



EAFI
Escola Agrotécnica Federal
Inconfidentes - MG

WELLINGTON FERREIRA MISSASSE

**ESTUDO DA VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE MICRO-
USINAS PRODUTORAS DE BIODIESEL A PARTIR DE RECICLAGEM
DE ÓLEOS E GORDURAS USADOS NA COCÇÃO DE ALIMENTOS.**

INCONFIDENTES - MG
Outubro/2008

WELLINGTON FERREIRA MISSASSE

**ESTUDO DA VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE MICRO-
USINAS PRODUTORAS DE BIODIESEL A PARTIR DE RECICLAGEM
DE ÓLEOS E GORDURAS USADOS NA COCÇÃO DE ALIMENTOS.**

Reduzir, reaproveitar e reciclar.

Monografia apresentada, à Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, como parte das exigências para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientadora: MSc. Verônica Ortiz Alvarenga

**INCONFIDENTES – MG
2008**

WELLINGTON FERREIRA MISSASSE

**ESTUDO DA VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE MICRO-
USINAS PRODUTORAS DE BIODIESEL A PARTIR DE RECICLAGEM
DE ÓLEOS E GORDURAS USADOS NA COCÇÃO DE ALIMENTOS.**

Data de aprovação: _____ de _____ de

MSc. Verônica Ortiz Alvarenga

Orientadora

MSc. Gérson da Silva de Freitas Valente

Membro 1

MSc. Felipe Chohfi

Membro 2

Msc. Oswaldo Francisco Bueno

Suplente

Àqueles que plantam e trabalham com a terra.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me fornecer forças para alcançar meus objetivos, e me proporcionar oportunidades e experiências incríveis na minha trajetória.

A minha família em especial ao Vovô João *in memoriam* e a Vovó Maria aos meus pais (José Missasse e Nilce) e as Minhas irmãs (Luana e Giovanna) pelo carinho confiança e pelos incentivos.

À terra, onde com cuidado e atenção, muito trabalho e dedicação sempre nos darão o nosso sustento.

Agradeço todos os professores, funcionários e coordenação do curso de gestão ambiental e a direção da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes-MG por viabilizarem minha graduação e fornecer ferramentas para o desenvolvimento de minhas habilidades.

Agradeço ao Professor Luiz Carlos Diaz Rocha pela orientação no meu primeiro trabalho realizado no primeiro mês de aula no curso de gestão ambiental com o tema sobre biodiesel, trabalho esse que foi premiado pelo Sebrae com o prêmio tecnólogo empreendedor.

Agradeço a colaboração do Professor Gerson Valente que muito contribuiu para o andamento desse trabalho.

Agradeço aos incentivos e a colaboração do Engenheiro Ambiental Felipe Chohfi.

Agradeço em especial o coordenador Oswaldo Bueno e a gerente Adriana Daló da Incetec incubadora de empresas da EAFI pelo suporte técnico na área de empreendedorismo.

Agradeço a Professora Verônica Ortiz pela orientação.

Não poderia deixar de agradecer todos os meus colegas de sala pelos bons momentos passados durante esses três anos aqui na EAFI.

Agradeço também as pessoas que diretamente me ajudaram: Tatiana Tavares e família, Adalberto Hilário, Jeferson Alves dos Santos e ao João Paulo Muniz juntamente com o Químico Delvã Poli.

Enfim agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho, que ainda é o primeiro de muitos.

“O motor a diesel pode ser alimentado por óleos vegetais, e ajudará no desenvolvimento agrário dos países que vierem a utilizá-lo. O uso de óleos vegetais como combustível pode parecer insignificante hoje em dia. Mas com o tempo irão se tornar tão importante quanto o petróleo e o carvão são atualmente.”

Rudolf Diesel, 1911

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	II
LISTA DE FIGURAS.....	III
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1. Histórico do biodiesel.....	3
2.2. Cenário atual do biodiesel.....	4
2.3. Processo de transesterificação.....	6
2.5. Mercado para a glicerina.....	11
2.6. Mercado do biodiesel.....	13
2.7. Programa de Apoio Financeiro a investimentos em biodiesel do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social).....	14
2.8. Balanço energético do biocombustível.....	15
2.9. Processo de produção de biodiesel.....	17
2.10. Qualidade do biodiesel.....	18
2.10.1 Qualidade da matéria prima.....	21
2.10.2 Métodos de avaliação da qualidade do biodiesel.....	22
2.11. Equipamentos para produção de biodiesel.....	22
2.12. Avaliação do motor de combustão interna alimentado com biodiesel.....	23
2.13. Vantagens ambientais da reciclagem do Óleo Usado para biodiesel.....	25
3. ESTUDO DE CASO.....	28
3.1. Exemplo de propriedade que utiliza biocombustível gerado a partir de gordura suína.....	28
4. BODIESEL NA EAFI (ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE INCONFIDENTES).....	30
4.1. Testes preliminares.....	30
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
7. REFERENCIAL BIBLIOGRAFICO.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Rendimento da reação de transesterificação com metanol ou etanol.....	10
Tabela 2 Comparação entre balanços energéticos de biodiesel de mamona, óleos e gorduras residuais – ORG (Brasil) e Soja (EUA).....	16
Tabela 3 Especificações de alguns óleos vegetais in natura e do óleo diesel. Tabela do Ministério da Indústria e do Comércio MIC.....	21
Tabela 4 Custos para produção de biodiesel e sabão de glicerina.....	30
Tabela 5 Custos de produção de biodiesel e sabão com venda de co-produtos.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estágio atual da produção mundial de biodiesel	5
Figura 2 Processo de produção de biodiesel.....	7
Figura 3 Reação de transesterificação	7
Figura 4 Capacidade de produção de biodiesel no Brasil	18
Figura 5 Mini-usina de biodiesel.....	24
Figura 6 Desempenho da potência efetiva e do torque do biodiesel de óleo de pequi (ésteres etílicos) e do diesel convencional.....	25
Figura 7 Gordura suína do refeitório	32
Figura 8 Gordura suína filtrada.....	32
Figura 9 Agitação da gordura suína em agitador e aquecedor magnético.....	33
Figura 10 Fase éster separada da glicerina.....	33
Figura 11 Fase éster biodiesel de gordura suína.....	33

RESUMO

Os óleos e gorduras residuais, oriundos do processamento de alimentos para consumo humano, quando não é dado destino adequado este resíduo torna-se uma enorme fonte de poluição ambiental contaminando solo e água. Os óleos vegetais e gorduras animais são constituídos quimicamente por moléculas de triglicerídeos, que são compostos por três ácidos graxos de cadeia longa ligados a uma única molécula de glicerol. Estes ácidos graxos diferem pelo comprimento da cadeia carbônica, número da orientação e pelas duplas ligações presentes na cadeia. Os óleos vegetais podem ser produzidos através de uma infinidade de matérias-primas sendo a soja a principal delas. O óleo de soja, é largamente utilizado na cocção de alimentos (fritura). No entanto, as gorduras animais na maioria das vezes são materiais de descarte de abatedouros produzidas durante o processamento das carnes bovinas e suínas. Esses resíduos podem ser fonte de combustível, e para reaproveitamento tornando necessário um processo que diminua viscosidade, dentre os vários métodos, o processo de transesterificação tem sido atualmente o mais indicado. A transesterificação, consiste de um triglicerídeo reagindo com um álcool, metanol ou etanol, na presença de um catalisador, ácido ou básico. A reação produzirá uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos e glicerol, sendo a mistura de ésteres denominada de biodiesel. De acordo com a literatura, o biodiesel possui custo mais elevado que o diesel de petróleo. No, entanto, quando a cadeia de produção de biodiesel está atrelada ao setor agropecuário. O biocombustível pode ser utilizado, para execução das atividades produtivas, e as matérias-primas residuárias são utilizadas. O biodiesel torna-se uma excelente fonte energética de baixo custo e, além disso, reduz os impactos ambientais no meio rural.

ABSTRACT

Residual oil and animal fats from the processing of foods for human consumption represent an enormous source of environmental pollution when not treated appropriately. They consist chemically of triglyceride molecules composed of three graxic acids of long chain linked to a molecule of glycerol. The graxic acids differ by the length of the carbon chain, number of orientation and by the double bonds present in the chain. Vegetable oils can be produced from several raw materials being soy one of the main ones. Soy oil is largely used in the food industry. On the other hand the animal fats in the majority of times are wasted from beef breeding farms. These residues can be a source of fuel and for their re-use comes the need for a process that reduces their viscosity, among which transesterification is the most widely used option. Transesterification consists of a triglyceride reacting with an alcohol, methanol or ethanol, in the presence of an acidic or alcaline catalyst. This reaction results in a mixture of alcilic esters of graxic acids and glycerol, being the mixture of acids named biodiesel. According to the literature biodiesel is more expensive than petroleum derived diesel. However, when the biodiesel production chain is attached to the agroindustrial sector the biofuel can be used. For the undertaking of the productive activities the residues are used making biodiesel an excellent source of low cost energy and promoting the reduction of environmental impacts in

1. INTRODUÇÃO

Na produção agropecuária para execução das atividades é necessário uso de energia (combustível), seja no bombeamento de água irrigação, preparo do solo ou transporte. Tanto na agricultura, como em outros setores de produção essa energia utilizada é proveniente de combustíveis fósseis, ou energia elétrica.

A produção de oleaginosa também é um aspecto a ser levado em consideração não apenas por ser fonte de matéria-prima para biocombustíveis. Por que o grão da oleaginosa possui uma fração lipídica, o óleo que será utilizado como alimento e, posteriormente poderá ser reciclado e transformado em bicomcombustível, e a fração protéica, o bagaço resíduo da prensagem do grão que pode ser utilizado para alimentação animal.

Por outro lado, as atividades produtivas geram resíduos, como, por exemplo, óleo usado na cocção de alimentos, e a gordura suína e o sebo bovino em abatedouros. Esses resíduos, podem ser utilizados na produção de produtos como, por exemplo, sabões ou como fonte de energia. Porém, quando não é dado destino adequado à estes resíduos, tornam-se fonte de poluição devido à alta carga poluidora.

Outro aspecto ambiental, é que quando se utiliza espécies arbóreas como o pinhão manso (*Jatropha curcas*) e macaúba (*Acrocomia aculeata*), estas podem ser implantadas em áreas degradadas ou áreas de topografia acentuada promovendo a proteção e conservação do solo, com isso prestando um serviço ambiental.

Ao se utilizar culturas anuais nas áreas de entressafra, em rotação de culturas, promoverá a proteção do solo. De forma, a não ficar exposto e terá os benefícios da rotação de cultura, ciclagem de nutrientes, quebra do ciclo de pragas. Com relação ao aspecto econômico, esse plantio em entressafra será mais uma alternativa de renda para o produtor rural, promovendo o desenvolvimento agrário.

No entanto, para a viabilização do processo de produção de biodiesel, torna-se necessário o domínio das etapas que compõe o processo de produção. Sendo o processo de transesterificação a etapa fundamental para a obtenção de um combustível de boa qualidade.

O presente trabalho teve como objetivo estudar as possibilidades de produzir biodiesel a partir de óleos e gorduras residuais gerado no processo de cocção de alimentos a partir da transesterificação. Para tanto, foram analisados os pontos de maior relevância sobre o tema, assim como, foram demonstrados dois exemplos de transesterificação para produção de biodiesel a partir de óleos e gorduras residuais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Histórico do biodiesel

O uso de óleos vegetais em motores de combustão interna remonta ao início da operação satisfatória do próprio motor diesel, em fins do século passado. Rudolf Diesel projetou em 1896 seu primeiro motor, com eficiência da ordem de 26%, e testou-o com petróleo, álcool e, em 1900, com óleos vegetais (IVIG, 2002).

O biodiesel aparece como um dos principais sucessores naturais e renováveis para substituição total ou parcial ao diesel. O biodiesel é fonte de energia renovável, é extraído a partir de produtos agrícolas (VALENTE, 2007).

A experiência brasileira na produção de biocombustíveis vem sendo acumulada desde o Proálcool, programa de desenvolvimento do bioetanol, como substituto da gasolina, implantado em 1975 e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, criado em 2005 (SILVA & SAKATSUME, 2007).

Com relação ao termo biodiesel segundo uma pesquisa realizada no *Chemical Abstract* (utilizando a ferramenta de busca “SciFinder” com “biodiesel” como palavra-chave) revelou que o primeiro uso do termo “biodiesel” na literatura técnica especializada deve ser creditado a um trabalho chinês publicado em 1991; a partir deste momento, o uso da palavra “biodiesel” se expandiu exponencialmente na literatura internacional (KNOTHE et.al., 2006)

Embora os primeiros testes da utilização de biodiesel como combustível alternativo datem do início deste século, sua comercialização ainda apresenta algumas deficiências tecnológicas. Por exemplo, um dos principais problemas técnicos está relacionado com a qualidade de ignição em relação ao diesel convencional. Entretanto, aminas e amidas terciárias de ácidos graxos são mais eficientes que os ésteres e podendo corrigir essa deficiência, quando utilizados como aditivos (STOUMAS, S. 1995)

Durante quase meio século, o Brasil desenvolveu pesquisas sobre óleo vegetal, promoveu iniciativas para usos em testes e foi um dos pioneiros ao registrar a primeira patente sobre o processo de produção de biodiesel, em 1980. Atualmente aproximadamente 16 empresas são autorizadas pela Agência Nacional do Petróleo – ANP para produzir biodiesel (VALENTE, 2007)

O processo de transesterificações de óleos vegetais foi realizado pela primeira vez em 1853, pelos cientistas E. Duffv e J. Patrick, antes mesmo do motor do ciclo diesel entrar em funcionamento. O motor diesel entrou em funcionamento de forma eficiente na data de 10 de agosto de 1893, criado por Rudolf Diesel, em Augsburg, Alemanha. Anos depois, foi apresentado na Feira Mundial de Paris, França, em 1898. O combustível utilizado era o óleo de amendoim, biodiesel obtido pelo processo de transesterificação (LUCENA, 2004).

No Brasil, a utilização do biodiesel iniciou-se com o Conde Francisco de Matarazzo. As indústrias Matarazzo, nos anos 60, buscando produzir óleo através dos grãos de café. Para lavar o café de forma a retirar impurezas foi usado o álcool da cana de açúcar. A reação entre álcool e o óleo de café resultou na liberação de glicerina, resultando em éster etílico, produto que hoje é chamado de biodiesel (LUCENA, 2004).

2.2. Cenário atual do biodiesel

A produção anual de biodiesel da União Européia é de 1,35 milhões de toneladas. Isso corresponde a 90% da produção mundial. Os incentivos fiscais do governo, leis específicas para o produto e a alta tributação dos combustíveis de petróleo na Europa, inclusive do óleo diesel mineral, garante a competitividade do biodiesel no mercado. A Alemanha é o maior consumidor e produtor de biodiesel do mundo, com cerca de 42% da produção mundial. A sua principal matéria prima é obtida com a utilização da colza. O óleo é distribuído de forma pura, isento de mistura ou aditivos, em uma rede de combustíveis compostas com cerca de 1700 postos (LUCENA, 2004).

A figura 1 ilustra o estágio atual da produção de biodiesel segundo a GTI-BIODIESEL citado por Lopes, 2006 :

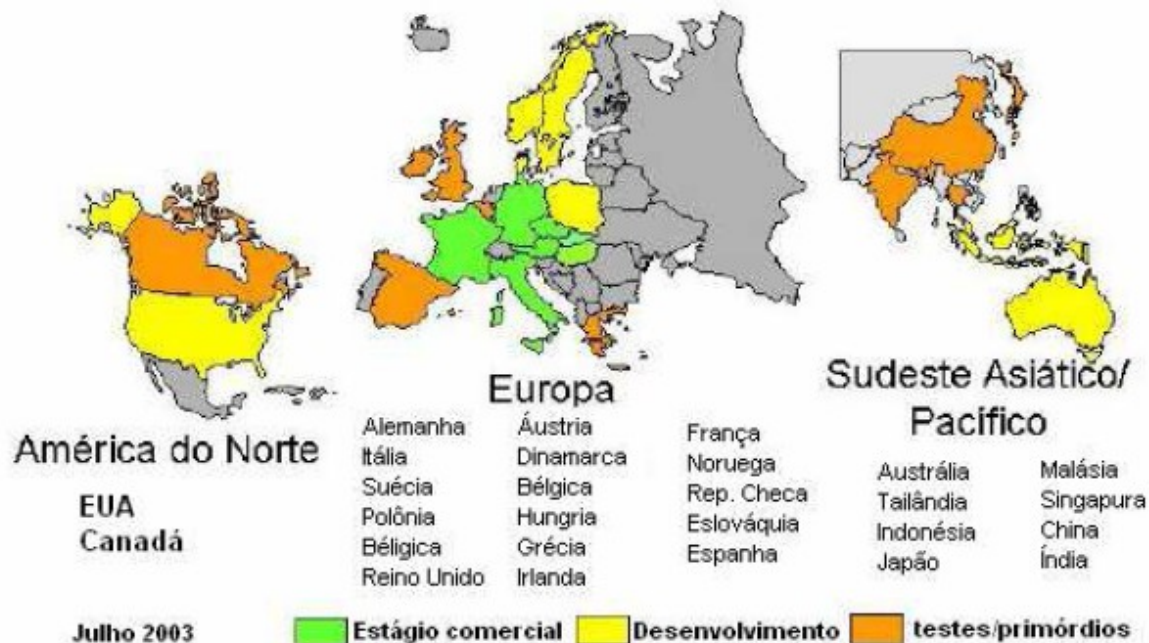


Figura 5. Estágio atual da produção mundial de biodiesel. Fonte: (GTI-Biodiesel)

Apesar de não ser novo, o interesse por esse tema realmente cresceu após o governo brasileiro ter criado, através do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT, o Programa Brasileiro de Biodiesel – PROBIODIESEL, regulamentado pela Portaria MCT Nº702, de 30 de outubro de 2002. Equivalente ao Pró-álcool, este programa visa ao desenvolvimento integrado em rede das tecnologias de produção, industrialização e uso do Biodiesel e de misturas com diesel, a partir de óleos vegetais puros e residuais, produzidos regionalmente (VALENTE, 2007).

O programa brasileiro para produção e uso do biodiesel foi aprovado em 2004. Na lei nº 11.097 são estabelecidas metas e prazos para introdução desse novo combustível na matriz energética brasileira. Desde 2005, a adição de 2% de biodiesel a todo diesel consumido no Brasil é autorizada pelo Governo Federal. A partir de 2008, essa mistura será compulsória e o percentual permitido será de 5%, possibilitando a ampliação desse mercado. O biodiesel apresenta muitas vantagens ambientais, entre elas a diminuição das emissões de gás carbônico (CO₂), a ausência de enxofre e menor geração de partículas poluentes formadoras da fumaça preta (VALENTE, 2007).

2.3. Processo de transesterificação

A reação de transesterificação consiste na substituição do propanotriol, substância que forma uma goma e provocaria a carbonização do motor, por um álcool primário de cadeia curta, geralmente o metanol ou etanol, esta é uma reação de equilíbrio e a transformação ocorre essencialmente pela mistura dos reagentes. Entretanto, a presença de um catalisador aumenta a velocidade da reação, podendo ser um ácido ou base forte, entre os ácidos o mais utilizado é o ácido sulfúrico, ao qual está associado a problemas de corrosão; entre as bases se destacam os hidróxidos de sódio e de potássio, tendo o hidróxido de sódio menor custo, porém, apresenta o inconveniente químico de reações secundárias de saponificação quando em excesso (CARVALHO et al., 2003).

Quimicamente, os óleos e/ou gorduras possuem moléculas de triglicerídeos constituídos de três ácidos de cadeias longas, os quais são ligados a uma molécula do glicerol. Os ácidos graxos diferem pelo comprimento da cadeia carbônica, do número, da orientação e da posição das duplas ligações presentes na cadeia (CANDEIA et. al.,2006). Os óleos vegetais são produtos naturais constituídos por uma mistura de ésteres derivados do glicerol (triacilgliceróis ou triglicerídios), cujos ácidos graxos contêm cadeias de 8 a 24 átomos de carbono com diferentes graus de insaturação (CANDEIA et. al.,2006).

Além de óleos vegetais e gorduras de origem animal, outras matérias como óleos utilizados para a cocção de alimentos (fritura) também são adequados para a produção de biodiesel; no entanto, mudanças no procedimento de reação são freqüentemente necessárias devido a presença de água e de ácidos graxos livres (KNOTHE et al., 2006).

A figura 2 indica o fluxograma de produção de biodiesel a partir de grãos de oleaginosa e gordura animal:

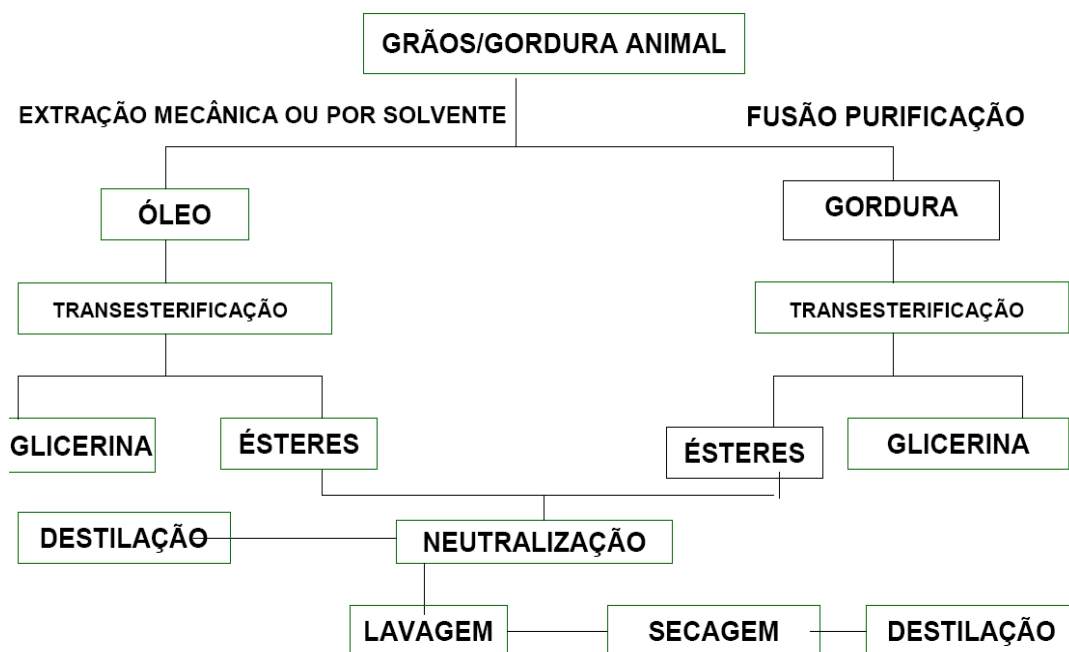


Figura 6. Processo de produção de biodiesel. Fonte: D'ARCE 2006

O processo de produção do biodiesel origina basicamente dois produtos: o biodiesel e a glicerina (YUUKI et. al.,2005). Portanto, deve ser rigoroso para evitar a presença de resíduos de glicerina.

A transesterificação é um processo utilizado para reduzir a alta viscosidade de óleos vegetais, a fim de, permitir o seu uso em motores diesel sem problemas operacionais (KNOTHE et al., 2006). A John Deere recomenda a utilização de biodiesel fabricado de acordo com as normas técnicas ASTM D6751 ou EN14124 (John Deere, 2007).

A reação de transesterificação (Fig 3), consiste de um triglicerídeo reagindo com um álcool na presença de um catalisador (podendo ser um ácido ou uma base forte), produzindo uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos e glicerol, sendo que a mistura de ésteres é o que se denomina biodiesel (CANDEIA et. al., 2006).

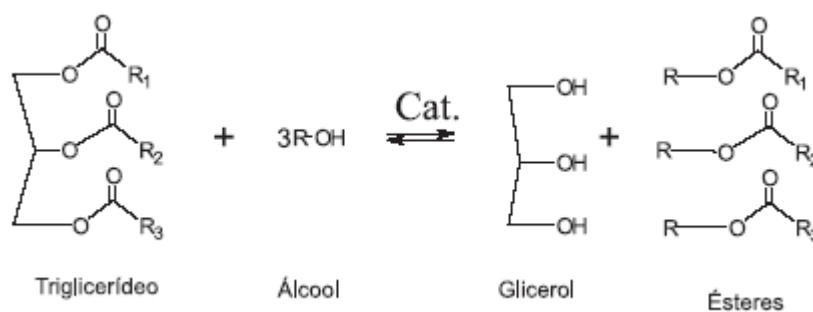


Figura 7. Reação de Transesterificação Fonte :Valente, 2007

A reação de síntese, geralmente empregada a nível industrial, utiliza uma razão molar óleo:álcool de 1:6 na presença de 0,4% de hidróxido de sódio ou de potássio, pois o meio básico apresenta melhor rendimento e menor tempo de reação do que o meio ácido (FREEDMAN et. al., 1986 citado por RAMOS et. al., 2000). Por outro lado, o excesso de agente transesterificante (álcool primário) faz-se necessário devido ao caráter reversível da reação (COSTA NETO . et. al., 2000).

Segundo Encinar et. al. (1999), a aplicação direta dos óleos vegetais nos motores é limitada em virtude de algumas propriedades físicas dos mesmos, principalmente a sua alta viscosidade, baixa volatilidade e seu caráter polinsaturado, que implicam em alguns problemas nos motores, bem como numa combustão incompleta (ENCINAR et. al.,2002; DORADO et. al.,2003; AGARWAL,2001 citado por FERRARI et al., 2004). Assim, visando reduzir a viscosidade dos óleos vegetais, diferentes alternativas têm sido consideradas, tais como: diluição, micro-emulsão com metanol ou etanol, craqueamento catalítico e reação de transesterificação com etanol ou metanol (NASCIMENTO, 2001 citado por FERRARI et al., 2004).

Inerente à utilização de óleo usado, o processo deve ser iniciado por uma filtração a fim de retirar os resíduos de fritura. Espera-se que o teor de ácidos graxos livres seja um pouco maior que o óleo vegetal fresco, além de um índice de peróxido cerca de dez vezes maior. Esses valores devem influenciar a quantidade de metanol e catalisador a ser empregado na transesterificação (IVIG 2002).

Durante o processo de produção de biodiesel ocorre a produção de glicerina. Esse subproduto é matéria-prima para outras cadeias produtivas, tais como, tintas, adesivos, produtos têxteis e farmacêuticos. A produção de biodiesel pode aumentar a oferta de glicerina no mercado, reduzindo-se assim o preço desse produto, uma vez que apresenta o preço bastante elevado (LUCENA, 2004).

A produção de biodiesel por transesterificação dos óleos vegetais com alcoóis fornece um sistema bifásico, uma fase não polar de ésteres de ácidos graxos e outra mais densa constituída por glicerina e outros componentes residuais do processo. Após a decantação e separação, o biodiesel é purificado através de um processo de lavagem com água para retirar resíduos de glicerina livre e outros contaminantes (NOUREDDINI, 2001 citado por LOUZEIRO et. al., 2006).

FREEDMAN et al. (1986) demonstraram que a alcoólise com metanol é tecnicamente mais viável do que a alcoólise com etanol, particularmente se esse corresponde ao etanol hidratado, cujo teor em água (4-6%) retarda a reação. O uso de etanol anidro na

reação efetivamente minimiza este inconveniente, embora não implique em solução para o problema inerente à separação da glicerina do meio de reação que, no caso da síntese do éster metílico, pode ser facilmente obtida por simples decantação (VALENTE, 2007).

Conforme a espécie de oleaginosa, variações na composição química do óleo vegetal são expressas por variações na relação molar entre os diferentes ácidos graxos presentes na estrutura. Portanto, a análise da composição de ácidos graxos constitui o primeiro procedimento para a avaliação preliminar da qualidade do óleo bruto e/ou de seus produtos de transformação, e isto, pode ser obtido através de vários métodos analíticos tais como a cromatografia líquida de alta eficiência, a cromatografia em fase gasosa e a espectroscopia de ressonância magnética nuclear de hidrogênio(COSTA NETO. et. al., 2000).

A tendência mundial é de se realizar a transesterificação em meio básico, por questões econômicas e tecnológicas. O álcool mais utilizado é o metanol, derivado do petróleo, devido às facilidades que proporciona à reação. Entretanto, o Brasil é um dos maiores produtores de álcool etílico do mundo, oriundo da cana de açúcar, e este é um fator que estimula estudos de seu uso em substituição ao metanol (LIMA et al., citado por VALENTE, 2007). A transesterificação consiste de um processo químico cujo objetivo é alterar a estrutura molecular do óleo, tornando-a praticamente idêntica a do óleo diesel(CANDEIA et. al., 2006).

2.4. Comparação entre as rotas metílica e etílica

Os álcoois são compostos, que apresentam na sua estrutura, um grupo hidroxila ligado a um átomo de carbono. A solubilidade dos álcoois em água diminui à medida que cresce o número de átomos de carbono da molécula (SOLOMONS e FRYHLE 2001).

Metanol (CH_3OH), ou álcool metílico, era produzido a partir da destilação da madeira. Atualmente é industrialmente produzido através da redução catalítica do monóxido e dióxido de carbono. A matéria-prima desses reagentes é o gás natural abundante e barato para a maioria dos países. É um líquido incolor, de baixa viscosidade, inflamável à temperatura ambiente, tóxico por ingestão, inalação e contato prolongado com a pele (PARENTE Jr. & BRANCO, 2004).

O etanol ou álcool etílico é uma substância limpa, sem cor, que diluído em água apresenta sabor adocicado. Na forma concentrada é um poderoso combustível, perfeitamente miscível em água assim como, em glicerina, gasolina, etc. O etanol pode ser obtido por via fermentativa a partir de qualquer vegetal rico em açúcar. No Brasil, ele é produzido quase

totalmente a partir da cana-de-açúcar (PARENTE Jr. & BRANCO, 2004). Tanto o etanol, como metanol, podem ser usados na produção do biodiesel. No entanto, a rota etílica é muito mais lenta que a metílica e o rendimento também é menor (Tabela 1), já que o etanol é um agente solubilizante do biodiesel e da glicerina. Esse fato também faz com que a purificação dos produtos seja mais difícil e onerosa (PARENTE Jr. & BRANCO, 2004).

Tabela 1. Rendimento da reação de transesterificação com metanol ou etanol

PROPRIEDADE	ÉSTER METÍLICO	ÉSTER ETÍLICO
Conversão (óleo-biodiesel)	97,5%	94,3%
Glicerina total no biodiesel	0,87%	1,4%
Viscosidade	3,9-5,6 cSt a 40°C	7,2% superior ao éster metílico
$\Delta\%$ Potencia frente ao óleo diesel	2,5% menor	4% menor
$\Delta\%$ Consumo frente ao óleo diesel	10% maior	12% maior

Fonte: Australian Standart for Biodiesel Report, 2003

Segundo Ferrari et al (2004), a taxa de conversão do óleo de soja em ésteres etílicos depende significativamente do curso da reação de transesterificação, que é influenciada por vários fatores que incluem o tipo de catalisador (alcalino ou ácido), razão molar álcool/óleo, temperatura, teor de ácidos graxos livres e principalmente a pureza dos reagentes.

A viscosidade do biodiesel de etanol também é ligeiramente maior que do biodiesel de metanol, mas não chega a prejudicar seu desempenho nos motores. Já os pontos de névoa e de entupimento são menores para o biodiesel de etanol, uma vantagem em lugares mais frios. Por outro lado, o biodiesel de etanol tem menor estabilidade à oxidação degradando-se mais facilmente. Testes em motores mostram que o consumo de biodiesel de etanol é ligeiramente superior ao de metanol e a queima do mesmo provoca maior formação de resíduos de carbono nos bicos injetores (PARENTE Jr. & BRANCO, 2004).

É importante destacar que essas diferenças são imperceptíveis quando se pensa em misturas com diesel mineral em ordens de 98-95% de diesel e 2- 5% de biodiesel (PARENTE Jr. & BRANCO, 2004).

De qualquer forma, do ponto de vista ambiental, a rota etílica leva vantagem sobre a metílica por seus reagentes serem totalmente renováveis, e o álcool etílico ser mais abundante no Brasil (PARENTE Jr. & BRANCO, 2004).

2.5. Mercado para a glicerina

A quantidade de glicerina co-produto da reação de transesterificação é cerca de 10% sobre o peso do óleo utilizado (MIC/STI, 1985). Para atender a demanda de biodiesel apregoada pelo PNPB (Plano Nacional de Produção de biodiesel), o acréscimo da disponibilidade de glicerina no mercado brasileiro, com a implantação do B2 (nome dado ao combustível quando se adiciona 2% de biodiesel ao diesel mineral), deverá ser da ordem de 60 a 80 mil toneladas/ano e com a introdução do B5 (5% de biodiesel adicionado ao diesel mineral), em 2013, a previsão é de esta produção aumente para 150 mil toneladas por ano (SEMINÁRIO CO-PRODUTOS DO BIODIESEL, 2005).

De acordo com Dr. Agenor o mercado mundial da glicerina, hoje em dia, gira em torno de 1 a 1,5 milhão de toneladas por ano, sendo a Dow Química a maior produtora sintética, com cerca de 300 mil toneladas por ano. Foi também argumentado que o preço da glicerina vem caindo substancialmente em função do desenvolvimento internacional do biodiesel, e que valores muito abaixo de US\$ 1 mil por tonelada já vêm sendo observados em vários mercados (SEMINÁRIO CO-PRODUTOS DO BIODIESEL, 2005).

O Seminário de Co-produtos do Processo de Produção do Biodiesel, realizado em maio de 2005, Rio de Janeiro, contando com a participação de Universidades, Centros de Pesquisa, Empresas, Associações Cíveis e Governo, discutiu aplicações e potenciais mercados para a glicerina. No evento foram apresentados trabalhos que mostram a possibilidade de utilização da glicerina:

Na produção de aditivos oxigenados para combustíveis, em especial gasolina, em substituição ao MTBE (metil-t-butil-éter); Em rotas para produção de acrilatos e outros derivados o que deslocaria o propeno, que é um produto de demanda crescente no mercado brasileiro;

- Na produção de acrilatos e carbonato de glicerina;
- Na hidrogenólise da glicerina a etilenoglicol, um anti-congelante;
- Como plastificante para PVC e outros polímeros como o amido e a celulose;
- Em fluidos de perfuração para poços de petróleo, que têm grande demanda no mercado e precisam ser biodegradáveis (SEMINÁRIO CO-PRODUTOS DO BIODIESEL,2005).

Outra possibilidade que deve ser analisada é a provável utilização da glicerina como uma nova e importante alternativa para a economia do óleo combustível. Os excedentes de glicerina não aproveitáveis para o mercado internacional podem ser utilizados no mercado

nacional de óleos combustíveis e insumos energéticos já que seu poder calorífico é considerável (MIC/STI, 1985)

MTBE (metil-tbutil-éter), cuja utilização nos Estados Unidos da América vem sendo proibida desde 2002. A produção mundial de MTBE, em 2003, foi da ordem de 19 milhões de toneladas. Tomando-se por base o teor de oxigênio nas moléculas do MTBE e da glicerina, a substituição de todo o MTBE abriria um mercado, com as projeções atuais de cerca de 7 milhões de toneladas por ano para a glicerina e seus derivados (SEMINÁRIO CO-PRODUTOS DO BIODIESEL, 2005).

A glicerina é normalmente usada na preparação de diversos produtos tais como remédios, produtos de uso pessoal, comida, bebida, tabaco, resinas alquídicas, poliol-polieter, celofane e explosivos, todavia, o seu uso é condicionado ao seu grau de pureza, que deve estar usualmente acima de 95%. Além disso, a glicerina bruta é cotada a R\$ 1,40/kg, a bidestilada por R\$ 3,65/kg enquanto que a glicerina farmacêutica ($\geq 99,5\%$) é vendida a valores acima de R\$ 564,00/kg . (SIGMA ALDRICH,2006)

Ao final do Seminário co-produtos do biodiesel, foram listadas as seguintes linhas de pesquisas para o aproveitamento da glicerina:

- Plastificantes para PVC
- Plastificantes para amido
- Compósitos \Leftrightarrow Construção Civil
- Cosméticos
- Biogás
- Membrana protônica
- Química Fina
- Fluídos de perfuração
- Biossurfactantes
- Lubrificantes
- Energia
- Aditivos oxigenados para combustíveis
- Petroquímica.

2.6. Mercado do biodiesel

Alguns dos problemas da produção do biodiesel estão relacionados ao seu custo mais elevado em relação ao petrodiesel (que tem sido compensado em alguns países por legislações específicas, marcos regulatórios ou subsídios na forma de isenção fiscal). O alto custo da produção do biodiesel pode também ser (parcialmente) compensado pelo uso de matérias-primas de menor valor agregado, o que tem motivado a investigação de tecnologias para a utilização de óleos de descarte, por exemplo, óleos de fritura (KNOTHE. et al., 2006)

O setor agropecuário é responsável por 15% do consumo de óleo diesel, aproximadamente 5.600 mil m³. Para este setor a aplicação da alternativa B100 (100% de biodiesel) para motores estacionários (largamente utilizados na irrigação de culturas nobres) e máquinas agrícolas pode acarretar significativas reduções de custos, que se viabilizadas poderão representar pesados incrementos no consumo de biodiesel, se comparados com as estimativas de consumo para o setor de transportes (GTI – BIODIESEL).

O Brasil ainda não é um país auto-suficiente na produção de petróleo. Em 2004, foram produzidos 1,49 milhões de barris de petróleo por dia, e consumidos 1,7 milhões de bpd (barris de petróleo dia) de derivados de petróleo (Segundo dados da Petrobras) O consumo nacional de diesel no ano de 2003, ficou em 38 milhões de m³, dos quais 3,8 milhões foram importados, correspondente a 10% do total consumido (LUCENA 2004).

Os dispêndios com importação somente de diesel representaram 37,2% dos gastos totais com importação de combustíveis. O montante correspondente foi de 792 milhões de dólares (FOB). Esse valor, em 2004 representou pouco mais de US\$ 826 milhões, um aumento de 4,4% em relação ao ano anterior. A quantidade de barris, no entanto, caiu 29,4 %. A cotação internacional do petróleo contribui para aumentar tais dispêndios, devido à alta dos preços apresentadas no ano de 2004. Apesar da redução da quantidade de barris importados, em resposta ao aumento da capacidade produtiva da Petrobrás, o dispêndio para os próximos anos ainda deve ser elevado (LUCENA, 2004).

O consumo do diesel no Brasil pode ser dividido em três grandes setores: o de transportes, representando mais de 75% do total consumido; o agropecuário, representado cerca de 16% do consumo; e o de transformação, que utiliza o produto na geração de energia elétrica e corresponde à cerca de 5% do consumo total de diesel. O biodiesel entra fortemente como combustível substituto nos três setores, podendo ser utilizado puro (B100) no de transformação, em geradores, e agropecuário, em tratores. Pode ser utilizado como aditivo no setor de maior consumo de óleo diesel, o de transportes (LUCENA 2004).

Há muita controvérsia a respeito do preço final efetivo do biodiesel para o consumidor. A diferença entre as matérias-primas utilizadas na produção, assim como a escala da planta de transesterificação e a incidência tributária no produto, podem resultar em grandes distinções de custo. Para aumentar sua competitividade, os custos de produção do biodiesel podem ser minimizados através da venda dos co-produtos gerados durante o processo de transesterificação, tais como a glicerina, adubo e ração protéica vegetal. No caso da glicerina, a receita gerada pode reduzir o custo final do biodiesel em 5 a 10 centavos de dólar por litro. Porém, o excesso de oferta gerado pela produção em grande escala do biodiesel pode causar queda em sua cotação internacional, atualmente em torno de US\$ 500 a US\$ 1000 por tonelada. A utilização de metanol ou álcool etílico como matéria-prima também representa alterações no custo final do biodiesel. Estudos feitos por Bender (1999a) indicam que o custo de produtos químicos (metanol e catalisador) é de cerca de US\$0,02 por litro de biodiesel produzido, caso seja utilizado um grau de recuperação de 100%. Se o grau de recuperação do álcool for de apenas 60%, esse custo seria elevado para US\$0,03/litro. Caso fosse utilizado álcool etílico ao invés de metanol, o custo seria acrescido de US\$0,01 por litro (LUCENA, 2004).

2.7. Programa de Apoio Financeiro a investimentos em biodiesel do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social)

O BNDES apoiará investimentos em todas as fases da produção de biodiesel (fase agrícola, produção de óleo bruto, produção de biodiesel, armazenamento, logística e máquinas e equipamentos para produção de óleo vegetal bruto ou de biodiesel), em relação às fases agrícola e de produção de óleo bruto, podem ser apoiados projetos desvinculados da produção imediata de biodiesel, desde que seja formalmente demonstrada a destinação futura do produto agrícola ou do óleo bruto para a produção de biodiesel (BNDES,2005). Pessoas físicas e jurídicas que se enquadrem dentro dos critérios estipulados pelas Políticas Operacionais do BNDES podem obter o financiamento. E um dos fatores determinantes das condições de financiamento é o selo Combustível Social. A participação do BNDES pode ser de até 90% nos itens passíveis de apoio, em projetos com o selo, e de até 80% em projetos sem o selo. Além disso, a taxa de juros de remuneração do BNDES é maior para projetos sem o selo tanto no apoio direto quanto indireto (BNDES, 2005).

2.8. Balanço energético do biocombustível

Além da existência da tecnologia de produção, dois outros fatores determinam a viabilidade de qualquer combustível: o custo econômico e o balanço energético. O balanço energético pode ser definido como a proporção de energia não renovável usada na produção de uma unidade energética do combustível e seus subprodutos (LOPES, 2006).

O balanço energético de um combustível, realizado por meio da análise *Input-Output*, pode ser definido como a proporção de energia não renovável usada na produção de uma unidade energética do combustível e seus subprodutos utilizados. Para um biocombustível ser sustentável é essencial que a relação *Input-Output* seja $1 : > 1$. Se o balanço energético dado por essa relação for $1 : < 1$ ocorrerá uma perda de energia na produção do combustível, de modo a negar o seu *status* como uma fonte de energia renovável (BATCHELOR *et al*, 1995). Por exemplo, estudos realizados, por NOGUEIRA (1987) e GOLDEMBERG (2004) citado por LOPES, 2006, para o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar no Brasil, mostraram que para cada unidade de energia total investida na agroindústria canavieira são produzidas 8,3 unidades de energia renovável.

Segundo Nogueira(1987) análise dos fluxos energéticos fornece informações importantes para:

- Avaliar as conseqüências energéticas do emprego de novas fontes de energia e da política energética;
- Identificar áreas onde a aplicação de técnicas de conservação de energia é mais interessante;
- Estimar o efeito da elevação de preços de combustíveis;
- Avaliar as conseqüências energéticas de diferentes políticas de transporte;
- Estudar o uso de energia no setor agrícola.

Goldemberg, em 1982, avaliou a produção de biodiesel de óleo de soja e chegou a uma relação produção/consumo de energia de 1,42, o que evidencia a baixa eficiência energética desta cultura. Nesse caso, quase 70% da energia obtida na formação de ésteres é consumida nas várias etapas do processamento do combustível alternativo, incluindo a fase agrícola cuja demanda energética é equivalente a 68% do consumo total de energia (MIC/STI, 1985).

Em contraste às culturas de ciclo anual, o saldo energético de espécies oleaginosas perenes, como dendê, macaúba pinhão manso e indaiá, é bastante favorável, sendo o dispêndio energético inferior a 35% da energia produzida (MIC/STI, 1985). Dessa forma,

Martins e Teixeira, em 1985, avaliaram o uso da macaúba e dendê obtendo relações produção/consumo de, respectivamente, 4,20 e 5,63, mostrando o imenso potencial das palmáceas para produção de biodiesel. Isso porque, a exceção do pinhão-manso, essas espécies fornecem dois tipos de óleos, além de cascas, fibras, raques, endocarpo e torta, os quais são separados durante processamento do fruto oleaginoso e o aproveitamento desses resíduos como fonte geradora de energia térmica e elétrica para os processos de extração transesterificação otimiza a eficiência energética dessas culturas (MACEDO & NOGUEIRA,2004).

Recentemente, outro trabalho realizado pela Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) em Ilhéus, Bahia, concluiu que o balanço energético do biodiesel de mamona é positivo em ambas as rotas de produção (metílica e etílica), independente da alternativa de alocação de uso dos co-produtos. A relação entre produção/consumo de energia calculada para o biodiesel de mamona (1,3-2,9) foi superior ao de colza (1,2-1,9) e inferior ao de soja (3,2-3,4), independente da rota e da alocação de subproduto utilizada, como pode ser visto na tabela 2 (Lopes 2006).

Tabela 2 Comparação entre balanços energéticos de biodiesel de mamona, óleos e gorduras residuais – ORG (Brasil) e Soja (EUA)

FONTE	ROTA	BALANÇO ENERGÉTICO (PRODUÇÃO/CONSUMO)	PRODUTIVIDADE ÓLEO*** (L/HA)
Biodiesel Mamona*	Metílica	2,0 - 2,7	700 - 1.300
Biodiesel Mamona*	Etílica	2,1 - 2,9	700 – 1.300
Biodiesel OGR**	Metílica	5,0 - 5,5	-
Biodiesel Soja (EUA)	Metílica	3,2 - 3,4	350 – 500

*Dados para a produção de biodiesel no Brasil.

**Dados para a produção na planta piloto da UESC. ORG: óleos e gorduras residuais.

***Produtividade com base em três cenários: 1.500 kg/ha (consórcio com feijão), 1.800 kg/ha (solteiro) e 3.000 kg/ha (alta produtividade), com rendimento em biodiesel de 43%.

Fonte: ALMEIDA NETO et al, 2004.

Os valores encontrados sugerem a viabilidade energética e ambiental do biodiesel de mamona, desde que se garantam produtividades agrícolas elevadas (acima de 1.500 kg/ha ano). Como conclusão, esse trabalho, apontou que a potencialização dos efeitos ambientais e energéticos positivos depende do aproveitamento adequado dos co-produtos e resíduos do processo, da melhoria da eficiência energética no processamento da mamona e do biodiesel, e da implementação de manejos eficientes no uso dos insumos químicos (especialmente o Nitrogênio), responsáveis por até 65% do consumo total de energia no sistema analisado (ALMEIDA NETO et al, 2004).

2.9. Processo de produção de biodiesel

No caso do Brasil, uma importante vantagem econômica consiste no desenvolvimento das lavouras nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, para atender à produção nacional de biodiesel. Para a produção deste biocombustível, podem ser utilizados os óleos de mamona, soja, milho, girassol, canola, algodão, babaçu, pequi e dendê, sendo as três últimas, plantas características destas regiões. Apesar de todas as vantagens provenientes da produção de biodiesel, esta atividade encontra dificuldades com relação às áreas cultivadas e problemas de distribuição (WUST, 2004).

A experiência de utilização do biodiesel no mercado de combustíveis tem se dado em quatro níveis de concentração:

- Puro (B100);
- Misturas (B20 – B30);
- Aditivo (B5);
- Aditivo de lubricidade (B2).

As misturas em proporções volumétricas entre 5% e 20% são as mais usuais, sendo que para a mistura B5, não é necessário nenhuma adaptação dos motores. Segundo informações de alguns especialistas, percentuais superiores a 20% requerem avaliações mais elaboradas do desempenho dos motores (GTI-BIODIESEL).

Na figura 4 está demonstrada a capacidade de produção de biodiesel no Brasil:

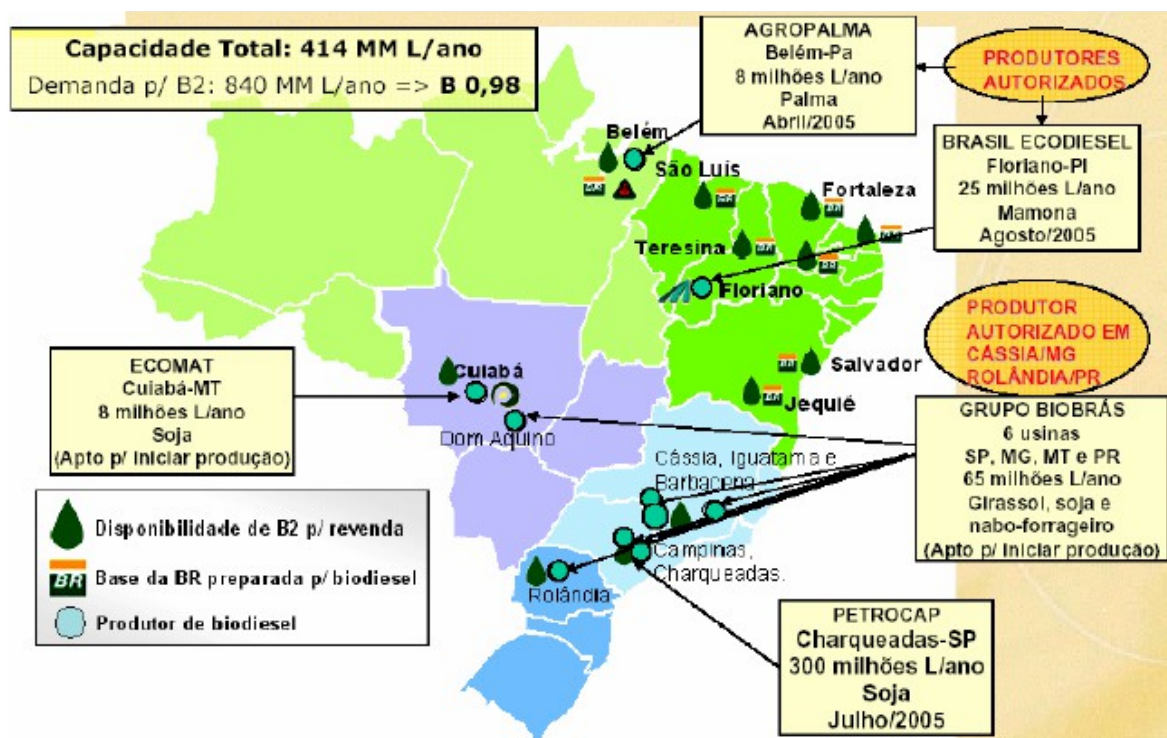


Figura 8. Capacidade de produção de biodiesel no Brasil segundo LOPES 2006

Hoje, no Brasil há uma grande variedade de empresas que possuem tecnologia para construção de usinas de biodiesel com altíssima eficiência e tecnológica, comercializando usinas com capacidade mínima de produção em torno de 1000 mil litros/dia, e com preços ao cliente, superiores a R\$ 500.000,00 (quinhentos mil reais), o que deixa impraticável aquisição desses equipamentos pelos pequenos produtores rurais e assentamentos (NASCIMENTO ___).

O cenário agrícola do sul de minas é composto por pequenas propriedades que exploram cultivos com alto valor econômico, como, batata, morango, mandioquinha salsa, café e pecuária de leite.

Estas atividades utilizam irrigação e tratores agrícolas sendo assim, faz-se necessário o uso de combustível para realização das tarefas agrícolas. Portanto, uma micro-usina de produção de biodiesel poderia reduzir os custos de produção. Sendo que, o investimento inicial baixo devido a simplicidade dos equipamentos tornando assim a implantação da planta produtora de bicomcombustível viável.

2.10. Qualidade do biodiesel

O índice de saponificação dos triglicerídeos varia com a natureza dos ácidos graxos constituintes do óleo. Quanto menor for o peso molecular do ácido graxo, tanto maior será o índice de saponificação (NETO et. al., 2003)

O índice de iodo indica o teor de insaturação do combustível, avaliando assim, a tendência do combustível de se oxidar. Logo, quanto maior for a insaturação de um ácido graxo, maior será o índice (CANDEIA et. al., 2006).

De acordo com as normas determinadas pela união Européia, o biodiesel deve conter um valor mínimo de ácidos graxos livres, álcool, glicerina e água e o combustível deve apresentar pelo menos 96.5 % de pureza (KARAOSMANOGLU et al., 1996 citado por FERRARI et al., 2004). Sendo assim, uma etapa importante do processo é a remoção das impurezas que permaneceram na fase éster, como por exemplo, sabões, traços de hidróxido de sódio, traços de etanol e glicerol livre (FERRARI, et al., 2004).

O diesel é constituído de hidrocarbonetos com número médio de carbonos em torno de quatorze. Os óleos vegetais são triésteres da glicerina, ou seja, produtos naturais da

condensação da glicerina com ácidos graxos, cujas cadeias laterais de ácidos graxos têm números de carbonos variando entre dez e dezoito, com valor médio de quatorze a dezoito para os tipos de óleos mais abundantes. Além da presença do grupamento funcional do tipo de éster, os óleos vegetais possuem peso molecular cerca de três vezes maior que o diesel (IVIG 2002)

A presença de água em excesso no combustível pode provocar a corrosão, nos motores que o utilizam, além de favorecer o crescimento de microrganismos. Segundo a literatura, os teores de umidade obtidos, não tornaram significativo a ponto de provocar uma corrosão a curto prazo, mas como efeito acumulativo de longo prazo (CANDEIA et. al., 2006).

O ponto de ignição (ou ponto de fulgor) indica a temperatura mínima na qual o óleo forma com o ar uma mistura inflamável. De acordo com CANDEIA, et. al., 2006 o ponto de ignição do biodiesel metílico (170° C) e etílico (168°C), os oferecem uma maior credibilidade para ambos na questão de segurança de armazenagem, manuseio e utilização do que o diesel convencional.

A vantagem de utilização do óleo *in natura* em relação ao diesel e ao biodiesel desaparece diante dos perigos do seu uso. Além do maior consumo, a glicerina presente no óleo *in natura* faz com que ocorra uma queima incompleta. Os resíduos da glicerina ficam incrustados nos pistões e acabam trancando os anéis do motor. O processo de produção do biodiesel deve ser rigoroso para evitar-se a presença de resíduos de glicerina e outras substâncias prejudiciais ao funcionamento do motor (CANDEIA et. al., 2006).

A princípio, toda a substância que contém triglicerídeos em sua composição pode ser usada para a produção de ésteres. Alguns fatores, porém, poderão limitar a utilização dos OGR (óleos e gorduras residuais) como matéria-prima, destacando-se (PUDEL & LENGENFELD, 1993 citado por ALMEIDA NETO, et. al., 2003):

- suas características físicas e químicas;
- a competição com outros usos (rações, lubrificantes, produção de derivados graxos, etc.);
- seu custo e disponibilidade.

Além disso, há impurezas que não podem ser eliminadas através de decantação ou filtração, como ácidos livres, polímeros e fosfolípidios, que podem dificultar ou mesmo inviabilizar o seu aproveitamento como combustível. A origem do resíduo irá determinar sua disponibilidade, qualidade e custo para a utilização do combustível (JURISCH MEYER-PITTROFF, 1995 citado por ALMEIDA NETO, et. al., 2003)

A avaliação da qualidade carburante de óleos vegetais requer a determinação analítica, principalmente de seu poder calorífico, índice de cetano, curva de destilação, viscosidade e ponto de névoa (VALENTE 2007)

Do poder calorífico do bicombustível depende a potência máxima a ser atingida pelo motor em operação. O índice de cetano define o poder de autoinflamação e combustão do óleo. O valor é condicionado ao desempenho global do motor, refletindo na partida a frio, ruído e gradiente de pressão. De acordo com a tabela 3 comparados ao óleo diesel, os óleos vegetais apresentam menor calor de combustão e índice de cetano similar, ao redor de 40 (Tabela 3). (COSTA NETO et. al., 2000).

Especificações de alguns óleos vegetais in natura e do óleo diesel. Tabela do Ministério da Indústria e do Comércio MIC.

Características	Tipo de óleo					Óleo diesel*
	mamona	babaçu	dendê	soja	piqui	
Poder calorífico (kcal/kg)	8913	9049	8946	9421	9330	10950
Ponto de névoa (°C)	10	26	31	13	26	0
Índice de cetano	nd	38	38-40	36-39	38	40
Densidade a 25°C	0,9578	0,9153	0,9118	nd	0,9102	0,8497
Viscosidade a 37,8°C (cSt)	285	30,3	36,8	36,8	47,0	2,0-4,3
Destilação a 90% (°C)	nd	349	359	370	nd	338
Teor de cinzas (%)	nd	0,03	0,01	nd	0,01	0,014
Cor (ASTM)	1,0	0,5	1,0	nd	2,0	2,0
Resíduo de carbono Conradson sobre 10% do resíduo seco (%)	nd	0,28	0,54	0,54	nd	0,35

Fonte: COSTA NETO. et. al., 2000

O ponto de névoa, que corresponde à temperatura inicial de cristalização do óleo, 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. Esta é, portanto, uma propriedade que desfavorece o uso de óleos vegetais *in natura* em motores do ciclo diesel, particularmente em regiões de clima temperado, os óleos vegetais até

hoje investigados, apresentam ponto de névoa superior ao do óleo diesel convencional. Para evitar os efeitos da solidificação parcial de óleos brutos, deve-se proceder ao seu pré-aquecimento, que pode ser efetuado com a própria água de arrefecimento do motor. Alternativamente, a utilização de aditivos apropriados no óleo vegetal pode conferir-lhe maior fluidez, diminuindo o ponto de névoa e favorecendo o comportamento físico-químico do biocombustível resultante (VALENTE, 2007).

Enquanto produto pode-se dizer que o biodiesel tem as seguintes características: (a) é virtualmente livre de enxôfre e aromáticos; (b) tem alto número de cetano, (c) possui teor médio de oxigênio em torno de 11%; (d) possui maior viscosidade e maior ponto de fulgor que o diesel convencional; (e) possui nicho de mercado específico, diretamente associado a atividades agrícolas; (f) no caso do biodiesel de óleo de fritura caracteriza-se por um grande apelo ambiental; e, finalmente, (g) tem preço de mercado relativamente superior ao diesel comercial (IVIG 2002).

O biodiesel necessita de algumas características técnicas que podem ser consideradas imprescindíveis: a reação de transesterificação deve ser completa, acarretando ausência total de ácidos graxos remanescentes e o biocombustível deve ser de alta pureza, não contendo senão traços de glicerina, de catalisador residual ou de álcool excedente da reação. Quando a reação de transesterificação ocorre, ocorrendo a separação do éster da fase sólida glicerina isto já é um bom indicativo de que biodiesel de qualidade foi produzido.

No Brasil a Portaria 255/2003 da Agência Nacional de Petróleo (ANP) estabeleceu uma especificação preliminar do biodiesel, com algumas premissas considerando o uso em misturas até 20% (B20). São especificações similares à europeia e americana, com alguma flexibilização para atender às características de matérias-primas nacionais (CADERNOS NAE 2008).

2.10.1 Qualidade da matéria prima

A relação estequiométrica requer 1 mol de triglicerídeo e 3 mols de álcool. Mas, o excesso de álcool é usado para aumentar o rendimento em ésteres, deslocando o equilíbrio da reação, outros fatores que influenciam na reação são temperatura, pureza dos reagentes e grau de acidez das gorduras (REIS et al., 2003), em termos de rendimento e consumo dos reagentes. É necessária a sua determinação que expressam as propriedades físico-químicas das amostras. O grau de acidez revela o estado de conservação do óleo, cuja decomposição dos triglicerídeos é acelerada por aquecimento e luz. O índice de peróxido indica o grau de

oxidação do óleo e até que ponto a oxidação progrediu (MORETTO & FETT, 1998 citado por GOMES et al., 2007).

No processo de oxidação, os peróxidos podem participar das reações de decomposição e formação de novos radicais livres, necessitando de um catalisador, que pode ser a energia luminosa ou a presença de metais (MORETTO & FETT, 1998 citado por GOMES et al., 2007). A umidade presente na matéria-prima é outro importante índice a ser conhecido pela sua grande facilidade em favorecer a reação de hidrólise, a qual quebra as ligações do éster, ocorrendo a formação de ácidos graxos livres e aumento da acidez (DOURADO, 2000 citado por GOMES et al., 2007). Sampaio (2003) revela que a presença de água em quantidades indesejáveis favorece a saponificação, consumindo o catalisador e reduzindo a eficiência da reação de transesterificação alcalina (GOMES et al., 2007)

2.10.2 Métodos de avaliação da qualidade do biodiesel

Como descrito anteriormente o produto final da transesterificação pode conter uma série de contaminantes que podem levar a problemas operacionais severos se for aplicado diretamente em motores. Neste sentido, a determinação da qualidade do biodiesel é um aspecto de grande importância (CANDEIA et. al., 2006).

Até o momento, a cromatografia gasosa, (CG) tem sido o método mais utilizado para a análise de biodiesel com o uso de detectores baseados em espectrometria de massas, (EM), específicos para cada componente minoritários a ser detectado. A análise do biodiesel por outros métodos menos comuns, como CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência) baseado na detecção por densidades, detecção pulso-amparométrica, detector evaporativo de espalhamento de luz ou detector de absorção no ultravioleta demonstram com alta sensibilidade para quantificação. O (CG) é baseado na massa molar dos analitos e ideal para analisar ésteres metílicos e glicerol.

2.11. Equipamentos para produção de biodiesel

De acordo com Nascimento et al para a produção de biodiesel em pequena escala podem ser descritas seguintes componentes:

A. Reator Principal: É o tanque no qual ocorre a reação de transesterificação. Este equipamento é cilíndrico com fundo cônico, a reação é realizada por agitação, a vedação e feita em viton, material resistente a deterioração pelo biodiesel, e o aquecimento por resistência elétrica.

B. Reator de preparação do catalisador: Tanque com formato cilíndrico, fundo cônico, com um agitador mecânico para homogeneização da mistura do álcool e base.

C. Tanque de destilação: Tanque de formato cilíndrico, construído em aço carbono, hermeticamente fechado, com fundo cônico. Adaptado a um trocador de calor de placas e uma bomba à vácuo. Nesse tanque, ocorrerá a destilação do excesso de álcool utilizado no processo de transesterificação.

D. Tanque decantação e de lavagem: Tanque com o formato cilíndrico, fundo cônico, adaptado com uma resistência elétrica de 6000 watts de potência para aquecimento, e um sistema de borbulhamento com injeção de ar comprimido para facilitar a separação da glicerina. Nesse tanque, após a adição da matéria prima (óleo vegetal ou gordura animal) junto com o álcool e o catalisador que foi processado no reator B após reação ocorrerá a separação dos ésteres e da glicerina, e a posterior lavagem do biodiesel com água para a retirada dos excessos de catalisador e álcool .

A Figura 5 demonstra a mini-usina de produção de biodiesel montada parcialmente para testes preliminares com água, visando verificar o desempenho do sistema de agitação por recírculo.



Figura 5 – Mini-usina de biodiesel

2.12. Avaliação do motor de combustão interna alimentado com biodiesel

O rendimento dos motores e o consumo de combustível são praticamente iguais para o óleo mineral e os ésteres. Verificou-se, porém, a combustão incompleta, como no caso dos óleos *in natura*, revelada pela formação de fumaça branca e também um efeito acentuado de lavagem do óleo lubrificante das paredes do cilindro do motor, aumentando seu desgaste. Este efeito de lavagem reduz a vida útil do lubrificante e do motor. Os desenvolvimentos futuros direcionam-se para a produção de óleos lubrificantes estáveis aos óleos transesterificados ou para a pesquisa de processamentos de óleos vegetais que produzam combustíveis que não contaminem os lubrificantes, a custos razoáveis (PARENTE, 1993 citado por VALENTE, 2007).

A alta viscosidade dos óleos vegetais e gorduras animais são tidas como a maior causa para a má combustão do combustível, resultando em depósitos no motor. Apesar de já terem sido consideradas modificações no motor, como emprego de sistemas de injeção de alta pressão, reduções na viscosidade de óleos vegetais eram obtidas através de seu pré-aquecimento. Geralmente, o motor era acionado com diesel de petróleo e, após alguns minutos de operação, a alimentação do motor era alterada para óleo vegetal. No entanto, há relatos de que o motor podia ser acionado a frio quando a alimentação era baseada em óleo de amendoim de alta acidez. Técnicas de avanço do tempo de injeção também foram investigadas. Seldon publicou resultados interessantes sobre um caminhão que operou com diferentes tipos de óleos vegetais, utilizando combustível pré-aquecido. A técnica do pré-aquecimento foi também aplicada em estudos de viabilidade orientados ao uso de óleos vegetais em sistemas de transporte utilizados em minas de alumínio na Nigéria. O comportamento de óleos vegetais nesses experimentos citados acima foram satisfatórios, no entanto, o resultado energético de seu uso foi ligeiramente inferior ao óleo diesel derivado de petróleo e o consumo dos motores foi ligeiramente maior (KNOTHE et al., 2006). Apesar do método do pré-aquecimento do óleo ser uma alternativa em relação ao processo de transesterificação, ainda há controvérsias quanto a possível liberação de substâncias tóxicas para o ambiente quando se queima óleo bruto contendo glicerina.

Na Figura 6 é apresentado um gráfico de desempenho da potência efetiva e do torque do biodiesel de óleo de pequi em comparação ao convencional. Pode-se observar que em baixas rotações, abaixo de 250 rpm, a potência efetiva e o torque foram relativamente os mesmos ao obtido com diesel mineral ou pouco superior em alguns casos. Entretanto, com o aumento da rotação a potência efetiva e o torque do motor movido com diesel mineral foram maiores em relação ao biodiesel (VALENTE, 2007)

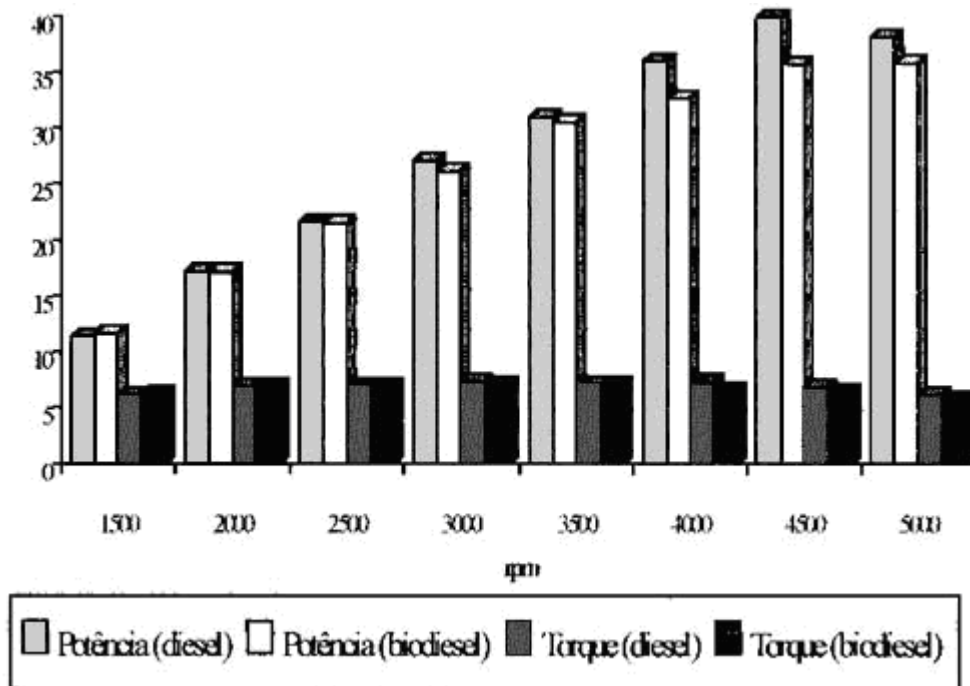


Figura 6 – Desempenho da potência efetiva e do torque do biodiesel (ésteres etílicos) e do diesel convencional.
Fonte: Valente 2007

A poder calorífico do biodiesel puro é em torno de 11% menor que o diesel mineral, isso resulta em uma perda de potência na operação do motor. A viscosidade do biodiesel, entretanto, é mais elevada do que diesel, tende a reduzir o vazamento do atuador e a melhorar desse modo ligeiramente a eficiência da injeção. O efeito da utilização do biodiesel é uma perda de aproximadamente entre 5 a 7% na potência de máxima de saída. A perda percentual de potência real varia dependendo da porcentagem do biodiesel misturada no combustível (EMA citado por VALENTE, 2007).

O biodiesel puro ou em misturas com percentual de biodiesel mais elevadas podem causar uma variedade de problemas de desempenho do motor, incluindo entupimento dos filtros, problemas nos bicos injetores, desgastes nos anéis de retenção e degradação do lubrificante do motor. Em temperaturas ambientes baixas, o biodiesel é mais viscoso do que o diesel mineral, que limitaria seu uso em determinadas áreas geográficas (EMA citado por VALENTE, 2007).

2.13. Vantagens ambientais da reciclagem do Óleo Usado para biodiesel

De um modo geral, o aproveitamento integrado de resíduos gerados na indústria alimentícia pode evitar o encaminhamento destes à aterros sanitários, permitindo o estabelecimento de novas alternativas empresariais e minimizando o impacto ambiental do

acúmulo destes resíduos. Dentre os materiais que representam riscos de poluição ambiental e, por isso, merecem atenção especial, figuram os óleos vegetais usados em processos de fritura por imersão (COSTA NETO et. al., 2000).

Além da produção do biodiesel, o óleo usado poderia ser reaproveitado pelas indústrias de fabricação de ração animal ou na indústria cosmética, entre outras alternativas. Dentre todas as formas de reciclagem deste resíduo, as mais populares são a produção de sabão e de biodiesel. Cada litro de óleo vegetal jogado no esgoto pode poluir cerca de um milhão de litros de água se lançado no solo. Este resíduo tem a capacidade de impermeabilizar o solo, dificultando o escoamento de água das chuvas, além de contaminá-lo em consequência contaminando o lençol freático. Quando despejado nos ralos esse resíduo poderá entupir encanamentos, ou chegar às estações de tratamento comprometendo seu funcionamento onerando o tratamento de água (QUINTANILHA, 2007).

Quando o óleo de cozinha é utilizado para a produção de biodiesel pode evitar as emissões a acumulação de dióxido de carbono que o diesel promove, além de evitar as emissões de compostos de enxofre, de hidrocarbonetos, de fuligem e de aromáticos, que são prejudiciais a saúde humana.(QUINTANILHA, 2007).

O óleo, depois de usado, torna-se um resíduo indesejado e sua reciclagem como biocombustível alternativo não só retiraria do meio ambiente um poluente, mas também permitiria a geração de uma fonte alternativa de energia. Assim, duas necessidades básicas seriam atendidas de uma só vez (COSTA NETO, et. al., 2000).

Dentre as alternativas estudadas, a reutilização de óleos e gorduras vegetais residuais (OGR) de processos de fritura de alimentos tem se mostrado atraente, na medida em que aproveita o óleo vegetal como combustível após a sua utilização na cadeia alimentar, resultando assim em um segundo uso, ou mesmo numa destinação alternativa a um resíduo da produção de alimentos (ANGGRAINI, 1999 citado por ALMEIDA NETO, 2003).

O combustível produzido a partir de OGR apresenta vantagens do ponto de vista ecológico com relação ao diesel derivado do petróleo e também com relação ao biodiesel padrão produzido a partir do óleo de colza. Comparação com o diesel, o éster de OGR possui a vantagem de não emitir, na combustão, compostos de enxofre, além de ser rapidamente biodegradável no solo e na água. Em relação ao biodiesel, o éster de OGR mostra vantajoso do ponto de vista do balanço energético (KRAUSE et. al., 1999 citado por ALMEIDA NETO et. al., 2003).

Segundo Bortoleto, do Ladetel (Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas), reforça, em se tratando de benefícios ambientais, o reaproveitamento do resíduo,

além de evitar a contaminação das águas, gera economia na manutenção das estações de tratamento de esgoto, e que a implantação do biodiesel como combustível no país reduz consideravelmente as emissões de CO₂, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, e de enxofre, que ocasiona chuva ácida. Oliveira, da Coppe/UFRJ- Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ainda afirma que, além da disponibilidade de água não contaminada, sobretudo com a previsão de que a escassez de água será o maior problema das próximas décadas, a possibilidade de utilização do óleo evita a emissão de metano de sua decomposição natural, mesmo na água. Bortoleto, avalia que as atividades de reaproveitamento do resíduo tem o mesmo potencial de crescimento, que as latinhas de alumínio, assim que for notado o valor agregado que o óleo vegetal residual possui e que pode ser uma fonte de renda (QUINTANILHA, 2007).

O consumo anual de óleo diesel no Brasil é de 36 bilhões de toneladas, o que produz 70 milhões de toneladas de gás carbônico, o qual é lançado para a atmosfera (in <http://www.planeta.coppe.urj.br/>). Emissões de monóxido de carbono, dióxido de carbono, enxofre e material particulado na combustão do biodiesel são inferiores quando comparadas às do diesel convencional. No entanto, os níveis de emissão de gases nitrogenados foram superiores para diferentes tipos de biodiesel. De acordo com Lee et al. (2002), misturas de biodiesel e diesel convencional na proporção de 20:80 quando foram submetidas à queima, registraram as seguintes reduções nas emissões gasosas :

- a) de 26,8% de material particulado;
- b) de 72,8% de monóxido de carbono;
- c) de 73,2% de hidrocarbonetos “não queimados”.

A emissão de hidrocarbonetos e fumaça provenientes da utilização de biodiesel derivado do óleo de soja é inferior àquela oriunda do diesel convencional. O odor gerado pela queima do biodiesel difere consideravelmente daquele oriundo do diesel convencional, sendo considerado “enojativo por algumas pessoas e aceitável por outras”. A emissão de aldeídos é menor que na combustão do diesel convencional, porém a inexistência de enxofre na composição do biodiesel tem como vantagem a não emissão de óxidos de enxofre (mercaptanas e SO₂), compostos responsáveis pela acidificação das chuvas (WUST, 2004)

3. ESTUDO DE CASO

3.1. Exemplo de propriedade que utiliza biocombustível gerado a partir de gordura suína

Localizada no município de Caconde, interior de São Paulo, a Fazenda Pork Terra, com 250 há, vem ganhando notoriedade nacional pela criatividade com que seu proprietário, o suinocultor João Paulo Muniz, transforma problemas rotineiros de uma granja de suínos em soluções práticas e rentáveis para seu negócio (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2007).

As seguintes atividades são realizadas na fazenda:

- Tradição na cafeicultura (1920) 75 ha
- Cultura do milho (1980) 90 ha
- Suinocultura (1980) 200 matrizes
- Produção de sabão e desinfetante, co-produto do biocombustível.
- Auto-suficiência na produção de combustível (Diesel)

O produtor João Paulo Muniz descreve o processo: moagem da banha frita em recipiente inox para homogeneização adição de etanol “bater” recipiente de inox retirada glicerina produto acabado Biodiesel frota motor aberto laudo.

A gordura dos suínos, um resíduo da industrialização da carne dos animais no abatedouro, é usada para produzir "pork fuel". Já seu subproduto, a glicerina, transforma-se em sabão e detergente. Todo o processo de transformação da gordura animal é realizado numa mini-usina montada dentro da propriedade. "Trata-se de uma usina artesanal, bastante simples, composta por três equipamentos; um tacho para a fritura da banha, um transesterificador e uma panela de inox para acabar de apurar o biocombustível".

De acordo com o suinocultor, 1 quilo de gordura, corresponde a 1 litro de biocombustível, meio litro de glicerina e meio litro de sabão ou detergente (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2007).

Atualmente a Pork Terra produz, por semana, 400 litros de biocombustível, 40 quilos de glicerina e 100 litros de sabão (líquido ou pastoso). Toda a frota de veículos da propriedade (composta por carros, caminhonetes, tratores e caminhões) é abastecida com o biocombustível, apelidado por Muniz de "pork fuel", produzido na própria fazenda. O sabão e o detergente são usados para a limpeza e desinfecção tanto da granja quanto do abatedouro (SUINOCULTURA INDUSTRIAL, 2007).

A tabela 4 demonstra os custos da produção de biodiesel e sabão da Fazenda Porkterra.

Tabela 4. Custos para produção de biodiesel e sabão de glicerina

Ingredientes	Quantidade (Litros)	Preço (Reais)	Sub total (Reais)
Gordura	200	0,50	100,00
Álcool etanol	40	2,00	80,00
Catalizador	1,2	2,50	3,00
Gás	-	5,00	5,00
Mão-de-obra	-	-	30,00
Total do custo			218,00
Produção de Biodiesel	190	1,15	218,00
80 quilos de sabão de glicerina com custo zero			

Fonte: Muniz, 2007

Comparando-se os dados da tabela 4 com os dados da tabela 5 observa-se uma redução no custo de produção de biodiesel, pois a venda do co-produto, sabão à base de glicerina, causa um decréscimo no preço de produção do biocombustível, onde o custo por litro de biodiesel é reduzido de R\$ 1,15 para R\$ 0,75, com redução de aproximadamente 35%.

Tabela 5. Custos de produção de biodiesel e sabão com venda de co-produtos

Custo de produção de Biocombustível e sabão de glicerina			
Ingredientes	Quantidade (Litros)	Preço (Reais)	Sub total (Reais)
Gordura	200	0,50	100,00
Álcool etanol	40	2,00	80,00
Catalizador	3	2,50	7,50
Gás	-	5,00	5,00
Mão-de-obra	-	-	30,00
Venda do sabão	80	1,50	-80,00
Total do custo			142,50
Produção de Biodiesel	190	0,75	142,50

Fonte: Muniz, 2007

4. BIODIESEL NA EAFI (ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE INCONFIDENTES)

A EAFI possui uma área total de 254 hectares, distribuídos com culturas de café milho, feijão, fruticultura, áreas de pastagem, matas nativas e secundárias, matas de eucaliptos unidades zootécnicas de produção cunicultura, avicultura de corte e de postura, bovinocultura de leite e corte e suinocultura.

O maquinário que utiliza combustível fóssil é composto por 2 bombas de irrigação, 8 tratores agrícola, um caminhão Ford modelo F400 e duas caminhonetes. O consumo médio de diesel é de 20.000 L/ano.

A EAFI possui aproximadamente 855 alunos oriundos de toda a parte do país, que trabalham na fazenda da escola no manejo de culturas e pastoreio. A Escola fornece alimentação e alojamento para os estudantes.

A suinocultura da EAFI possui 60 matrizes de suíno com capacidade para enviar ao abate por ano até 1500 suínos pesando em média 85 kg.

O refeitório da EAFI confecciona diariamente cerca de 600 refeições no almoço e jantar, gerando um resíduo de aproximadamente de 200 litros de óleo usado e gordura suína por semana, seria viável utilizar esse resíduo na produção de biodiesel para abastecer o maquinário da fazenda da EAFI.

4.1. Testes preliminares

As amostras de gordura foram coletadas no refeitório da EAFI.

De acordo com a metodologia proposta por Gomes et al.(2008), a gordura foi aquecida e filtrada. Para o processo de transesterificação foram medidos 200ml de gordura, em uma proveta de 500ml, em seguida foi adicionado 40ml de álcool etílico absoluto, obedecendo razão molar de 6:1. Para acelerar a reação de transesterificação adicionou se 1,2g de hidróxido

de potássio (KOH), que tem função de catalisar o processo. A mistura foi levada a chapa aquecedora, dotada de agitação magnética.

A figura 7 mostra a gordura coletada do refeitório e a figura 8 mostra a gordura após o aquecimento e filtração

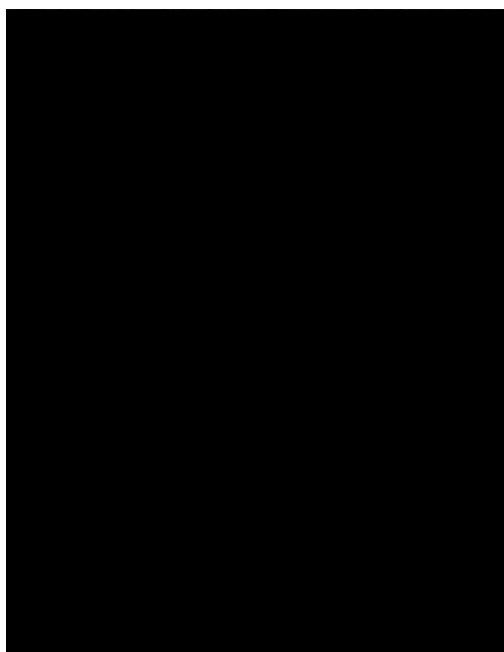


Figura 7. Gordura Suína do refeitório da EAFI

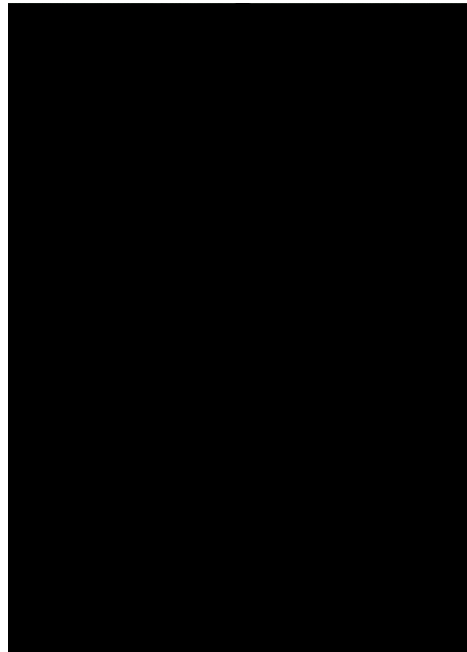


Figura 8. Gordura suína filtrada

O béquer foi aquecido, em uma chapa aquecedora, a uma temperatura de 60°C até completa dissolução do catalisador. Após a dissolução do catalisador, foi adicionado a gordura suína a ser transesterificada. A temperatura de aquecimento foi mantida a 60° C, com constante agitação por 60 minutos. A fase de preparação dos reagentes com aquecimento foi realizada reações de transesterificação, em uma capela com sistema de exaustão. A figura 9 demonstra o aquecedor e agitador magnético realizando o processo de transesterificação.

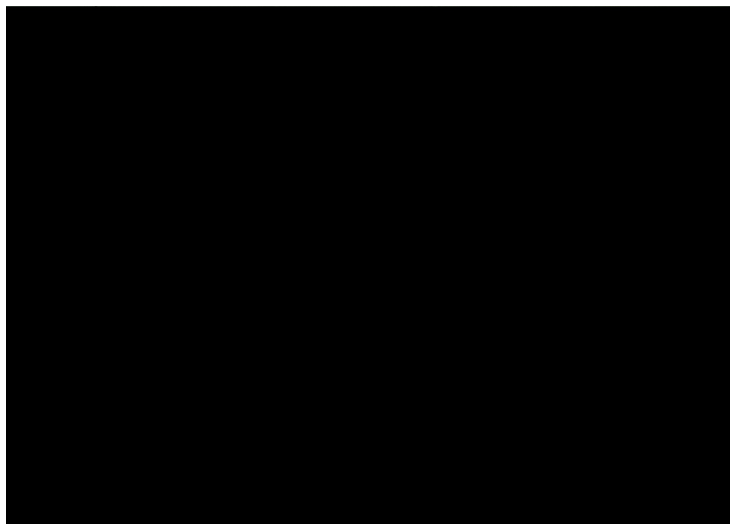


Figura 9. Agitação da gordura suína em agitador e aquecedor magnético

Após o término da reação, o conteúdo do béquer foi transferido para um funil de decantação, para a separação do biodiesel e do glicerol por diferença de densidade. O processo de separação foi instantâneo, aproximadamente 30 segundos.

A figura 10 mostra o funil de decantação com a fase éster separada do glicerol, e a figura 11 mostra o biodiesel retirado do funil de decantação.

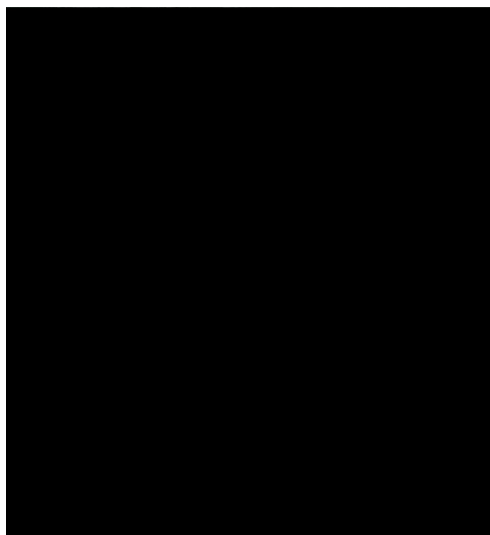


Figura 10. Fase éster separada da glicerina

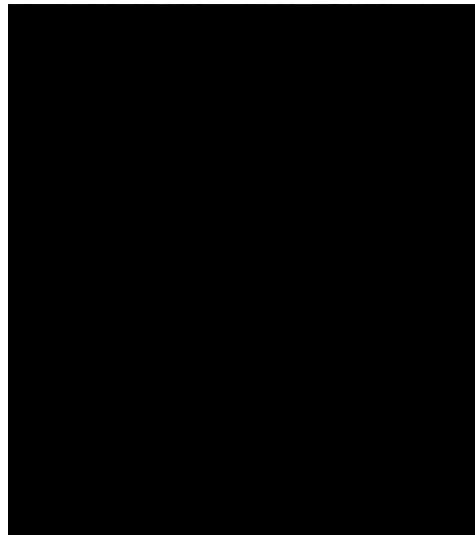


Figura 11. Fase éster biodiesel de gordura suína

Foram retiradas as 2 fases (glicerina e biodiesel). Para a fase éster biodiesel foi realizado a evaporação em estufa a 105° C para retirada do álcool etílico e posteriormente análise do rendimento desta fase.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do biodiesel como combustível apresenta um potencial promissor no mundo. Devido à enorme contribuição para o meio ambiente, com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental (reduz as emissões de poluentes, é isento de enxofre na forma pura reduz em até 72,8% as emissões de gás carbônico e 90% o lançamento de fumaça no ar, comparando com o diesel petrolífero), e ainda, como fonte estratégica de energia renovável em substituição aos derivados de petróleo. Vários países vêm investindo pesado na produção e viabilização comercial do biodiesel, através de unidades de produção com diferentes capacidades, distribuídas particularmente na Europa (França, Áustria, Alemanha, Bélgica, Reino Unido, Itália, Holanda, Finlândia e Suécia), na América do Norte (Estados Unidos) e na Ásia (Japão).

O biodiesel produzido através de gorduras residuais (OGR) pode tornar-se uma das melhores alternativas para se reduzir a quantidade de emissões de poluentes. Percebe-se que existe uma tecnologia toda voltada para essa questão, também percebe-se que é necessário que aumente o número de pesquisas neste sentido.

Segundo a literatura, o custo do biodiesel oscila muito e está sujeito a variações de preço da matéria-prima. O custo elevado do biodiesel pode ser compensado através da utilização de matérias-primas de menor valor agregado, como óleos de fritura e gorduras animais, descartados em abatedouros e agroindústrias. Sendo que quando o biodiesel é produzido atrelado a outras atividades agrícolas demonstra viabilidade para implantação em pequenas e médias propriedades, proporcionando redução com gastos na aquisição de combustíveis derivados de petróleo. Desta forma torna-se alternativa de reciclagem de resíduos, gera renda na venda de co-produtos obtidos durante o processo de transesterificação.

Assim sendo, a produção de biodiesel torna-se, uma importante ferramenta na área rural gerando impactos ambientais positivos e auxiliando o desenvolvimento sustentável e na produção de gêneros alimentícios.

6. ESTUDOS FUTUROS

Para implantação do biodiesel em propriedades rurais de pequeno e médio porte torna-se necessário o desenvolvimento de um reator de fácil operação, e a adequação de métodos para caracterização do biodiesel.

Para evitar que os resíduos do processo de produção do biodiesel possam tornar-se fonte de poluição ambiental é necessário o desenvolvimento de alternativas para o uso da glicerina, resíduo esse de grande valor na indústria química, que poderá agregar valor ao processo de produção.

O Brasil possui uma infinidade de matéria prima, para ser usada como fonte energética, sendo de grande importância pesquisas para se definir a melhor forma de aproveitamento e manejo desses recursos naturais.

A cadeia de produção do biodiesel é muito extensa, envolvendo diversos setores como o setor agrícola para produção das oleaginosas, o setor industrial para esmagamento do grão e extração do óleo, e a fase final na usina de transesterificação onde o óleo bruto ou gordura, será transformado em combustível, sendo que para viabilidade da cadeia de produção todos os setores deverão funcionar em perfeito sincronismo, para que isso ocorra demandará muitos estudos investimentos em pesquisa e o desenvolvimento de tecnologia de ponta destinada ao setor.

7. REFERENCIAL BIBLIOGRAFICO

ALMEIDA NETO, J. A. de; NASCIMENTO, J. C. do; SAMPAIO, L. A. G.; CHIAPETTI, J.; GRAMACHO, R. S.; SOUZA, C. N.; ROCHA, V. A. Projeto Bio-combustível: processamento de óleos e gorduras vegetais in natura e residuais em combustíveis tipo diesel. IN: **Anais do III Encontro de Energia no Meio Rural**, 2003, 14p.

ÁVILA FILHO, S.; MACHADO, A. dos S.; SANTOS, E. P.. **Purificação da Glicerina Bruta Vegetal**. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Lauro de Freitas/BA, p.20-23.

BATCHELOR, S. E.; BOOTH, E. J.; WALKER, K. R. Energy analysis of rape methyl ester (RME) production from winter oilseed rape. *Industrial crops and. Products*, 1995, 9, 193-202
IN: LOPES, E. M. *Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino*. Itajubá, 2006, 120p - Dissertação, UNIFEI.

BENDER, M. (1999). Feasibility study for farmers. Texas. Bioresource technology, 1999 IN: LUCENA, T. K. De, *O Biodiesel na Matriz Energética Brasileira*. Rio de Janeiro, 2004, 80p, Monografia, UFRJ.

BNDES - Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Biodiesel, Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/programas/infra/biodiesel.asp>, acessado em 10/05/2005

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v.23, n.4, 1999, p.531-537.

Cadernos NAE. Biocombustíveis, numero 02, Disponível em: http://www.biodiesel.gov.br/docs/Cadernos_NAE_v.2.pdf > Acesso em: 15 setembro, 2008.

CANDEIA, R. A. FREITAS, J. C. O.; CONCEIÇÃO, M. M.; SILVA, F. F.; SANTOS, I. M. G.; SOUZA, A. G. **Análise Comparativa do Biodiesel Derivado do Óleo de Soja com Diferentes Alcoóis**. 2006 p. 169-174 - Disponível em: <HTTP://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/armazenamento/Analisecomparativa2.pdf> acessado em: 24/06/2008.

CARVALHO, E.G.C. et al. Transesterificação do óleo de soja via catalise ácida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CATALISE, 12., 2003, Angra dos Reis. Anais eletrônicos... Angra dos Reis: SBcat, 2003. Disponível em: <<http://www.sbcat.org.br/sbcat/publicacoes.php>>. Acesso em: 23 mar. 2004. In: GOMES L.

F. S.; SOUZA, S. N. M. de; BARICCATTI, R. A. Biodiesel produzido com óleo de frango. **Acta Sci. Technol.**, v.30, n.1, 2008, p.57-62.

D'ARCE M. R. **Fundamentos da Química dos Lipídeos para a Produção de Biodiesel.** II Simpósio do Agronegócio de Plantas Oleaginosas: Matérias Primas para Biodiesel, Piracicaba-SP 2006.

ENCINAR, J. M.; GONZALEZ, J. F.; SABIO, E.; RAMIRO, M. J. Preparation and properties of biodiesel from cynara cardunculus L. *Oil. Ind. Eng. Chem. Res.*, v. 38, p. 2927-2931, 1999. IN: FERRARI, R. A.; SCABIO, A.; OLIVEIRA, V. da S. Produção e uso de biodiesel etílico na UEPG. **Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.** v.10, n.2, 2004, p.45-52

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. **Química Nova**, v.28, n.1, 2005, p.19-23.

FERRARI, R. A.; SCABIO, A.; OLIVEIRA, V. da S. Produção e uso de biodiesel etílico na UEPG. **Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.** v.10, n.2, 2004, p.45-52.

FREEDMAN, B.; BUTTERFIELD, R. O.; PRYDE, E. H.; JAM. OIL Chem. SOC. 1986, 63, 1375 IN: VALENTE, D. S. M. **Biodiesel.** Viçosa, 2007, 30p, Departamento de Engenharia Agrícola Monografia. UFV

GOMES L. F. S.; SOUZA, S. N. M. de; BARICCATTI, R. A. Biodiesel produzido com óleo de frango. **Acta Sci. Technol.**, v.30, n.1, 2008, p.57-62.

GRUPO DE TRABALHO INTERMINISTERIAL (GTI) –BIODIESEL. RELATÓRIO FINAL. Obtido no website: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/anexo1.pdf>.

IVIG – Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais (2002). Transesterificação de óleo comestível usado para produção de biodiesel e uso em transportes. Available: www.ivig.coppe.ufrj.br/arquivos/cnpq1.pdf. [10Nov 2002]

JOHN DEERE – **Pós-Venda – Encarte da Revista Sulco.** In: VALENTE, D. S. M. **Biodiesel.** Viçosa, 2007, 30p, Monografia. UFV.

KNOTHE, G. A história dos combustíveis derivado de óleos vegetais. In: KNOTHE, G, GERPEN, J.V, KREN, J, RAMOS, L .P. **Manual de biodiesel.** Editora Edgard Blucher. São Paulo, SP 2006.

LEE, KI-TEAK; FOGLIA, THOMASA; CHANG KYU-SEOB (2002) Production of alkyl ester as biodiesel from fractionated lard and restaurant grease, *journal of the American oil chemists society.* Vol. 79, n.2 p.191-195 IN: COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v.23, n.4, 1999, p.531-537.

LOUZEIRO, H. C.; SILVA, F. C.; MOUZINHO, A. M. C.; NASCIMENTO, A. A.; SOUZA, A. G.; CONCEIÇÃO, M. M. Determinação do Teor de Glicerina Livre em Biodiesel por Espectrofotometria do UV-Visível. 2006 -

LOPES, E. M. *Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino*. Itajubá, 2006, 120p - Dissertação, UNIFEI.

LUCENA, T. K. De, *O Biodiesel na Matriz Energética Brasileira*. Rio de Janeiro, 2004, 80p, Monografia, UFRJ.

Ministério da Indústria e do Comércio, MIC; *Óleos Vegetais – Experiência de Uso Automotivo Desenvolvida pelo Programa OVEG I*; Secretaria de Tecnologia Industrial; Coordenadoria de Informações Tecnológicas; Brasília, DF, 1985.

NOGUEIRA, L. A. H. *Análise da utilização de energia na produção de álcool de cana de açúcar*. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas; 1987. IN: LOPES, E. M. *Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino*. Itajubá, 2006, 120p - Dissertação, UNIFEI

(PARENTE Jr. & BRANCO, 2004). *Análise comparativa entre etanol e metanol visando sua utilização como coadjuvante químico na produção de biodiesel*. Artigo encontrado em: *Biodiesel e inclusão social/ Ariosto Holanda*. – Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004. In: LOPES, E. M. ***Análise energética e da viabilidade técnica da produção de biodiesel a partir de sebo bovino***. Itajubá, 2006, 120p - Dissertação, UNIFEI.

Petrobras, 2004.

QUINTANILHA, L. Alternativas para o reaproveitamento do óleo de cozinha. **Revista Meio Ambiente Industrial**. Ano 12- EDIÇÃO 69- SETEMBRO/OUTUBRO de 2007.p.94-100.

Redação Suinocultura Industrial, de Belo Horizonte (MG) 2007

RAMOS, L. P.; ZAGONEL, G. F. Produção de bicomcombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v.24, n.5, 2000, p. 641-647,

REIS, S. C. M. et al. Transesterificação de óleos de coco de babaçu e soja com metanol em presença de resinas sulfônicas. IN: Congresso Brasileiro de catalise, 12, 2003, Angra dos Reis. Anais eletrônicos... Angra dos Reis: SB cat, 2003. Disponível em: http://WWW.sbcat.org.br/sbcat/publicações_php>. Acesso em: 23 mar.2004. IN: GOMES L. F. S.; SOUZA, S. N. M. de; BARICCATTI, R. A. Biodiesel produzido com óleo de frango. **Acta Sci. Technol.**, v.30, n.1, 2008, p.57-62.

STOUMAS, S.; Lois, E.; SERDARI, A.; J. Am. **Oil Chem. Soc.**1995, 72, 436. In: COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v.23, n.4, 1999, p.531-537.

SEMINÁRIO CO-PRODUTOS DO BIODIESEL. Website : [HTTP://www.biodiesel.gov.br/docs/resumo.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/resumo.pdf) . Site visitado em 15/09/2008

SELDDON, R.H., Vegetable Oils in Commercial Vehicles, Gas Oil Power 37:136-141, 146 (1942). Abstr. 36:6775 (1942).

SILVA, E. M. P., SAKATSUME, F. **A Política Brasileira de Biocombustível. The Brazilian Biofuels Policy, 2007.** Disponível em: <www.fbds.org.br>. Acessado em 15/07/2007.

SOLOMONOS, G.; FRYHLE, C. Química orgânica. Rio de Janeiro: LTC, 2002. IN: GOMES L. F. S.; SOUZA, S. N. M. de; BARICCATTI, R. A. Biodiesel produzido com óleo de frango. **Acta Sci. Technol.**, v.30, n.1, 2008, p.57-62.

VALENTE, D. S. M. **Biodiesel.** Viçosa, 2007, 30p, Departamento de Engenharia Agrícola Monografia. UFV

WUST. E. ; Estudo da viabilidade técnico-científico da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos. Blumenau, 2004, 101 f. Dissertação, FURB

YUUKI, P.Y.; CONEJERO, M. A.; NEVES, M. F. **Avaliação dos impactos econômicos da produção de biodiesel no Brasil.** 2005, Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural - Disponível em: [HTTP://sober.org.br/palestra/2/983.pdf](http://sober.org.br/palestra/2/983.pdf) acessado em: 14/08/2008

G7893 Glycerol ACS Reagent, 99.5%. **Sigma Aldrich.** Disponível em: <<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search/ProductDetail/SIAL/G7893>>. 11 Jul. 06