



ISSN 2175-6295

Rio de Janeiro- Brasil, 05 e 06 de agosto de 2009.

SPOLM2009

028/2009 - REAPROVEITAMENTO DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NA MARINHA

Aurélio Lamare Soares Murta

Universidade Federal Fluminense – UFF; Departamento de Administração – STA; Rua São Paulo, 30, Centro, Niterói - RJ
www.uff.br

Álvaro Garcia do Ó

Universidade Federal Fluminense – UFF; Departamento de Administração – STA; Rua São Paulo, 30, Centro, Niterói - RJ
www.uff.br

Resumo

Este trabalho demonstra a possibilidade de produção de biodiesel para uso em veículos de frota cativa em unidades militares da Marinha, a partir do óleo residual de fritura utilizado nas cozinhas militares. Foi realizado um levantamento acerca da disponibilidade de óleo nestas unidades e criada uma rede de coleta deste material para um centro de armazenagem e produção do biocombustível definido pelo estudo. Adicionalmente foi feita uma revisão bibliográfica sobre a logística reversa, a ser implementada para a coleta do óleo, sobre a produção industrial de biodiesel e ainda, sobre o estado da arte do biodiesel no Brasil e no Mundo. Ao final, foram realizados os cálculos de custos de produção, preço final por litro de biodiesel produzido e a economia resultante deste processo, bem como as possibilidades do uso deste biocombustível na frota de veículos.

Palavras-chave: biodiesel, logística reversa, produção, óleo de fritura, veículos.

Abstract

This work demonstrates the possibility of producing biodiesel for use in captive fleets of vehicles in military units of the Brazilian Navy, from the residual oil used for frying in the kitchens military. A survey on the availability of oil in these plants and created a network of collecting this material to a central storage and production of biofuel as defined by the study. Also was a literature review on reverse logistics, to be implemented to collect the oil, the industrial production of biodiesel and also on the state of the art of biodiesel in Brazil and the World. The final, calculations were made of production costs, the final price per liter of biodiesel produced from this process and the economy and the possibilities of the use of biofuel in the fleet of vehicles.

Key-word: biodiesel, reverse logistics, production, frying oil, vehicles.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta um elevado potencial para produzir biocombustível, dentre eles o biodiesel, um combustível alternativo ao óleo diesel mineral, resultado do processo de transesterificação de óleos e gorduras, tendo sua origem a partir de óleos vegetais brutos, a exemplo da mamona, amendoim, soja e diversas outras culturas regionais possíveis de serem produzidas no território nacional, ou de óleo de fritura usado como será também, objeto deste estudo. Trata-se de um combustível utilizável em unidades descentralizadas de geração de energia elétrica, em equipamentos de produção, equipamentos agrícolas, máquinas para construção civil e em veículos usados para transporte de cargas e de passageiros.

Verifica-se que estes últimos respondem por cerca de 80,5% do consumo de óleo diesel, principal derivado de petróleo importado pelo país. Deste percentual, 96,7% se destinam exclusivamente ao modo rodoviário de cargas e passageiros (MME, 2006), que é o principal sistema da matriz de transportes brasileira, correspondendo a 61% de toda a carga transportada no país (ANTT, 2006).

A experiência internacional (Europa, Estados Unidos e Ásia) indica que esta alternativa pode levar a uma redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) 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% de álcool anidro, segundo Resolução n°. 35 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Além disto, grandes centros urbanos (como Paris) já estão testando a mistura de 10% (B10).

O objetivo principal deste estudo é demonstrar a viabilidade técnica e econômica, em caráter preliminar, da modelagem de uma rede de coleta de óleos residuais de fritura nas cozinhas das unidades militares da Marinha situadas no Rio de Janeiro e utilização deste insumo para a produção e uso do biodiesel na frota cativa da instituição. Como objetivos secundários serão quantificados e avaliados os custos operacionais e de produção inerentes a esta atividade, bem como a estimativa de custos de uma unidade própria de produção de biodiesel.

2. A LOGÍSTICA REVERSA E O MEIO AMBIENTE

Atualmente as grandes cidades enfrentam dificuldades de destinação adequada dos seus resíduos sólidos e líquidos gerados pela população. Este fato pode ser observado pela inexistência de uma rede de coleta seletiva eficiente que separe os produtos coletados e que agregue valor a alguns destes produtos.

Como exemplo na cidade de Niterói com quase 480 mil habitantes, densamente povoada, onde são recolhidos diariamente cerca de 800 toneladas de resíduos, dos quais apenas 3% a 4% são reciclados (CLIN, 2008). 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.

Após este 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 cerca de 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 (Ribeiro e Murta, 2007).

Acredita-se, preliminarmente, que grande parte do óleo utilizado pela Marinha na preparação de suas refeições está sendo descartado de forma inadequada ou não sendo aproveitado o potencial que poderia ser extraído deste material, caso o destino fosse devidamente planejado.

Adicionalmente, sabe-se que este óleo descartado possui valor de mercado devido a sua possibilidade de utilização posterior para a fabricação de sabões, massas de vidraceiro, diversos tipos de rações animais e biodiesel. Observa-se inclusive que algumas pequenas empresas realizam a coleta deste óleo em pontos de maior concentração como restaurantes, quartéis e redes de lanchonetes *fast foods*. Entretanto, a maior parte continua sendo descartada sem qualquer controle (Ribeiro e Murta, 2007).

Verifica-se, portanto, que a maior parte do óleo não está concentrada em pontos únicos de coleta, mas sim dispersos em vários locais e em quantidades reduzidas, o que dificulta ou inviabiliza, financeiramente, a coleta por parte destas pequenas empresas já existentes. Entretanto, um cenário diferente pode ser observado na Marinha, onde os volumes estão concentrados nas unidades militares, o que facilita a coleta e posterior aproveitamento.

Deste modo, torna-se evidente a necessidade de se estudar a viabilidade econômica e logística de uma rede para a coleta deste material observando-se as restrições físicas, financeiras e geográficas.

Esta rede deverá ser modelada seguindo-se os aspectos restritivos citados e sempre subsidiada por aspectos técnico-científicos constantes na bibliografia mais atualizada possível sobre o tema e experiências de aplicação da logística reversa em outros produtos.

A seguir na figura 01, está demonstrada a cadeia de retorno a ser estudada e que servirá como base para o estudo de modelagem da logística reversa do óleo residual de fritura. Esta cadeia de retorno, atualmente, representa o caminho da maior parte dos produtos que necessitam ser reincorporados nas atividades produtivas após serem descartados.

Assim, com a coleta e destino do óleo, grande parte da poluição e desperdício causado por este material deixará de existir, ou será minorada, contribuindo-se para um ambiente mais limpo e sustentável, ao mesmo tempo em que um material que antes era descartado estará novamente sendo inserido na cadeia produtiva.

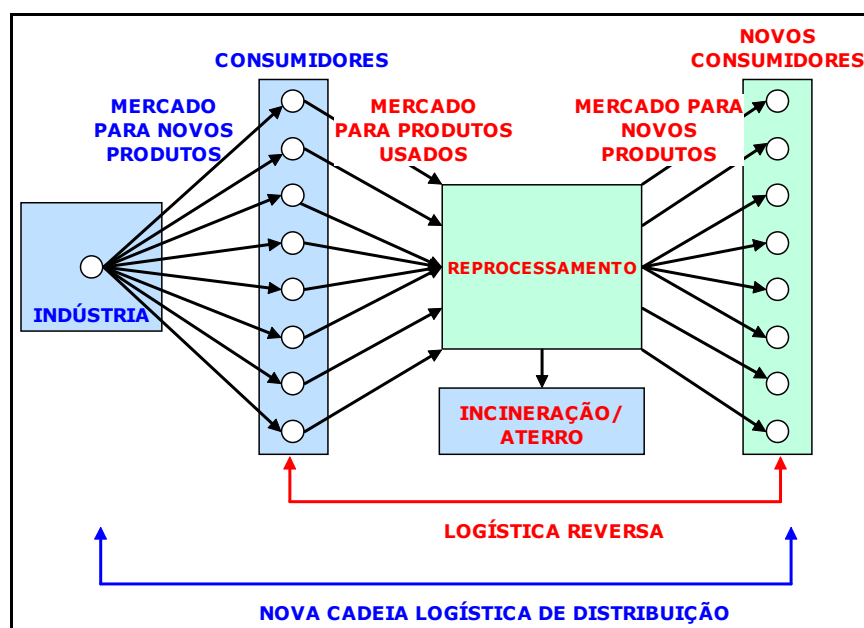


Figura 01: Canal de Distribuição e Retorno a ser Usado como Modelo

Fonte: Montenegro, 2003

No contexto da logística reversa, cabe ressaltar a crescente importância que a legislação ambiental acerca do assunto está tomando no cenário da reciclagem e reaproveitamento de materiais descartados.

Contudo, apesar dos avanços na elaboração de uma legislação ambiental moderna e abrangente, nota-se um descompasso entre teoria e prática. Este descompasso, em parte, se deve em razão da falta de estudos na área de atuação da logística reversa de coleta de materiais descartados, o que torna por muitas vezes o cumprimento da lei inviável financeiramente. Deste modo, este estudo quer demonstrar que é possível se realizar a coleta do óleo de fritura, caso sejam conhecidos e estabelecidos os parâmetros técnicos para a realização desta atividade.

3. PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE ÓLEO DE FRITURA

A produção de biodiesel de óleo de fritura é possível graças ao processo físico-químico da transesterificação por rota metílica e catálise básica. Apesar de existirem outros, este processo tem se mostrado mais eficiente quanto ao rendimento final, tempo de produção e melhor aproveitamento dos insumos.

Para que este processo seja realizado, necessita-se de uma usina de transesterificação de óleos vegetais em ésteres metílicos com uma configuração semelhante à apresentada na figura 02 a seguir:

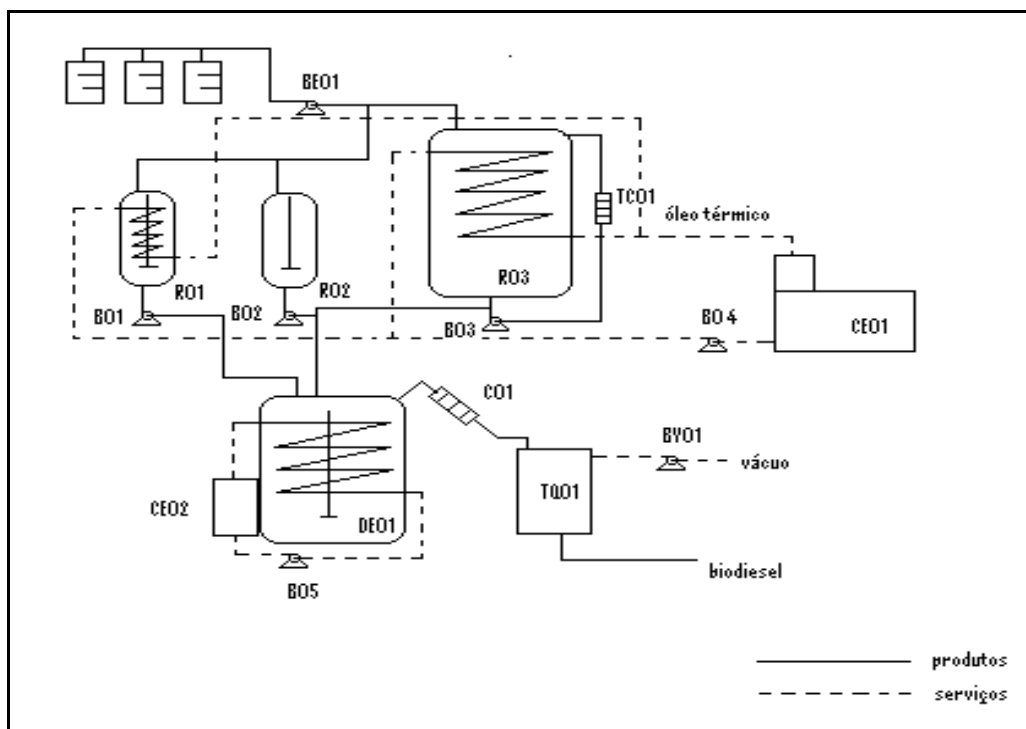


Figura 02: Fluxograma da Unidade Piloto de Produção de Biodiesel da COPPE/UFRJ

Fonte: Murta et. al., 2003

A usina mostrada na figura está instalada na COPPE/UFRJ e produz biodiesel por batelada a partir de óleos vegetais virgens e usados em frituras. A seguir estão descritos todos os componentes demonstrados no fluxograma e suas respectivas funções:

BE01 – Bomba de engrenagem. Usada para transferência de matéria-prima para os reatores.

- R01** – Reator fechado com sistema de aquecimento e agitação. Usado para transesterificação.
- B01** – Bomba centrífuga. Usada para transferência de éster produzido no reator R01 ou R03.
- R02** – Reator fechado com sistema de agitação. Usado para obtenção do alcoóxido (intermediário da reação do biodiesel) e para transesterificação.
- B02** – Bomba centrífuga. Usada para transferência do alcoóxido ou éster produzido no reator R02.
- R03** – Reator fechado com sistema de aquecimento e agitação. Usado para transesterificação e esterificação.
- B03** – Bomba centrífuga. Usada para alimentação do trocador de calor (TC01) e retorno ao reator R03 para efeito de agitação.
- TC01** – Trocador de Calor. Usado para resfriamento da massa reacional quando necessário.
- CE01** – Caldeira elétrica. Usada para aquecimento de óleo térmico que fornece calor aos reatores R01 e R03.
- B04** – Bomba centrífuga. Usada para circulação de óleo térmico para aquecimento dos reatores R01 e R03.
- DE01** – Destilador. Usado para tratamento e purificação de biodiesel, através de destilação do biodiesel, recuperação de álcool e evaporação de água.
- B05** – Bomba centrífuga. Usada para circular óleo térmico nas serpentinas internas do destilador DE01.
- CE02** – Caldeira elétrica. Usada para aquecimento de óleo térmico que fornece calor ao destilador DE01.
- C01** – Condensador. Usado para condensação dos destilados.
- TQ01** – Tanque pulmão fechado. Usado para recolher o biodiesel destilado.
- BV01** – Bomba de vácuo. Usada para gerar vácuo durante o processo de destilação.

Como insumos serão utilizados os seguintes produtos para a reação de transesterificação:

- Óleo de fritura usado;
- Álcool metílico (MeOH);
- Hidróxido de potássio (KOH).

O processo de produção do biodiesel realizado na unidade piloto de produção descrita acima está dividido nas seguintes etapas:

➤ ***Estequiometria da Reação:***

O óleo de fritura é levado a ensaio para verificar sua acidez, umidade e presença de sólidos. Depois de analisados estes quesitos será realizado o cálculo estequiométrico que determinará as proporções do óleo e dos reagentes químicos.

➤ ***Carregamento:***

A carga será adicionada no Reator R02 na seguinte ordem:

1º - álcool metílico.

2º - hidróxido de potássio.

Agitação durante 10 minutos para total dissolução do KOH no MeOH e formação do intermediário ativo (metóxido).

3º - Sobre o metóxido, adiciona-se o óleo de fritura.

➤ **Transesterificação:**

Após o carregamento total dos insumos (conforme descrito no item 2), a reação se processa por cerca de 60 minutos com agitação, à temperatura e pressão ambientes.

➤ **Recuperação do Álcool:**

Após a reação, a mistura será transferida para o destilador DE01 onde álcool não reagido (excesso), será recuperado por destilação a vácuo.

➤ **Separação Éster/Glicerol:**

Após a recuperação do álcool, separa-se por decantação o glicerol para ser armazenado em tanque apropriado.

➤ **Tratamento do éster:**

O éster obtido necessita ser tratado por lavagem com água à temperatura ambiente. Geralmente se utilizam 03 (três) lavagens, sendo a 1º sem agitação. Após a lavagem, retira-se a água decantada e aquece-se o éster a 120°C para retirada total da água.

Após ser produzido, o biodiesel deverá ser armazenado em tanque apropriado e amostras deverão ser colhidas e enviadas a um laboratório de análises químicas para especificação ou posteriores correções. Isto garantirá a qualidade e segurança do combustível produzido de modo que o mesmo possa ser utilizado em veículos a diesel.

4. METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

4.1 Cadeia de Produção, Distribuição e Uso de Biodiesel de Óleo de Fritura

Conforme comentado, a cadeia de produção e distribuição do biodiesel no Brasil torna-se bastante complexa à medida que os pontos de coleta vão se multiplicando, e conseqüentemente a frequência e quantidade coletada vão sendo reduzidas. Isto acaba fazendo com que os custos logísticos fiquem maiores devido à operação ser mais onerosa e a infraestrutura despendida tornar-se mais robusta.

Entretanto, no caso do aproveitamento dos óleos de fritura na Marinha, os custos deverão se colocar em patamar bem abaixo do que foi visto anteriormente. Este fato se deve pela não necessidade de compra do óleo de fritura usado (já se encontra disponível nas unidades militares), pela concentração das quantidades de óleo em determinados pontos, pela similaridade nas frequências de coleta e pela possibilidade de aproveitamento da infraestrutura logística já existente na instituição.

Deste modo, a rede de coleta e produção de biodiesel na Marinha deverá ser configurada da seguinte forma, conforme figura 03 a seguir:

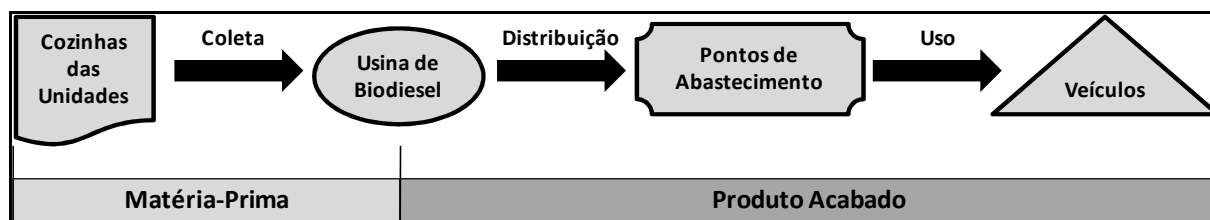


Figura 03: Cadeia a ser utilizada no estudo

Fonte: Elaboração própria, 2009.

Assim, observa-se que o funcionamento da cadeia se dará da seguinte forma:

- ✓ Primeiramente o óleo deverá ser coletado nas unidades militares que possuam cozinhas industriais onde este material será devidamente acondicionado até o seu recolhimento;
- ✓ Depois de coletado o mesmo será encaminhado à usina de produção do biodiesel onde se dará a conversão do óleo residual em combustível e testes de qualidade;
- ✓ O biodiesel já produzido será encaminhado à unidade de abastecimento de veículos onde será realizada a mistura com o diesel em proporção definida;
- ✓ E finalmente o abastecimento dos veículos da frota que utilizarão a mistura diesel/biodiesel em seus motores.

Apesar de o funcionamento ter sido bastante simplificado, algumas etapas necessitam de procedimentos operacionais e técnicos específicos de modo a garantir a qualidade e continuidade de todo o processo, conforme será descrito a seguir.

4.2 Coleta do Óleo Residual

Esta etapa inicial requer desenvolvimento de uma rede logística reversa capaz de assegurar o suprimento contínuo de óleo para posteriormente ser encaminhado à unidade produtora de biodiesel. Imagina-se que ações voltadas à conscientização por parte dos profissionais envolvidos no preparo dos alimentos nas cozinhas seriam de suma importância. Isto se faz necessário para que sejam estabelecidos padrões de utilização deste produto, separação de resíduos sólidos, bem como a correta armazenagem do mesmo até a coleta.

Sabe-se que atualmente, parte deste óleo que seria descartado já possui um valor de mercado nas empresas de hidrogenação de óleos para a fabricação de saponáceos e detergentes, utilizados na limpeza doméstica e industrial. As empresas de hidrogenação recolhem o óleo usado em algumas unidades militares e em troca fornecem os produtos de limpeza derivados destes óleos. Entretanto, a oferta de óleo é maior do que é demandado por estas empresas, o acarreta grande sobra de matéria-prima. Deste modo, faz necessária a identificação das unidades militares que já fazem esta troca a fim de que as mesmas sejam convocadas a participar do novo processo.

Em longo prazo poderia se implantar a coleta o óleo utilizado nas residências das vilas militares através da coleta seletiva, já conhecida pela população, porém pouco incentivada, onde um recipiente apropriado seria designado a receber o óleo utilizado na fritura dos alimentos, que seria posteriormente coletado.

Nesta etapa, a qualidade do óleo coletado está diretamente ligada à qualidade do combustível e à taxa de conversão do óleo em biodiesel, ou seja, quanto maior o número de reutilizações do óleo, menor será o rendimento do mesmo em biodiesel. Assim, se faz importante a correta utilização do óleo a ser usado em fritura, evitando seu uso em demasia, o que além de acarretar problemas à saúde, diminui a qualidade do mesmo como matéria-prima para produção de biodiesel. Como exemplo, pode se observar que em grandes cozinhas industriais a presença constante de um nutricionista profissional garante esta correta utilização do óleo, o que conseqüentemente assegura a qualidade do insumo.

Sob o ponto de vista ambiental, este novo destino para o óleo residual diminui enormemente os problemas relacionados ao descarte inadequado do óleo de fritura nas redes de esgoto municipais, além de estar se transformando em combustível um produto que seria simplesmente jogado no lixo.

4.3 Produção de Biodiesel

Nesta fase se dá efetivamente a produção industrial do éster que será posteriormente enquadrado nas normas da Agência Nacional do Petróleo (ANP), para que somente depois possa ser utilizado na frota de teste. Requer-se nesta fase, um desenvolvimento tecnológico capaz de propiciar melhor qualidade na produção, inclusive levando-se em consideração as diferenças na qualidade das fontes de óleos usados para fritura disponíveis nas unidades militares.

Faz-se necessária, também, a implantação da usina de produção de biodiesel que deverá estar localizada preferencialmente em uma das unidades militares que possua pontos de abastecimento, o que proporcionará economia de transporte do produto acabado e segurança na operação.

Com relação à qualidade do produto acabado, a ANP possui normas para a produção de biodiesel em escala comercial que visam garantir a confiabilidade de que o produto fabricado atende especificações mínimas necessárias ao correto funcionamento dos motores a diesel. Assim, amostras do biodiesel produzido deverão passar por análises químicas para enquadramento nas especificações da ANP.

4.4 Pontos de Abastecimento

Nestes pontos será realizada a mistura entre o óleo diesel de origem mineral e o biodiesel já enquadrado nas especificações da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Estes pontos tornam-se importantes, uma vez que a precisão no percentual de mistura será totalmente controlada nesta etapa da cadeia.

No caso da distribuição de biodiesel para estes locais, uma infra-estrutura para esta finalidade deverá ser criada, entretanto será inserida na infra-estrutura já existente para os demais combustíveis aproveitando-a. Tal estrutura constará de tanques com dispositivos de abastecimento onde será possível a realização da mistura no percentual pré-definido.

Adicionalmente, sabe-se que a intenção do governo é a de fornecer o biodiesel já adicionado ao diesel. Atualmente este percentual é de 4% de biodiesel misturado a 96% de óleo diesel comum (ANP, 2008). Deste modo, verifica-se que esta iniciativa de “autoprodução” antecipa as perspectivas do Governo em aumentar os percentuais de biodiesel na mistura e contribui para o desenvolvimento científico e tecnológico da produção e uso do biodiesel em motores por fornecer informações e conhecimento acerca do assunto.

Outra questão relevante é a estocagem do biodiesel, que em alguns casos sofre problemas de oxidação e ponto de fluidez, o que pode vir a comprometer suas características físico-químicas e conseqüentemente a qualidade do produto. Deste modo tanto os locais de armazenagem como a tancagem utilizada deverão ser apropriados para este fim e obedecendo às características específicas necessárias para o biodiesel.

4.5 Uso nos Veículos da Frota

Nesta etapa a mistura Diesel/Biodiesel deverá ser recebida em condições apropriadas para uso, inclusive com certificação, para que seja utilizado pelos veículos da frota. É importante ressaltar que em alguns países, além do biodiesel já misturado na distribuidora/refinaria, os postos de combustíveis ainda permitem a compra de biodiesel puro (100% biodiesel), facultando assim ao consumidor efetuar no tanque do veículo a mistura na proporção que lhe for conveniente, como acontece no Brasil com os veículos bicombustíveis (gasolina/álcool). Entretanto, a atual intenção deste estudo é utilizar o produto já misturado nas quantidades permitidas pela ANP.

Salienta-se que os veículos que utilizarão a mistura deverão ser monitorados e checados periodicamente a fim de se identificarem possíveis alterações no funcionamento, desgaste prematuro de componentes e demais anomalias identificáveis. Isto se faz necessário para que a garantia de correto funcionamento, bem como a segurança dos veículos e seus ocupantes seja sempre preservada.

5. COLETA, PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL EM FROTA DE VEÍCULOS

A seguir será descrito modelo a ser implementado segundo os dados e informações coletadas junto às unidades militares utilizadas no estudo. Salienta-se que algumas informações foram estimadas durante os cálculos, com as devidas justificativas. Este fato se deveu em função da dificuldade de obtenção de informações mais precisas e em tempo hábil para a realização deste trabalho.

5.1 Localização das Unidades Militares

Optou-se, durante a escolha das unidades militares que seriam as grandes geradoras de óleo residual de fritura, em considerar aquelas de maior contingente de servidores. Deste modo, estimou-se a quantidade provável de óleo para estas unidades que possuem cozinhas.

Salienta-se que foi realizado um exercício de localização de unidades fictícias coincidente com a localização de unidades reais existentes na Marinha. Este fato tornou-se necessário de modo a permitir que o método de cálculo, bem como os valores a serem trabalhados fossem estimados com o máximo de fidelidade. A seguir, na figura 04, podem ser observadas as localizações das unidades militares (UM) estipuladas para o estudo e suas distâncias.



Figura 04: Localização das UM

Fonte: Marinha do Brasil (2009), Google Maps (2009) e Elaboração própria (2009).

5.2 Cálculo da Quantidade de Óleo Disponível

Segundo dados do IBGE (2005) a razão de aquisição de óleo comestível virgem pela população brasileira é de 6,3 litros/ano/habitante.

Deste modo, a partir do número de refeições diárias servidas por cada UM foi possível se estimar a quantidade de óleo residual mensal gerado nas unidades consideradas. Foram consideradas perdas de 30% do óleo utilizado devido ao processo de evaporação, desperdícios e absorção pelos alimentos usados na fritura (Ribeiro e Murta, 2007).

Na tabela 01 pode se observar a quantidade de óleo residual de fritura estimado para o estudo:

Tabela 01: Quantidade de Óleo Estimada por UM

Unidades Militares	Refeições Diárias	Volumes Semanais sem Perdas (l)	Volumes Mensais com Perdas (l)
UM1	600	73	204
UM2	650	79	221
UM3	700	85	237
UM4	800	97	271
UM5	750	91	254
UM6	1000	121	339
UM7	650	79	221
UM8	600	73	204
	5.750	697	1.951

5.3 Definição do Local de Armazenagem e Produção

Com base na localização geográfica das unidades militares consideradas e suas quantidades mensais foi possível definir a melhor localização para a implantação do centro de armazenagem do material coletado e da usina de biodiesel a ser instalada. Ressalta-se que por questões de proximidade as unidades militares 5, 6 e 7 foram agrupadas em uma única unidade devido à proximidades das mesmas.

Para tal utilizou-se o método de localização de instalação por momentos ou método dos momentos, que consiste na ponderação um determinado centro (UM) contra os demais centros existentes em uma determinada região geográfica (Ballou, 2003).

$$MM = \sum CT \times V \times D$$

Onde, MM: método dos momentos, CT: custo unitário de transportes, V: volume gerado e D: distância

Assim, segundo SIFRECA (2009), considerando-se um frete de R\$ 0,15/m³. Km para o transporte de óleos vegetais tem-se: MM_{UM1} = R\$ 8,34; MM_{UM2} = R\$ 4,80; MM_{UM3} = R\$ 4,19; MM_{UM4} = R\$ 6,99; MM_{UM5, 6 e 7} = R\$ 3,42 e MM_{UM8} = R\$ 5,51.

Deste modo, com base apenas nos cálculos realizados pode-se constatar que o complexo formado pelas unidades militares 5, 6 e 7, que apresentou o menor momento de transporte, deverá ser escolhido para sediar o centro de armazenagem da coleta e da instalação da usina de biodiesel.

5.4 Definição dos Parâmetros de Produção de Biodiesel

Uma vez tomada a decisão acerca do local da fabricação do biodiesel, deverão ser realizados os cálculos econômicos da produção do biocombustível para uso na frota em teste.

Segundo dados de Murta (2008) para a fabricação de biodiesel de óleo de fritura são necessários como reagentes: 82,64% de óleo de fritura, 16,53% de metanol e 0,83% de catalisador (potassa cáustica). Após a reação de transesterificação os produtos resultantes são: 83,33% de ésteres metílicos, 10% de glicerol e 6,67% de metanol recuperado, que poderá ser reutilizado em bateladas posteriores. Ressalta-se que caso haja necessidade, poderá ser adicionado no produtos final 0,5% de aditivo antioxidante que variará em virtude do grau de acidez do óleo de fritura utilizado como insumo.

A seguir na tabela 02, pode-se observar os preços médios dos insumos praticados no mercado, ressaltando-se que foi atribuído um custo de R\$ 0,50 por litro de óleo uma vez que o mesmo, atualmente, tem sido negociado pelas unidades militares na troca por produtos de limpeza. Deste modo, apesar do óleo já pertencer à instituição e não necessitar ser comprado, este valor atribuído cobrirá, proporcionalmente, as despesas com a aquisição dos produtos de limpeza pelo setor de compras.

Tabela 02: Preço Médio dos Insumos no Mercado

Insumo	Preço/litro
Óleo Fritura	R\$ 0,50
Metanol	R\$ 1,49
KOH	R\$ 1,62
Aditivos	R\$ 2,00

Fonte: Prosint (2009) e Panamericana (2009).

Com a geração estimada de 1.951 litros de óleo de fritura torna-se possível a produção de cerca de 1.967 litros de biodiesel (Murta, 2008). Assim, será necessária uma quantidade de insumos para o processo de transesterificação, conforme mostrado na tabela 03 a seguir:

Tabela 03: Insumos Necessários à Produção

Insumo	Quant. (litros)
Produção Mensal Biod.	1.966,83
Óleo de Fritura	1.950,58
Metanol	193,97
KOH	16,25
Aditivos	9,83

Em relação aos custos gerais do processo de coleta e produção do biodiesel de óleo de fritura nas unidades militares da marinha pode-se observar, na tabela 04, que os insumos contribuem com a maior parte dos custos do processo, seguido da logística e impostos.

Tabela 04: Custos Operacionais

Atributo	Valor
Materia-Prima	R\$ 1.310,31
Impostos	R\$ 188,16
Logística	R\$ 205,27
Transformação	R\$ 5,13
Salários	R\$ 1,71
Total	R\$ 1.710,59

Assim, o custo de final por litro de biodiesel produzido a partir do óleo de fritura coletado nas unidades militares utilizadas neste estudo foi de R\$ 0,87. Este preço está bem abaixo do preço do diesel comercial que situa-se no patamar dos R\$ 2,00.

Salienta-se que o método de cálculo dos custos é semelhante à produção comercial de biodiesel, o que adiciona valores de impostos e salários. Parte destes custos poderá ser suprimida caso as unidades militares produzam biodiesel apenas para uso interno e utilizando mão-de-obra já remunerada.

6. CONCLUSÕES

Observa-se, pelo estudo, que é possível a produção de biodiesel para uso em frota cativa em unidades militares da Marinha de modo econômico. O volume produzido e os valores encontrados proporcionam uma economia de R\$ 2.204,70 em detrimento à compra do óleo diesel comercial utilizado normalmente.

Este volume permite o uso mensal da mistura B10 (10% de biodiesel em 90% de diesel) em 15 caminhões ou B15 em 8 caminhões ou B20 em 6 caminhões ou ainda, B30 em 3 caminhões. Salienta-se que estes percentuais já consideram a venda comercial do diesel contendo 4% de biodiesel conforme instituído pelo Governo Federal.

Dentre os percalços observados no decorrer do estudo salienta-se a dificuldade de coletar dados mais precisos acerca da geração de óleo nas unidades militares, o que forçou a obtenção destes dados por estimativas numéricas e estatísticas. Esta dificuldade também fez com que outras unidades militares fossem descartadas do estudo devido a não existência mínima dos dados necessários às estimativas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANP (2008) – *Estatística sobre o consumo de óleo diesel no Brasil e as importações*. Agência Nacional do Petróleo, Rio de Janeiro.
- ANTT (2006) – *Transporte de Cargas/Transporte Rodoviário*. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/>
- BALLOU, R. H.; 2004, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, 4ª edição, Ed. Bookman, São Paulo, SP.
- CLIN – COMPANHIA DE LIMPEZA DE NITERÓI, 2009, estatísticas de coleta urbana, disponível em: <http://www.clin.rj.gov.br/nova/index.php?a=empresa>.
- IBGE (2005) – *Pesquisa Nacional sobre Saneamento Básico*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- MINISTERIO DAS MINAS E ENERGIA (2006) – *BEN Balanço Energético Nacional*. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/>
- MONTENEGRO, L. C. S.; Logística Reversa: Custos e Benefícios Associados; Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- MURTA, A. L. S; RIBEIRO, S. K.; O USO DO BIODIESEL DE ÓLEO DE FRITURA NO BRASIL – Resultado de Testes de B5 em Frota Cativa de Caminhões, Artigo Científico Publicado do Congresso: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino de Transportes - ANPET, 2006.
- MURTA, A. L. S; ANÁLISE DA VIABILIDADE DE AUTOPRODUÇÃO DE BIODIESEL POR FROTISTAS: O CASO DA VALE; Capítulo 4; Tese de Doutorado defendida em 2008 pelo Programa de Engenharia de Transportes da COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ; Rio de Janeiro, RJ.
- OLIVEIRA, L.B. et al. (2006) Biodiesel de Insumos Residuais no Brasil. Anais do II Simpósio do Agronegócio de Plantas Oleaginosas: Matérias-Primas para o Biodiesel, Piracicaba, São Paulo, v.1, p.154-180.

PROSINT Química S.A., 2009, Metanol, disponível em: <http://www.prosint.com.br/prosint.htm> e Cotação de metanol encaminhada em 2009, Rio de Janeiro, RJ.

PANAMERICANA S.A. Industrias Químicas; disponível em: <http://www.panamericana.com.br/panamericana/> e Cotação de hidróxido de potássio encaminhada em 2009, Rio de Janeiro, RJ.

RIBEIRO, S.K.; MURTA A.L.S. (2007) Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais do Estado do Rio de Janeiro – PROVE, Secretaria de Estado do Ambiente – SEA, Governo do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro -RJ.

SIFRECA (2009) – Sistema de Informações de fretes, consultado em 2009 e disponível em : <http://sifreca.esalq.usp.br/sifreca/pt/index.php>