

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

BIODIESEL NO MERCADO BRASILEIRO

Wendell Lucas Silveira da Costa

Orientador: Prof. MSc. Claudenir Facincani Franco

Trabalho apresentado a Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal - Fatec, para obtenção do título de Tecnólogo em Biocombustíveis.

**Jaboticabal – SP
2º Semestre/2012**

Costa, Wendell Lucas Silveira
B664a Biodiesel no Mercado Brasileiro
Wendell Lucas Silveira da Costa.— Jaboticabal : Fatec, 2012.
56 f.

Orientador: Claudenir Facincani Franco

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em
Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, 2012.

1. Biocombustíveis. 2. Diesel. 3 Renovável.
CDU 665.33

Curso de Tecnologia em Biocombustíveis

TÍTULO: BIODIESEL NO MERCADO BRASILEIRO

AUTOR: WENDELL LUCAS SILVEIRA DA COSTA

ORIENTADOR: PROF. MSC. CLAUDENIR FACINCANI FRANCO

Trabalho de Graduação aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências para conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, apresentado à FATEC-JB para a obtenção do título de Tecnólogo.

CLAUDENIR FACINCANI FRANCO

VITOR CORRÊA DE MATTOS BARRETTO

JÚLIO CESAR DE SOUZA

Data da apresentação: 21 de Dezembro de 2012.

Presidente da Comissão Examinadora

Ter fé em si mesmo e na sua capacidade de conseguir e nunca, jamais desistir é o mais importante.

Dedico a minha mãe, Sandra Aparecida Silveira da Costa.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força concedida nos momentos de dificuldade e angústia.

Agradeço ao Prof. Dr. Claudenir Facincani Franco pelos conselhos.

Ao corpo docente desta instituição de ensino, pela dedicação e comprometimento em formar profissionais.

A Banca examinadora.

A minha família pela compreensão e apoio.

Aos meus amigos Arthur, Willian, Jorge, Guilherme, Léo, Guilherme pelo apoio.

A minha namorada Maria Lígia, que me ajudou do começo ao fim, me apoiando muito.

Sumário

LISTA DE ABREVIATURAS	IX
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE FIGURAS	XI
ABSTRACT.....	XIII
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO.....	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Biodiesel.....	15
3.2 Matérias-primas para produção de biodiesel.....	18
3.2.1 Soja.....	21
3.2.2 Amendoim.....	22
3.2.3 Girassol	23
3.2.4 Dendê/Palma	24
3.2.5 Canola/ Colza	24
3.2.6 Babaçu.....	25
3.2.7 Mamona.....	26
3.2.8 Algodão	26
3.3 Reação de transesterificação	27
3.3.1 Metanol	28
3.3.2 Etanol	29
3.4 Uso do Motor Diesel	29
3.5 Combustíveis.....	30
3.6 Propriedades.....	31
3.6.1 Poder calorífico	31
3.6.2 Ponto de fulgor	32
3.6.3 Impactos causados pelo biodiesel no motor ciclo diesel	32
3.6.3.1 Emissões de gases	32
3.6.3.2 Desempenho do biodiesel.....	34
3.6.3.3 Consumo de Combustível	35
3.6.3.4 Potência do motor.....	37
3.7 Mercado Nacional de Biodiesel	39
3.7.1 Formação de preços.....	40
3.7.2 Estrutura Industrial	42
3.7.3 Logística.....	43
3.7.4 Visão geral da produção de Biodiesel	44
3.7.5 Perspectivas do mercado	45
3.8 Mercado Internacional de Biodiesel.....	46
3.8.1 O Biodiesel na Alemanha.....	46
3.8.2 O Biodiesel na Italia.....	47
3.8.3 O Biodiesel na França	47

3.8.4 O Biodiesel nos Estados Unidos	48
3.8.5 Biodiesel no Canadá.....	48
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANP - Agência Nacional de Petróleo

ASTM - American Society for Testing and Materials

CEN - Comité Européen de Normalisation

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CO - Monóxido de Carbono

CO₂ - Dióxido de Carbono

CV – Cavalos a vapor

EUA - Estados Unidos da América

HC - Hidrocarbonetos

ISO - International Organization for Standardization

LDL - Proteínas de Baixa Densidade

MP - Material Particulado

NO - Óxido Nítrico

NO₂ - Dióxido de Nitrogênio

NO_x - Óxido de Nitrogênio

OGR - Óleos de Gorduras Residuais

PIB – Produto Interno Bruto

PNPB - Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel

RPM - Rotações por Minuto

SO_x – Óxido de Enxofre

UE - União Européia

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características de culturas oleaginosas no Brasil.....	19
Tabela 2 - Produção Brasileira de Biodiesel e Participação percentual dos estados produtores, 2005 a 2010.....	40
Tabela 3 – Comparação de preços entre diesel e biodiesel de 2005 a 2009.....	41
Tabela 4 - Evolução dos preços nos leilões de compra de Biodiesel entre 2005 e 2010.	42
Tabela 5 - Capacidade e grau de verticalização das empresas produtoras de biodiesel.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa das regiões e das culturas para produção de biocombustível.....	20
Figura 2 – Matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel	21
Figura 3 - Reação de Transesterificação	27
Figura 4 – Desempenho do motor comparado entre diesel e B100.....	35
Figura 5 – Desempenho do motor comparado entre diesel e B20.....	36
Figura 6 – Consumo específico e potência comparados entre diesel e biodiesel proveniente de óleo de gorduras residuais.....	37
Figura 7 – Potência do motor em comparação entre diesel e B 100	38
Figura 8 – Potência do motor em comparação entre diesel e B20	39
Figura 9 - Localização empresas produtoras de Biodiesel	44
Figura 10 – Capacidades de produção de biodiesel no País.....	45

RESUMO

Há alguns anos o assunto biodiesel passou a ser discutido pela sociedade, quando foi decretada a mistura obrigatória de 2% no diesel. Mas, por trás de um simples biocombustível de origem renovável, existem uma série de pesquisas em cima de um dos principais biocombustíveis da atualidade. Oriundo de diversas matérias-primas de fácil cultivo, e oferecendo um descarte adequado à resíduos gordurosos, o biodiesel ainda pode ser produzindo de etanol da cana-de-açúcar, e até mesmo microalgas. Apesar de apresentar grandes vantagens, o biodiesel encontra alguns obstáculos: os motores movidos à diesel já existentes sofrem alterações quando utilizados com tal biocombustíveis, sendo que os custos para produção em larga escala podem ser elevados, em relação ao diesel. Logo, as misturas de biodiesel ao diesel têm sido bastante estudadas, mostrando que a mistura B20 tem apresentado resultados satisfatórios, tanto para motor, quanto para o custo, sendo uma alternativa sustentável para a diminuição do uso de combustíveis fósseis.

Palavras-chave: Biocombustíveis, Diesel, Renovável.

ABSTRACT

BIODIESEL IN THE BRAZILIAN MARKET

A few years ago it became biodiesel discussed by society, when it was decreed mandatory blending of 2% in diesel. But behind a simple biofuel from renewable sources, there are a series of surveys over a major biofuels today. Originally from several raw materials easy to grow, and providing a proper disposal of grease, biodiesel may still be producing ethanol from sugar cane, and even microalgae. Despite showing great advantages, biodiesel meets some obstacles: the engines powered by diesel existing unchanged when used with such biofuels, and costs for large-scale production can be high, compared to diesel. Therefore, mixtures of biodiesel to diesel have been widely studied, showing that the B20 blend has presented satisfactory results for both motor and for the cost, as a sustainable alternative to reduce the use of fossil fuels.

Key-works: biofuels, diesel, renewable.

1 INTRODUÇÃO

Desde o século passado, os combustíveis derivados de petróleo têm sido a principal fonte de energia mundial. No entanto, previsões de que esse recurso chegue ao fim, somadas às crescentes preocupações com o ambiente, têm investigado a busca de fontes de energia renovável (GHASSAN *et al.*, 2003).

O constante aumento da demanda por fontes de energia, as mudanças climáticas causadas pelo aquecimento da atmosfera e o esgotamento das reservas de petróleo de fácil extração, aliado a um desenvolvimento socioeconômico mais intenso, sobretudo nos países em desenvolvimento, têm incentivado a utilização de insumos renováveis, que possam substituir, ao menos parcialmente, os combustíveis de origem fóssil como petróleo, carvão e gás natural. O limite ao uso dos combustíveis fósseis não vai se dar somente pelo esgotamento das reservas, mas também pela redução da capacidade ambiental do planeta de absorver os gases oriundos de sua combustão (MOTA *et al.*, 2009).

O transporte é um dos maiores responsáveis pela emissão de poluentes atmosféricos, uma vez que depende da combustão de derivados do petróleo como gasolina e óleo diesel. De toda energia primária consumida no mundo em 1999, 43% veio do petróleo, e desta parcela, 58% destinou-se ao setor de transporte. Em 2003, cerca de 50% da energia consumida no país proveio de fontes fósseis, como óleo e seus derivados. O transporte foi a origem de praticamente metade desse total (MOTA *et al.*, 2009).

O uso de óleos vegetais como substituto do óleo diesel tem sido alvo de pesquisas nacionais e internacionais há muitos anos. Por possuírem alto índice de cetano e um poder calorífico elevado, teoricamente, seu uso *in natura* se presta bem para a queima em motores do ciclo Diesel, como pressupunha o próprio inventor deste motor, que em 1900 apresentou um modelo capaz de queimar óleo de amendoim (LOVATELLI, 2001).

As crescentes emissões de dióxido de carbono oriundas da queima de combustíveis fósseis estão alterando o clima global. Se nada for feito para conter o aquecimento da atmosfera, até o fim do século XXI, as mudanças significativas no nível dos mares, que irão

afetar toda a vida na Terra. Uma das alternativas mais prementes para minimizar este problema são os biocombustíveis. Por terem origem vegetal, eles contribuem para o ciclo do carbono na atmosfera e por isto são considerados renováveis, já que o CO₂ emitido durante a queima é reabsorvido pelas plantas que irão produzi-lo, causando um impacto muito menor no aquecimento do planeta, pois no balanço total diminuem as emissões de CO₂. O Brasil é um dos pioneiros no uso deste tipo de combustível já utilizando o álcool etílico, oriundo da fermentação da cana-de-açúcar, desde a década de 1970 (MOTA *et al.*, 2009).

A aplicação de biodiesel como combustível tem apresentado um potencial promissor no mundo inteiro, sendo um mercado que cresce aceleradamente devido, em primeiro lugar, a sua descomunal colaboração ao meio ambiente, com o decréscimo qualitativo e quantitativo dos níveis de poluição ambiental, principalmente nos grandes centros urbanos. Em segundo lugar, como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo. Assim, países como França, Áustria, Alemanha, Bélgica, Reino Unido, Itália, Holanda, Finlândia, Estados Unidos, Japão e Suécia vêm investindo significativamente na produção e viabilização comercial do biodiesel, através de unidades de produção com diferentes capacidades e também se pode dizer que para o Brasil esta é uma tecnologia bastante adequada, devido à disponibilidade de óleo de soja e de álcool etílico derivado da cana-de-açúcar. No entanto, a comercialização do biodiesel ainda apresenta alguns gargalos tecnológicos, surgindo como obstáculos para sua comercialização o preço da matéria-prima e os custos operacionais (FERRARI *et al.*, 2005).

O Brasil consome cerca de 35 milhões de t/ano de óleo diesel, assim, com ampliação deste mercado a economia de petróleo importado seria expressiva, podendo inclusive minimizar o déficit de nossa balança de pagamentos. Além disso, no processo de transesterificação resulta como subproduto a glicerina, sendo seu aproveitamento outro aspecto importante na viabilização do processo de produção do biodiesel, fazendo com que ele se torne competitivo no mercado de combustíveis (FERRARI *et al.*, 2005).

A maior parte do biodiesel atualmente produzido no mundo deriva do óleo de soja, utilizando metanol e catalisador alcalino, porém, todos os óleos vegetais, enquadrados na categoria de óleos fixos ou triglicerídeos, podem ser transformados em biodiesel (FERRARI *et al.*, 2005).

2 OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo estudar o mercado nacional da produção de biodiesel, apresentando seus grandes desafios e priorizando o potencial brasileiro para o aumento da produção de biocombustíveis.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Biodiesel

O engenheiro Rudolph Diesel, há mais de 100 anos, utilizou em seus ensaios óleo de amendoim como combustível (KNOTHE *et al.*, 2005). Atualmente, o uso dos óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante, mas tais óleos podem, no decorrer do tempo, ser tão importantes quanto o petróleo.

O processo para fazer combustível a partir da biomassa usado desde 1800 é praticamente o mesmo usado na atualidade. Em 1898, quando Rudolph Diesel demonstrou pela primeira vez seu motor de ignição por compressão na Exibição Mundial em Paris, ele usou óleo de amendoim – aquele que seria o biodiesel original. Os óleos vegetais foram usados nos motores diesel até a década de 1920 quando uma alteração foi feita nos motores, possibilitando o uso de um resíduo do petróleo que atualmente é conhecido como diesel ou petrodiesel (COSTA e ROSSI, 2000).

Diesel não foi o único inventor a acreditar que os combustíveis de biomassa seriam fundamentais na indústria do transporte. Henry Ford desenhou seus veículos para usar etanol, sendo o primeiro o Modelo T de 1908. Ford estava convencido que os combustíveis renováveis eram a chave do sucesso dos seus automóveis, de tal forma que construiu uma fábrica para produzir etanol e formou uma parceria com a Standard Oil para vender nos seus postos de distribuição. Com o crescimento da indústria do petróleo, a Standard Oil dedicou-se ao trabalho com combustíveis fósseis. Ford continuou a promover o uso do etanol até a década de 1930. A indústria do petróleo derrubou as vendas de biocombustíveis e em 1940 a usina de álcool foi fechada devido aos baixos preços do petróleo (COSTA e ROSSI, 2000)

Desta forma, nos anos 70, o mundo era dependente dos países produtores e

exportadores de petróleo. Em 1973 o mundo experimentou a primeira de duas grandes crises energéticas. A OPEP, organização constituída majoritariamente por países do oriente médio, e que controla a maior parte do petróleo no mundo, reduziu o fornecimento e incrementou os preços. Esse fato levou muita gente a fazer seu próprio biocombustível (COSTA e ROSSI, 2000).

No começo do século XX, ficou comprovado que a utilização de óleos vegetais sem qualquer modificação causava problemas ao funcionamento dos motores. O uso prolongado desses óleos, devido a uma combustão incompleta, produzia depósitos carbonosos nos motores, provocando a adesão dos anéis, assim como o entupimento dos injetores, o que conduzia, eventualmente, à falha geral dos motores. Esses problemas puderam ser contornados por convenientes modificações nos óleos, que originaram os diversos tipos de biodiesel. Tais processos podem ser caracterizados como de pirólise, de transesterificação com catalisador alcalino ou com catalisador ácido. Na atualidade, o método mais difundido é o de transesterificação com catalisador alcalino (RANESES *et al.*, 1999).

Biodiesel é a denominação genérica dada a combustíveis e aditivos de fontes renováveis. Comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Além disso, reduz em 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre. É importante frisar que o biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação (LIMA, 2004).

Quimicamente, a Sociedade Americana para Testes e Materiais (*American Society for Testing and Materials - ASTM*), define biodiesel como ésteres alquílicos de ácidos carboxílicos de cadeia longa, provenientes de fontes renováveis como óleos vegetais ou gorduras animais derivada de lipídio agrícola renovável, como óleos vegetais ou gordura animal. “Bio” representa sua propriedade renovável, contrastando com o combustível tradicional à base de petróleo, conhecido por diesel (ZHANG *et al.*, 2003).

De acordo com Meirelles, 2003, o primeiro relato que se tem sobre biodiesel no Brasil é nos anos 60 nas Indústrias Matarazzo, onde experiências realizadas para obtenção de óleo comestível do café, gerou um fenômeno na reação do álcool de cana-de-açúcar com o óleo, redundando em éster etílico, ou biodiesel como é chamado hoje.

Uma inovação foi o processo de extração semi-contínua de óleos vegetais, seguida da transesterificação com etanol anidro comercial. Sementes de soja, amendoim e colza foram moídas, condicionadas a 4% de umidade e extraídas em contracorrente com álcool anidro

comercial (99,5%) a 78°C. Experimentos realizados com óleos de alta acidez também foram feitos com intuito de tornar o preço do biodiesel competitivo. Os óleos seriam aproveitados de sementes estragadas ou da acidulação de borras de neutralização, resultantes da neutralização alcalina de óleos comestíveis (SZPIZ *et al.*, 1984).

É importante frisar que o biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação (DIAS, 2007).

Um dos maiores obstáculos técnicos à sua utilização, particularmente em regiões de clima frio, é o seu desempenho a baixas temperaturas. O ponto de névoa e o ponto de solidificação estão associados à cristalização do óleo, o que influencia negativamente o sistema de alimentação do motor, bem como o filtro de combustível, sobretudo quando o motor é acionado sob condições de baixas temperaturas (FERRARI *et al.*, 2005).

O biodiesel produzido a partir de fontes graxas ricas em insaturações exibe algumas restrições no tocante a sua estabilidade, notadamente quando permanece estocado ou é transportado na ausência de cuidados especiais. Essa classe de biodiesel, como o de soja, algodão, pinhão manso, ou nabo forrageiro, degrada-se com facilidade quando exposto a ação conjugada da umidade, oxigênio ou da temperatura (CAVALCANTI, 2009).

Tais alterações podem afetar propriedades essenciais, como o índice de acidez e índice de peróxido, que irão influenciar a qualidade do combustível (DUNN, 2002). Essas alterações são devido a reações de natureza hidrolítica, microbiológica e oxidativa desses processos degenerativos (LUTTERBACH, 2006).

A degradação do biodiesel pode provocar sérios danos aos motores e seus componentes como, por exemplo, o entupimento da bomba injetora de combustível (TERRY, 2006).

Além da exposição ao ar atmosférico, a degradação do biodiesel também é provocada pela presença de impurezas como metais, partículas sólidas, produtos de degradação e microorganismos, além da exposição à luminosidade e altas temperaturas. A degradação oxidativa é um dos principais processos em que está sujeito o biodiesel, podendo afetar sua qualidade, aumentando a acidez e a viscosidade e gerando compostos indesejados. Dependendo da matéria-prima, o biodiesel pode conter mais ou menos ácidos graxos insaturados em sua composição, que são suscetíveis a reações de oxidação aceleradas pela exposição ao oxigênio ou altas temperaturas, podendo resultar na liberação de radicais livres e na produção de compostos poliméricos prejudiciais ao motor. A adição de antioxidantes aumenta a estabilidade do biodiesel, contudo ele continua degradando numa velocidade mais

lenta (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010).

3.2 Matérias-primas para produção de biodiesel

As matérias-primas que podem ser utilizadas para a produção de biodiesel são: óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais. Dentre as fontes alternativas para extração do óleo vegetal, com potencial para serem utilizadas na produção de biodiesel são: baga de mamona, polpa de dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da Bahia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro. Entre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outros. Os óleos e gorduras residuais, resultantes de processamento doméstico, comercial e industrial também podem ser utilizados como matéria-prima. As fontes de gorduras residuais podem ser: lanchonetes, restaurantes, cozinhas industriais, indústrias onde ocorre a fritura de produtos alimentícios, os esgotos municipais onde a nata é rica em material graxa, águas residuais de processos de indústrias alimentícias (HOLANDA, 2004).

Nogueira *et al.*, 2005, demonstrou algumas características de culturas oleaginosas, que possuem potencial para produção energética, apresentadas na tabela a 1.

Tabela 1 – Características de algumas culturas oleaginosas no Brasil

Espécie	Origem do óleo	Teor do óleo (%)	Rendimento (t óleo/ha)
Dendê/ Palma	Amêndoa	22,0	3,0 – 6,0
Coco	Fruto	55,0 – 60,0	1,3 – 1,9
Babaçu	Amêndoa	66,0	0,1 – 0,3
Girassol	Grão	38,0 – 48,0	0,5 – 1,9
Colza/Canola	Grão	40,0 – 48,0	0,5 – 0,9
Mamona	Grão	45,0 – 50,0	0,5 – 0,9
Amendoim	Grão	40,0 – 43,0	0,6 – 0,8
Soja	Grão	18,0	0,2 – 0,4
Algodão	Grão	15,0	0,1 – 0,2

Fonte: Nogueira *et al.*, 2005.

No Brasil as iniciativas com os biocombustíveis são marcadas pela implementação do pró-álcool na década de 1970, um programa de amplo apoio à produção e uso de etanol de cana-de-açúcar e, recentemente, o biodiesel, por meio do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) (MARTINS, 2009).

Esse programa traz em seu marco regulatório premissas claras de inclusão social, desenvolvimento regional e geração de renda. Para tanto, criou instrumentos de incentivo à produção de matérias-primas para o biodiesel baseada na agricultura familiar com elementos diferenciados para cada região e ênfase no norte e nordeste brasileiro (MARTINS, 2009).

Os desdobramentos iniciais do PNPB apontam a soja como principal fonte de matéria-prima. O predomínio da soja, segundo Abramovay e Magalhães (2007), oferece alguns inconvenientes: baixo teor de óleo, concorrência com óleo comestível, dependência do preço do farelo, além da produção em grandes extensões de terra e expressivos investimentos o que pouco favorece a inclusão da agricultura familiar. Por outro lado, a participação de matérias-primas mais adequadas à agricultura familiar, como por exemplo, a mamona, é muito

pequena. Coloca-se, então, o desafio para que futuramente o PNPB se desenvolva dentro das suas expectativas iniciais e vigentes que se resume na busca por matérias-primas ideais (MARTINS, 2009).

Sendo assim, a produção de biodiesel deve respeitar a especificidade de cada região produzindo o que, de certa maneira, lhe proporcionará uma maior vantagem comparativa (HOLANDA, 2004).

Abaixo, a Figura 1 apresenta as regiões brasileiras e suas respectivas potencialidades de matérias-primas para produção de biodiesel.

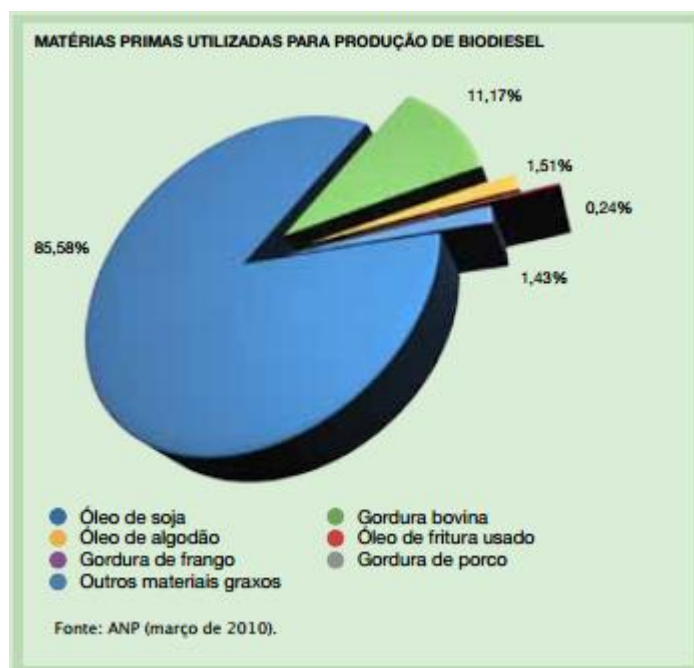
Figura 1 – Mapa das regiões e das culturas para produção de biocombustível.



Fonte: Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais/ Adaptado pelo Departamento Econômico da FAESP, 2005.

Na Figura 2, são descritas as matérias-primas mais utilizadas no Brasil para a produção de biodiesel, dando enfoque para óleo de soja e gordura bovina.

Figura 2 – Matérias-primas utilizadas para produção de biodiesel



Fonte: ANP, 2010.

3.2.1 Soja

A cultura da soja foi introduzida no Brasil em 1908, passando a ser produzida comercialmente a partir de 1936 no Rio Grande do Sul. Na década de 1950, o Estado do Paraná, também passa a produzir o grão, assim como São Paulo, como adubo verde nas áreas de renovação de cafezais. Na década seguinte o plantio se expande de forma restrita em outras regiões do sudeste e do sul do Brasil (ZOCKUN, 1980).

Na década de 1970 ocorre o crescimento extraordinário da produção de soja, contando com incentivos do governo federal por meio de políticas públicas voltadas para a produção nacional de bens exportáveis e com maior valor agregado; beneficiando culturas processadas internamente e que apresentavam grande demanda externa como, por exemplo, a soja, uma das culturas essenciais nesse cenário de demanda mundial crescente para um grão que podia ser transformado industrialmente em óleo e farelo (SANTOS & BACHA, 2003).

Nota-se então, que a produção da soja está bem estruturada no país, resultado de mais de quarenta anos de investimentos financeiros e tecnológicos, portanto dispõe de uma ampla infraestrutura de produção, armazenamento, transporte, processamento e consumo (MARTINS, 2009).

Segundo Campos e Carmélio, 2009, o PNPB não descarta o grande potencial da utilização da soja, para produção de biodiesel, em vista que 13% da produção brasileira são suficientes para suprir a demanda necessária para atender à mistura de 2% de biodiesel no diesel, consumido em todo país.

Nesse sentido, segundo ANP, 2009, a soja responde por 71,16% da produção brasileira de biodiesel e conta ainda com um parque industrial de esmagamento da ordem de 44 milhões de toneladas por ano ou 8,5 milhões de toneladas de óleo por ano.

3.2.2 Amendoim

A produção de amendoim no Brasil teve grande importância até o início dos anos 70, ocupando papel de destaque no suprimento interno de óleo vegetal e na exportação de subprodutos. A prosperidade da cultura foi afetada por diversos fatores políticos, tecnológicos e mercadológicos, levando à redução do cultivo nacional e modificação no perfil do mercado (FREITAS *et al.*, 2005).

A produção na década de 70 estava quase que totalmente concentrada nos estados de São Paulo e Paraná, responsáveis por 90% da produção nacional, distribuída de forma a atender a demanda para alimentação animal, através do farelo e de óleo vegetal para consumo direto ou industrialização de produtos. Foi nessa década que ocorreu a expansão da sojicultura, beneficiada por fatores político-econômicos, alterando o perfil da produção e consumo de amendoim no Brasil (FREITAS *et al.*, 2005).

O amendoim é uma planta bem adaptada tanto no trópico úmido quanto no semiárido e suas exigências hídricas variam ao longo do ciclo da cultura. Cada tipo de região, semiárida ou úmida, exigirá uma escolha cuidadosa por parte do agricultor quanto ao cultivar, sistema de plantio, práticas culturais, local e época de plantio (NOGUEIRA & TÁVORA, 2005).

Quanto aos aspectos nutricionais, o amendoim é rico em óleo, proteínas, vitaminas E, B e complexos minerais. Um amendoim cultivado em clima semiárido apresenta teor de óleo

reduzido, alto teor de proteína e sementes adocicadas. A farinha desengordurada pode ser utilizada na fabricação de subprodutos alimentares, constituindo um alimento muito rico nutricionalmente (FREIRE *et al.*, 2005).

O teor de óleo no amendoim varia conforme a cultivar, tendo valor médio de 44% (MORETTO & FETT, 1998).

3.2.3 Girassol

Não há uma data precisa do início do cultivo de girassol no Brasil, mas provavelmente se deu na época da colonização da região sul, no final do século XIX, quando os colonos europeus trouxeram sementes da planta, consumidas torradas ou em forma de chá (Pelegrini, 1985 citado por DALL'AGNOL, VIEIRA & LEITE, 2005).

O primeiro cultivo comercial tem data de 1902, em São Paulo, quando se deu a primeira distribuição de sementes pela Secretaria da Agricultura (Ungaro, 1982 citada por DALL'AGNOL, VIEIRA & LEITE, 2005).

Na década de 20, um artigo mostrava a cultura como ótimo alimento para o gado leiteiro e também nessa mesma época já era mencionada a extração do óleo por prensagem. Nos anos 30, a cultura foi denominada de polivalente, sendo indicado para forragem, silagem, mel, sementes para óleo e para alimentação de aves (Ungaro, 1982 citada por DALL'AGNOL, VIEIRA & LEITE, 2005).

O girassol é uma planta anual, formada por haste contendo uma inflorescência em seu ápice. O sistema radicular é do tipo pivotante, proporcionando alta capacidade explorativa da planta, mobilizando grande volume de solo. Embora não seja uma planta tolerante à falta de água, o girassol apresenta bom rendimento em locais onde outras plantas seriam prejudicadas, graças ao seu sistema radicular profundo e ramificado (UNGARO, 2001).

As oleaginosas anuais, como o girassol, estão sendo bastante utilizadas nas rotações de culturas, devido à boa capacidade de ajuste à exploração agrícola de culturas com diferentes necessidades e peculiaridades. O girassol influencia a rentabilidade das culturas subsequentes, agindo como reciclador de nutrientes, atacando alelopaticamente as plantas invasoras e daninhas, melhorando as características físicas do solo (UNGARO, 2001).

É uma cultura que se adapta bem a diversos ambientes, tolerando temperaturas baixas e períodos de estresse hídrico. O girassol é uma espécie insensível ao fotoperíodo, podendo

algumas cultivares comportarem-se como plantas de dia curto e outras de dia longo. A germinação é inibida em solos com temperaturas inferiores a 4⁰C, tendo o máximo entre 6 e 23⁰C, voltando a cair para temperaturas superiores a 25⁰C. O consumo de água parte de valores próximos a 0,5 mm/dia alcançando valores de 8 mm/dia, na fase de enchimento dos grãos (CASTRO & FARIAS, 2005).

3.2.4 Dendê/Palma

O dendê deixou de ser simples fruto e passou a ser mais que um complemento, tornando - se o ingrediente principal, conforme Gomensoro, 1999, o dendê é um fruto do dendezeiro (*Elais guineensis Jaquim*), palmeira de origem africana, da família das areceaceas, que recobre largas áreas do estado da Bahia. O dendezeiro produz o azeite - de - dendê, azeite - de - dendê ou óleo de palma, responsável por um importante bem para a saúde, pois é riquíssimo em vitamina A, vitamina E, vitamina do complexo B, atua como antioxidantes, rico em betacaroteno e niacina. O óleo é apropriado para fabricação de margarina pela sua consistência e por não rancificar, excelente como óleo de cozinha e frituras, sendo também utilizado na produção de manteiga vegetal, apropriada para fabricação de pães, bolos, tortas, biscoitos finos, cremes etc. O maior uso do óleo de dendê é como matéria prima na fabricação de sabões, sabonetes, sabão em pó, detergentes e amaciantes de roupas, podendo ainda ser utilizado como combustível em motores diesel, embora seja muito caro.

Através dessa diversidade de produtos em que o dendê se concretiza, acaba ampliando a visão para seu uso, pois ao pensar que sua utilidade é apenas para cozinha, acaba se surpreendendo e mudando com isso seus conceitos para esse fruto de pequeno porte (SOUTO, 2010).

3.2.5 Canola/ Colza

Os grãos de canola produzidos no Brasil possuem em torno de 24 a 27% de proteína e de 34 a 40% de óleo. Canola é um termo genérico internacional, não uma marca registrada industrial - como antes de 1986 - cuja descrição oficial é "... um óleo que deve conter menos

de 2% de ácido erúxico e cada grama de componente sólido da semente seca ao ar deve apresentar o máximo de 30 micromoles de glucosinolatos" (Embrapa Trigo, 2004).

O óleo de canola é um dos mais saudáveis, pois possui elevada quantidade de Ômega-3 (reduz triglicerídeos e controla arteriosclerose), vitamina E (antioxidante que reduz radicais livres), gorduras monoinsaturadas (reduzem LDL) e o menor teor de gordura saturada (controle do colesterol) de todos os óleos vegetais. Médicos e nutricionistas indicam o óleo de canola como o de melhor composição de ácidos graxos para as pessoas interessadas em dietas saudáveis (EMBRAPA, 2004).

No Brasil cultiva-se apenas canola de primavera, da espécie *Brassica napus* L. var. *oleifera*, que foi desenvolvida por melhoramento genético convencional de colza. A canola constitui uma das melhores alternativas para diversificação de culturas de inverno e geração de renda pela produção de grãos, no Sul do Brasil. O cultivo de canola reduz a ocorrência de doenças, contribuindo para que o trigo semeado no inverno subsequente produza mais e tenha melhor qualidade e menor custo de produção (EMBRAPA, 2004).

3.2.6 Babaçu

O babaçu é uma palmeira nativa encontrada nas regiões Nordeste, Norte e Centro Oeste, sendo o Nordeste a região de maior ocorrência, detendo a maior produção de amêndoas e área ocupada com cocais (PORTO, 2004).

Atualmente é considerado o maior recurso oleífero nativo do mundo, e um dos principais produtos extrativos do Brasil, contribuindo de maneira significativa para a economia de alguns estados da federação (FERREIRA, 1999).

O babaçu representa alta importância ecológica, social e política na qualidade de produto extrativo, envolvendo centenas de milhares de famílias nos estados onde se encontra (FRAZÃO, 1992).

O interesse pela exploração do babaçu concentra-se, atualmente, nas amêndoas que representam apenas 6% a 7% do peso total do fruto. Destas amêndoas é extraído o óleo, produto mais importante dentre os derivados da palmeira, podendo ser utilizado para fins culinários e industriais (FERREIRA, 1999).

Os óleos vegetais brutos obtidos da primeira extração da semente oleaginosa possuem características físico-químicas que fogem dos padrões para o seu consumo imediato (OLIVEIRA, 2001).

3.2.7 Mamona

A mamoneira é uma oleaginosa de destacada importância no Brasil e no mundo. Seu óleo é uma matéria prima de aplicações únicas na indústria química devido a características peculiares de sua molécula que lhe fazem o único óleo vegetal naturalmente hidroxilado, além de uma composição com predominância de um único ácido graxo, ricinoléico, o qual lhe confere as propriedades químicas atípicas (EMBRAPA, 2003).

Além da vasta aplicação na indústria química, a mamoneira é importante devido à sua tolerância à seca, tornando-se uma cultura viável para a região semiárida do Brasil, onde há poucas alternativas agrícolas. No entanto, esta cultura não é exclusiva da região semiárida, sendo também plantada com excelentes resultados em diversas regiões do país (Embrapa Algodão, 2003).

3.2.8 Algodão

Desde o início de suas atividades, o melhoramento genético do algodoeiro foi a principal atividade da Embrapa Algodão. Na década de 80, o Centro da Embrapa algodão passou a investir mais no desenvolvimento de variedades anuais de ciclo precoce como estratégia para a convivência com o bicudo. Na década de 90, a Embrapa Algodão passou a promover pesquisas para o desenvolvimento de cultivares de algodoeiro adaptáveis às condições do Cerrado brasileiro. A obtenção e distribuição da CNPA ITA 90 a partir de 1992 foi o marco para a consolidação da cotonicultura na região. E desde 1997, a Unidade tem lançado de uma a três cultivares por ano para o Cerrado, que tem aproximadamente metade de sua área de algodão plantada com variedades da Embrapa (EMBRAPA, 2003).

3.3 Reação de transesterificação

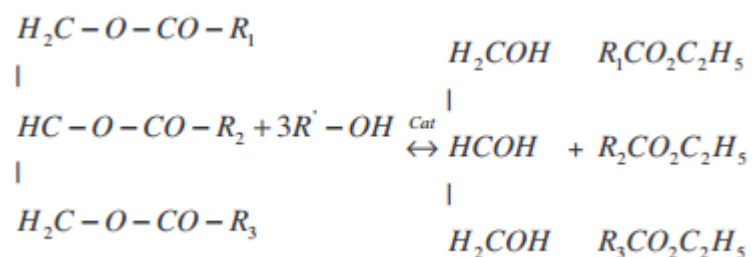
Também chamada de alcoólise, a transesterificação consiste em uma reação química de uma gordura ou óleo (triacilglicerídios) com um álcool, formando ésteres e glicerol. É utilizado um catalizador para aumentar a velocidade da reação e seu rendimento (MA e HANNA, 1999).

O resultado da reação é a quebra da molécula de triacilglicerídio em ésteres menores.

A transesterificação é uma reação química reversível que ocorre em três etapas consecutivas: primeiramente, ocorre a quebra do triacilglicerídio em diacilglicerídio formando um éster; em seguida, o diacilglicerídio se quebra em monoacilglicerídio formando outro éster e, finalmente, se forma o glicerol e mais uma molécula de éster. A estequiometria da reação envolve três mols de álcool para um mol de triacilglicerídio, mas na prática, excesso de álcool é utilizado para aumentar o rendimento na formação de ésteres (ENCINAR *et al.*, 2002). Na

Na Figura 3 é apresentada a reação química.

Figura 3 - Reação de Transesterificação



Fonte: PIGHINELLI, 2007.

O metanol, etanol, propanol e butanol são álcoois mais utilizados. Os mais utilizados são metanol e etanol (MA & HANNA, 1999). O etanol é preferível por ser derivado de produtos agrícolas como a cana-de-açúcar amplamente produzida no Brasil e menos agressivo ao ambiente, enquanto a vantagem do metanol está na facilidade de separação do glicerol, subproduto da reação (SZPIZ *et al.*, 1984).

A transesterificação dos óleos vegetais pode ser conduzida na presença de catalisadores homogêneos (ácidos ou básicos) ou heterogêneos (ácidos, básicos ou enzimáticos), de acordo com Mittelbach (1989 & 1990 citado por VICENTE *et al.*, 1998).

O uso dos catalisadores homogêneos necessita de etapas de purificação dos produtos da reação (éster e glicerol) para separar os catalisadores remanescentes ao final da reação. Já os heterogêneos são mais facilmente removidos da mistura reacional, simplificando a etapa de purificação do processo.

Visando avaliar os catalisadores, Vicente *et al.*, 1998, testaram catalisadores homogêneos e heterogêneos, ácidos, básicos e enzimáticos. Os resultados mostraram que o catalisador de melhor desempenho foi o homogêneo básico. Outra vantagem dos catalisadores básicos, além da sua eficiência, é seu baixo custo (ENCINAR *et al.*, 2002).

3.3.1 Metanol

O metanol (CH₃OH) ou álcool metílico é um composto químico encontrado na forma líquida, com ponto de fusão de -98°C, inflamável e possui uma chama invisível. A rota mais comum para produção do Metanol é através do gás de síntese (gás natural) (SILVA, 2005).

O metanol é utilizado em larga escala como solvente industrial, na indústria de plásticos, como solvente em reações de importância farmacológica, etc. A relação do metanol com os combustíveis é que ele é usado no processo de transesterificação da gordura, na produção do biodiesel. Também pode ser usado como combustível em algumas categorias de postos de combustíveis nos Estados Unidos (SILVA, 2005).

O etanol é obtido da cana-de-açúcar, amplamente produzida no nosso país, mas o uso do metanol pode ser justificado por algumas vantagens operacionais: o metanol comercial é obtido com teor de água bem menor do que o etanol; a rota industrial metílica é um processo que utiliza equipamentos menores e consome menos energia, sendo mais econômica e mais produtiva para as mesmas condições da rota etílica; os ésteres são obtidos em tempo menor e com menor consumo de álcool e pela separação quase espontânea do éster e do glicerol (SILVA, 2005).

As desvantagens do metanol é que sua produção se dá basicamente por derivados de fontes fósseis, mesmo existindo a possibilidade de se obter este álcool a partir de biomassa.

Com isso, um aumento na demanda por metanol não poderia ser atendida pela atual indústria nacional. A toxicidade do metanol também representa uma desvantagem (ENCINAR *et al.*, 2002).

3.3.2 Etanol

De acordo com o Institute for 21st Century Energy e variados artigos acadêmicos e jornalísticos, o combustível de etanol (etil álcool) resulta da fermentação e destilação de açúcares derivados de várias plantas como o milho e a cana de açúcar, sendo o cultivo desta última comum na faixa tropical do mundo onde o Brasil se destaca como grande produtor. Tradicionalmente o etanol é produzido em praticamente em todos os países, não como combustível, mas como o principal componente das bebidas alcoólicas (SILVA, 2005).

Como combustível, é empregado na mistura com a gasolina, sendo comum adicionar E10 (10% de etanol em 90% de gasolina). Na sua forma pura, E100 (100% etanol), é utilizado principalmente no Brasil de forma crescente desde os anos 70. Nos Estados Unidos, com base na cultura do milho, o estado de Iowa, secundado por Illinois, Minnesota, Nebraska e South Dakota, produz aproximadamente 75% do etanol do país. No Brasil, o fenômeno da concentração produtiva, com base na cultura da cana de açúcar, se repete sendo o estado de São Paulo o maior produtor (58%), seguido pelos estados do Paraná, Minas Gerais, Alagoas e Pernambuco. A Índia segue sendo o maior produtor de cana de açúcar do mundo, mas sua utilização como biocombustível ainda é pequena se contrastada com a produção brasileira (SILVA, 2005).

3.4 Uso do Motor Diesel

O princípio de funcionamento de motores a diesel diferencia-se significativamente dos motores com ignição por centelha, dominantes em todo o mundo. Em motores com ignição por centelha, ar e combustível são dosados estequiometricamente e introduzidos no interior do cilindro, comprimidos e então inflamados por uma faísca ou centelha. Nesse tipo de motor, a potência é regulada por uma espécie de válvula de fluxo, chamada acelerador (SOUZA, 2010).

No motor diesel, apenas o ar entra no cilindro, através de um coletor. Este ar é comprimido em altas temperaturas e pressão, sendo logo após inserido o combustível, vaporizado e pulverizado em alta velocidade no ar. Quando entra em contato com o ar em temperaturas elevadas, o combustível vaporiza-se rapidamente e, ao misturar-se com o ar,

provoca reações químicas espontâneas que resultam na ignição espontânea ou autoignição (SOUZA, 2010).

Neste tipo de motor não há a necessidade da utilização de velas, porém alguns dispõem de velas aquecedoras, que proporcionam melhores partidas em baixas temperaturas. Sua potência é controlada pela variação da quantidade de combustível injetada no interior do cilindro, não havendo a necessidade de acelerador. (BUENO, 2006)

As perdas significativas nos motores alternativos são as perdas de calor nos gases de escape, as perdas no óleo lubrificante, água ou ar de arrefecimento e as perdas de calor através da superfície do motor. Em geral as perdas de calor pelas paredes do motor são maiores nos motores diesel que nos motores ciclo otto, porém as perdas nos gases de escape são menores.

Como consequência de tudo isto, o rendimento global de um motor de ciclo otto está compreendido entre 27% e 30% enquanto que o rendimento global de um motor diesel está entre 36% e 45%. (PORTE, 2008)

3.5 Combustíveis

De acordo com a Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, o biodiesel pode ser definido como um biocombustível derivado de uma biomassa renovável para utilização em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamentação, para geração de outro tipo de energia, substituindo total ou parcialmente combustíveis de origem fóssil (SOUZA, 2010)

Tanto o diesel fóssil quanto o biodiesel apresentam características e propriedades que determinam sua qualidade e para quais aplicações podem ter serventia (SOUZA, 2010).

No Brasil, estas características do biodiesel comercializado em todo o território nacional são regulamentadas pela ANP (Agência Nacional do Petróleo) e estão dispostas na Resolução ANP nº 7, de 19/03/2008 - DOU 20.3. Esta regulamentação é parametrizada mediante o emprego das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), das normas internacionais "American Society for Testing and Materials" (ASTM), da "International Organization for Standardization" (ISO) e do "Comité Européen de Normalisation" (CEN). (CONDE, 2007).

3.6 Propriedades

3.6.1 Poder calorífico

O poder calorífico de combustíveis é definido como a quantidade de energia interna contida no combustível, sendo que quanto mais alto for o poder calorífico, maior será energia contida. Os combustíveis geralmente são compostos por hidrogênio, cujo poder calorífico é de 28.700 Kcal/Kg, e pelo carbono, o qual o valor é de 8.140 Kcal/Kg. Desta forma, define-se que quanto maior a quantidade de hidrogênio na composição de um combustível, maior seu poder calorífico (SOUZA, 2010).

O biodiesel é menos energético se comparado ao diesel mineral, pois não contém hidrocarbonetos aromáticos, elementos que conferem alto poder calorífico ao diesel (SOUZA, 2010).

Entretanto, o biodiesel possui ésteres alquílicos com diferentes níveis de saturação, o que leva ao fato de o biodiesel ter menor poder calorífico, tendo por base o valor mássico, mas possuindo um maior valor por unidade de volume, aspecto este atribuído a sua maior densidade. Em motores utilizando biodiesel como combustível, observa-se uma redução de cerca de 8,9% na potência, baseando-se no fato de os mesmos funcionarem com um sistema de injeção por deslocamento volumétrico de combustível. (KNOTHE *et al.*, 2008)

Tal redução poderia ser compensada por uma maior injeção de combustível através de regulagens na bomba injetora, visto que a emissão de fumaça em motores alimentados com biodiesel é menor, o que permitiria essa maior injeção volumétrica de combustível. Esta redução é ainda compensada pela maior viscosidade do biodiesel, que reduz perdas por vazamentos no sistema de injeção. Essa perda de potência implica em um maior consumo de combustível, já que para se obter a mesma potência, o volume de biodiesel injetado terá que ser maior, elevando assim também as emissões de NO_x (óxidos de nitrogênio) (BARBOSA, 2008).

3.6.2 Ponto de fulgor

Ponto de fulgor refere-se à temperatura mínima onde se observa a liberação de vapores em uma substância líquida, em quantidades suficientes para a formação de um composto inflamável quando em contato com o ar. Trata-se então, da propriedade que mensura a volatilidade de um combustível para que o mesmo, a temperatura ambiente, mantenha-se abaixo do ponto de inflamação (SOUZA, 2010).

O ponto de fulgor de óleos vegetais puros é sempre maior em relação ao diesel comum, tipicamente maior do que 90°C, sendo considerado um material sem risco de armazenamento e sem risco de incêndio, definindo-se como um combustível mais seguro que o diesel neste aspecto, já que o ponto de fulgor do diesel varia entre 38 e 61°C (SOUZA, 2010).

Este valor sofre decréscimos na medida em que é acrescentado álcool em sua composição, principalmente quando o álcool utilizado é o metanol, que além de altamente inflamável, apresenta elevada toxidez (KNOTHE *et al.*, 2008)

3.6.3 Impactos causados pelo biodiesel no motor ciclo diesel

3.6.3.1 Emissões de gases

A utilização do biodiesel em motores a ciclo diesel pode acarretar a redução da emissão de gases nocivos provenientes da combustão destes motores, tais como a redução da emissão de material particulado (MP), hidrocarbonetos (HC) e monóxido de carbono (CO), além da redução da emissão do dióxido de carbono (CO₂), gás este diretamente relacionado ao efeito estufa. No entanto, dependendo do combustível utilizado e do motor em que o mesmo foi aplicado, este uso pode levar ao aumento na emissão de óxidos de nitrogênio (NO_x), redução na potência do motor e um aumento do consumo de combustível. (SANTOS, 2005).

Maziero e seus colaboradores, 2006 realizaram estudo visando a avaliação das emissões provenientes de um motor a ciclo diesel alimentado com biodiesel de soja, foram realizados testes, em bancada dinamométrica, utilizando um motor MWM, modelo 407TCA

(92 KW a 3200 RPM), de injeção direta, alimentado com diesel metropolitano e biodiesel (éster etílico de óleo de girassol – EEOG) como combustíveis.

Mediante a análise realizada, a utilização de EEOG reduziu consideravelmente as emissões de CO, HC e MP (-32,2%; -31,0% e -41,0%, respectivamente). Em contrapartida, a concentração de NOx aumentou em cerca de 5,7%. As reduções nas emissões específicas de CO e HC foram explicadas pela presença de oxigênio na molécula de biodiesel, que disponível na câmara de combustão, desloca a reação de queima do combustível, resultando em uma maior produção de CO₂. O aumento nas emissões específicas de NOx foi ocasionado pelo alto número de cetanos do biodiesel, que favorece o aumento de temperatura, potencializando a formação de óxidos de nitrogênio (SOUZA, 2010).

Mais de 95% das emissões de NOx encontram-se sob a forma de óxido nítrico (NO), que é um gás lançado principalmente pelos gases de escapamento dos veículos. É formado, sobretudo, em consequência da alta temperatura e pressão na câmara de combustão dos motores. Ao reagir com o oxigênio, forma o dióxido de nitrogênio (NO₂), gás tóxico e de odor característico (SANTOS, 2005).

As adições de até 50% de biodiesel na mistura com diesel apresentaram um acréscimo de 34,37% nas emissões de NO. Além disso, quando utilizado o biodiesel puro, esse aumento foi de 90,62% nas emissões, se comparado ao diesel puro. Tais resultados foram explicados pela grande presença de nitrogênio no ar admitido pelo motor e que, juntamente a outros compostos oxigenados, mesmo que em pequenas quantidades, ocasionariam a formação de NO no momento da queima (PORTE, 2008).

Já em relação às emissões de CO₂, foi verificada uma variação muito baixa em função da quantidade de biodiesel adicionada à mistura. As variações encontradas entre o biodiesel puro, o diesel puro e as adições apresentaram valores de até 0,1%, indicando mínimas mudanças neste fator. Foi ressaltado, porém, que o biodiesel é originário de fontes renováveis e que em relação ao diesel convencional, apresenta vantagens em termos ambientais (SOUZA, 2010).

Para as emissões de materiais particulados, foi constatado que as emissões permaneceram praticamente estáveis em adições de até 10% de biodiesel, justificado pela formação de óxidos de enxofre na queima do combustível com alto teor de diesel, óxido estes responsáveis pela formação dos materiais particulados. A partir das adições acima de 10% de biodiesel, diminui gradativamente o percentual de diesel no combustível e consequentemente a formação de óxidos, o que explica a diminuição nas emissões de

particulados. Para a mistura B20 essa redução foi de cerca de 22,4%, enquanto para B100 foi de cerca de 63%, ambos comparados ao diesel puro (SOUZA, 2010).

O biodiesel quando adicionado ao diesel promove a redução nas principais emissões relacionadas ao petróleo, com exceção as emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x). Seu aumento varia de 2 a 4% para o B20, valor baixo, mas que deve ser levado em conta se considerando sua atuação como um dos principais precursores do ozônio troposférico, um dos mais graves problemas em relação à qualidade do ar nas grandes cidades (MAZIERO *et al.*, 2006).

3.6.3.2 Desempenho do biodiesel

Todo o combustível diesel está sujeito a problemas de ignição na partida e desempenho quando o motor e o sistema de injeção (bomba injetora, linhas de combustível, filtro) estão expostos a baixas temperaturas. Quando a temperatura ambiente se aproxima de sua temperatura de saturação, pode haver a formação de parafinas e cristais de cera. A tendência da formação dessas substâncias nos combustíveis pode ser quantificada por parâmetros como viscosidade, ponto de fluidez e ponto de névoa (KNOTHE *et al.*, 2008).

Quando exposto a baixas temperaturas, o biodiesel apresenta tendência à perda de fluidez, desencadeando problemas para o sistema de alimentação do motor, como entupimentos de linhas de alimentação de combustível e dificuldade de partida a frio. Estas características acentuam-se com o aumento da cadeia e do grau de saturação. Tais aspectos são de suma importância para a análise da aplicabilidade de determinados combustíveis em regiões frias. Geralmente, o biodiesel proveniente de gorduras animais apresenta maiores valores em relação ao de gorduras vegetais, devido a grande quantidade de ácidos graxos saturados em sua composição (CRUZ, 2009).

Segundo Cruz, 2009, a viscosidade é a medida de resistência ao escoamento ou a vazão de um líquido. Comparativamente, combustíveis derivados de óleos transesterificados, como é o caso do biodiesel, apresentam maior viscosidade em relação aos de origem petrodiesel, fator esse que explica a não utilização praticamente generalizada de biodiesel como alternativa ao diesel fóssil. A viscosidade do biodiesel tem um aumento diretamente relacionado ao aumento da cadeia carbônica e do grau de saturação.

Com relação ao ponto de névoa, temperatura onde se inicia a cristalização do combustível, Conde, 2007, relata que se trata então de uma propriedade desfavorável à

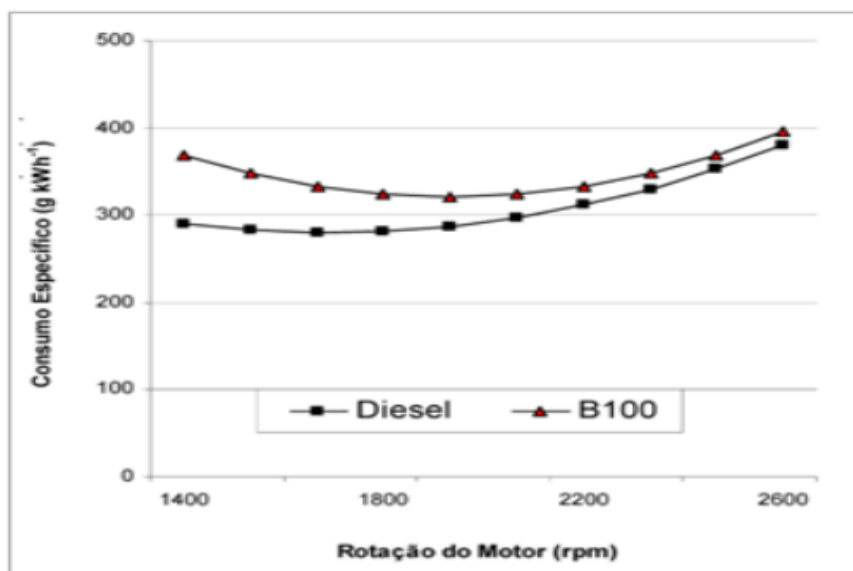
utilização de óleos vegetais in natura na alimentação de motores a ciclo diesel, pois, conforme relatado, todos os óleos vegetais até hoje estudados apresentam ponto de névoa superior ao diesel mineral, sendo necessário seu pré-aquecimento ou o uso de aditivos apropriados para a obtenção de melhores parâmetros físico-químicos ao biodiesel aplicado.

3.6.3.3 Consumo de Combustível

Segundo Castellanelli e seus colaboradores, 2008, realizaram uma pesquisa para a avaliação do desempenho de um motor a ciclo diesel alimentado com misturas diesel/biodiesel. Neste estudo foi utilizado o motor Cummins 4BTA 3.9, com a turbina removida e estando o mesmo acoplado a uma bancada dinamométrica. O biodiesel analisado foi obtido através da transesterificação etílica do óleo de soja.

Os resultados obtidos apontaram para um resultado já esperado, dado o menor poder calorífico do biodiesel. Quando utilizado o B100, o consumo específico foi 321,3 g kWh a 1.933 rpm, e para o diesel foi de 280 g kWh a 1.667 rpm, como mostra a figura 4.

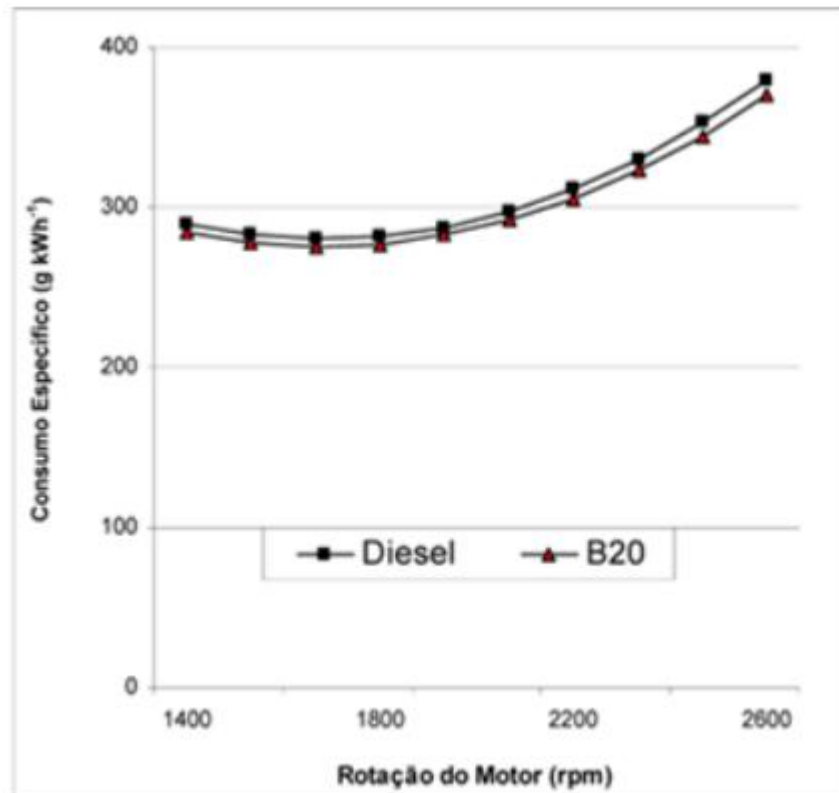
Figura 4 – Desempenho do motor em comparação entre diesel e B100



Fonte: CASTELLANELLI, 2008

Já quando o combustível utilizado foi o B20, observou-se um consumo específico mínimo de 275,7 g k-1 W-1h-1 a 1.667 RPM, enquanto que para o diesel, foi de 280 g kWh-1 a 1.667 RPM, tratando-se de valores bem próximos.

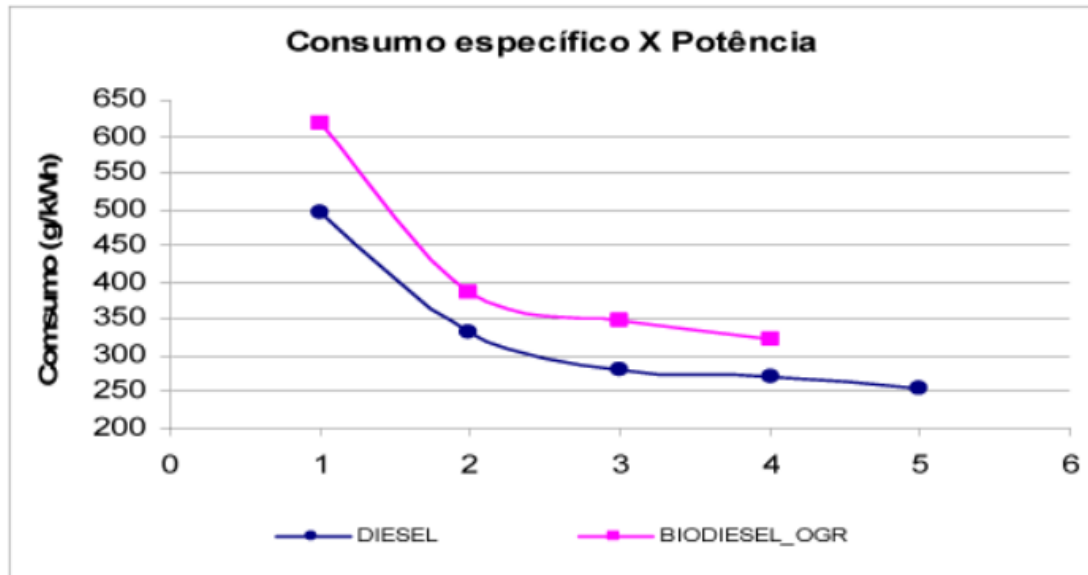
Figura 5 – Desempenho do motor em comparação entre diesel e B20



Fonte: CASTELLANELLI, 2008

Já no trabalho realizado por Torres, 2006, foi utilizando um motor da marca Agrale, modelo M-85, monocilíndrico, com 10 CV (7,4 KW) de potência a 2500 RPM, também acoplado a um dinamômetro, onde foram realizados testes com a alimentação de diesel comum e de biodiesel de óleos de gorduras residuais (OGR). A partir dos resultados obtidos traçou-se um gráfico entre consumo específico e potência na figura 6.

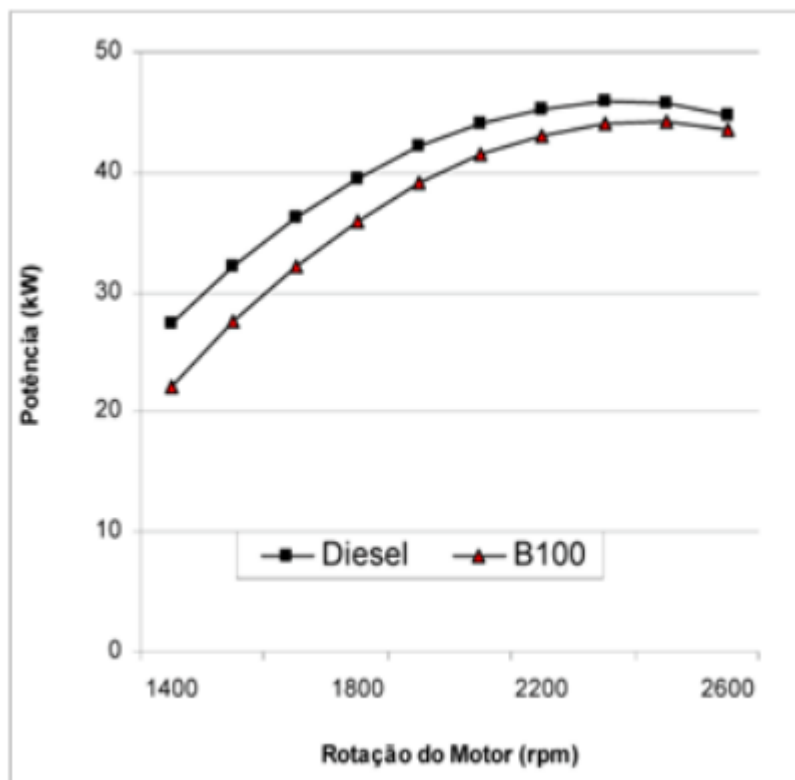
Figura 6 – Consumo específico e potência comparados entre diesel e biodiesel proveniente de óleo de gorduras residuais.



Fonte: TORRES, 2006.

3.6.3.4 Potência do motor

Castellanelli *et al.*, 2008, analisou a potência do motor, sendo movido a diesel mineral, biodiesel e mistura diesel biodiesel, sendo apresentadas na curva de potência a seguir na figura 7.

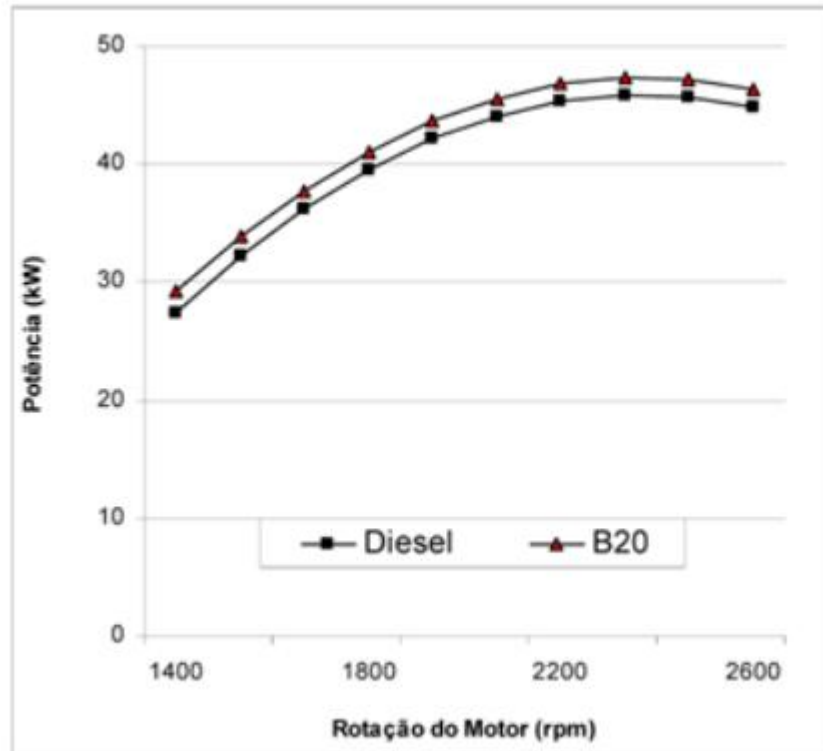
Figura 7 – Potência do motor em comparação entre diesel e B100

Fonte: CASTELLANELLI, 2008.

A inferioridade do B100 em relação ao diesel nos valores de torque e potência foi justificada pelo menor poder calorífico do biodiesel. Notou-se também certo distanciamento entre as curvas em certas faixas de rotação, sugerindo uma atomização ineficiente do combustível, prejudicando assim a queima do combustível. A maior viscosidade do biodiesel em relação ao diesel também foi apontada como fator importante nas diferenças apresentadas nos regimes de baixas e médias rotações, devido à deficiente atomização do combustível. A utilização do B100 tornou-se interessante em altas rotações, aonde os valores de torque e potência chegaram a valores próximos ao do diesel (SOUZA, 2010).

Já o B20 destacou-se como a melhor das misturas biodiesel/diesel, apresentando acréscimo nos valores de potência e igualando os valores de torque do motor. A potência máxima com a utilização de B20 foi de 47,3 kW a 2.333 rpm, enquanto a do diesel foi 45,8 kW a 2.333 rpm. Os valores de potência obtidos com a utilização do B20 mantiveram-se superiores ao do diesel em todas as faixas de rotação do motor (SOUZA, 2010).

Figura 8 – Potência do motor em comparação entre diesel e B20



Fonte: CASTELLANELLI, 2008.

3.7 Mercado Nacional de Biodiesel

O biodiesel foi introduzido na matriz energética brasileira, no ano de 2005, pela Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005, por meio da adição do biodiesel ao diesel mineral consumido no país. O governo federal entendeu ser estratégico para o Brasil promover um combustível renovável que pudesse fomentar o desenvolvimento regional, reduzir as desigualdades sociais, gerar emprego e renda no campo e reduzir a necessidade de divisas para importação de diesel (MENDES *et al.*, 2010).

Tabela 2 - Produção Brasileira de Biodiesel e Participação percentual dos estados produtores, 2005 a 2010.

Ano	Total produzido (m ³)	Participação dos Estados produtores (%)	
2005	736	- Pará: 69 - Piauí: 21	- Minas Gerais: 6 - Paraná: 4
2006	69.002	- Piauí: 42 - São Paulo: 31 - Goiás: 15	- Bahia: 6 - Ceará: 3 - Pará: 3
2007	404.329	- Goiás: 27 - Bahia: 17 - Ceará: 12 - Rio Grande do Sul: 11 - São Paulo: 9	- Piauí: 8 - Tocantins: 6 - Maranhão: 6 - Mato Grosso: 4
2008	1.167.128	- Rio Grande do Sul: 26 - Mato Grosso: 24 - Goiás: 21 - São Paulo: 16	- Bahia: 6 - Maranhão: 3 - Ceará: 2 - Tocantins: 2
2009	1.608.448	- Rio Grande do Sul: 28 - Mato Grosso: 23 - Goiás: 17 - São Paulo: 15 - Bahia: 5	- Ceará: 3 - Minas Gerais: 3 - Paraná: 2 - Tocantins: 2 - Maranhão: 2
2010	2.396.955	- Rio Grande do Sul: 25 - Mato Grosso: 24 - Goiás: 18 - São Paulo: 14 - Bahia: 4 - Tocantins: 4	- Ceará: 3 - Minas Gerais: 3 - Paraná: 3 - Maranhão: 1 - Rio de Janeiro: 1

Fonte: MARTINS *et al.*, 2011.

Entre os anos de 2005 e 2007, a mistura de 2% (B2) no diesel comercializado foi autorizada de forma não compulsória (período voluntário) (MENDES *et al.*, 2010).

O período de obrigatoriedade começou em janeiro de 2008 com a mistura a 2% (B2), tendo de passar a 5% até 2013. No segundo semestre de 2008, o governo elevou a mistura para 3% (B3), e no segundo semestre de 2009 para 4% (B4). Embora inicialmente a mistura a 5% (B5) estivesse prevista para vigorar somente em 2013, durante o ano de 2009 esse prazo foi revisto, antecipando a meta de B5 a partir de janeiro de 2010 (MENDES *et al.*, 2010).

3.7.1 Formação de preços

O biodiesel nacional só vem se desenvolvendo por causa da sua obrigatoriedade legal, uma vez que o seu preço sempre foi superior ao do diesel mineral, tornando-o, portanto, pouco competitivo, conforme ilustra a tabela 3 (MENDES *et al.*, 2010).

Tabela 3 – Comparação de preços entre diesel e biodiesel de 2005 a 2009

Ano	Biodiesel (R\$/litro)	Diesel (R\$/litro)	Diferença % Biodiesel e diesel
2005	1,90	1,25	52,0
2006	1,79	1,36	31,6
2007	1,86	1,36	36,8
2008	2,60	1,47	76,9
2009	2,26	1,43*	58,5

Fonte: ANP, 2009.

Os preços do biodiesel são formados em leilões organizados pela ANP, que reúne os produtores e os compradores de biodiesel, sendo a Petrobras a principal compradora. A ANP estipula a quantidade a ser comprada pelos produtores de diesel mineral, o preço máximo do biodiesel a ser vendido e o prazo de entrega, hoje fixado em três meses. O preço do leilão da ANP está referenciado na porta do produtor e não para o consumidor final (MENDES *et al.*, 2010).

Os vencedores do leilão são aqueles que ofertarem os menores preços associados a um determinado volume. A dinâmica de leilão evita a formação de assimetria de informação. Com isso, o comprador sempre estará adquirindo o biodiesel pelo menor preço em cada lote leilado (MENDES *et al.*, 2010).

É importante ressaltar que os preços de biodiesel dependem fortemente do preço do óleo vegetal, pois este representa 80% a 85% do seu custo de produção. No Brasil, atualmente, um dos principais determinantes do preço do biodiesel é o preço do óleo de soja, uma vez que este representava 75% da matéria-prima na produção de biodiesel nacional em setembro de 2009. Outro fator que determina o preço é o grau de competitividade que está relacionado diretamente com o número de produtores e da capacidade de utilização ou ociosidade das plantas (MENDES *et al.*, 2010).

Segundo Mendes e Costa, 2010, os leilões de compra de biodiesel têm como referência a expectativa de movimentação do preço da soja para um período de três meses, que corresponde ao intervalo de tempo entre o leilão e a entrega do biodiesel pelo ofertante vencedor.

A Figura 4 apresenta os preços médios praticados nos leilões, destacando o ano de 2008, onde se registrou o preço mais alto para biodiesel, durante um período onde a tonelada da soja chegou a custar R\$3.050,00 (CEPEA, 2011).

Tabela 4 - Evolução dos preços nos leilões de compra de Biodiesel entre 2005 e 2010.

Ano	N. leilões	N. ofertas	Volume arrematado (m ³)	Preço médio (R\$/m ³)
2005	1	8	70.000	1.904,84
2006	3	25	770.000	1.786,64
2007	3	63	425.000	1.863,65
2008	6	131	990.000	2.561,01
2009	8	240	1.810.000	2.522,83
2010	8	281	2.380.000	2.053,92

Fonte: ANP, 2011.

3.7.2 Estrutura Industrial

No setor de biodiesel, as empresas podem ser classificadas como empresas integradas, parcialmente integradas e não integradas (MENDES *et al.*, 2010).

As empresas produtoras de biodiesel integradas são aquelas que plantam ou comercializam a cultura vegetal (soja, girassol, algodão, etc.), esmagam o grão dessa cultura para produzir o óleo vegetal e produzem o biodiesel com base nesse óleo vegetal. As empresas integradas têm a opção de vender o grão, vender o óleo vegetal ou vender o biodiesel (MENDES *et al.*, 2010).

Normalmente, essas empresas optam por vender os produtos que tiverem as melhores margens num determinado período. Além disso, essas empresas são as mais competitivas e mais eficientes na comercialização de biodiesel, elas conseguem se apropriar de melhores margens do que as empresas não integradas (MENDES *et al.*, 2010).

As empresas produtoras de biodiesel parcialmente integrada são aquelas que podem produzir o óleo vegetal, por disporem de planta de esmagamento, e biodiesel. Portanto podem comercializar tanto o óleo vegetal quanto o biodiesel. Essas empresas não plantam e nem comercializam a cultura vegetal (MENDES *et al.*, 2010).

As não integradas não têm a opção de fabricar produtos diversificados (biodiesel, óleo vegetal, ou grão), uma vez que produzem única e exclusivamente biodiesel. Elas adquirem o

óleo vegetal a preço de mercado e não a custo de produção como as empresas integradas. Elas estão focadas no mercado de biodiesel e precisam trabalhar continuamente, evitando as paradas usuais de uma produção flexível, para compensar o aumento de custo de matéria-prima (MENDES *et al.*, 2010).

Tabela 5 - Capacidade e grau de verticalização das empresas produtoras de biodiesel

Empresa/Grupo	Capacidade (m³/ano)*	Grau de verticalização
Brasil Ecodiesel	723.600	Não integrada
Granol	646.648	Integrada
ADM	343.800	Integrada
Petrobras	325.846	Não integrada
Biocapital	274.117	Não integrada
Oleoplan	237.600	Parcialmente integrada
Caramuru	187.500	Integrada
BSBios	159.840	Não integrada
Total	2.898.983	-

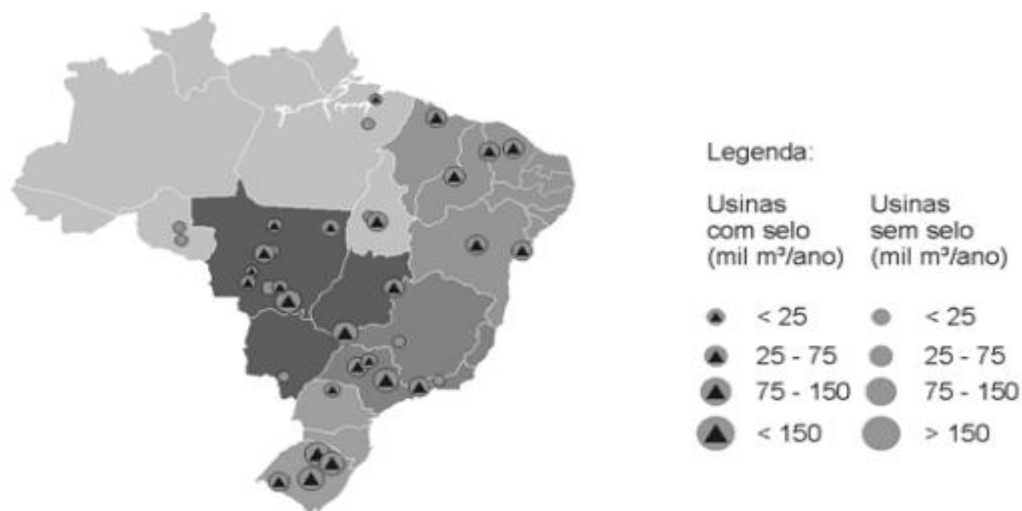
Fonte: ANP, 2009.

3.7.3 Logística

O custo de logística é um fator determinante para a produção de biodiesel. Os produtores de biodiesel, via de regra, estão localizados próximos à produção da matéria-prima ou próximos aos grandes centros consumidores. Dado que a produção de biodiesel está focada na soja, muitas plantas de biodiesel instalaram-se na região Centro-Oeste ou no Rio Grande do Sul. É importante destacar que a soja apresenta produtividade muito baixa em termos de produção de óleo por hectare. Provavelmente, outra oleaginosa deverá predominar no mercado no médio e longo prazo. É preciso avaliar ao longo dos próximos anos se as plantas localizadas próximas dos centros de produção de soja estarão bem localizadas com uma eventual mudança do principal insumo de produção (MENDES *et al.*, 2010).

A figura 9 mostra a localização das principais empresas produtoras de biodiesel.

Figura 9 - Localização das principais empresas produtoras de Biodiesel



Fonte: ANP, 2009.

3.7.4 Visão geral da produção de Biodiesel

Os aspectos meritórios da produção de biodiesel estão ligados às questões sociais, ambientais e de desenvolvimento regional. Primeiro, por ser intensivo em mão de obra, o biodiesel pode ser produzido a partir de várias oleaginosas nas mais diversas regiões do Brasil. Segundo, ele substitui, ainda que parcialmente, um combustível essencial para o transporte de carga e de passageiros do país, reduzindo as emissões de poluentes locais como os particulados, SO_x e fumaça negra, em detrimento de um pequeno aumento de NO_x. Terceiro, o biodiesel é um combustível renovável que apresenta baixas emissões líquidas de gases de efeito estufa (MENDES *et al.*, 2010).

Outra questão que poderia gerar um novo impulso à produção seria a abertura de alguns mercados no exterior. O Brasil estaria bem posicionado para ofertar o biocombustível. No entanto, as exportações brasileiras de biodiesel ainda são marginais, pois os grandes mercados estrangeiros (União Europeia – UE) impõem especificações técnicas às quais o biodiesel nacional produzido com base em óleo de soja não se enquadra. Apesar de haver demanda por biodiesel no mercado externo, principalmente nos países da União Europeia, considera-se que a inserção do biodiesel brasileiro nesses mercados poderia acontecer apenas no longo prazo, dada as restrições quanto às especificações físico-químicas dos produtos, além das pressões internas na UE para proteção da agricultura local. Adicionalmente, a

construção e a implementação de uma planta de biodiesel é relativamente simples e barata, o que torna possível qualquer país produzir biodiesel se tiver algum tipo de óleo vegetal ou animal a custo competitivo (MENDES *et al.*, 2010).

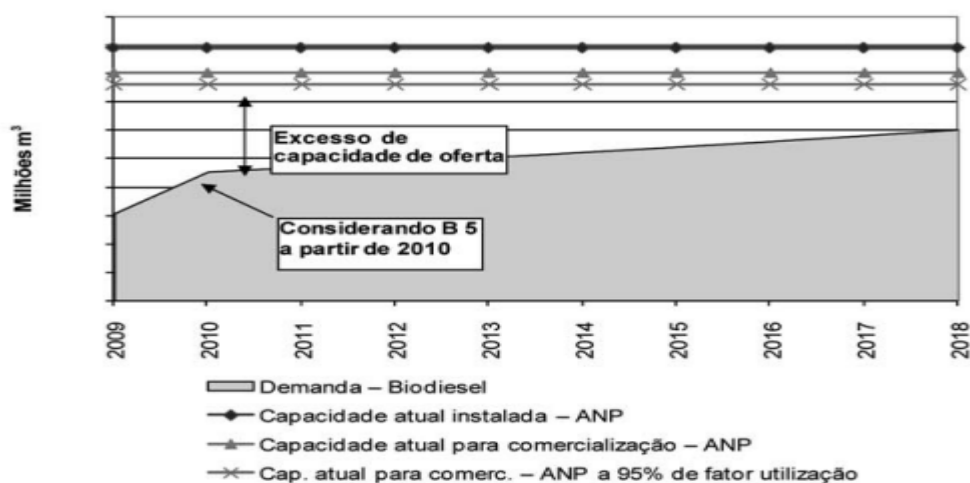
Além disso, o mercado é muito suscetível ao que acontece no mercado de óleos vegetais. Se os preços dos óleos vegetais não estiverem favoráveis, é bem provável que os produtores integrados direcionem suas respectivas produções para o mercado de biodiesel. Outrossim, se o preço do petróleo subisse demasiadamente, os produtores de biodiesel poderiam se interessar em aumentar a sua produção (MENDES *et al.*, 2010).

3.7.5 Perspectivas do mercado

A demanda de biodiesel brasileira é estimada com base na projeção de demanda de diesel do país, que é função do nível de atividade e crescimento do Produto Interno Bruto – PIB e de outros fatores. Estima-se que, em média, ao longo do tempo, a demanda de diesel, bem como a de biodiesel, aumente cerca de 3,6% ao ano a partir de 2011 (MENDES *et al.*, 2010).

A Figura 10 demonstra as capacidades de produção de biodiesel no país, instalações com autorização para comercialização e instalações com autorização de comercialização de 95%, informada pela ANP.

Figura 10 – Capacidades de produção de biodiesel no País



Fonte: ANP, 2009.

Com base nessas hipóteses, observa-se que, num horizonte até 2018, a demanda esperada brasileira de biodiesel sempre será inferior do que à atual capacidade instalada/operação ou de comercialização de biodiesel (MENDES *et al.*, 2010).

Caso não haja choque positivo de demanda ao longo do tempo, várias plantas de biodiesel no país deverão ficar paradas ou ociosas, uma vez que não deverá existir demanda suficiente para todas as plantas. No futuro, essa ociosidade poderá proporcionar um incentivo para consolidação dos produtores do setor (MENDES *et al.*, 2010).

A expectativa para o setor nesse cenário é de que haja concorrência entre os produtores de biodiesel, pelo fato de existir capacidade instalada superior à demanda e pela dinâmica de comercialização por meio de leilões (MENDES *et al.*, 2010).

Para o próximo ano, a Revista Biodiesel BR divulgou na sua edição de Agosto/2012 a chegada da mistura de 7% de biodiesel ao diesel mineral.

3.8 Mercado Internacional de Biodiesel

3.8.1 O Biodiesel na Alemanha

A Alemanha se destaca como maior produtor mundial de Biodiesel, possui um amplo parque industrial com plantas de processamento distribuídas por todo o país. Ela também se destaca por ser o maior consumidor de Biodiesel do mundo. Segundo European Biodiesel Board - EBB (2006), a produção alemã de Biodiesel em 2005 foi de 1,67 milhão de toneladas (FILHO,2008).

A Alemanha conta, ainda, com uma excelente política de incentivos fiscais que torna o Biodiesel mais barato que o diesel convencional proveniente de combustíveis fósseis, que em geral é importado dos países do Oriente Médio. De acordo com Union zur Forderung von Oel- und Proteinpflanzen - UFOP (2006), a diferença nos preços entre o diesel convencional e o Biodiesel, em 2005, foi de aproximadamente 0,07 dólar para o B100 e aproximadamente 0,14 dólar para as misturas de Biodiesel em combustíveis tradicionais (FILHO, 2008).

3.8.2 O Biodiesel na Itália

De acordo com EBB (2006), a Itália iniciou seu programa de Biodiesel em 1992, junto com a França, a partir da iniciativa da União Européia. No entanto, avanços maiores só ocorreram após a implementação da lei de incentivos fiscais em 1995 (*Decreto Legislativo 26 ottobre 1995, n.504: 125.000 t l'anno detassate*). No ano 2000 foi aprovado um projeto que garantia incentivos fiscais para uma produção de até 300 mil t/ano. Em 2005 o incentivo foi renovado para a produção até 200 mil t/ano; nesse mesmo ano, a Itália recebeu uma punição por não divulgar o balanço nacional do programa de Biodiesel de 2004 para EBB (RUSSI, 2006).

Em 2006 entrou em vigor a norma que reza que todo diesel deve conter 1% de Biodiesel e que essa quantidade deve aumentar 1% ao ano até atingir 5% em 2010, conforme o programa da União Européia. O destino principal do Biodiesel neste país é o aquecimento residencial e o sistema de transporte (RUSSI, 2006).

3.8.3 O Biodiesel na França

A motivação dos franceses para o desenvolvimento dos biocombustíveis é porque essas tecnologias permitem reduzir a emissão de gases que agravam o efeito estufa, diminuir a dependência de petróleo no país, diversificar os mercados da agricultura e criar novos empregos. Nesse sentido, o governo francês fixou alguns objetivos para incorporação dos biocombustíveis na matriz energética do país. A partir de 2008, os combustíveis deverão conter 5,75% de biocombustível; 7% em 2010 e 10% em 2015 (FRANÇA, 2006).

Para atingir o objetivo de 2010 serão necessárias 900 mil t de Biodiesel e 200 mil t de etanol. Novas fábricas de biocombustíveis serão construídas em 14 regiões, sendo 15 de biodiesel e 6 de etanol, além de outras 11, abrangendo 5 de Biodiesel e 6 de etanol que já estão em implementação. O investimento para a realização deste projeto é estimado em mais de US\$ 1,62 bilhão; o número de empregos criados ou consolidados está estimado em mais de 30 mil (FRANÇA, 2006).

Em 2005, os biocombustíveis representaram 1% do total de combustível vendido na França. A previsão é que este percentual se eleve para 1,75% este ano e 3,75% em 2007. Até 2010 a produção deverá ser quadruplicada em relação a 2006, traduzindo-se em 2 milhões de hectares cultivados de oleaginosas e uma redução de mais de 8 milhões de t equivalentes de CO₂ (FRANÇA, 2006).

3.8.4 O Biodiesel nos Estados Unidos

O maior consumidor de combustíveis fósseis do mundo está em busca de uma nova fonte de energia barata, renovável e que polua menos. Os EUA consomem mais de 864 mil dólares por minuto de combustível importado, sendo que 60% são importados. Diante deste fato, os Estados Unidos (EUA) demonstram grande interesse nos biocombustíveis. O biodiesel pode ser a solução para diminuir a dependência norte-americana do combustível fóssil do Oriente Médio e da Venezuela. Dependência esta, que o presidente Bush classificou como um “vício americano”, uma vez que os EUA enfrentam diversas dificuldades políticas e militares nas respectivas regiões (KRAEMER, 2006).

Os números revelam que a adição ou substituição do diesel tradicional por Biodiesel representaria uma economia significativa nas importações dos EUA, além de o uso do Biodiesel beneficiar amplamente os produtores rurais americanos que cada vez mais tem dependido dos subsídios do governo. Fornecer matéria-prima para a produção do biocombustível pode ser a salvação para muitos deles, uma vez que a pressão internacional para o fim dos subsídios aumenta a cada safra (NBB, 2006).

3.8.5 Biodiesel no Canadá

O Canadá tem programas em andamento para implementar em sua matriz energética o biocombustível. Algumas companhias de ônibus estão utilizando a mistura B20 em seu combustível. Esse percentual misturado é importado de outros países, pois o Canadá ainda não tem oferta para tal demanda. O governo canadense concedeu isenção fiscal de 4% sobre a produção e uso do biocombustível e estabeleceu uma meta de produção de 500 mil t/ano até 2010 (MELLO *et al.*, 2007).

O Canadá está em 13º lugar no ranking dos países com maior potencial de produção para exportação dos biocombustíveis, ocupa o 1º lugar no ranking dos países que podem se tornar auto-suficientes em bioenergia, dentre os países desenvolvidos, e está entre as cinco nações com condições de produzir com menor custo. Entretanto, é um dos países que oferecem normas amplas quanto às especificações técnicas do biodiesel para importação de produtos, o que favorece a relação comercial com o Brasil (DANTAS, 2007).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível concluir que o biodiesel é um biocombustível em alta, que necessita de estudos e adequações para sua produção em grande escala, com abertura de mercados, a fim de competir com grandes produtoras de diesel, tornando-se alto suficiente.

A política nacional necessita ainda de estudos mais profundos, que sejam capazes de apontar uma mistura de biodiesel ao diesel que não cause problemas ao motores dos automóveis que já circulam por todo país, e possa apresentar um novo combustível, que tenha preço e características competidoras com o diesel atual.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M. S. de; LIRA, L. de F. B. de; FONSECA, T. M.; CAVALCANTI, E. H. de S.; STRAGEVITCH, L.; PIMENTEL, M. F.; PACHECO, J. G. A. Estudo de degradação acelerada de biodiesel de diferentes matérias-primas. **IV Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**, Belo Horizonte, 2010.

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Boletim Mensal de Biodiesel – Rio de Janeiro, 2009. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 27/11/2012.

BARBOSA *et al.* **Desempenho comparativo de um motor de ciclo diesel utilizando diesel e misturas de biodiesel**. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 5, p. 1588-1593, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542008000500035&script=sci_abstract&tlng=e . Acesso em: 26/11/2012.

REVISTA BIODIESEL BRASIL, **Definição sobre Biodiesel**, 2005.

BOCKEY, D. Has Germany's booming Biodiesel market reached its peak? **F. O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report**, v.4, n.7, 2005. Disponível em: <http://www.ufop.de/downloads/Biodiesel_Market.pdf>. Acesso em: 26/12/2012.

BUENO, A. V. Análise da operação de motores diesel com misturas parciais de biodiesel. **Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas**, 2006.

CAMPOS, A. A.; CARMÉLIO, E. C. Construir a diversidade da matriz energética: o biodiesel no Brasil. IN: **ABRAMOVAY, R. Biocombustíveis: A Energia da Controvérsia**, p 59 – 97, 2009.

CARRÃO-PANIZZI, M., MANDARINO, J. M. G. Produtos protéicos do girassol. In: **LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M., CASTRO, C. (Ed). Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa, p. 51 – 68, 2005.

CASTELLANELLI *et al.* **Desempenho de motor ciclo Diesel em bancada dinamométrica utilizando misturas diesel/biodiesel**. *Engenharia Agrícola*. v. 28, n.1, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162008000100015&script=sci_arttext&tlng=in>. Acesso em: 27/11/2012.

CASTRO, C.; FARIAS, J. R. B. Ecofisiologia do girassol. In: **LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M., CASTRO, C. (Ed). Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa, p. 163 – 218, 2005.

CAVALCANTI, E. Estabilidade do Biodiesel e Misturas, **Revista Biodieselbr**, Ano 3, n. 13, p. 71-73, 2009.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA. Agromensal: soja - dezembro/2010, 2011. Disponível em: [http://www.cepea.esalq.usp.br/agromensal/2010/12_dezembro/Soja.htm# II](http://www.cepea.esalq.usp.br/agromensal/2010/12_dezembro/Soja.htm#II) - Séries. Acesso em: 27/11/2012.

CONDE, A. do P. Desempenho de motor ciclo diesel alimentado com biodiesel de óleo de soja e oliva. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Máquinas e Automação Agrícola, Universidade Federal de Lavras, 2007.**

COSTA, N.; P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. In: **Revista Química Nova**, n. 23, ano IV, p. 531, 2000.

CRUZ, R. S. da; FERREIRA, S. L. C.; LÔBO, I. P. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos.** Química Nova. v. 32, n. 6, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010040422009000600044&script=sci_arttext&tlng=es>. Acesso em: 26/11/2012.

DALL'AGNOL, A.; VIEIRA, O. V.; LEITE, R. M. V. B. C. Origem e histórico do girassol. In: **LEITE, R. M. V. B. C., BRIGHENTI, A. M., CASTRO, C. (Ed). Girassol no Brasil.** Londrina: EMBRAPA, p. 1 -14, 2005.

DANTAS, I. Barreiras técnicas da UE barram biodiesel brasileiro. **Folha de S. Paulo**, Agrofolha, p. B12, 2007.

DIAS, T. A espera do biodiesel, In: **Revista e Portal Meio filtrante**, nº 25, ano V, 2007.

DUNN, D. O. **Effect of oxidation under accelerated conditions on fuel properties of methyl soyate (biodiesel).** J. Am. Oil Chem. Soc. v. 79, p. 915, 2002.

EBB – European Biodiesel Board. **Statistics**, 2007. Disponível em: <<http://www.ebb-eu.org/stats.php>>. Acesso em: 27/12/2012.

EMBRAPA ALGODÃO. **Mamona**, 2003. Disponível em: <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/index.html>. Acesso em: 10/11/2012.

EMBRAPA TRIGO. **Definição e histórico de Canola**, 2004. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/canola/definicao.htm>. Acesso em: 24/10/2012.

ENCINAR, J. M.; GONZÁLEZ, J. F.; RODRÍGUEZ, J. J.; TEJEDOR, A. **Biodiesel fuels from vegetable oils: transesterification of Cynara cardunculus L. oils with ethanol.** Energy & Fuels, v. 16, p. 443-450, 2002.

FERREIRA, M. E. M. Modelos log-normal e markoviano para estudo da evolução de abundância em uma floresta de babaçu. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção).** Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

FERRARI, A. P.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. **Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia.** Química Nova, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FILHO, D. de O. L., Mercado do Biodiesel: um panorama mundial. **Revista Espacios**, v. 29, p. 3, 2008.

FRANÇA. Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie. **Communiqué de presse de François Loos**, 2006. Disponível em:

<http://www.industrie.gouv.fr/portail/ministre/comm.php?comm_id=7089>. Acesso em: 29/12/2012.

FRAZÃO, J. M. F. Diagnóstico da pesquisa agroflorestal do babaçu na última década. In: **WORKSHOP BABAÇU: alternativas políticas, sociais e tecnológicas para o desenvolvimento sustentável.** Anais....São Luís: EMAPA, 1992.

FREITAS, S. M.; MARTINS, S. S.; NOMI, A. K.; CAMPOS, A. F. Evolução do Mercado brasileiro de amendoim. In: **SANTOS, R. C. (Ed). O agronegócio do amendoim no Brasil.** Embrapa Algodão, p. 17 – 44, 2005.

GHASSAN, T. A.; MOHAMAD I. AL-WIDYAN, B.; ALI O, A. **Combustion performance and emissions of ethyl ester of a waste vegetable oil in a water-cooled furnace.** Appl. Thermal Eng., v. 23, p. 285-293, 2003

GOMENSORO, Maria Lucia. **Pequeno Dicionário de gastronomia.** Rio de Janeiro: Objetiva, 1999.

HOLANDA, A. **Biodiesel e Inclusão Social.** Câmara dos Deputados. Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica. Brasília, 2004.

KRAEMER, T. D. **Addicted to oil: strategic implications of American oil policy**, 2006.

Disponível em: <<http://www.strategicstudiesinstitute.army.mil/pdffiles/PUB705.pdf>>. Acesso em: 28/12/2012.

KNOTHE, G.; KRAHL, J.; VAN GERPEN, J. **The Biodiesel Handbook.** Illinois: AOCS Press, 2005.

KNOTHE *et al.* Propriedades do combustível. In: **KNOTHE et al. Manual do biodiesel.** 1º edição. Editora Blucher, p. 83 – 177, 2008.

LIMA, P. C. R. **O biodiesel e a inclusão social.** Consultoria Legislativa. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004.

LOVATELLI, C. Situação do biodiesel no mundo. **Anais do Seminário Biodiesel.** Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, 2001.

LUTTERBACH, M. T. S.; BARRETO, A. J.; FERRAZ, O. B.; CAVALCANTI, E. H. S. Avaliação da Tendência à Biocorrosão e da Estabilidade à Oxidação de Biodiesel Metílico de Soja e Mistura B5. **I Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**, 2006.

MA, F.; HANNA, M.A. **Biodiesel production: a review.** Bioresource Technology, v.70, p.1-15, 1999.

- MARTINS, R. **Biodiesel: Trajetória tecnológica da soja e a necessidade de outras matérias-primas**, 2009.
- MARTINS, R.; NACHILUK, K.; BUENO, C. R. F.; FREITAS, S. **O biodiesel de sebo bovino no Brasil**, *Informações Econômicas*, v. 41, n. 5, 2011.
- MAZIERO *et al.* **Avaliação de emissões poluentes de um motor diesel utilizando biodiesel de girassol como combustível**. *Engenharia na Agricultura*, v. 14, n. 4, p. 287-292, 2006.
- MEIRELLE, F. S. **Relatório sobre Biodiesel**, Brasília, 2003. Disponível em: <www.faespsenar.com.br/faesp/economico/EstArtigos/biodiesel.pdf>. Acesso em: 09/10/2012.
- MELLO, F. O. T.; PAULILLO, L. F.; VIAN, C. E. F. O biodiesel no Brasil: panorama, perspectivas e desafios. **Informações Econômicas**, v.37, n.1, p. 28-40, 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/OUT/verTexto.php?codTexto=8499>>. Acesso em: 27/12/2012.
- MENDES, A. P. A.; COSTA, R. C. **Mercado brasileiro de biodiesel e perspectivas futuras**. *BNDES Setorial*, n. 3, p. 253 - 280, 2010.
- MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais**. Verela, cap. 1, p. 1 – 28, 1998,
- MOTA, C. J. A.; SILVA, C. X. A. da; GONÇALVES, V. L. C. **Gliceroquímica: Novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel**. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 639-648, 2009.
- NBB - NATIONAL BIODIESEL BOARD. **Fuel fact sheets**, 2006. Disponível em: <<http://www.biodiesel.org/resources/fuelfactsheets/default.shtm>>. Acesso em: 26/12/2012.
- NOGUEIRA, L. A. H. *et al.* Agência Nacional de Energia Elétrica. Adaptado pelo DPA/MAPA, 2005.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; TÁVORA, F. J. A. F. Ecofisiologia do amendoim (*Arachishypogaea L.*). In: **SANTOS, R. C. (Ed). O agronegócio do amendoim no Brasil**. Embrapa Algodão, p. 73 – 99, 2005.
- OLIVEIRA, C. G. Proposta de modelagem transiente para a clarificação de óleos vegetais: Experimentos cinéticos e simulação do processo industrial. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)**. **Universidade Federal de Santa Catarina**, 2001.
- PORTE, A. F. Biodiesel de girassol em microtratores monocilíndricos. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental**, **Universidade de Santa Cruz do Sul**, 2008.
- PORTO, M. J. F. Estudo preliminar de dispositivo de quebra e caracterização dos parâmetros físicos do coco babaçu. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)**. **Universidade Estadual de Campinas**, 2004.

RANESES, A. R. *et al.* **Potential biodiesel markets and their economic effects on the agricultural sector of the United States.** *Industrial Crops and Products*, Elsevier, v. 9, p. 151-162, 1999.

RUSSI, D. **Il Biodiesel in Italia: vera opportunità? Un'analisi sociale, economica e ambientale.** *Universitat Autònoma de Barcelona*, Pisa, 2006. Disponível em: <http://www-dse.ec.unipi.it/cleta/seminari/RUSSI_Biodiesel%203%205%2006_3.pdf>. Acesso em: 26/12/2012.

SANTOS, A. B.; BACHA, C. J. C. A evolução da cultura e do processamento industrial da soja no Brasil, período 1970 a 2001. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 11, n. 20, p. 89-118, 2003.

SANTOS *et al.* Comparação de Desempenho de um Motor Monocilindro do Ciclo Diesel Operando com Diesel e Biodiesel (B100). **II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras E Biodiesel**, 2005.

SILVA, C. L. M. Obtenção de ésteres etílicos a partir da transesterificação do óleo de andiroba com etanol. **Dissertação (Mestrado em Química Inorgânica) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas**, 2005.

SOUTO, T. de C. **Azeite-de-Dendê: Uma breve história sobre sua origem**, 2010.

SOUZA, G. Impactos da adição de biodiesel no motor ciclo diesel. **Trabalho de Graduação (Tecnologia em Biocombustíveis) - Faculdade de Tecnologia de Araçatuba**, 2010.

SZPIZ, R. R.; JABLONKA, F. H.; PEREIRA, D. A.; HARTMAN, L. **Transesterificação de óleos vegetais para fins combustíveis**, *Boletim de Pesquisa* 8, Embrapa, p. 21, 1984.

TERRY, B.; McCORMICK, R. L.; NATARAJAN, M. **Impact of Biodiesel Blends on Fuel System Component Durability**, *SAE Techn. Pap.*, 2006.

TORRES *et al.* Ensaio de motores estacionários do ciclo diesel utilizando óleo diesel e biodiesel(B100). **Encontro de Energia no Meio Rural**, 2006. Disponível em: http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100057&script=sci_arttext>. Acesso em: 27/11/2012.

UNGARO, M.R.G. Mercados potenciais para o girassol e os seus subprodutos. In: **CÂMARA, G. M. S.; CHIAVEGATO, E. J (Ed). O agronegócio das plantas oleaginosas: algodão, amendoim, girassol e mamona.** Piracicaba: Esalq, p. 123 – 140, 2001.

VICENTE, G.; COTERON, A.; MARTINEZ, M.; ARACIL, J. **Application of the factorial design of experiments and response surface methodology to optimize biodiesel production.** *Industrial Crops and Products*, v. 8, p. 29 – 35, 1998.

ZHANG, Y., DUBÉ, M. A., McLEAN, D. D., KATES, M. **Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment.** *Bioresource technology*, v. 89, n. 1, p. 1, 2003.

ZOCKUN, M. H. G. P. **A expansão da soja no Brasil: alguns aspectos da produção.** São Paulo: IPE-USP, p. 243, 1980.

