

REAPROVEITAMENTO DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA PARA OBTENÇÃO DO BIODIESEL

Luís Gabriel Antão Barboza*
Henrique Vítório Thomé**

RESUMO: O biodiesel é um combustível alternativo, renovável, biodegradável e não tóxico. A transesterificação dos óleos vegetais ou gordura animal com álcool é a forma mais usual de produção desse combustível. O descarte de óleo residual, decorrente de processos de fritura, representa um grande problema ambiental, visto que, descartados de forma inadequada, aumentam o nível de poluição nos cursos d'água e encarecem o custo de tratamento de efluentes. A utilização de resíduos gordurosos para a obtenção de biodiesel representa uma alternativa ambiental adequada, uma vez que é dada a destinação final dos mesmos.

PALAVRAS-CHAVE: Produção; Biodiesel; Reuso.

REUSE OF RESIDUAL FRYING OIL FOR BIODIESEL

ABSTRACT: Biodiesel is an alternative, renewable, biodegradable and nontoxic fuel. The transesterification of vegetable oils or animal fat with alcohol is the most common form of production of the fuel. Disposal of waste oils resulting from frying processes is a major environmental problem, since they are disposed of in an inadequate manner and, consequently, the pollution level in rivers and expensive costs in effluent treatment are on the increase. The use of waste fat for biodiesel production represents an environmentally appropriate alternative since their final disposal is thus achieved.

KEYWORDS: Production; Biodiesel; Reuse.

* Discente do curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. E-mail: gabrielbarboza@gmail.com

** Discente do curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. E-mail: henriquevthome@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A crescente preocupação em relação ao meio ambiente e a rápida diminuição das reservas de combustíveis fósseis no mundo, além do aumento no preço do petróleo, levaram à exploração de óleos vegetais na produção de combustíveis alternativos (COSTA NETO et al., 2000).

Como fruto das pesquisas com combustíveis alternativos e, entre eles, os bio-combustíveis, tem-se o biodiesel, que é um combustível renovável definido pela ASTM D675-07B (norma americana que padroniza testes e propriedades dos materiais) como sendo um mono-alquil éster de ácidos graxos derivados de óleos vegetais e gorduras animais, obtido através de um processo de transesterificação, no qual ocorre a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos (ANDRADE, 2007).

Pela definição da lei nacional número 11.097, de 13/01/2005, o biodiesel pode ser classificado como um combustível alternativo, de natureza renovável, que pode oferecer vantagens sócioambientais ao ser empregado na substituição total ou parcial do diesel de petróleo em motores de ignição por compressão interna (motores do ciclo Diesel). Pode ser produzido a partir de gorduras animais ou de óleos vegetais, existindo dezenas de espécies vegetais no Brasil que podem ser utilizadas, tais como: mamona, dendê (palma), girassol, babaçu, amendoim, pinhão manso e soja, dentre outras (FERRARI et al., 2004 apud CHRISTOFF, 2006).

O biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação, dependendo do percentual da mistura. O biodiesel pode ser considerado um excelente aditivo alternativo para óleo diesel, pois ele pode desempenhar o papel que o enxofre desempenha no aumento da lubrificidade do óleo diesel, podendo viabilizar a utilização de óleos diesel com baixíssimo teor de enxofre. As propriedades lubrificantes do óleo diesel são importantes para os equipamentos de injeção do combustível, tais como injetores e bombas. Combustíveis de baixa lubrificidade aumentam o desgaste e reduzem a vida útil dos componentes dos motores. Esse problema será ainda maior quando as especificações estabelecerem reduções adicionais do teor de enxofre do óleo diesel. Testes comprovam que a adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel será suficiente para atingir a lubrificidade hoje existente. Acrescenta-se a isso que se mais biodiesel for adicionado, não haverá nenhuma consequência adversa para os motores (GOMES, 2005).

A experiência internacional (Europa, Estados Unidos e Ásia) indica que esta alternativa pode levar a uma redução de emissões de gases de efeito estufa e poluição atmosférica relacionadas à produção e uso de óleo diesel mineral. Ressalta-

se que atualmente a Alemanha mantém uma frota de veículos a biodiesel, sendo 5% de óleos reciclados. Já na França, todo o diesel combustível é misturado ao biodiesel na distribuidora ou refinaria em até 5% (B5), recebendo o nome de diester. Exemplo semelhante ao da França ocorre no Brasil em termos de gasolina/álcool, onde toda gasolina comercializada possui em sua composição, cerca de 20% álcool anidro, segundo Resolução n.º 35 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Além disso, grandes centros urbanos, como Paris, já estão testando a mistura de 10% (B10) (MURTA; GARCIA, 2009).

Uma das alternativas para o Brasil é a produção de biodiesel a partir de gorduras e óleos vegetais ou animais, o que já existe em vários países da Europa, com oferta aos consumidores em postos de abastecimento na forma pura, denominada de B100, ou em misturas denominadas BX, em que o X indica o percentual de biodiesel incorporado ao óleo diesel (TECBIO, 2002 apud GOMES, 2005).

Segundo Krawcyk (1996 apud MA; HANNA, 1999), biodiesel é um combustível diesel alternativo feito a partir de fontes biológicas renováveis, tais como óleos vegetais e gorduras animais e é benéfico ao meio ambiente, pois além de ser biodegradável e não tóxico, apresenta baixo perfil de emissão.

O óleo vegetal usado em processos de fritura por imersão representa um risco grave de poluição ambiental merecendo, assim, atenção especial. Nos grandes centros urbanos milhares de litros destes óleos mensalmente são descartados de forma incorreta, acarretando vários danos ambientais. De acordo com Ramos e colaboradores (2000), existem propostas para a reutilização do mesmo, uma delas é com o biodiesel de óleo de fritura, projeto desenvolvido a partir de um grande apelo ambiental.

A transesterificação é um processo químico que consiste na reação do óleo vegetal com um produto intermediário ativo resultado da reação do álcool, metanol ou etanol, como uma base. A proporção destes componentes é aproximadamente: 87% de óleo vegetal, 12% de álcool e 1% de uma base catalisadora. Os produtos do processo são o biodiesel (86%), glicerina (9%) e uma mistura de álcool (5%) reprocessável. A glicerina é um produto com ampla gama de aplicações industriais, mas existe um equilíbrio entre sua produção clássica e a demanda. Não estão disponíveis estudos que analisem o impacto de uma superprodução deste produto (VIANNA; WEHRMANN; DUARTE, 2010).

Com base nestas informações, buscou-se compilar, no presente trabalho, apontamentos da literatura que contribuam para que uma nova postura seja adotada frente à problemática do descarte do óleo residual de fritura no ambiente. Surge, também, da necessidade de se pensar em alternativas que contribuam para a melhoria da qualidade ambiental.

2 BIODIESEL

Combustíveis a diesel são de vital importância no setor econômico de um país em desenvolvimento. A alta demanda de energia no mundo industrializado e no setor doméstico, bem como os problemas de poluição causados devido ao vasto uso desses combustíveis, têm resultado em uma crescente necessidade de desenvolver fontes de energias renováveis sem limites de duração e de menor impacto ambiental que os meios tradicionais existentes, estimulando, assim, recentes interesses na busca de fontes alternativas para combustíveis à base de petróleo. Uma alternativa possível ao combustível fóssil é o uso de óleos de origem vegetal, os quais podem ser denominados de “biodiesel” (GERIS et al., 2007).

O biodiesel é uma fonte de energia renovável produzida a partir de óleos e gorduras naturais, que podem ser utilizados como um substituto para o diesel de petróleo, sem a necessidade de modificação do motor diesel. Além de ser biodegradável e não tóxico, o biodiesel é também essencialmente livre de enxofre e aromáticos, reduzindo, assim, o teor de emissões de gases poluentes (NEWTYPEENERGY, 2009).

Biodiesel é definido quimicamente como uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos de cadeia longa derivado de fontes de lipídios renováveis de óleos vegetais tais como óleo de soja, girassol, algodão, mamona, entre outros, ou ainda de gorduras animais. Das diversas metodologias descritas na literatura para obtenção do biodiesel, a transesterificação é atualmente a mais utilizada principalmente porque as características físico-químicas dos ésteres de ácidos graxos são muito próximas daquelas do diesel (DINELLI et al., 2007).

Enquanto produto pode-se dizer que o biodiesel tem as seguintes características: (a) é virtualmente livre de enxofre 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, se caracteriza por um grande apelo ambiental; e, finalmente, (g) tem preço de mercado relativamente superior ao diesel comercial. Entretanto, se o processo de recuperação e aproveitamento dos subprodutos (glicerina e catalisador) for otimizado, a produção de biodiesel pode ser obtida a um custo competitivo com o preço comercial do óleo diesel, ou seja, aquele verificado nas bombas dos postos de abastecimento (ZAGONEL et al., 2000).

Dentre os combustíveis de fonte renováveis, o biodiesel apresenta uma das menores taxas de emissão de gases que provocam o efeito estufa (SOUZA; SILVA, 2010).

Através da estrutura do biocombustível, podem ser definidas características

que apresentam vantagens em relação ao óleo diesel, tais como:

- Possuir menor risco de vazamento.
- Apresentar maior segurança no transporte.
- Funcionar em motores convencionais com pequenas alterações.
- Dispensar armazenamento especial.
- Ser biodegradável.
- Poder ser utilizado puro ou em mistura.

Não obstante, relacionando questões ambientais, o biodiesel libera menos gás carbônico. Para cada quilograma de óleo diesel economizado, 3,11 Kg de CO₂ mais um adicional de 15 a 20%, que é referente à energia de produção, deixam de ser emitidas para a atmosfera (PEDROTTI, 2006).

De acordo com Ricaczeski e colaboradores (2006), o biodiesel, para ser utilizado, 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 traços de glicerina, água, catalisador residual ou de álcool excedente. Para isso, devem ser feitas todas as etapas de filtração com acompanhamento necessário.

3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E PROPOSTA

Importante no preparo de alimentos, as frituras são geradas diariamente, e, assim, decorrente desses processos, são originadas grandes quantidades de resíduos do óleo de cozinha em residências e estabelecimentos alimentícios. No Brasil são descartados 9 bilhões de litros de óleo de cozinha por ano, mas apenas 2,5% de todo esse óleo de fritura é reciclado, ou seja, separado, coletado, filtrado e reinserido na cadeia produtiva para atender a diversos seguimentos da indústria (SANTOS, 2009).

Sabe-se que grande parte destes resíduos gerados, tanto nas residências como no comércio e instituições, é constituída por óleos comestíveis de fritura e que os mesmos são descartados inadequadamente, na maioria das vezes, em pias de cozinha ou misturado ao lixo. De acordo com Murta e Garcia (2009), após o descarte o óleo segue para as estações de tratamento de esgoto, onde uma quantidade enorme de produtos químicos e filtragem física é demandada para a purificação desta água. Estima-se que o tratamento de esgoto torna-se, em média, 45%

mais oneroso pela presença de óleos comestíveis nas águas servidas. Quando não há uma estação de tratamento de esgoto, este óleo vai direto para os cursos d'água ou baías, poluindo grandes porções de água (um litro de óleo polui cerca de um milhão de litros d'água). Isso acontece porque, apesar de o óleo vegetal se dispersar em uma camada muito fina sobre a água, é suficiente para prejudicar a transferência de oxigênio na interface ar/água. Caso este óleo venha a cair na terra, como no caso dos lixões, haverá uma infiltração deste material no solo podendo provocar a poluição de reservas subterrâneas de água.

Em todo o mundo, milhares de litros de óleo usados para fritar alimentos são descartados por ano em sistemas de esgoto. Assim, ao mesmo tempo em que se poluem os cursos d'água aumenta o custo do tratamento de efluentes (REFAAT et al., 2008).

O processo de fritura constitui uma das formas mais rápidas de preparo para determinados alimentos e, por este motivo, vem sendo amplamente utilizado. Como consequência tem-se um aumento na quantidade de óleos e gorduras residuais, oriundos deste processo ou da limpeza de utensílios empregados. Tanto os óleos e gorduras residuais das frituras, como o material obtido da limpeza das caixas de gordura são, na sua maioria, dispostos em aterros sanitários, aumentando o volume de resíduos nestes locais.

De acordo com Wust (2004), a reciclagem de resíduos de fritura vem ganhando espaço investigativo no Brasil, com proposição de metodologias de reciclagem apropriadas, destacando-se, entre outras, a produção de ésteres de ácidos graxos, um bicombustível denominado biodiesel.

A fritura por imersão é um processo que utiliza óleos ou gorduras vegetais como meio de transferência de calor, cuja importância é indiscutível para a produção de alimentos em lanchonetes e restaurantes comerciais ou industriais em nível mundial. Em estabelecimentos comerciais, utilizam-se fritadeiras elétricas descontinuas com capacidades que variam de 15 a 350 litros. Já em indústrias de produção de empanados, salgadinhos e congêneres, o processo de fritura é normalmente contínuo e a capacidade das fritadeiras pode ultrapassar 1000 litros (SILVA, 2008).

Santos (2009 apud CASTELLANELLI, 2008) discorre que o resíduo do óleo de cozinha, gerado diariamente nos lares, indústrias e estabelecimentos do país, devido à falta de informação da população, acaba sendo despejado diretamente nas águas, como em rios e riachos ou simplesmente em pias e vasos sanitários, indo parar nos sistemas de esgoto causando danos no entupimento dos canos e o encarecimento dos processos das estações de tratamento, além de acarretar na poluição do meio aquático, ou, ainda, no lixo doméstico, contribuindo para o aumento das áreas dos aterros sanitários. A figura a seguir, ilustra o óleo residual

sendo descartado na rede de esgoto, provocando danos em todas as etapas, até chegar ao corpo receptor.

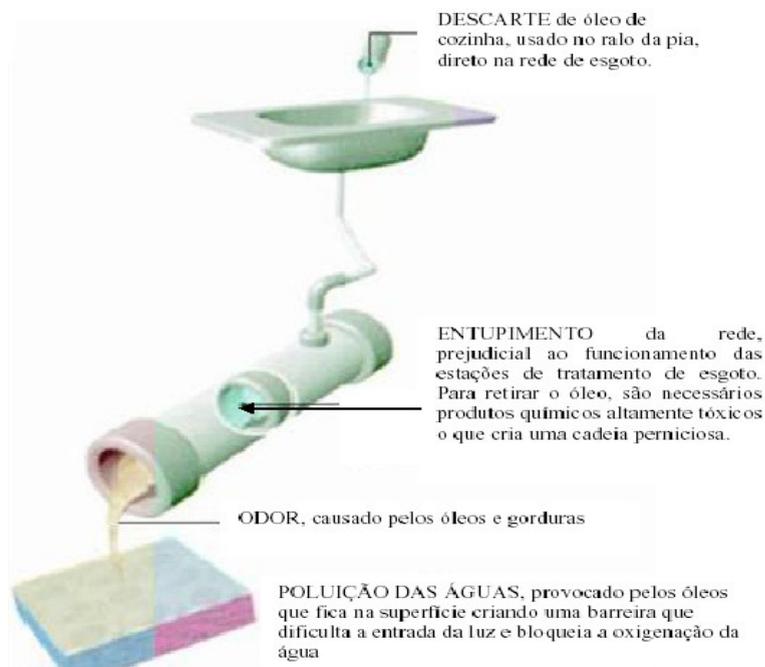


Figura 1 Óleo residual – do descarte ao corpo receptor.

Fonte: Rabelo e Ferreira (2008)

O objetivo de se trabalhar com óleos de frituras para produção de biodiesel, além do custo benefício que pode ser gerado devido a um custo menos elevado na aquisição de matéria prima, induz a utilização de tais óleos para um fim benéfico e ecologicamente correto, tendo em vista que, muitas vezes, em indústrias, lanchonetes e restaurantes, o óleo é descartado de forma incorreta e sem agregar valor algum, ainda julgando que o óleo pode ser um contaminante de alto grau ao meio ambiente (FIORESE; PRIMIERI, 2010).

Segundo Castellaneli (2008), o biodiesel obtido através do óleo de fritura usado permite reaproveitar resíduos energéticos, com economia dos recursos naturais não renováveis e que, geralmente, são dispostos em ambientes, de forma inadequada, destacando-se os esgotos, rios, lixões, dentre outros. A utilização deste biocombustível tem sido avaliada e vários estudos mostraram que as características de desempenho energético são consideradas semelhantes ao diesel

convencional, oriundo do petróleo.

De acordo com Christoff (2006), existem três principais vantagens decorrentes da utilização de óleos residuais de fritura como matéria-prima para produção de biodiesel:

- a primeira, de cunho tecnológico, caracteriza-se pela dispensa do processo de extração do óleo;
- a segunda, de cunho econômico, caracteriza-se pelo custo da matéria-prima, pois por se tratar de um resíduo o óleo residual de fritura tem seu preço de mercado estabelecido; e,
- a terceira, de cunho ambiental, caracteriza-se pela destinação adequada de um resíduo que, em geral, é descartado inadequadamente impactando o solo e o lençol freático e, conseqüentemente, a biota desses sistemas.

Quercus (2002 apud CASTELLANELLI, 2008, p. 47) relata que “a produção de biodiesel a partir de óleos de fritura usados permite reutilizar em 88% o volume destes resíduos, sendo 2% matéria sólida, 10% glicerina e 88% éster com valor energético”.

Estudos feitos por Mittelbach e Tritthart (1988 apud Ramos et al., 2000) acerca do processo da transesterificação de óleos de fritura para produção do biodiesel permitiram verificar características bastante semelhantes aos ésteres de óleos antes da utilização para fritura. Apesar de ser um combustível oriundo de um óleo parcialmente oxidado, suas características foram bastante próximas as do óleo diesel convencional, apresentando, inclusive, boa homogeneidade obtida quando da análise da curva de destilação. Os autores realizaram testes de desempenho utilizando ésteres metílicos resultantes da transesterificação de óleos residuais de fritura. Os ésteres metílicos foram misturados ao diesel convencional na proporção de 1/1 e o teste realizado com 100 litros, sem que nenhuma mudança de operação dos veículos tenha sido observada. A emissão de fumaça foi extremamente menor e foi possível observar um leve cheiro de gordura queimada. O consumo do bicomcombustível foi, praticamente, o mesmo observado com a utilização do diesel convencional.

Quadro 1 Propriedades complementares atribuídas ao biodiesel em comparação ao óleo diesel comercial.

CARACTERÍSTICAS	PROPRIEDADES COMPLEMENTARES
Características químicas apropriadas	Livre de enxofre e compostos aromáticos, alto número de cetanos, ponto de combustão apropriado, excelente lubrificidade, não tóxico e biodegradável.
Menos poluente	Reduz sensivelmente as emissões de partículas de carbono (fumaça), monóxido de carbono, óxidos sulfúricos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.
Economicamente competitivo	Complementa todas as novas tecnologias do diesel com desempenho similar e sem a exigência da instalação de uma infraestrutura ou política de treinamento.
Reduz aquecimento global	O gás carbônico liberado é absorvido pelas oleaginosas durante o crescimento, o que equilibra o balanço negativo gerado pela emissão na atmosfera.
Economicamente atraente	Permite a valorização de subprodutos de atividades agroindustriais, aumento na arrecadação regional de ICMS, aumento da fixação do homem no campo e de investimentos complementares em atividades rurais.
Regionalização	Pequenas e médias plantas para produção de biodiesel podem ser implantadas em diferentes regiões do país, aproveitando a matéria-prima disponível em cada local.

Fonte: Rossi e colaboradores (2010).

Existe uma bibliografia relevante sobre o biodiesel derivado do óleo de cozinha já utilizado. Cientistas de várias áreas investigaram a reação de transesterificação de óleos de fritura com metanol, etanol, n-propanol, iso-propanol, n-butanol e 2-etoxietanol em meios ácido e básico. O maior rendimento foi obtido com o metanol em meio alcalino, utilizando hidróxido de potássio como catalisador. Nesse mesmo estudo, alguns dos ésteres de menor viscosidade foram selecionados para a realização de testes preliminares em motores do ciclo diesel. O éster metílico obtido em meio básico e os ésteres etílico e butílico obtidos em meio ácido não apresentaram problemas de ignição e desempenho, apresentando pouca ou nenhuma fumaça na exaustão. A utilização de biodiesel de óleos de

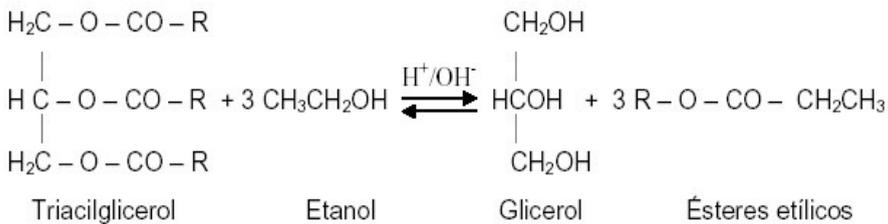
fritura em motores do ciclo diesel apresentou bons resultados. Os testes foram realizados em bancada dinanométrica e em veículo de carga média com motor turbinado a diesel (RAMOS et al., 2000).

O Quadro 1 (pág. 331) apresenta algumas características complementares usualmente atribuídas ao biodiesel, em comparação com o diesel convencional.

Os óleos vegetais residuais têm sido investigados por se apresentarem como alternativa para a geração descentralizada de energia (produção de biodiesel), para geração adicional de renda (produção de sabão) e por serem considerados resíduos de grande impacto ambiental quando descartados inadequadamente.

4 MECANISMO REACIONAL

Transesterificação é a reação de um lipídio com um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador ácido ou básico, formando ésteres como principais produtos e glicerol ou glicerina como co-produto (FELIZARDO et al., 2006 apud CHRISTOFF, 2006), como mostrado de maneira geral na equação a seguir.



Souza e Silva (2010) discorrem que para o processo de transesterificação de óleos vegetais para obtenção de biodiesel, devemos reagir álcool e óleo. Os álcoois mais utilizados são os metílicos e os etílicos e são conhecidas duas rotas de transesterificação, a ácida e a básica. Para a ácida, o ácido mais utilizado é o sulfúrico, e na básica o hidróxido de sódio e o hidróxido de potássio.

Como vantagens para a catálise básica têm-se maior rendimento, menor tempo de reação e eliminação de acidez no produto final. Como desvantagens pode-se listar a utilização de óleos neutros e a obrigatoriedade do meio reacional ser anidro. Para a catálise ácida as principais vantagens são a utilização de óleos residuais (não neutralizados) e a não necessidade de meio anidro e enumeram-se como principais desvantagens a baixa conversão, altas temperaturas reacionais e acidez residual de catalisador no produto final.

A transesterificação é uma reação de equilíbrio e a transformação pode ocorrer pela simples mistura de reagentes. Entretanto, a presença de um catalisador (tipicamente um ácido ou uma base forte) acelera consideravelmente esta reação. Com objetivo de conseguir um rendimento elevado do éster, o álcool tem que ser usado em excesso (SILVA, 2008).

A transesterificação de um óleo com monoálcoois (alcoólise), mais especificamente metanol ou etanol, promove a quebra da molécula dos triacilglicerídeos, gerando uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos dos ácidos graxos correspondentes, liberando glicerina como coproduto. O peso molecular desses monoésteres é próximo ao do diesel (RAMOS et al., 2003).

Sob o ponto de vista técnico, o metanol é mais frequentemente utilizado por razões de natureza física e química (cadeia curta e polaridade). Contudo, o etanol está se tornando mais popular, por ser de origem renovável e muito menos tóxico que o metanol (CHRISTOFF, 2006).

No Brasil, atualmente, uma das vantagens da rota etílica frente à metílica, pode ser considerada a oferta desse álcool, de forma disseminada em todo território nacional. Sob o ponto de vista ambiental, o uso do etanol derivado da cana-de-açúcar, por exemplo, leva vantagem sobre o do metanol quando este último é obtido de derivados do petróleo (PARENTE et al., 2003).

A tabela 1 apresenta sinteticamente as características da produção do biodiesel considerando os processos com rotas metílica e etílica.

Tabela 1 Características da produção do biodiesel via rota metílica e etílica.

CARACTERÍSTICA DA PRODUÇÃO	ROTA DO PROCESSO	
	Metílica	Etílica
Quantidade consumida de álcool por 1000 litros de biodiesel	90 kg	30 kg
Excesso recomendado de álcool, recuperável, por destilação, após reação	100%	650%
Temperatura recomendada de reação	60° C	85° C
Tempo de reação	45 min	90 min

Fonte: Parente e colaboradores (2003).

A análise da composição química do óleo vegetal (tipos de ácidos graxos e

respectiva quantidade) constitui o primeiro passo para a avaliação de sua qualidade, tanto do óleo bruto quanto dos seus produtos de transformação (COSTA NETO et al., 2000).

A eficiência da reação de transesterificação está relacionada com a qualidade do óleo utilizado (matéria-prima), ou seja, com os conteúdos de água e de ácidos graxos livres. Estes agentes (água e ácidos graxos livres) são responsáveis pela desativação do catalisador e pela indesejável reação de saponificação (CHRISTOFF, 2006).

Resumidamente, o processo geral utilizado em laboratório para produção de biodiesel a partir do óleo residual de fritura, inclui a secagem e a filtração do óleo, a mistura do álcool etílico anidro com o catalisador NaOH; a reação do óleo com a mistura álcool/catalisador (reação de transesterificação); a separação entre a fase rica em ésteres e a fase rica em glicerina e a lavagem do biodiesel, como está esquematizado na figura a seguir.

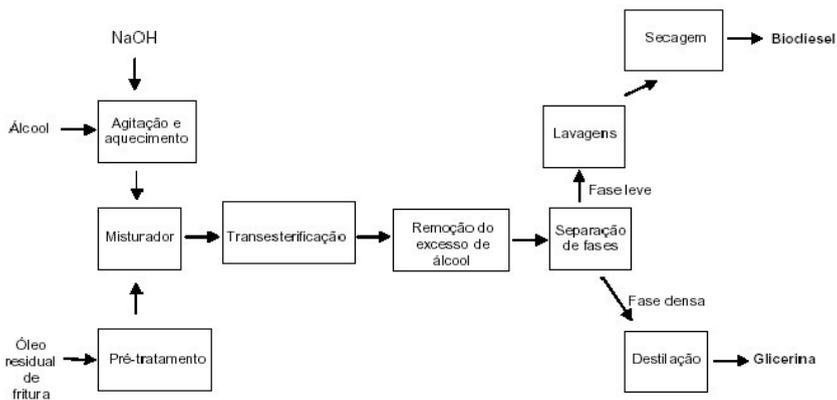


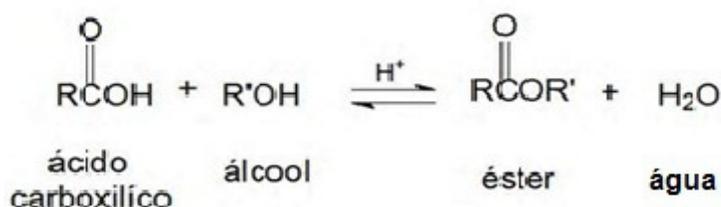
Figura 2 Ilustração do processo utilizado em laboratório para a produção de biodiesel, a partir do óleo residual de fritura.

Segundo Meirelles (2003), é de se esperar que a produção extensiva de biodiesel deva gerar enormes excedentes de glicerina em todo o mundo. Tais volumes de glicerina serão difíceis de serem absorvidos pelo mercado tradicional, necessitando a criação de novos mercados para tal matéria-prima industrial. A glicerina pode ser utilizada como matéria-prima na produção de tintas, adesivos, produtos farmacêuticos, têxteis, entre outros.

A glicerina bruta do processo de transesterificação contém impurezas e, se

for purificada, terá um valor de mercado muito mais favorável. A purificação da glicerina bruta pode ser feita por destilação a vácuo, gerando um produto límpido e transparente (PARENTE et al., 2003).

Outro mecanismo reacional possível para a produção do biodiesel se dá pelo processo de esterificação. Tal processo consiste na reação entre alcoóis com ácidos carboxílicos na presença de ácido mineral, em quantidades catalíticas, levando a formação de éster e água. O esquema é observado na equação a seguir.



As reações de esterificação são facilitadas através do aumento da temperatura do meio reacional e da presença de catalisadores ácidos, como ácido sulfúrico ou ácido clorídrico. A taxa de conversão do ácido carboxílico em ésteres depende diretamente da maneira que a reação será conduzida, bem como das condições do processo. Assim o curso da esterificação será influenciado por vários fatores que incluem qualidade da matéria-prima, teor de ácidos graxos livres e presença de água, temperatura reacional, razão molar, tipo e concentração de catalisador (PRADO, 2009).

O processo de esterificação para a produção de biodiesel apresenta como principais vantagens, segundo Oliveira, Suarez e Santos (2008), a possibilidade de produção desse combustível a partir de resíduos de baixo valor agregado e a formação apenas de água como subproduto.

A tecnologia de obtenção de biodiesel mais promissora é, para Hoffmann, Tabouti e Duarte (2006), a transesterificação catalisada por enzimas, pois, segundo eles, além de ocorrer em temperatura e pressão ambiente, apresenta melhores resultados com álcool etílico hidratado, biodiesel e glicerina puros e ainda há maior facilidade de recuperação do catalisador.

A catálise enzimática sintetiza especificamente ésteres alquílicos, permite a recuperação simples do glicerol, a transesterificação de glicérides com alto conteúdo de ácidos graxos, a transesterificação total dos ácidos

graxos livres e o uso de condições brandas no processo, com rendimentos de no mínimo 90%, tornando-se uma alternativa comercialmente muito mais rentável. As vantagens deste processo são: a inexistência de rejeito aquoso alcalino, menor produção de outros contaminantes, maior seletividade e bons rendimentos, que motivam a realização de pesquisas que visem diminuir a principal desvantagem da metodologia: alto custo das enzimas puras. O custo elevado dos processos de extração e purificação das macromoléculas e sua instabilidade em solução representam um obstáculo à recuperação do biocatalisador após sua utilização (*ibidem supra*).

Bonetti e colaboradores (2007) discorrem que a síntese enzimática em escala industrial é de difícil adequação, principalmente pela baixa vida operacional dos biocatalisadores e pelos efeitos negativos do excesso de substrato e da glicerina (produto) sobre a atividade catalítica; contudo, ressaltam que as novas tecnologias em imobilização de enzimas e os resultados obtidos a partir da avaliação da influência de novos meios reacionais têm aberto novas perspectivas para aplicação destes catalisadores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem muitos trabalhos na literatura descrevendo a utilização de óleos residuais, principalmente oriundos de frituras, para a obtenção de biodiesel. A utilização de biodiesel como combustível tem apresentado um promissor potencial no mundo inteiro.

Várias razões podem ser apontadas para o emprego dos óleos de fritura para a obtenção de biodiesel. Além de estar disponível em uma quantidade suficiente e a custo baixo, o óleo vegetal usado hoje representa um problema ambiental de grandes proporções. Reutilizá-lo representa não somente uma fonte estratégica de energia renovável, mas também uma potencial melhoria na qualidade ambiental, visto que a utilização do mesmo proporciona uma diminuição nos níveis de emissão, com reflexos positivos na redução dos índices de poluição.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. C. F. **Biodiesel como tema gerador para aulas de Química no Ensino Médio**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em

Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

BONETTI, T. M. et al. Síntese enzimática de biodiesel a partir de resíduos de indústrias de laticínios. In: JORNADA UNISUL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2, 2007, Florianópolis. **Anais Eletrônico...** Disponível em: <<http://junic.unisul.br/2007/JUNIC/pdf/0161.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2010.

CASTELLANELLI, C. A. **Estudo da viabilidade de produção do biodiesel, obtido através do óleo de fritura usado, na cidade de Santa Maria – RS.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

CHRISTOFF, P. **Produção de biodiesel a partir do olé residual de fritura comercial. Estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense.** 2006. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Tecnologia, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, 2006.

COSTA NETO, P.R. C. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

DINELLI, L. R. et al. Produção de Biodiesel: Um experimento em sala de aula. **Ciência e Cultura**, v. 2, n. 2, p. 63-67, nov. 2007.

VIANNA, J. N. S.; WEHRMANN, M. E. S.; DUARTE, L. M. G. **A produção de biodiesel no Brasil:** a contribuição da soja e de outras oleaginosas. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/682.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2010.

FIORESE, C. C.; PRIMIERI, C. **Reaproveitamento de resíduos agroindustriais de óleo de fritura para produção de biodiesel.** FAG, 2010. Disponível em: <<http://www.fag.edu.br/graduacao/agronomia/arquivos/diegpfiorese.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2010.

GERIS, R. et al. Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de Química Orgânica. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1369-1373, 2007.

GOMES, L. F. S. **Potencial de produção de biodiesel a partir do óleo de**

frango nas cooperativas do oeste do Paraná. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2005.

HOFFMANN, D.; TOBOUTI, P. L.; DUARTE, F. **Produção enzimática de biodiesel.** UFSC, 2006. Disponível em: <http://ww.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/.../biodiesel.doc>. Acesso em: 27 ago. 2010.

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

MEIRELLES, F. S. **Biodiesel.** Brasília, DF: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2003.

MURTA, A. L. S.; GARCIA, A. **Reaproveitamento de óleo residual de fritura para produção de biodiesel na marinha.** 2009. Disponível em: <<https://www.casnav.mar.mil.br/spolm2009/artigos/artigos2009/028.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2010.

NEWTPEENERGY. **Biodiesel from waste cooking oil via base-catalytic.** 2009. Disponível em: <<http://newtypeenergy.com/renewable-energy/86-biodiesel/183-biodiesel.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2010.

OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. Biodiesel: Possibilidades e Desafios. **Química e Sociedade**, n. 28, p. 3-8, maio 2008.

PARENTE, L. P. et al. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado.** Fortaleza, CE: Unigráfica, 2003.

PEDROTTI, F. Biodiesel – Combustível Ecológico. **Enciclopédia Biosfera**, n. 2, p. 2-22, 2006.

PRADO, C. M. R. **Produção e caracterização de biocombustíveis por craqueamento de óleos vegetais via catálise com bauxita.** 2009. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Goiás, 2009.

RABELO, R. A.; FERREIRA, O. M. **Coleta seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial.** UCG, 2008. Disponível em: <<http://www>>

ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/COLETA%20SELETIVA%20DE%20ÓLEO%20RESIDUAL%20DE%20FRITURA%20PARA%20AP....pdf>. Acesso em: 27 ago. 2010.

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 6, n. 31, p. 28-37, 2003.

RAMOS, L. P. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Revista Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, jul./ago. 2000.

REFAAT, A. A. et al. Production optimization and quality assessment of biodiesel from waste vegetable oil. **Environmental Science Technology**, v. 5, n. 1, p. 75-82, 2008.

RICACZESKI, C. C. et al. Biodiesel, um combustível em expansão. **Synergismus scyentifica**, UTFPR, Pato Branco, v. 1, n. 1-4, p. 324-330, 2006.

ROSSI, L. F. S. et al. Transesterificação de óleo comestível usado para a produção de biodiesel e uso em transportes. Disponível em:<<http://www.biodieselecooleo.com.br/biodiesel/estudos/biocombustivel%20alternativo.htm>>. Acesso em: 28 abr. 2010.

SANTOS, R. S. **Gerenciamento de resíduos: coleta de óleo comestível**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Logística) – Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, 2009.

SILVA, L. L. **Estudo de óleos residuais oriundos de processo de fritura e qualificação desses para obtenção de monoésteres (Biodiesel)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, 2008.

SOUZA, P. R.; SILVA, J. R. S. **Transesterificação de óleos Vegetais Provenientes de Cozinhas Escolares para Obtenção de Biodiesel**. Disponível em:<www.educacaopublica.rj.gov.br/fecti/2006/.../DB.../biodisel.doc>. Acesso em: 10 maio 2010.

WUST, E. **Estudo da viabilidade técnico-científica da produção de biodiesel a partir de resíduos gordurosos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia)

nharia Ambiental), Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, 2004.

ZAGONEL, G. F. et al. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

Recebido em: 20 Julho 2010
Aceito em: 08 Setembro 2010