 6,0
Densidade (20°C kg/l) Kg/m ³	0,88 ⁹ (15°C g/cm ³)	0,872 ⁵ ; 870 ¹⁴	0,844 ⁵ ; 849,7 ¹⁰ 825,8 ¹⁴ ; 837,8 ⁴	820 – 880
Teor de Enxofre (mg/kg)	0,00 ¹² ; 0,45 ²³ <0,075% ²⁵	1,4 ¹⁴ ; 4,9 ²³ 1,4 ¹⁵	1089 ¹⁴ ; 7,0 ⁸ ; 1551 ²³ ; 24 ¹⁰	10
PCI (Mj/kg)	36,14 ²³	36,18 ²³	41,61 ²³	
Balanco Energético GJ/há	3,21 ¹¹ ; 3,83 ¹⁶ ; 5,1 ¹⁷ ; 4,83 ²¹	4,01 a 8,08 ¹⁹ ; 3,07 ²⁰		

Fonte: Elaboração própria, a partir de ¹CUNHA, 2008, ²SANTOS, 2011; ³KRAUSE, 2008; ⁴MEDEIROS, 2004; ⁵MORAES, 2008, ⁶CAVALCANTI, 2016; ⁷FROEHNER, *et al*, 2007, ⁸NASCIMENTO, *et al*, 2014, ⁹ALPTEKIN e CANAKCI, 2008 *apud* ZUNIGA *et al*, 2011, ¹⁰TURCHIELLO (2005) *apud* BENEVIDES, (2011), ¹¹SOARES *et al*, 2008; ¹²SOUZA, *et al*, 2009, ¹³LIRA, 2014, ¹⁴SILVA, *et al*, 2015; ¹⁵SANTOS, 2010; ¹⁶SERRÃO, 2010; ¹⁷SÁ *et al*, 2013; ¹⁸VARÃO, *et al*, 2017; ¹⁹LOPES, 2006; ²⁰ ANDRADE FILHO, 2007; ²¹DELAI, 2012; ²²CHENDYNSK, *et al*, 2014; ²³GAUER, 2012; ²⁴TULCAN, 2009; ²⁵FERRARI, *et al*, 2005;

Quanto ao índice de cetano, estudado inicialmente por Ferrari (2005) e Moraes (2008), por sua relevância na qualidade de ignição do combustível, também teve contribuições de Souza *et al* (2009) e Silva *et al* (2015) e demonstram que os valores do biodiesel de soja e sebo bovino estão próximos e são maiores quando comparados com o diesel de petróleo. Isto quer dizer, que quanto maior for o índice de cetano melhor será sua combustão em motores diesel, pois facilita a partida a frio e proporciona um aquecimento mais rápido. Além disto, reduz a possibilidade de erosão dos pistões e minimiza a emissão de poluentes como hidrocarbonetos, monóxido de carbono e material particulado (SOUZA, *et al*, 2009).

O ponto de fulgor, por tratar-se de um parâmetro de segurança, é uma das propriedades mais analisadas pelos pesquisadores, e eles são unânimes ao garantir a vantagem do biodiesel em relação do diesel de petróleo. Em relação à comparação realizada por Cunha (2008), é possível perceber que o biodiesel de soja possui um ponto de fulgor superior ao biodiesel de sebo bovino. Os resultados encontrados por Moraes (2008), Souza *et al*, (2009), Santos (2010) Silva *et al*, (2015) confirmam que o ponto de fulgor do biodiesel de sebo é ligeiramente inferior ao do biodiesel de soja e que ambos não são inflamáveis nas condições normais onde ele é transportado, manuseado e armazenado.

As propriedades de escoamento tornaram-se objetos de estudos recentemente, de forma que existem poucas pesquisas com ênfase na determinação dos pontos de névoa, fluidez e de entupimento de filtro a frio. Todavia, o trabalho de Chendynski *et al* (2014) que analisa os pontos de névoa e fluidez do biodiesel de soja, sebo bovino e gordura de frango demonstra que existe uma diferença acentuada entre esses biodieseis. Santos (2011), Correa, *et al* (2011) e Lira (2014), analisando essas matérias primas em estudos independentes, confirmam que o biodiesel de sebo bovino, quando puro, devido ao elevado nível de gorduras saturadas, está mais sujeito a solidificação em regiões frias, onde a temperatura ambiente varia em torno dos 20°C. Cunha (2008) e Moraes (2008) também verificaram que o ponto de entupimento de filtro a frio do biodiesel de sebo bovino é maior em relação ao biodiesel de soja, e ambos maiores que o diesel de petróleo.

A massa específica do biodiesel de soja é pouco maior que a do biodiesel de sebo bovino, e ambas são maiores que a massa específica do óleo diesel. Isto acontece, porque o diesel de petróleo tem na sua composição somente hidrocarbonetos, enquanto que o biodiesel é formado por ésteres. Estes valores altos da massa específica possibilitam um bom funcionamento do motor, boa lubrificação e evita entupimentos (SOUZA, *et al*, 2009).

Em relação as propriedades fluidodinâmicas dos biocombustíveis, viscosidade e densidade, Cunha (2008) compara os dois biodieseis, objetos desta pesquisa, e constata que o

biodiesel de sebo possui uma viscosidade um pouco maior, mas dentro dos limites estabelecidos pela legislação. O controle da viscosidade permite a boa atomização do óleo e preserva suas características lubrificantes, isto porque, os altos valores de viscosidade podem levar a problemas no sistema de injeção, vazamento da bomba de combustível, além de outros danos no motor (MORAES, 2008).

Quanto à densidade pesquisada para os dois biodieseis, os resultados mostram que elas são equivalentes e não possuem variações relevantes. É importante ressaltar que os valores estão próximos do limite superior e que a densidade elevada implica em maior dificuldade dos motores realizarem a queima dos combustíveis, o que pode refletir em um maior desgaste (SILVA *et al* 2015).

Para diminuir a alta densidade e viscosidade do biodiesel de sebo, de forma a obedecer às especificações de qualidade exigidas pela legislação, os produtores brasileiros de biodiesel têm misturado o óleo de soja, oriundo da agricultura familiar, ao sebo líquido. Isto possibilita a melhora de algumas propriedades do biodiesel e permite a sua introdução nos leilões realizados pela ANP sob o enquadramento do SCS (LEVY, 2011).

Conforme destacado por Rodriguez (2010) o Poder Calorífico do biodiesel é um pouco menor que o diesel convencional, ou seja ele tem menos quantidade de energia. Todavia, quando se compara o biodiesel de soja com o de sebo bovino, a diferença entre eles parece irrelevante. Apesar disso, Uribe (2014) considera que o biodiesel de sebo bovino tem um rendimento melhor quando comparado com o de origem vegetal, pois o poder calorífico tem uma relação direta com o consumo específico do motor, de forma que, quanto maior o poder calorífico menor é o consumo de combustível para se atingir a potência desejada.

Os balanços energéticos analisados fazem o levantamento completo das entradas e saídas de energia no processo de produção do biodiesel de soja e sebo bovino. Foram contabilizados os gastos energéticos agrícolas e industriais e a energia produzida com o biodiesel e farelo. Soares *et al* (2008) fez uma comparação entre a eficiência energética do girassol e da soja e constatou que o saldo energético do biodiesel da soja (3,21) é maior que o saldo energético do biodiesel de girassol (1,87).

Serrão (2010) considerou os estudos da Federação das Cooperativas Agropecuárias do Rio Grande do Sul e contabilizou os gastos e ganhos energéticos para a produção de uma tonelada de biodiesel. Utilizando a produção média do Estado do Rio Grande do Sul apresentada pela autora de 2400 kg/ha e computando os ganhos resultantes da produção do farelo (77,4%) os valores foram convertidos em Gigajoules por hectare para que fosse possível compará-lo com os demais trabalhos.

Sá, *et al*, (2013) analisou um experimento de longo prazo da Embrapa Cerrados, em Planaltina - DF, e fez diferentes sugestões de integração lavoura-pecuária para calcular o balanço energético da produção de grãos, carne e biocombustíveis, obtidos em sistemas agrícolas mistos e especializados, após 20 anos de cultivo.

O sistema misto de integração lavoura-pecuária (ILP) em sistema de plantio direto apresentou o melhor resultado, cuja eficiência energética chegou a 2,0. Esse valor também foi corrigido por meio da inclusão dos ganhos energéticos produzidos pelo farelo de soja. O percentual de produtividade de farelo (77,4%) apresentado por Serrão (2010) foi computado ao balanço, de forma que a eficiência energética desse sistema de produção estaria em torno de 5:1.

Em relação ao balanço de energia para o biodiesel de sebo bovino, foi encontrado somente um trabalho na literatura pesquisada. Lopes (2006) por meio da relação de entradas e saídas, constatou que no processo de produção do biodiesel o balanço de energia dessa matéria prima variou entre 4,1 e 8,08 unidades de energia renovável produzidas para cada unidade de energia fóssil consumida.

Dessa forma, em comparação com o óleo de soja, o sebo bovino apresenta uma eficiência energética quase duas vezes maior.

4.5.2 Aspectos econômicos

A análise dos aspectos econômicos do biodiesel envolvem as vantagens advindas de sua produção e comercialização, uma vez que, sua inclusão na matriz energética possibilita a ampliação dos mercados da cadeia produtiva das matérias primas, agrega valor a elas, gera empregos e reduz as importações de óleo cru e óleo diesel refinado, entre outros impactos positivos (FARIA, *et al*, 2010).

A partir do levantamento dos custos de produção e do total de biodiesel produzido a partir da soja e do sebo bovino, seria possível o cálculo das receitas obtidas. Todavia, este dado se torna irrelevante, porque o importante é verificar se existe diferença entre as duas receitas, e esta diferença é perceptível pela análise dos custos de produção disponíveis na literatura.

Alguns autores calcularam o custo da produção do biodiesel de soja, obedecendo à especificidade e disponibilidade de cada região, conforme Tabela 11. Essas pesquisas foram importantes e influenciaram as regras dos leilões a partir do ano de 2011, cujos volumes

passaram a ser negociados em lotes regionais, proporcionalmente à demanda de biodiesel em cada região (AMARAL, 2015).

Tabela 11 – Custos de produção do biodiesel de soja e sebo bovino.

Referências	Custo de produção biodiesel de soja (R\$/l)					Sebo (R\$/l)	PM* (R\$/l)
	Norte	Nordeste	Centro Oeste	Sudeste	Sul		
BARROS, <i>et al</i> 2006	1,107 ¹ ; 0,848 ²	1,601 ¹ ; 0,896 ²	0,829 ¹ ; 0,90 ²	1,186 ¹ ; 1,308 ²	1,710 ¹ ; 1,360 ²	-	1,786
BARROS <i>et al</i> (2006b)	1,167	1,67	0,883	1,247	1,786	-	1,786
ANDRADE FILHO (2007)						1,16	1,863
SANTOS (2008)	1,54	1,68	1,46	1,56	1,71	-	2,561
FIGLIARETTI (2009)			3,16			2,01	2,242
BORDIN (2010)		1,59 (Solvente);	1,72 (Prensagem)			-	2,024

Fonte: Elaboração própria, a partir de vários autores.

¹Matéria prima a custo de produção agrícola

²Matéria prima a preço de mercado

*Média dos Preços Médios negociados nos Leilões da ANP no ano da pesquisa.

Ao contrário do biodiesel de soja, poucos trabalhos se dedicaram ao cálculo dos custos de produção do biodiesel de sebo bovino. Conforme pode ser visualizado na Tabela 11, foram encontrados apenas dois trabalhos que trataram de forma detalhada esse assunto. Eles demonstram que o custo de produção do biodiesel de sebo bovino é menor em relação ao de soja e mais vantajoso para comercialização.

A última coluna relaciona a média simples dos Preços Médio negociados nos vários leilões realizados pela ANP no ano da pesquisa. Como não é possível saber em que mês a pesquisa sobre os custos de produção foi realizada, optou-se por calcular a média desses valores durante o ano.

Barros *et al* (2006) calcularam os custos da produção do biodiesel de soja nas cinco regiões brasileiras, considerando os custos e receitas dos subprodutos, tanto da etapa de esmagamento quanto de elaboração do biodiesel. A matéria prima foi computada a custo de produção agrícola, que inclui gastos com arrendamento para produção do grão, e a preço de mercado. A primeira análise resultou em valores que variaram entre R\$ 0,829 (Centro oeste) e R\$ 1,710 (Sul). Com esses custos o ganho financeiro do produtor pode chegar a 115% na região norte e 4,4% na região Sul. Na segunda análise em que a matéria prima é adquirida a preço de mercado os custos de produção são mais competitivos, variando entre R\$ 0,848 (Norte) e R\$ 1,360 (Sul), consequentemente os ganhos advindos na comercialização desse produto são maiores.

Cepea e Dedini (2006) e Santos (2008) também contribuíram para o conhecimento dos custos de produção nas diferentes regiões brasileiras, e os resultados foram muito próximos ao

encontrados por Barros, *et al* (2006). Os cálculos de Bordin (2010) também resultam em custos relativamente altos, todavia trazem uma contribuição muito importante quanto à escolha do método de extração. A extração do óleo por solvente resultou num custo de produção menor que a extração por prensagem. Entretanto, o rendimento do farelo (produto de maior valor agregado) pelo método de prensagem é 7% maior, resultando na melhor escolha para obtenção do óleo.

Quanto aos custos de produção do biodiesel de sebo bovino, Andrade Filho (2007) demonstra que eles são menores quando comparados com o de soja. Nesta análise o ganho decorrente da comercialização desse biodiesel pode chegar a 60%. Dois anos depois Fiorese e Gomes (2009) constatam uma grande diferença no custo de produção desses dois biodieseis, cujos resultados podem chegar à um déficit, no caso do sistema de produção do biodiesel de soja. Uma solução para este problema, visto que não existe sebo bovino suficiente para produção de todo o biodiesel necessário, é a mistura dessas duas matérias primas.

Para melhorar as propriedades físico químicas do biodiesel, Rodriguez (2010) propôs a mistura de 50% de sebo e 50% de soja que, além disso, reduz também o custo de produção desse biocombustível, cujo valor foi de R\$ 2,402 o litro. Essa prática tem sido comum nas fábricas de biodiesel do Brasil no intuito de diminuir os custos de produção, isto porque, o preço do sebo animal é historicamente menor que o preço dos óleos vegetais (ENCARNAÇÃO, 2008).

No ano de 2009, Faria, *et al* (2010) estimou o valor do biodiesel no Brasil, detalhando os gastos com o processo de transformação do óleo vegetal na ordem de R\$ 0,40/litro e R\$ 2,60/litro como preço final para as distribuidoras que misturam ao diesel. Sendo R\$ 2,32/litro o valor pago no leilão da ANP (16º leilão em 17/11/09) + ICMS de 12% + transporte atingindo o valor de R\$ 2,60/litro. Considerando o preço do diesel à época de R\$ 1,60/litro, o biodiesel já apresentava um custo de R\$ 1,00/litro mais caro do que o diesel de petróleo.

É importante destacar que os custos de produção encontrados consideram como subproduto o farelo e a glicerina. Todavia, na produção de biodiesel a partir do sebo bovino, outros subprodutos deveriam ser contabilizados, como é o caso dos ácidos graxos e da oleína (FREITAS, 2016).

Outra possibilidade que pode tornar a produção de biodiesel ainda mais rentável é o refino da glicerina, isto porque na forma bruta ela é vendida para refinarias a preços muito baixos e 50% dela é exportada para a china, que é a maior compradora do mundo atualmente. Todavia, os usineiros acham oneroso o investimento para o refino desse subproduto (LEVY, 2011).

Além dos ganhos financeiros advindos da comercialização do biodiesel, o número de empregos originados pelas usinas de produção de biocombustível também representa uma vantagem socioeconômica. Para analisar o número de empregos gerados nos estabelecimento que produzem biocombustível é preciso conhecer primeiramente o percentual de biodiesel produzido a partir da soja e do sebo em cada uma das regiões brasileiras.

A partir do boletim mensal da ANP, foi possível conhecer o percentual de soja e sebo bovino, utilizados anualmente na produção de biodiesel, conforme Tabela 12.

Tabela 12 - Produção de biodiesel de soja e sebo bovino entre 2012 e 2016 (%).

Regiões	2012		2013		2014		2015		2016	
	Soja	Sebo								
Norte	55,07	36,50	50,88	20,40	78,90	14,23	86,96	4,52	74,92	1,92
Nordeste	61,59	14,68	59,02	22,46	58,18	21,90	63,90	22,65	61,28	27,73
Sudeste	44,37	41,09	42,94	48,36	39,79	54,25	47,91	48,32	39,05	48,40
Sul	77,02	19,78	75,04	22,72	72,99	23,82	72,30	24,33	76,54	16,68
Centro-Oeste	84,65	9,43	84,62	11,09	85,66	10,69	87,32	10,02	85,41	7,60

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da ANP, 2017.

É possível verificar que a região sudeste foi a que mais utilizou o sebo bovino na produção de biodiesel. Em segundo lugar encontra-se a região nordeste que ascendeu de 14,68% em 2012 para 27,73% em 2016. Em termos percentuais a região sul está em terceiro lugar, mas em números absolutos ela é a região que mais produziu biodiesel de sebo bovino, aproximadamente 260 mil m³. A região que menos utiliza o sebo bovino na produção de biodiesel é o Centro-oeste, ainda assim, o volume produzido nessa região, cerca de 125 mil m³, é maior que o produzido na região sudeste.

Comparando essa produção com o banco de dados da RAIS, que demonstra o total de emprego em estabelecimentos que fabricam biocombustível, excetuando o álcool, foi possível perceber que existe uma relação entre a produção de biodiesel e a geração de emprego (Tabela 13). Para isso, dividiu-se o total de biodiesel produzido pelo número de empregos dos estabelecimentos, de forma que obtemos o número de litros de biodiesel produzido por empregado (l/emp).

Importante considerar que, não foi possível estabelecer uma relação direta do número de empregos com as usinas produtoras de biodiesel, porque não se conhece o percentual de matéria prima utilizada em cada usina. Os dados disponíveis na ANP permite saber o percentual de matéria prima utilizada em cada região, de forma que foi extraído da RAIS o número de empregos gerados no total de estabelecimentos de cada região brasileira.

Dessa forma, a produção total de biodiesel produzido nas regiões brasileiras foi dividida pelo número de empregos gerados pelo total de estabelecimentos que fabricam biocombustível, excetuando o álcool, de cada região brasileira. Quanto menor for o valor encontrado, maior o número de empregados no estabelecimento, pois quando esse número é alto, significa que poucos empregados conseguem produzir uma grande quantidade de biodiesel. Essa comparação pode ser melhor visualizada na Tabela 13, que demonstra que a quantidade de biodiesel produzido por empregado é menor nas regiões norte e sudeste, historicamente as regiões que mais utilizam o sebo bovino como matéria prima.

Tabela 13 – Relação entre a produção de biodiesel e o nº de empregados.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Brasil (l/emp)	1177	1124	1133	959	1354	1407	1618
Produção (m³)	2.386.399	2.672.760	2.717.483	2.917.488	3.419.838	3.937.269	3.801.339
Emprego	2.027	2.378	2.399	3.043	2.526	2.798	2.349
Norte (l/emp)	583	346	477	246	316	183	111
Produção (m³)	95.106	103.446	78.654	62.239	84.581	66.225	38.958
Emprego	163	299	165	253	268	362	350
Nordeste (l/emp)	1.196	649	1.391	913	668	999	1.009
Produção (m³)	176.994	176.417	293.573	278.379	233.176	314.717	304.605
Emprego	148	272	211	305	349	315	302
Sudeste (l/emp)	1.191	1.216	618	601	609	780	597
Produção (m³)	420.328	379.410	255.733	261.373	270.891	295.436	254.259
Emprego	353	312	414	435	445	379	426
Sul (l/emp)	1.613	1.970	1.748	1.007	2.137	1.529	2.765
Produção (m³)	675.668	976.928	926.611	1.132.405	1.358.949	1.512.484	1.556.690
Emprego	419	496	530	1125	636	989	563
Centro-Oeste (l/emp)	1.079	1.038	1.078	1.279	1.778	2.322	2.326
Produção (m³)	1.018.303	1.036.559	1.162.913	1.183.092	1.472.242	1.748.407	1.646.828
Emprego	944	999	1079	925	828	753	708

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da RAIS, 2017; ANP, 2017.

As regiões Sul e Centro-oeste apresentaram uma quantidade de biodiesel produzida por cada empregado muito maior que as regiões norte e sudeste. Observa-se que nessas regiões houve um crescimento acentuado na produtividade de biodiesel. A primeira apresentou um crescimento de 116%, enquanto a segunda cresceu aproximadamente 71%.

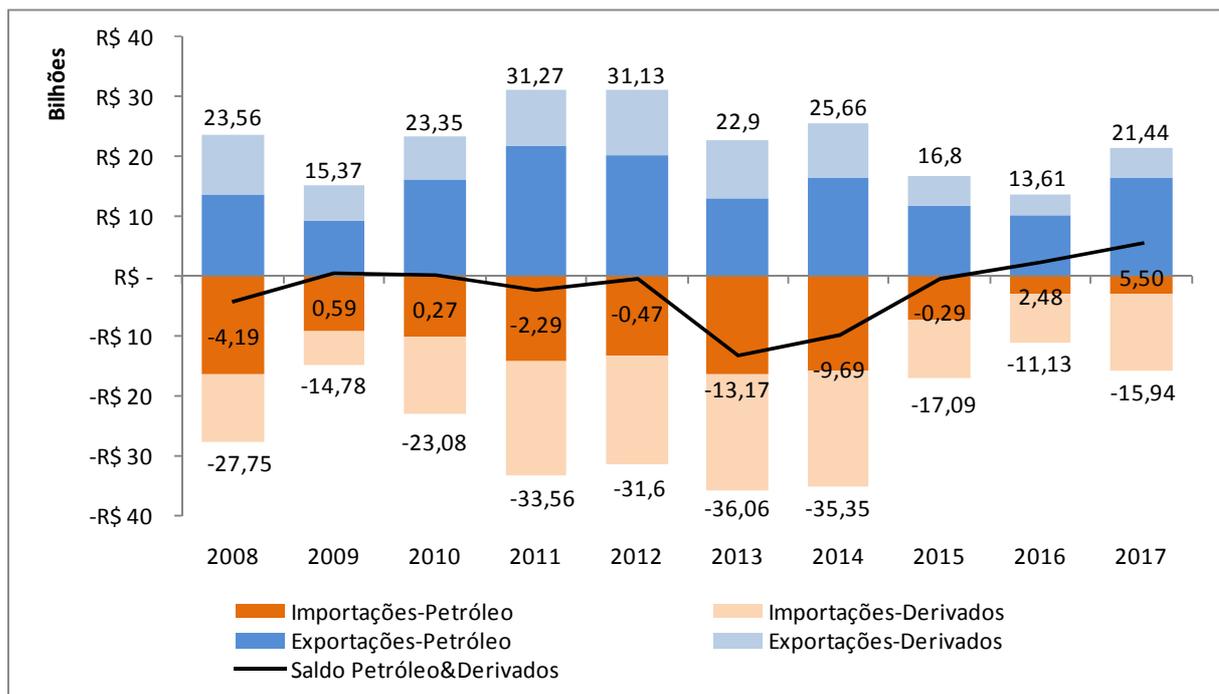
A região sudeste apresentou uma queda na produtividade oriunda da diminuição do uso da soja como fonte de matéria prima (Tabela 12) e aumento do uso do sebo bovino. A produtividade diminuiu em quase 50%, enquanto que mão de obra cresceu, aproximadamente,

21%. Por esta análise, acredita-se que as usinas que produzem biodiesel do sebo bovino demandem uma maior quantidade de empregados.

Quanto às características socioeconômicas da população nos municípios onde estão localizadas as empresas que produzem biodiesel a partir do sebo bovino, como matéria prima principal, não foi possível identifica-las, porque essas informações não estão disponíveis nos sites institucionais, de forma que não foi possível mapear a localização dessas usinas para relacioná-las com os dados constantes no PNAD.

A evolução da balança comercial de petróleo e derivados, que demonstra a dependência comercial do país, principalmente em relação aos derivados, não nos permite identificar as contribuições do biodiesel produzido a partir da soja e do sebo bovino, conforme demonstrado no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Evolução da balança comercial de petróleo e derivados.



Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da ANP, 2018.

O que se percebe no Gráfico 11, é que no início da execução do PNPB houve um breve equilíbrio na balança comercial que termina em 2011. A partir daí, os números revelam novamente um déficit que se agrava em 2013, sendo superado somente em 2016. Assim, não é possível relacionar a produção e uso do biodiesel de soja e sebo bovino com o equilíbrio da balança comercial do país, no que se refere ao mercado de petróleo e derivados, mas é possível observar que as importações de petróleo tem diminuído ao longo dos anos.

4.5.3 Aspectos ambientais

Além do aproveitamento de matérias primas de baixo custo, a produção de biodiesel também permite o aproveitamento dos resíduos da agroindústria (sebo bovino, a gordura suína e o óleo de frango), do óleo residual de fritura e do lodo de esgoto. Além disto, também estão entre as vantagens ambientais do biodiesel a redução das emissões de: dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e material particulado (URIBE *et al.*, 2014).

Os estudos comprovam que a combustão do biodiesel puro reduz em 75 - 90% a emissão de hidrocarbonetos poliaromáticos, 42,7% CO, 100% SO₂, 55,3% material particulado e 63,2% de compostos orgânicos voláteis, quando comparado com a combustão do diesel convencional (CUNHA, 2008). Apesar de também emitir CO₂ na atmosfera, esse gás pode ser sequestrado pelo meio ambiente para a própria cadeia de produção do biodiesel (RAMOS, 2010).

Em comparação com o biodiesel de soja, a primeira vantagem ambiental do sebo é que sua utilização como biodiesel significa uma alternativa de destinação correta para um resíduo de potencial poluente alto e que, frequentemente, representa um problema ambiental (LEVY, 2011; CUNHA JR. *et al.*, 2013).

Outra comparação que pode ser realizada entre esses dois biodieseis é a emissão de poluentes, pois a mudança das fontes dos biocombustíveis resulta em mudanças nas emissões (TULCAN, 2009), conforme pode ser visualizado na Tabela 14, que relaciona a emissão dos principais compostos tóxicos liberados durante a queima dos combustíveis.

Tabela 14 – Comparação das emissões do biodiesel de soja e sebo bovino.

	Biodiesel de Soja	Biodiesel de Sebo
CO ₂ (%)	+30 ⁴	+37 ⁴
Hidrocarbonetos (%)	-69 ³ ; -36,76 ²	-90 ¹ ; -73,29 ²
Monóxido de Carbono – CO (%)	-40 ³ ; -46 ² ; -25 ⁴	-42,7 ¹ ; -66 ² ; ->25 ⁴
Material Particulado	-37 ³ ; -50 ²	-55,3 ¹
SO ₂ (%)	-80 ²	-76 ²
Óxidos de Nitrogênio (%)	+10 ³ ; -2 ² ; +26 ⁴	+13,2 ¹ ; +57 ² ; -7% ⁴

Fonte: ¹CUNHA; 2008; ²GAUER, 2012; ³MEDRANO, 2007; ⁴TULCAN, 2009.

Os dados da Tabela 14 permitem observar que o uso do biodiesel resulta no aumento da emissão do dióxido de carbono. Todavia, esse excedente é fixado pelos vegetais e liberado

na forma de oxigênio pelas plantas, por meio do processo de fotossíntese. No processo de combustão do biodiesel de soja, o oxigênio e o carbono combinam-se para gerar novamente CO_2 , que tem fixação contínua pelas plantas e pode ser reciclado na próxima colheita. Ao contrário do CO_2 liberado pela combustão do diesel, fixado a partir da atmosfera a milhões de anos (GAUER, 2012).

Apesar de emitir maiores quantidades de CO_2 , durante a combustão, na atmosfera, cerca de 37% (TULCAN, 2009), a análise do ciclo de vida do biodiesel de sebo bovino, permite perceber que sua cadeia de produção emite menores quantidades de dióxido de carbono que o biodiesel produzido a partir da soja. Neste sentido, além do tempo do ciclo de carbono que vai desde sua fixação até sua liberação pela combustão do biodiesel, ser muito menor, quando comparada ao tempo do ciclo do diesel, o biodiesel de sebo bovino é ambientalmente mais favorável que a maioria dos óleos vegetais (DÍAZ, 2012).

Quanto as emissões de hidrocarbonetos (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos - BTEX), os estudos demonstram que ocorreram reduções significativas. O biodiesel de sebo bovino reduziu em maior quantidade essas emissões, indicando que seu uso é mais vantajoso em relação às reduções na emissão dos gases tóxicos. O maior índice de cetano em ésteres metílicos provenientes de gordura animal pode ser uma das explicações para este fato (GAUER, 2012).

Os estudos comparativos de Gauer (2012) e Tulcan (2009) demonstram que o biodiesel de sebo bovino também reduz a emissão de monóxido de carbono numa proporção maior que o biodiesel de soja, isto se deve ao fato de que biodieseis mais saturados tem melhor efeito na redução da emissão desse gás (TULCAN, 2009).

A utilização do biodiesel resulta numa diminuição de cerca de 50% das emissões de materiais particulados. A característica do biodiesel que propicia essa redução é o teor de enxofre, que está praticamente isento no biodiesel de óleos vegetais (TULCAN, 2009). Apesar dos valores da tabela não demonstrar grandes diferenças entre as reduções do biodiesel de soja e de sebo bovino, acredita-se que essa redução seja maior para o biodiesel de soja, pois a redução desse composto tóxico pode chegar a 100% quando comparado ao diesel de petróleo (GAUER, 2012).

Além disso, a emissão de óxidos de enxofre, também é função do teor de enxofre presente no biocombustível. De forma que, quanto maior o teor de enxofre na matéria prima, maior será a emissão desse composto (TULCAN, 2009), evidenciando que o biodiesel de soja também é mais vantajoso quanto à redução desse poluente.

Em relação a emissão de óxidos de nitrogênio vários autores consideram que ele deve aumentar com a adição de componentes oxigenados, como o biodiesel (CUNHA, 2008; MEDRANO, 2007). Todavia, testes de Gauer (2012) e Tulcan (2009) não mostram diferenças estatísticas entre as emissões desse composto, nos biocombustíveis e no petrodiesel. Acredita-se que a influência do índice de cetano tenha sido capaz de interferir de forma positiva e se sobrepor à influência exercida pelo fator temperatura e viscosidade, levando às reduções observadas (GAUER, 2012). Todavia, misturas realizadas com biodiesel menos saturado, como o de óleo de soja, apresenta uma tendência a maior emissão de dióxido de nitrogênio (TULCAN, 2009).

Outros aspectos ambientais analisados na produção do biodiesel tratam da análise dos resíduos da produção e dos impactos para a produção da matéria prima. Domingues e Bermann (2012), consideram os impactos ambientais relativos ao uso do solo na atividade pecuária muito mais incisivos do que na atividade agrícola da soja, pois a conquista por pastos invade áreas verdes primárias em velocidade e expansão territorial muito mais significativa do que o cultivo de soja. Além disso, o uso demasiado do solo para produção pecuária acarreta impactos ambientais irreversíveis, como a compactação e impermeabilização do solo, erosão, assoreamento de rios e reservatórios, perda da biodiversidade, entre outros.

Quanto aos resíduos da produção, os estudos demonstram que a glicerina representa um gargalo tecnológico para as duas fontes de biodiesel, pois o volume gerado deste co-produto é muito superior ao demandado atualmente pelo mercado. (PINHEIRO, VESA e BATALHA, 2010). O biodiesel de sebo bovino além da glicerina produz outro resíduo que é a oleína, material que deve ser purificado para ser utilizado pela indústria alimentícia.

Essa grande oferta de glicerina no mercado de biodiesel reduz os ganhos que poderiam ser advindos desse resíduo, fazendo com que ele seja estocado em grandes tonéis. Faz-se imperiosa a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias para purificação e valorização desse produto.

4.5.4 Resultados da comparação sob os três aspectos.

Na comparação das matérias primas, o óleo de soja demonstrou ser mais vantajoso que o sebo bovino pelas características que revelam sua menor acidez, menor índice de saponificação, viscosidade, teor de umidade e enxofre. Essas características possibilitam a utilização de rotas tecnológicas de menor custo, mais acessível, menor tempo de reação e melhor eficiência na conversão.

Quanto às propriedades dos biodieseis produzidos a partir do óleo de soja e do sebo bovino, o primeiro revelou-se mais vantajoso, demonstrando que as características das matérias primas se repetem no biodiesel produzido.

Assim, o ponto de fulgor e as propriedades fluidodinâmicas que estão relacionados com a segurança do biocombustível e a sua capacidade de utilização em locais de baixa temperatura, são melhores para o óleo de soja. Além disso, os valores da massa específica, viscosidade cinemática e teor de enxofre do biodiesel de óleo de soja também apresentaram melhores resultados o que possibilita o bom funcionamento do motor, a boa lubrificação e a ausência de entupimentos.

Os aspectos econômicos e sociais comparados demonstraram que o biodiesel de sebo bovino é mais vantajoso, por apresentar o menor custo de produção e o maior nível de empregabilidade. O menor custo permite uma ganho mais expressivo das usinas e o melhor nível de empregabilidade possibilita a geração de mais emprego e renda para os agentes envolvidos na cadeia de produção do biodiesel.

Em relação aos aspectos ambientais, o estudo revelou que o biodiesel de sebo bovino é mais vantajoso que o óleo de soja. As variáveis comparadas demonstraram que o aproveitamento do sebo bovino na produção do biodiesel reduz a poluição do meio ambiente, causada anteriormente pelo seu rejeito. Além disso, quanto ao uso da terra, não se pode aplicar ao sebo bovino a responsabilidade pela exploração de terras agricultáveis, pois o sebo é um subproduto da produção carne bovina, principal proteína da alimentação humana. Quanto à redução dos gases tóxicos, foi possível verificar que ela é mais eficiente na utilização do biodiesel de sebo bovino, pois reduz em maior quantidade a emissão de hidrocarbonetos, monóxido de carbono, materiais particulados e óxidos de nitrogênio.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa apresentou a evolução do PNPB analisando os resultados da inclusão social e da sustentabilidade e constatou que ele tem cumprido em partes o seu papel social, por meio da inclusão dos agricultores familiares. Percebe-se que, os agricultores das regiões mais carentes do nordeste ainda não foram alcançados pelos benefícios do Programa, e isto pode ter acontecido pelo investimento equivocado na mamona como matéria prima para o biodiesel ainda nos primórdios do Programa.

O Projeto Polos de Produção foi implementado com o objetivo de promover o acesso tecnológico para obtenção do aumento da produtividade e, apesar de ter contribuído para a sustentação do rendimento médio e salários nos municípios, não apresentou resultados perceptíveis que demonstrassem a melhoria na qualidade de vida das famílias.

Quanto à sustentabilidade econômica do PNPB, ele está baseado no mecanismo de compra por leilões públicos e, ainda que existam recursos financeiros disponíveis por linhas de créditos que possibilitam a produção da matéria prima e a comercialização do biodiesel, a existência de um mercado compulsório é o principal motivo que permite sua continuidade.

Os estudos demonstraram que a grande disponibilidade das duas matérias primas, soja e sebo bovino, é o motivo principal para a utilização delas na produção de biodiesel. Aliado a este fator está a facilidade de obtenção desses insumos, cuja cadeia de produção estão consolidadas antes do PNPB. O conhecimento e desenvolvimento tecnológico delas também favorecem o seu emprego em todas as regiões brasileiras.

A produção do biodiesel pela transesterificação metílica é a rota tecnológica mais utilizada no Brasil e no mundo e oferece como vantagem a simplicidade do processo. A desvantagem é a utilização do metanol que é um material fóssil extremamente tóxico e a exigência de matérias primas com baixo teor de acidez e umidade. Nesta rota, a utilização do sebo bovino é menos vantajosa que o óleo de soja, pois ele demanda a remoção de impurezas realizada por meio de lavagem ácida, que também diminui a alcalinidade do produto.

Ao se comparar as características e vantagens técnicas, econômicas e ambientais dessas duas fontes de biodiesel, foi possível obter os seguintes resultados:

- Quanto aos aspectos técnicos da matéria prima e do biodiesel, as pesquisas revelaram que o óleo de soja é mais vantajoso que o sebo bovino por possuir menor índice de acidez (0,15) e saponificação (142,3) , menor viscosidade cinemática (32), maior massa

específica (0,919) e melhores resultados nas propriedades fluidodinâmicas, apresentando melhor qualidade, menor tempo de reação, maior rendimento e menor risco de contaminação durante a produção;

- Quanto aos aspectos econômicos, estes mostraram que o biodiesel de sebo bovino é mais vantajoso, pois apresentou o menor custo de produção (R\$ 1,16), maior ganho financeiro e maior oferta de trabalho;

- Quanto aos aspectos ambientais, o biodiesel de sebo bovino é mais vantajoso pois reduz de forma mais eficiente os gases poluentes danosos a saúde humana como o monóxido de carbono (-66%) e os hidrocarbonetos (-90) e não estimula, atualmente uma exploração que vise somente a produção do biocombustível, apesar da significativa expansão territorial para a produção pecuária.

Assim, como o biodiesel de soja, os resíduos da produção do biodiesel de sebo bovino – glicerina e oleína, podem ser reutilizados pelas indústrias de cosméticos e alimentícias necessitando somente do desenvolvimento de novas tecnologias para purificação e valorização desses subprodutos (Oleína).

Neste contexto, este trabalho permite afirmar que o biodiesel de sebo bovino é mais vantajoso que o de soja, e que suas principais vantagens estão relacionadas a ausência de competição com os alimentos, ao custo mais baixo e a grande disponibilidade no mercado brasileiro.

Ainda que esses resultados não sejam suficientes para diminuir o uso da soja, eles demonstram que a produção do biodiesel a partir da sebo bovino é mais viável que a utilização da soja. No entanto, a soja continuará sendo utilizada ainda por muito tempo, devido o maior avanço tecnológico que possibilita uma maior produtividade e melhor rendimento em comparação com outras matérias primas.

REFERÊNCIAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Estatística Mensal do Complexo Soja**, 2017b. Disponível em: www.abiove.org.br/. Acesso em: 02 mar. 2017

ABREU, P. S. M. **Análise econômica dos processos de produção do biodiesel de soja: rota química x rota enzimática**. Dissertação (Mestre em Ciências em Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica) Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. Disponível em: <<http://186.202.79.107/download/producao-do-biodiesel-de-soja-rota-quimica-x-rota-enzimatica.pdf>> Acesso em: 29 janeiro 2018.

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução Nº. 42 de 24 de novembro de 2004. Especificação do Biodiesel**. 2004. Disponível em: <http://portal.mda.gov.br/dotlrn/clubs/redestematicasdeater/biodiesel/contents/bug?f_component=893131&page=9&format=list&f_state=79&bug_number=130&orderby=summary%2Cas&project_id=893118>. Acesso em: 05 jun 2017

_____. **Resolução nº 45, de 25 de agosto de 2014**. 2014. Brasília, DF, Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=274064>>. Acesso em: 31 jan. 2008.

_____. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2015**. 2015. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2017.

_____. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2016**. 2016a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/Anuario_Estatistico_ANP_2016.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2017.

_____. **Biodiesel**. 2016b. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

_____. **Informações de Mercado**. 2017a. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

_____. **Leilões de Biodiesel**. 2017b. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/distribuicao-e-revenda/leiloes-de-biodiesel>>. Acesso em: 20 dez 2017.

_____. **Boletim Mensal do Biodiesel**. 2017c. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/publicacoes/boletins-anp/2386-boletim-mensal-do-biodiesel>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

_____. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2017**. 2017d. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/3819-anuario-estatistico-2017>>. Acesso em: 24 Abr. 2018.

_____. **Dados Estatísticos**. 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

ALEME, H. G.; BARBEIRA, P. J. S. **Determination of flash point and cetane index in diesel using distillation curves and multivariate calibration**. Fuel, Volume 102, December 2012, Pages 129-134. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236112004358#b0005>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

ALMEIDA, J. K. P.; NUNES, G. P.; TEIXEIRA, C. C. M.; RODRIGUES, D. P.; MELLO, J. R. **Caracterizações físicoquímicas de óleos, vegetais utilizados para produção de biodiesel com metodologias alternativas simples**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2011. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_135_855_18349.pdf>. Acessado em 14 Jan 2018.

ALVARENGA JÚNIOR, M.; YOUNG, C. E. F. **Produção de biodiesel no Brasil, inclusão social e ganhos ambientais**. Instituto de Economia - UFRJ, 2013. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/images/gema/Gema_Artigos/2013/Alvarenga_Young_2013_ELAAE_Biodiesel_no_Brasil.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

ALVAREZ, J.; AMUTIO, M.; LOPEZ, G.; BILBAO, J.; OLAZAR, M. **Fast co-pyrolysis of sewage sludge and lignocellulosic biomass in a conical spouted bed reactor**. Original Research Article. Fuel, Volume 159, 1 November 2015, Pages 810-818. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236115007309>>. Acesso em: 05 abr 2016.

ALVES, C. T. **Transesterificação de Óleos e Gorduras Residuais via rotas metálica e etélica utilizando o catalisador Aluminato de Zinco, em presença ou não de CO supercrítico**. Tese de D.Sc., PEI/EP/UFBA, 2012. Disponível em: <http://www.pei.ufba.br/novo/uploads/biblioteca/TESE-CARINE_TONDO_ALVES.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2017.

ALVES, L. **Índice de cetano**. Brasil Escola. 2018. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/quimica/indice-cetano.htm>>. Acesso em: 30 Jan 2018.

ALVES, O. F. **Análise sócio – econômica da implantação de uma usina de biodiesel no Estado do Maranhão**. Curitiba: IEP – LATEC: 2010. 111f. Disponível em: <<http://sistemas.institutoslactec.org.br/mestrado/dissertacoes/arquivos/OsneiAlves.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

AMARAL, L. C. G. S. **Mercado brasileiro de biodiesel sob a ótica dos leilões públicos promovidos pela ANP: 2005 a 2014**. 2015. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Tocantins - UFT. Palmas: UFT, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/583/1/Laila%20Cristina%20Gon%C3%A7alves%20Silva%20Amaral%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 18 Abr. 2018.

ANDRADE FILHO, M. **Aspectos técnicos e econômicos da produção de biodiesel: o caso do sebo bovino como matéria-prima**. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade de Salvador – UNIFACS. Disponível em:

<<http://tede.unifacs.br/tede/bitstream/tede/326/1/Dissertacao%20Mestrado%20Miguel%20Andrade%20Filho.pdf>>. Acesso em: 13 Mar. 2018.

LIMA, A. G. G. **Geração de Energia Elétrica: Combustíveis**. 2018. Disponível em: <<http://antoniolima.web.br.com/arquivos/combust%C3%ADveis.htm>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

APROSOJA BRASIL. Associação Brasileira dos Produtores de Soja. **A História da Soja**. 2018. Disponível em: <<http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/>>. Acesso em: 19 Abr. 2018.

ARANDA, D. A. G.; GONÇALVES, J. A.; PERESA, J. S.; RAMOS, A. L. D.; MELO, C. A. R. Jr.; ANTUNES, O. A. C.; FURTADO, N. C.; TAFT, C. A. **The use of acids, niobium oxide, and zeolite catalysts for esterification reactions**. *Journal. Physical Organic Chemistry*. London, v. 22, n. 7, p. 709–716. July 2009. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/poc.1520/abstract>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

AZEREDO, W. A. **Otimização da produção de biodiesel metílico a partir de óleos de fritura residuais (OFR)**. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/4403/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Weine%20Amorim%20Azeredo%20-%202014.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

BCB. Banco Central do Brasil. **Matriz de dados do crédito rural**. 2018. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pt-br/#!/c/MICRRURAL/>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

BANCO DO BRASIL. **BB Biodiesel - Programa BB de apoio à produção e uso de biodiesel**. Disponível em: <<http://www.bb.com.br/porta/bb/page3,8305,8382,0,0,1,6.bb>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

BARROS, E.; MEDEIROS, J. F.; PEREIRA, N. C. **Análise das propriedades físico-químicas do óleo de soja degomado visando a produção de biodiesel**. VIII Encontro Internacional de Produção Científica. 2013. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Janaina_Fernandes_Medeiros_02.pdf>. Acesso em: 14 Jan 2018.

BARROS, G. S. C.; ALVES L. R. A.; OSAKI, M. **Análise dos custos econômicos do programa do biodiesel no Brasil**. 47º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre, 26 a 30 de julho de 2009. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/analise-dos-custos-economicos-do-programa-do-biodiesel-no-brasil-a-artigo-publicado-no-xxvii-congresso-da-sober-2009.aspx>>. Acesso em: 05 jun 2017.

BARROS, G. S. C.; SILVA, A. P.; PONCHIO, L. A.; ALVES, L. R.; OSAKI, M. **Quanto custa produzir biodiesel?** Piracicaba: USP-CEPEA, 2006. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/quanto-custa-produzir-biodiesel.aspx>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

BARROS, T. D.; JARDINE, J. G. **Gordura Animal**. AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj1om7kf02wyiv802hvm3jholyoom.html>> Acessado em: 31 janeiro 2018.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I.P.; AMORIM, M. L. C. M. **Opções para a Produção de Biodiesel no Semiárido Brasileiro em Regime de Sequeiro: Por Que Algodão e Mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 36p. Disponível em: <file:///C:/Users/1584574/Downloads/DOC220.pdf>. Acesso em: 04 Ago 2017.

BENEVIDES, M. S. L. **Estudo sobre a produção de biodiesel a partir das oleaginosas e análise de modelos cinéticos do processo de transesterificação via catálise homogênea**. Angicos: UFERSA, 2011. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/arquivos/Mar%C3%ADlia%20e%20S%C3%A1%20Leit%C3%A3o%20Benevides.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

BHATTI, H.N.; HANIF, M.A.; QASIM, M.; ATA-UR-REHMAN. **Biodiesel production from waste tallow**. Fuel, v. 87, p. 2961-2966, 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236108001567>. Acesso em: 02 jun 2017.

BICUDO, M. A. G. **Pesquisa qualitativa segundo a visão fenomenológica**. São Paulo: Cortez, 2011.

BIODIESELBR, 2006. **Vantagens do Biodiesel**. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/vantagens/vantagens-biodiesel.htm>. Acesso em: 02 Ago 2017.

BIODIESELBR, 2014. **História do Biodiesel no Brasil**. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/oleos-vegetais-biodiesel-brasil.htm>. Acesso em: 08 jun 2017.

BORDIN, P. **Análise dos custos de produção do biodiesel obtidos através da soja, do girassol e da canola no Rio Grande do Sul**. São Leopoldo: UNISINOS, 2010. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/4510/PriscilaBordin.pdf?sequence=1&isAllowed=yhttp://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/4510/PriscilaBordin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caracterização das oleaginosas para produção de biodiesel**. STCP Engenharia de Projetos Ltda. 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_5.pdf>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanco Nacional da Cana de Açúcar e Agroenergia**. 2007. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-balanco-nacional-da-cana-de-acucar-e-agroenergia-2007/balanco-nacional-da-cana-de-acucar-e-agroenergia-2007.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2017.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2016: Ano base 2015**. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2016a. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>. Acesso em: 08 jun 2017.

_____. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Relatório anual de avaliação do PPA 2012-2015: ano base 2015**. Brasília: 2016b. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/secretarias/upload/Arquivos/spi/plano_plurianual/avaliacao

_ppa/relatorio-de-avaliacao-do-ppa-2012-2015/relatorio-avaliacao-ppa-vol2-programas-tematicos.pdf>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis- Ano 2016**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2017a. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-167/An%C3%A1lise%20de%20Conjuntura%20dos%20Biocombust%C3%ADveis%20-%20Ano%202016.pdf>>. Acesso em: 19 Abr. 2018.

_____. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Balança bate recorde em 2016 com superávit de US\$ 47,7 bilhões**. 2017b. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/noticias/2194-balanca-bate-recorde-em-2016-com-superavit-de-us-47-7-bilhoes>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Cartilha do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel: Inclusão Social e Desenvolvimento territorial**. 2018. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_64/Biodiesel_Book_final_Low_Completo.pdf>. Acesso em: 13 Mar. 2018.

BUDIANTO, A., PRAJINO, D. H., BUDHIKARJONO, K. **Biofuel production from candlenut oil using catalytic cracking process with zn/hzsm-5 catalyst**. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 9, nº. 11, Nov 2014. Disponível em http://www.arpnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2014/jeas_1114_1304.pdf. Acessado em 14 Jan 2018.

BUMBA, M. A. C. OI, R. K. YAMAMURA, H. **Produção de biodiesel a partir do óleo de fritura: uma alternativa sustentável**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. COBEQ 2014. Florianópolis/SC. Disponível em <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/produo-de-biodiesel-a-partir-do-leo-de-fritura-uma-alternativa-sustentvel-17701>. Acessado em 01 jun 2017.

CAIS, M. **Dados Estatísticos do Complexo da Carne 2016**. Disponível em: <<http://blogdacarne.com/dados-estatisticos-do-complexo-de-carnes-2016/>>. Acesso em: 13 Mar. 2018.

CAMPOS, A. C.; PAULA, N. **A evolução da agropecuária brasileira nos anos 90**. Indicadores Econômicos. Revista FEE., Porto alegre, v. 29, n. 4, p. 177-179, fev. 2002. Disponível em: <<https://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores/article/viewFile/1344/1709>>. Acesso em: 13 Mar. 2018.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS A. T. **Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas**. Ciência Rural, vol.34, no.6, Santa Maria Nov./Dec. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000600050>. Acesso em: 03 jun 2017.

CANACKI, M.; GERPEN, J. V. **Biodiesel production via acid catalysis**. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers - ASABE*. VOL. 42(5): 1203-

1210. 1999. Disponível em: <<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=13285>>. Acesso em: 23 Abr. 2018.

CÁRDENAS, D. A. V. **Produção de biodiesel de óleo de macauba (acrocomia aculeata) via hidroesterificação**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. Disponível em: <<http://objdig.ufrj.br/61/dissert/816073.pdf>> Acesso em: 31 janeiro 2018.

CARDOSO, D. **Formação do biodiesel via catálise básica**. Minicurso sobre biodiesel. UFSCar: São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.labcat.org/ladebio/pub/miniBiodiesel-ufscar-Dilson.pdf>>. Acesso em: 11 Mar. 2018.

CARVALHO, C. H. R. de. **Emissões relativas de poluentes do transporte urbano**. IPEA boletim regional, urbano e ambiental. 05, jun. 2011. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5574/1/BRU_n05_emiss%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 16 de Abril de 2018.

CASTRO, C. N. **O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e a produção de matéria-prima de óleo vegetal no Norte e no Nordeste**. IPEA: Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1613.pdf> Acesso em: 31 janeiro 2018.

CAVALCANTI, L. A. P. **Avaliação do comportamento reológico e propriedades de escoamento a frio do biodiesel de sebo bovino e suas Misturas com diesel**. Revista CIATEC – UPF, vol.8 (1), 29-38, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/306296604_AVALIACAO_DO_COMPORTEAMENTO_REOLOGICO_E_PROPRIEDADES_DE_ESCOAMENTO_A_FRIO_DO_BIODIESEL_DE_SEBO_BOVINO_E_SUAS_MISTURAS_COM_DIESEL> Acesso em: 31 janeiro 2018.

CHENDYNSK, L. T. ANGILLELI, K. G. FERREIRA, B. A. D. RODRIGUES, C. H. F. BORSATO, D. **Pontos De Névoa E Fluidez Em Biodiesel Produzido Por Misturas De Lipídios**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 3, p. 307- 316, 2014. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/rber/article/view/38621>> Acesso em: 31 janeiro 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 2017. v. 4, Safra 2016/17, n.10 - Décimo levantamento, julho 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2017.pdf>. Acesso em: 12 Mar. 2018.

CORDEIRO, C. S.; SILVA, F. R.; WYPYCH, F.; RAMOS, L. P. **Catalisadores heterogêneos para a produção de monoésteres graxos (biodiesel)**. Quím. Nova, vol.34, no.3, São Paulo-SP, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422011000300021> Acesso em: 05 junho 2017.

CORREA, I. M., MAZIERO, J.V.G., STORINO, M. **Mistura de biodiesel de sebo bovino em motor diesel durante 600 horas**. Ciência Rural, Santa Maria, v.41, n.7, p.1189-1194, jul, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v41n7/a4211cr4223.pdf>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

- CRESTANA, S. **Matérias-primas para produção do biodiesel: priorizando alternativas**. São Paulo: Embrapa, 2005. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/matprima1_000gevvbauw02wx5ok0dnrsvx8drsue9.pdf> Acesso em: 31 janeiro 2018.
- CRISTOFF, P. **Produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura comercial. Estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense**. Curitiba: IEP-Lactec, 2006. Disponível em: http://www.nutricaoemfoco.com.br/NetManager/documentos/paulochristoff_artigo.pdf Acesso em: 31 janeiro 2018.
- CUNHA JR, A. FEDDEM, V. DE PRÁ, M. C. HIGARASHI, M. M. ABREU, P. G. COLDEBELLA, A. **Synthesis and characterization of ethylic biodiesel from animal fat wastes**. Fuel. Volume 105, March 2013, P. 228-234. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236112004401>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.
- CUNHA, Joel Teixeira da. 2008. **Inventário do ciclo de vida do biodiesel de sebo bovino e de soja e do óleo diesel de petróleo para uso em ônibus urbanos na cidade de São Paulo, SP**. Dissertação de Mestrado (Tecnologia Ambiental: Gestão Ambiental). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPTEC, São Paulo, 141p. Disponível em: http://cassiopea.ipt.br/teses/2008_TA_Joel_Teixeira_Cunha.pdf. Acesso em: 09 de mar. 2018.
- CUNHA, M. E. **Caracterização de biodiesel produzido com misturas binárias de sebo bovino, óleo de frango e óleo de soja**. Porto Alegre: UFRS, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/15644>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.
- DALIA, W. S. **Mapeamento de variáveis mercadológicas para a produção de biodiesel a partir da mamona na região nordeste do Brasil**. Recife: UFPE, 2006. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/177708/Mapeamento+de+vari%C3%A1veis+mercadol%C3%B3gicas+para+a+Produ%C3%A7%C3%A3o+de+Biodiesel+a+partir+da+mamon+a+na+Regi%C3%A3o+Nordeste+do+Brasil+++Wilson+Sotero+Dalia+da+Silva/77263064-ce83-4be8-bab7-b8c07bf3621d?version=1.0>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.
- DALL´AGNOL, A. OLIVEIRA, A. B. LAZZARATTO, J. J. HIRAKURY, M. H. **Importância Econômica da Soja. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. AGEITEC**. 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_12_271020069131.html#>. Acesso em: 02 jun 2017.
- DÍAZ, G. C. **Hidrólise e hidrogenação simultânea (óleo de soja e de sebo bovino) – efeito do metal suportado**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. Disponível em: <<http://186.202.79.107/download/hidrolise-e-hidrogenacao-simultanea.pdf>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.
- DISCONZI, G. S. **Coleta Seletiva do óleo residual doméstico: desafios e perspectivas para um aproveitamento socioambiental e sustentável**. Santa Maria: UFSM, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7639/DISCONZI%20%20GRACIELA%20SCHMIDT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em: 31 janeiro 2018.

DOMINGOS, A. K.; VECCHIATTO, W.; WILHELM, H. M.; RAMOS, L. P. J. **The influence of BHA, BHT and TBHQ on the oxidation stability of soybean oil ethyl esters (biodiesel).** *Braz. Chem. Soc.* 2007, 18, 416. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532007000200026>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

DOMINGUES, M. S. **Avaliação da monocultura de soja como matéria prima para a produção de biodiesel e sua relação com o desmatamento da floresta amazônica: estudo de caso na região de São José do Xingu (MT).** São Paulo: USP, 2010. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/producao/2010/Teses/Mestrado_Mariana.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. **O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja.** *Ambient. soc.* vol.15 nº 2, São Paulo, May/Aug.2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2012000200002. Acesso em: 09 mar. 2018.

DOURADO, M. S. **Esterificação Etilica dos Ácidos Graxos Residuais Obtidos da Purificação do Glicerol Gerado na Produção Industrial de Biodiesel, Utilizando Ácido Nióbico Como Catalisador.** Salvador: UFBA. Escola Politécnica, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/19396/1/Mailena%20Dissertacao_rev%20final%205-5.pdf>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. **Soja em números (Safrá 2016/2017).** 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 13 Mar. 2018.

ENCARNAÇÃO, A. P. G. **Geração de biodiesel pelos processos de transesterificação e hidroesterificação, uma avaliação econômica.** Rio de Janeiro, UFRJ, 2008. Disponível em: <<http://www.tpqb.eq.ufrj.br/download/biodiesel-via-trans-e-hidroesterificacao.pdf>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

FARIA, I. D. PEIXOTO, M. MORAIS, P. SOUZA, R. B. L. **A Utilização de Óleo Vegetal Refinado como Combustível - Aspectos Legais, Técnicos, Econômicos, Ambientais e Tributários.** Centro de Estudos da Consultoria do Senado, Agosto, 2010. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-73-a-utilizacao-de-oleo-vegetal-refinado-como-combustivel-aspectos-legais-tecnicos-economicos-ambientais-e-tributarios>>. Acesso em 31 janeiro 2018.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Safra Mundial de Soja 2017/18 - 3º Levantamento do USDA.** Informativo DEAGRO. Julho de 2017. Disponível em http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-soja/attachment/boletim_soja_julho2017/. Acessado em 04 Ago 2017.

FELIZARDO, P. M. G., **Produção de Biodiesel A Partir de Óleos Usados de Fritura.** Lisboa, UGF, 2003. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAKcQAI/biodiesel>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

FERRARI, R. A. OLIVEIRA, V. S. SCABIO, A. **Biodiesel de soja — Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia.** *Quím. Nova* vol.28 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2005. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100004>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

FERRAZ, C. **Explaining agriculture expansion and deforestation: evidence from the Brazilian Amazon — 1980/98**. Texto para Discussão n° 828. Rio de Janeiro: IPEA, 2001. Disponível em: <http://ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0828.pdf>. Acesso em: 31 de janeiro 2018.

FERREIRA, M. H. G.; OLIVEIRA, D. L. **Um panorama do biodiesel: novo combustível para o Brasil**. Gestão & Tecnologia - Faculdade Delta. Edição III janeiro/fevereiro, 2010. Disponível em: <http://www.faculdadedelta.edu.br/revista/edicao_3/um_panorama_biodiesel.pdf>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

FIGLIARELLI, D. A. GOMES, L. F. S. **Avaliação econômica da produção e utilização de biodiesel a partir de fontes vegetais e animais**. Cascavel, v.2, n.1, p.117-129, 2009. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5900c9957b013.pdf>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

FIGLIARELLI, D. A.; GOMES, L. F. S.; DOUZA, S. M. N.; DALLMEYER, A. U. ROMANO, L. N. **Metodologia experimental para avaliação de custos de produção e utilização de biodiesel: estudo de caso de quatro ésteres metílicos e óleo diesel comercial**. Ciência Rural, Santa Maria, v.41, n.11, p.1921-1926, nov, 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33121065010>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FIRMINO, P. T. ALVES, S. M. BELTRÃO, N. E. M. SILVA, A. C. ALVES, H. S. **Determinação de constituintes do óleo de sementes de algodão colorido variedade BRS safira pelo método de cromatografia gasosa**. Congresso Brasileiro De Algodão, 5., 2005, Salvador. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/mobile/publicacoes/-/publicacao/576348/determinacao-de-constituintes-do-oleo-de-sementes-de-algodao-colorido-variedade-brs-safira-pelo-metodo-de-cromatografia-gasosa>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

FREITAS, O. N. **Estudo de diversas misturas de biodiesel de óleo de soja e de sebo bovino**. Campo Grande, UFMS, 2015. Disponível em: <<https://sigpos.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/1672>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

FÜRSTENAU, V. **A quebra da safra gaúcha 2004/05**. Carta de Conjuntura, Ano 14, n° 4, 2005. Disponível em: <<http://carta.fee.tche.br/article/a-quebra-da-safra-gaucha-200405/>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

GARCILASO, V. P.; OLIVEIRA, F. C.; COELHO, S. T. **Produção e uso do biodiesel no Brasil – análise de barreiras e políticas**. AGRENER GD 2015 10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural 11 a 13 de novembro de 2015 Universidade de São Paulo – USP – São Paulo. Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/agrener2015/sites/default/files/tematica1/713.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

GAUER, M.A. **Avaliação do desempenho e das emissões gasosas decorrentes do uso de biodiesel de soja e de sebo bovino em diferentes misturas com o diesel em um motor**

gerador. Guarapuava: Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2012. 155 fls. Disponível em:

<http://www.unicentro.br/posgraduacao/mestrado/bioenergia/dissertacoes/Disserta_o_Mayara_Ananda_Gauer_corrigida_557f118c6b793.pdf>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de Pesquisa. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDEMBERG, J. **Biomassa e Energia**. Quím. Nova. vol.32, no.3. São Paulo 2009.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300004&script=sci_arttext>. Acesso em: 02 Agosto 2017.

GOMES, R. C. FEIJÓ, G. L. D. CHIARI, L. **Evolução e Qualidade da Pecuária Brasileira**.

Nota técnica, Campo Grande, 2017. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/documents/10180/21470602/EvolucaoQualidadePecuaria.pdf/64e8985a-5c7c-b83e-ba2d-168ffaa762ad>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

GÓMEZ, E. O. **A Tecnologia de Pirólise no Contexto da Produção Moderna de Biocombustíveis: Uma Visão Perspectiva**. Mar. 2009. Disponível em:

<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/a_tecnologia_de_pirólise_no_contexto_da_producao_moderna_de_biocombustivies%3A_uma_visao_perspectiva.html>. Acesso em: 02 fev. 2018.

HIRAKURI, M. H. **Impactos econômicos de estresses na produção de soja da safra 2015/16**. Circular Técnica 125, Londrina-PR, Out. 2016. Disponível em:

<https://bioinfo.cnpsa.embrapa.br/seca/files/CircularTecnica125_PA8.pdf>. Acesso em: 31 janeiro de 2018.

HUANG, Y. CHIUEH P., KUAN, W. LO, S. **Microwave pyrolysis of lignocellulosic biomass: Heating performance and reaction kinetics**. Original Research Article. Energy, Volume 100, 1 April 2016, Pages 137-144. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544216300251>>. Acesso em: 05 de abril de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do rebanho bovino. 2017**.

Disponível em: <

ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201701caderno.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.

IBP. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. **Evolução da balança comercial de petróleo e derivados**. 2016. Disponível em:

<<https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/dependencia-comercial-de-petroleo-e-derivados/>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

KRAUSE, L. C. **Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel de origem animal**. Porto Alegre: UFRS, 2008. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/14362/000663279.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

LEVY, G. **A inserção do sebo bovino na indústria brasileira do biodiesel: análise sob a ótica da economia dos custos de transação e da teoria dos custos de mensuração**.

Piracicaba: USP-ESALQ, 2011. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-07022012-085502/pt-br.php>>.
Acesso em: 31 janeiro 2018.

LIRA, C. P. G. SILVA, J. P. SANTOS, B. F. GALINDO, A. S. STRAGEVITCH, A.S.E.X. **Medição experimental e modelagem termodinâmica do ponto de névoa do biodiesel de sebo animal.** Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 20º, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1855-17201-179777.pdf>>
Acesso em: 31 janeiro 2018.

LOBO, I. P. FERREIRA, S. L. C. CRUZ, R. S. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos.** Quím. Nova, vol.32, nº.6, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000600044>.
Acesso em: 31 janeiro 2018.

LOCATELLI, V. *A inserção da agricultura familiar no Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel e as demandas socioambientais das suas representações.* Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2008. 110 f. Disponível em: <<https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/handle/123456789/1734>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

LOPES, E. M.; **Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino.** Dissertação, UNIFEI, Agosto 2006. Disponível em: <<http://saturno.unifei.edu.br/bim/0030359.pdf>>. Acesso em: 05 junho 2017.

MACEDO, A. L. **Produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras residuais utilizando ácido sulfúrico imobilizado em sílica como catalisador e aplicação do glicerol na produção de cetil.** Diamantina: UFVJM, 2013. 117p. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/290/1/alice_lopes_macedo.pdf>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

MACHADO, S.A. **Estudo da produção de biodiesel a partir do óleo de macaúba (Acrocomia aculeata) pela rota etílica.** Lorena: Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97137/tde-08102013-163135/pt-br.php>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos.** 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira.** Banco Mundial, 2003. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1185895645304/4044168-1185895685298/010CausasDesmatamentoAmazoniaBrasileira.pdf>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.

MARTINS, L. O. S.; CARNEIRO, R. A. F. **O sebo bovino como insumo estratégico da cadeia de biodiesel: uma análise crítica.** Bioenergia em revista: diálogos, ano 3, n. 1, p. 32-44, jan./jun. 2013. Disponível em: <<http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/76/pdf>>. Acesso em: 02 jun 2017.

- MARTINS, R.; NACHILUK, K.; BUENO, C. R.; F. FREITAS, S. M. **O biodiesel de sebo bovino no Brasil**. Informações Econômicas, SP, v. 41, n. 5, maio 2011. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/ie/2011/tec5-0511.pdf>>. Acesso em: 31 janeiro 2018.
- MEDEIROS, M. A. O. **Avaliação do ponto de névoa, fluidez e entupimento do óleo diesel combustível**. Natal: UFRN, 2004. Disponível em: <http://www.nupeg.ufrn.br/documentos_finais/monografias_de_graduacao/marinaaurea.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.
- MEDRANO, M. F. **Avaliação da sustentabilidade do biodiesel de soja no Brasil**. Brasília: UNB, 2007. Disponível em: <http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/1984/1/Dissert_Magaly%20Medrano.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.
- MEIER, T. R. W.; CRIPA, F. B.; FEROLDI, M.; CREMONEZ, P.; SCHNEIDER, L. T.; BONASSA, G. TELEKEN, J. G. **Avaliação da produção de ésteres metílicos e glicerol a partir das misturas de óleo residual, de soja e de canola**. Revista Tecnológica – Edição Especial, Maringá, p. 73-81, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/view/26007>>. Acesso em: 01 fev. 2018.
- MENDES, A. P. A.; COSTA, R. C. **Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 31, p. 253-280, mar. 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2483/1/BS%2031%20Mercado%20brasileiro%20de%20biodiesel_P.pdf>. Acesso em: 31 dez. 2017.
- MENDES, P. A. S. **Priorização dos fatores determinantes da sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. Disponível em: <<http://tpqb.eq.ufrj.br/download/sustentabilidade-da-cadeia-produtiva-do-biodiesel.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2018.
- MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 5. ed. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 1998.
- MORAES, M. S. A. **Biodiesel de sebo: avaliação de propriedades e testes de consumo em motor a diesel**. Porto alegre: UFRS, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/14351>>. Acesso em: 01 fev. 2018.
- MORAIS, A. L.; CHRISTIANI, G.; CESTARI, A.; FLUMIGNAN, D. L. **Caracterização da identidade e controle da qualidade de óleo vegetal, matéria-prima para produção de biodiesel**. VI Workshop de Agroenergia, Ribeirão Preto – SP. 2012. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Agroenergia/CD_2012/resumos/ResumoAgroenergia_2012_064.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2018.
- MOURA, K. S. C. **Produção de gás de síntese através da eletrólise da água usando biomassa liquefeita**. Lisboa: ISEL, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/6714/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 26 fev. 2018.
- NASCIMENTO, D. R.; NETO, O. S.; CONCEIÇÃO, L. R. V.; COSTA, C. E. F.; ROCHA FILHO, G. N.; ZAMIAN, J. R. **Determinação de Resíduo de Carbono em Misturas de**

Diesel/Biodiesel. Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (4), 911-923. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v6n4a07.pdf>>. Disponível em: 31 jan. 2018.

OLIVEIRA, H. R.; ABREU, Y. V. **Agricultura Familiar, Selo Combustível Social e Leilões. Biodiesel no Brasil em Três Hiatos: Selo Combustível Social, Empresas e Leilões. 2005 a 2012.** Parte I. eumed.net. Universidad de Málaga. Málaga. Espanha. 2012. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=X96L-QG-Yf4C&pg=PA48&lpg=PA48&dq=caracter%C3%ADsticas+agron%C3%B4micas+da+soja+biodiesel&source=bl&ots=a4HFV9xMRa&sig=HB0UzkLuKU_UM_2ZA7gwwIATyuM&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjj09e598_YAhXLgZAKHWc2Dz8Q6AEIMzAC#v=onepage&q=caracter%C3%ADsticas%20agron%C3%B4micas%20da%20soja%20biodiesel&f=false>. Acesso em: 01 fev. 2018.

OLIVEIRA, M. H. R.; BELARMINO, T. N. N.; COSTA JÚNIOR, A. P.; SILVA, J. R. R.; EVAGELISTA, J. P. C. **Biodiesel a partir do óleo de fritura residual e gordura animal (sebo bovino).** Encontro Nacional de Química. 4º. Nov. 2015. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemistryproceedings/5erq4enq/am10.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

OLIVEIRA, M. P.; ALMEIDA, F. N. C.; BERNI, J. V.; PASA, T. L. B. PEREIRA, N. C. **Influência do teor de acidez na produção de biodiesel etílico de canola por rota alcalina.** I Congresso Nacional de engenharia de Petróleo, Gás Natural e biocombustíveis. Mai. 2015. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/Modalidade_1datahora_30_03_2015_23_44_12_idinscrito_1760_9b11a164979e752431827eebdd718f8e.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

OLIVEIRA, S. V. **Os custos de transação da cadeia produtiva do biodiesel à base de soja no rio Grande do Sul: Impactos sobre a gestão das cadeias de suprimentos das usinas instaladas.** Santa Maria: UFSM, 2010. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/8846>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

OSAKI, M. BATALHA, M. O. **Produção de biodiesel e óleo vegetal no Brasil: realidade e desafio. XLVI da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural-SOBER,** Rio Branco/AC, 20 a 23 de julho de 2008. Disponível em <http://www.sober.org.br/palestra/9/171.pdf>. Acessado em 06 jun 2017.

PACHECO, F. **Energias Renováveis: breves conceitos.** Conjuntura e Planejamento, Salvador: SEI, n.149, p.4-11, Outubro/2006. Disponível em: <http://files.pet-quimica.webnode.com/200000109-5ab055bae2/Conceitos_Energias_renov%C3%A1veis.pdf>. Acesso em: 02 jun 2017.

PARENTE, E. J. S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado.** Fortaleza: NUTEC, 2003. 66p. Disponível em: <<http://www.xitizap.com/Livro-Biodiesel.pdf/>>. Acesso em: 06 jun 2017.

PEREIRA, A. F. C. **Determinação simultânea de acidez, índice de refração e viscosidade em óleos vegetais usando espectrometria NIR, calibração multivariada e seleção de variáveis.** João Pessoa: UFPB, 2007. Disponível em:

<file:///C:/Users/1584574/Downloads/Dissertacao_Alessandra_F_C_Pereira.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2018.

PERES, S; SHULER, A.; ALMEIDA, C.H.; SOARES, M.B.; CAMPOS, R.; LUCENA, A. Caracterização e Determinação do Poder Calorífico e do Número de Cetano de Vários Tipos de Biodiesel Através da Cromatografia. Disponível em: www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/caracterizacao/11.pdf -. Acessado em 10 de maio de 2009.

PIRES, V. B. L. **Impacto social do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) no nordeste : 2008/2013**. Brasília: UNB, 2015. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/18486>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

PISARELLO, M. L.; Cordeiro, C. S.; Querini, C. A.; Anales del XV Congreso Argentino de Catálisis, La Plata, Buenos Aires, 2007. Disponível em

PRADO, J. N. **Estudo sobre o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Uma análise sobre os municípios produtores de soja e as cooperativas de agricultura familiar**. Juíz de Fora: UFJF, 2015. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/poseconomia/files/2015/05/Tese-Jefferson-Nery-do-Prado.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

QUEIROZ, F. A. **Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do cerrado**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 21 (2): 193-209, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a13v21n2.pdf>>. Acesso em: 02 Ago 2017.

QUESSADA, T. P.; GUEDES, C. L. B.; BORSATO, D.; GAZZONI, B. F.; GALÃO, O. F. **Obtenção de biodiesel a partir de óleo de soja e milho utilizando catalisadores básicos e catalisador ácido**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11; 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/obtencao.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

RAMOS, L. P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C. S. **Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis**. Rev. Virtual Quim., 2017, 9 (1), 317-369. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v9n1a20.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

RAMOS, L. P.; KUCEK, K. T.; DOMINGOS, A. K.; WILHELM, H. M. **Biodiesel**. Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento 2003, 31, 28. Disponível em: <http://www.geocities.ws/bueno_reis/biodiesel.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRICH, A. S., CORDEIRO, C. S. **Tecnologias de Produção de Biodiesel**. Rev. Virtual Quim., 2011, 3 (5), 385-405. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1285870/52/Tecnologiasdeproducaodebiodiesel.pdf>>. Acesso em: 05 jun 2017.

RATHMANN, R.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. **Targets and results of the Brazilian Biodiesel Incentive Program**. Applied Energy 97 (2012), 91-100. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261911007185>>. Acesso em: 02 Ago 2017.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. **Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia**. Nova econ. vol.19 no.1 Belo Horizonte Jan./Apr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512009000100003>. Acesso em: 01 fev. 2018

RODRIGUES, J. P. **Avaliação da produção de combustíveis em processo de craqueamento térmico de óleo de soja em regime contínuo**. Brasília: UNB, 2007. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2895/1/2007_JulianaPetrocchiRodrigues.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

RODRIGUES, P. H. C. **A inclusão do azeite de dendê em alimentos no controle da hipovitaminose**. São Paulo: USP, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6138/tde-15062009-091448/pt-br.php>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

RODRIGUEZ, C. J. C. **Análise termoeconômica da produção de biodiesel: aspectos técnicos, econômicos e ecológicos**. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106406/coronadorodriguez_cj_dr_guara.pdf?sequence=1>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SÁ, J. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; SOARES, L. H. B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; MARCHÃO, R. L.; VILELA, L. **Balanco energético da produção de grãos, carne e biocombustíveis em sistemas especializados e mistos**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.48, n.10, p.1323-1331, out. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n10/v48n10a03.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SACHS, I. **A revolução energética do século XXI**. Estudos Avançados, 21 (59), 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a03v2159.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SANTACESAREA, E. MARTINEZ VICENTE, G. DI SERIO, M. TESSER, R. **Main technologies in biodiesel production: State of the art and future challenges**. Catalysis Today Volume 195, Issue 1, 15 November 2012, Pages 2-13. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586112003446>>. Acesso em: 05 abr de 2016.

SANTOS, A. G. D. **Avaliação da estabilidade térmica e oxidativa do biodiesel de algodão, girassol, dendê e sebo bovino**. Natal: UFRN, 2010. Disponível em: <ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/AnneGDS_DISSERT.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SANTOS, C. A. **Biodiesel: uma análise de custos de produção**. Florianópolis: UFSC, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/123518/Economia292168.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SANTOS, J. H. R. **Avaliação das propriedades físico-químicas, fluidodinâmicas e oxidativas do biodiesel de licuri (syagrus coronata) e das blendas (licuri/soja)**. João

Pessoa: UFPB, 2011. Disponível em:

<<http://tede.biblioteca.ufpb.br/bitstream/tede/7076/1/Arquivototal.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SANTOS, M. A.; MATAI, P. H. L. S. **Aspectos técnicos e ambientais relativos ao uso de biodiesel em motores de combustão**. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente - v.3, n.1, Artigo 7, jan./abril. 2008. Disponível em:

<<http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/art-7-2008-6.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SANTOS, W. F.; AFÉRRRI, F. S.; REINA, E.; PELUZIO, J. M.; SILVA, M. C. C.; DOTTO, M. A. **Teores de Óleo em Populações de Milho, sob Alto e Baixo Nitrogênio em Palmas, na Safra de 2010-2011**. XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Águas de Lindóia, 26 a 30 Ago. 2012. Disponível em:

<http://www.abms.org.br/eventos_antecedentes/cnms2012/09638.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SANTOS, 2017. DISPONÍVEL EM

http://www.convibra.com.br/upload/paper/2017/147/2017_147_13596.pdf.

SARAF, S.; THOMAS, B. **Influence of Feedstock and Process Chemistry on Biodiesel Quality**. Volume 85, Issue 5, 2007, Pages 360-364. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582007714350>>. Acesso em: 31 jul 2017.

SEAD. Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário.

Mudanças na portaria do Selo Combustível Social. 2017a. Disponível em:

<<http://www.mda.gov.br/sitemda/mudan%C3%A7as-na-portaria-do-selo-combust%C3%ADvel-social>>. Acesso em: 13 Mar. 2018.

_____. **SAF**. 2017b. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/mudan%C3%A7as-na-portaria-do-selo-combust%C3%ADvel-social>>. Acesso em: 13 Mar. 2018.

_____. **Balço do Selo Combustível Social 2016**. 2018. Disponível em:

<http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_img_1754/SCS%20-%20Balan%C3%A7o_2016_Para%20Publica%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2018.

Setor de Apoio à Logística e Gestão da Oferta – SEGEO. **Resultado do oitavo levantamento de avaliação da safra 2005/2006 Estado de Minas Gerais**. 2006. Disponível em:

<<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/119cb5f5c107d1b4d77fe4d3efc9ed.pdf>>. Acesso em: 13 Mar. 2018.

SERRÃO, A. A.; OCÁCIA, G. C. **Produção de biodiesel de soja no Rio Grande do Sul**.

Revista Liberato, p. 35-41, 2010. Disponível em:

<[http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%208,%20n.%2010%20\(2007\)/5.%20Produ%20de%20biodiesel%20de%20soja%20no%20Rio%20Grande%20do%20Sul.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%208,%20n.%2010%20(2007)/5.%20Produ%20de%20biodiesel%20de%20soja%20no%20Rio%20Grande%20do%20Sul.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. – 23 ed. rev. e atual. – São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, A. A. L.; SANTOS, A. G. D.; SOUZA, L. D.; CALDEIRA, V. P. S.; JÚNIOR, G. E. L.; ARAÚJO, A. S. **Síntese e Caracterização de Biodiesel de Sebo Bovino e de sua Mistura B10**. *Orbital: Electron. J. Chem.* 7 (1): 21-27, 2015. Disponível em: <<http://www.orbital.ufms.br/index.php/Chemistry/article/view/680>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SILVA, C. M. **Avaliação de novos genótipos de algodão colorido quanto ao teor de óleo da semente**. UEPB: Campina Grande, 2014. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/4656/1/PDF%20-%20Camila%20Macedo%20Silva.pdf>. Acesso em: 09 Mar. 2018

SILVA, G. A. M. **Síntese enzimática, caracterização físico-química e térmica de biodiesel de sebo bovino por rota etílica**. Livraria Digital da USP. Lorena, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97137/tde-20082013-092446/en.php>>. Acesso em: 06 jun 2017.

SILVA, L. D.; NASCIMENTO, I. G.; PAGANO, R. L.; RAMOS, A. L. D. **Modelagem cinética da reação de óleo de soja**. 16º Congresso brasileiro de catálise. 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/1584574/Downloads/16cbcat_ramos_ufs_modelagem.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SILVA, L. L. **Estudos de óleos residuais oriundos de processo de fritura e qualificação desses para obtenção de monoésteres (biodiesel)**. Maceió: UFAL, 2008. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/409/1/Estudos%20de%20%20C3%B3leos%20residuais%20oriundos%20de%20processo%20de%20fritura%20e%20qualifica%C3%A7%C3%A3o%20desses%20para%20obten%C3%A7%C3%A3o%20de%20mono%20%C3%A9steres%20%28Biodiesel%29.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SILVA, O. C. **Análise do Aproveitamento Econômico e Energético do Óleo de Palma na Guiné-Bissau na Perspectiva do Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: USP, 1997. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-18012012-165022/pt-br.php>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SILVA, P. R. F. da; FREITAS, T. F. S. de. **Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.3, p.843-851, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/cr/v38n3/a44v38n3.pdf>>. Acesso em: 14 Jun. 2016.

SOARES, L. H. de B.; ARAÚJO, E. da S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. **Eficiência Energética comparada das culturas do girassol e soja, com aptidão para a produção de biodiesel no Brasil**. Circular Técnica 25. Seropédica, RJ, Novembro, 2008. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/35704/1/cit025.pdf>>. Acesso em: 03 jun 2017.

SNA. Sociedade Nacional de Agricultura. **Consumo e produção de biodiesel registram queda em 2016**. 2016. Disponível em: <<http://www.sna.agr.br/consumo-e-producao-de-biodiesel-registram-queda-em-2016/>>. Acesso em: 17 Abr. 2018.

SOUZA, C. A. **Sistemas catalíticos na produção de biodiesel por meio de óleo residual**. An. 6. Enc. Energ. Meio Rural 2006. Disponível em:

<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000200040&script=sci_arttext>. Acesso em: 05 jun 2017.

SOUZA, C. D. R.; CHAAR, J. S.; SOUZA, R. C. R.; JEFFREYS, M. F.; SOUZA, K. S. COSTA, E. J. C.; SANTOS, J. C. **Caracterização físico-química das misturas binárias de biodiesel e diesel comercializados no Amazonas**. ACTA amazônica, vol. 39(2) 2009: 383 - 388. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v39n2/v39n2a17.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

SOUZA, F. P. **O mercado da carne bovina no Brasil**. Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient. Curitiba, v. 6, n. 3, p. 427-434, jul./set. 2008. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hhA84mVPCb8J:www2.pucpr.br/reol/index.php/ACADEMICA%3Fdd1%3D2569%26dd99%3Dpdf+%&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

SOUZA, L. A. **Poder Calorífico de Combustíveis**. Mundo Educação. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/poder-calorifico-combustiveis.htm>>. Acesso em: 06 fev. 2018.

SOUZA, T. B. **Revisão da equação de cálculo de índice de cetano para as características do diesel comercializado no Paraná**. UFPR: Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/143.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2018.

SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, A. L. F.; RODRIGUES, J. P.; ALVES, M. B. **Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los**. Quím. Nova, vol. 32, no.3, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300020>. Acesso em: 01 fev. 2018.

TRIPATHI, M. SAHU, J. N. GANESAN, P. **Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review**. Review Article. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 55, March 2016, Pages 467-481. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115012010>>. Acesso em: 05 janeiro 2018.

TULCAN, O. E. P. **Estudo do desempenho do grupo motor-gerador alimentado com diferentes misturas diesel-biocombustíveis e avaliação de emissões**. Niterói: UFF, 2009. Disponível em: <http://www.mec.uff.br/pdfteses/OscarEdwinPiambaTulcan2009.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2018.

UBRABIO. União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene. **Resolução BNDES nº 1.135/2004 - Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel**. 2018. Disponível em: <http://www.ubrablo.com.br/1891/noticias/resolucaobndesn11352004programadeapoiofinancieiro_142939/>. Acesso em: 11 mar. 2018.

URIBE, R. A. M.; ALBERCONI, C. H.; TAVARES, B. A. **Produção de biodiesel a partir do sebo bovino: viabilidade econômica e métodos de produção**. X Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro, 08 a 09 Ago. 2014. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T14_0356_16.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. Foreign Agricultural Service Circular Series WAP 07-17 July 2017. Disponível em <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acessado em 04 Ago 2017.

VARÃO, L. H. R.; SILVA, T. A. L.; ZAMORA, H. D. Z.; PASQUINI, D. **Vantagens e limitações do sebo bovino enquanto matéria-prima para a indústria brasileira de biodiesel**. Holos, Ano 33, Vol 07. 2017. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/5010/pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

VIEIRA, G. E. G.; ALEXANDRE, G. P. **Tratamento, caracterização e obtenção de bio-óleo combustível a partir da pirólise termocatalítica de lodo de esgoto doméstico – uma revisão**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 15, n. 23, p. 01-104, jan./jun. 2014. Disponível em: [http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2015,%20n.%2023%20\(2014\)/06.%20Bio-%F3leo.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2015,%20n.%2023%20(2014)/06.%20Bio-%F3leo.pdf). Acesso em: 02 fev. 2018.

VIEIRA, G. L. G.; NUNES, A. P.; TEIXEIRA, L. F. COLEN, A. G. N. **Biomassa: uma visão dos processos de pirólise**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 15, n. 24, p. 105-212, jul./dez. 2014. Disponível em: [http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2015,%20n.%2024%20\(2014\)/5%20-%20Biomassa.pdf](http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%2015,%20n.%2024%20(2014)/5%20-%20Biomassa.pdf). Acesso em: 26 fev. 2018.

VIEIRA, S. S. **Produção de Biodiesel via esterificação de ácidos graxos livres utilizando catalisadores heterogêneos ácidos**. Lavras: UFLA, 2011. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2525/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20biodiesel%20via%20esterifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1cidos%20graxos%20livres%20utilizando%20catalisadores%20heterog%C3%AAneos%20%C3%A1cidos.pdf. Acesso em: 26 fev. 2018.

VILAÇA, M. L. C. **Pesquisa e ensino: considerações e reflexões**. E-escrita. Revista do Curso de Letras da UNIABEU Nilópolis, v. I, Número 2, Mai. -Ago. 2010. Disponível em: http://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RE/article/viewFile/26/pdf_23. Acesso em: 01 Ago. 2017.

ZEN, S.; MENEZES, S. M.; CARVALHO, T. B. **Perspectivas de consumo de carne bovina no Brasil**. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. 2008. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/560.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2018.

ZIMMERMANN, C. L. **Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar**. Veredas do Direito, Belo Horizonte, v.6 n.12 p.79-100 Julh-Dezembro de 2009. Disponível em: <http://domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/viewFile/21/133>. Acesso em: 31 jul 2017.

ZUNIGA, A. D. G.; PAULA, M. M.; COIMBRA, J. S. R.; MARTINS, E. C. A.; SILVA, D. X.; TELIS-ROMERO, J. **Revisão: propriedades físico-químicas do biodiesel**. Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente, Curitiba, v. 21, p. 55-72, jan./dez. 2011. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/pesticidas/article/view/25939/17311>. Acesso em: 01 fev. 2018.

ANEXO I

Relação das Empresas com Selo Combustível Social						
Nº.	Empresa	Município	UF	CNPJ	Concessão	Renovação
1	GRANOL Indústria, Comércio e Exportação S.A.	Anápolis	GO	50.290.329/0026-60	14/11/2006	28/12/2011
2	BARRALCOOL - Usina Barralcool S.A	Barra dos Bugres	MT	33.664.228/0001-35	26/03/2007	24/12/2012
3	OLEOPLAN S.A. – Óleos Vegetais Planalto	Veranópolis	RS	88.676.127/0002-57	04/05/2007	24/12/2012
4	CARAMURU Alimentos S.A	São Simão	GO	00.080.671/0003-71	03/07/2007	24/12/2012
5	GRANOL Indústria, Comércio e Exportação S.A.	Porto Nacional	TO	50.290.329/0084-30	19/07/2007	24/12/2012
6	BSBIOS Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A	Passo Fundo	RS	07.322.382/0001-19	01/08/2007	24/12/2012
7	FIAGRIL Ltda.	Lucas do Rio Verde	MT	02.734.023/0008-21	30/10/2007	24/12/2012
8	GRANOL Indústria, Comércio e Exportação S.A.	Cachoeira do Sul	RS	50.290.329/0061-43	12/11/2007	24/12/2012
9	JBS S.A.	Lins	SP	02.916.265/0133-00	12/11/2007	24/12/2012
10	PETROBRAS Biocombustível S.A.	Candeias	BA	10.144.628/0003-86	12/08/2008	30/12/2013
11	PETROBRAS Biocombustível S.A.	Quixadá	CE	10.144.628/0002-03	15/10/2008	30/12/2013
12	BIOCAMP Indústria e Comércio importação e Exportação de Biodiesel Ltda.	Campo Verde	MT	08.094.915/0001-15	13/02/2008	30/12/2013
13	PETROBRAS Biocombustível S.A.	Montes Claros	MG	10.144.628/0004-67	25/02/2009	30/12/2014
14	BIOPAR Produção de Biodiesel Parecis Ltda.	Nova Marilândia	MT	08.684.263/0001-79	28/05/2009	30/12/2014
15	Transportadora CAIBIENSE Ltda.	Rondonópolis	MT	75.817.163/0007-56	08/02/2010	28/12/2015
16	BSBIOS Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A	Marialva	PR	07.322.382/0004-61	20/05/2010	28/12/2015
17	OLFAR Indústria e Comércio de Óleos Vegetais Ltda.	Erechim	RS	91.830.836/0006-83	20/05/2010	28/12/2015
18	CARAMURU Alimentos S.A	Ipameri	GO	00.080.671/0021-53	12/11/2010	28/12/2015
19	DELTA Biocombustíveis, Indústria e Comércio LTDA.	Rio Brillhante	MS	11.513.699/0001-00	15/02/2011	29/12/2016
20	OLEOPLAN NORDESTE Indústria de Biocombustível Ltda.	Iraquara	BA	13.463.913/0003-58	12/04/2011	29/12/2016
21	BIO ÓLEO Indústria e Comércio de Biocombustível LTDA.	Cuiabá	MT	08.387.930/0001-51	16/05/2011	29/12/2016
22	SPBIO Indústria e Comércio de Biodiesel e Óleos Vegetais LTDA.	Sumaré	SP	05.164.528/0001-10	18/11/2011	29/12/2016
23	MINERVA S.A.	Palmeiras de Goiás	GO	67.620.377/0047-05	24/02/2012	
24	BREJEIRO Produtos Alimentícios Orlândia S/A Comércio e Indústria	Orlândia	SP	53.309.845/0001-20	24/02/2012	
25	ADM do Brasil Ltda.	Rondonópolis	MT	02.003.402/0024-61	24/02/2012	
26	BINATURAL Indústria e Comercio de Óleos Vegetais LTDA.	Formosa	GO	07.113.559/0001-77	23/05/2012	
27	BIANCHINI S.A., Indústria, Comércio e Agricultura.	Canoas	RS	87.548.020/0002-60	13/11/2012	
28	CARGILL Agrícola S.A.	Três Lagoas	MS	60.498.706/0294-81	13/11/2012	
29	BUNGE Alimentos S/A.	Nova Mutum	MT	84.046.101/0543-66	23/01/2013	
30	POTENCIAL Biodiesel LTDA.	Lapa	PR	12.613.484/0001-23	20/03/2013	
31	ADM do Brasil LTDA.	Joaçaba	SC	02.003.402/0046-77	10/05/2013	
32	FUGA COUROS S.A.	Camargo	RS	91.302.349/0016-10	10/05/2013	
33	BOCCHI Indústria, Comércio, Transporte e Beneficiamento de Cereais LTDA.	Muitos Capões	RS	02.987.873/0010-56	12/09/2013	
34	NOBLE Brasil S.A.	Rondonópolis	MT	06.315.338/0026-77	22/11/2013	
35	TRÊS TENTOS Agroindustrial S.A.	Ijuí	RS	94.813.102/0017-37	24/03/2014	
36	CESBRA Química Ltda.	Volta Redonda	RJ	08.436.584/0001-54	09/03/2015	
37	PETROBRÁS Biocombustíveis S/A.	Guamaré	RN	10.144.628/0005-48	17/07/2015	
38	OLFAR S/A. – Alimento e Energia	Porto Real	RJ	91.830.836/0040-84	11/05/2017	
39	CARAMURU Alimentos S.A	Sinop	MT	00.080.671/0026-68	15/01/2018	

Atualizado em: 19/01/2018

