



Reciclagem de óleo de fritura residual para produção de biodiesel

Frederick Sperandio Gonçalves
Natália Azeredo Soares

Projeto Final de Curso

Orientadores

Prof. Denize Dias de Carvalho, D. Sc

Prof. Cheila Gonçalves Mothé, D. Sc

Fevereiro de 2014

RECICLAGEM DE ÓLEO DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Frederick Sperandio Gonçalves

Natália Azeredo Soares

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção de grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Carlos André Vaz Junior, D.Sc

Verônica Marinho Fontes Alexandre, M.Sc

Flávia Chaves Alves, D.Sc

Orientado por:

Denize Dias de Carvalho, D.Sc

Cheila Gonçalves Mothé, D.Sc

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Fevereiro de 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Gonçalves, Frederick Sperandio.

Soares, Natália Azeredo.

Reciclagem de óleo de fritura residual para produção de biodiesel/ Frederick Sperandio Gonçalves; Natália Azeredo Soares. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2014.

xii, 70 p.; il.

(Projeto Final) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2014.

Orientadora: Denize Dias de Carvalho e Cheila Gonçalves Mothé.

1. Reciclagem. 2. Biodiesel. 3. Óleo. 4. Projeto Final. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Denize Dias de Carvalho e Cheila Gonçalves Mothé. I. Reciclagem de óleo de fritura residual para produção de biodiesel.

Dedicamos este trabalho às nossas famílias e nossos amigos.

Sem vocês essa jornada não seria a mesma!

*“Nobody said it was easy
No one ever said it would be this hard”*

The Scientist - Coldplay

*“As flores nascem, mas depois murcham, as estrelas brilham, mas algum dia se
extinguem. Comparado com isso, a vida do homem não é nada mais do que um
simples piscar de olhos, um breve momento.”*

Virgo, S

AGRADECIMENTOS

Eu, Frederick, gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Artur e Marli, por serem toda a base da minha vida. Sem vocês, nada disso seria possível, literalmente. Em todos os melhores e piores momentos da minha vida vocês estiveram presentes me ajudando, colaborando e me aturando quando eu estive em dias insuportáveis de estresse por causa das provas. Peço desculpas por esses momentos mas saibam que sou eternamente grato a vocês por toda a educação que me foi passada. Amo muito vocês, do fundo do meu coração.

Gostaria de agradecer também a minha amabilíssima namorada Ana Rios, pela gigantesca paciência em aturar todas as minhas tardes e noites de estudo nos finais de semana quando todos os nossos amigos gostariam de sair e nós não podíamos. Seu amor e companheirismo foram fundamentais na minha jornada, sendo me ajudando a levantar, sendo me dando forças pra prosseguir, amo muito você!

Também agradeço a todos os Bros, pelos infinitos momentos de diversão nos piores momentos dessa caminhada. Um grande abraço aos amigos (em ordem alfabética para não magoar ninguém) Eduardo (Kblu), Gustavo (Emo), Ivson, Kevin, Leonardo (Leozão), Lucas, Octavio, Pedro, Thais Santo, Thiago Silva e Thiago Lucas.

Aos amigos da faculdade, que suportaram uns aos outros nos piores momentos, que por sinal foram muito ruins mesmo, Daniel Lomba, Pedro Nin, Rafael Leal, Livia Santana, Gabriela Jacoby, Victor Hugo e muitos outros que sobreviveram aos tortuosos caminhos.

Aos grandes companheiros P&G pela família que vivemos diariamente em busca do sucesso! Aos que estão ainda na Planta Rio, Alejandro Morillo, Thiago Couto, Isis Simões, Maria Idalina, Valério Lima e Franci, o melhor time de Finanças de todas as plantas! Aos que saíram da Planta, mas ainda deixam saudades, Técia Alonso, Fabio Alonso, Ronaldo Guilherme, Nivaldo Castro e Stela Guerin.

As nossas orientadoras, Denize e Cheila, que nos deram total suporte nesse final de curso, nosso muito obrigado por acreditarem em nós!

E a todos os outros que de alguma forma contribuíram para o sucesso dessa grande empreitada, muito obrigado a todos!

Eu, Natália, gostaria de agradecer aos amigos e familiares que fizeram parte dessa longa jornada de aprendizado, que não terminará por aqui. Sem vocês o caminho seria mais sinuoso e os cinco anos muito mais longos. Muito obrigada! Amo vocês.

Resumo do Projeto Final de Curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para a obtenção de grau de Engenheiros Químicos.

RECICLAGEM DE ÓLEO DE FRITURA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Frederick Sperandio Gonçalves

Natália Azeredo Soares

Fevereiro, 2014

O presente projeto apresenta um estudo sobre a inclusão da cadeia de logística reversa à cadeia de produção de biodiesel, usando como matéria prima o óleo vegetal residual. Tendo em vista a atual preocupação com o cenário ambiental e o cumprimento das leis existentes referentes ao descarte de resíduos sólidos, é plausível a implementação de um sistema de maior porte de logística reversa, onde o óleo de fritura residual é coletado para a produção de novos bens, como biodiesel, uma fonte de energia sustentável e alternativa ao combustível fóssil. Tanto o óleo e o biodiesel estão em crescente avanço no Brasil e no mundo, dessa forma, integrar o resíduo gerado no final da cadeia produtiva de óleo com a cadeia produtiva do biodiesel através da logística reversa se apresenta como uma solução ambientalmente viável. Os acréscimos das implementações da mistura do biodiesel no diesel mineral, previstas na legislação brasileira, são os responsáveis pelo ininterrupto crescimento da produção de biodiesel no Brasil desde o ano de sua implementação na matriz energética brasileira, no ano de 2005. A atual vigência do B5, em lei desde 2010, fez com que a produção ficasse perto dos 2,5 milhões de toneladas no ano de 2012. No estudo de caso realizado no município do Rio de Janeiro, foi mostrado que há um número médio de descarte de quase 260 litros de óleo de fritura residual por mês por cada um dos 15.000 estabelecimentos comerciais. Em residências, foi calculado descarte médio de 0,56 L por mês por habitante. Dessa forma, foi possível calcular um descarte mensal de pouco mais de 7 milhões de litros de óleo de fritura residual no município do Rio de Janeiro. O maior projeto da cidade coleta aproximadamente 400.000 L de óleo por mês, ou seja, aproximadamente 6% de todo o óleo gerado no mês. Isso sugere que para atingir números mais expressivos, o programa precisa de uma área de atuação maior, apesar dos processos da logística reversa desse óleo já estarem bem estabelecidos na cidade.

Palavras-chave: Logística reversa, Óleo de fritura, Biodiesel, Resíduos sólidos.

ÍNDICE

CAPÍTULO I - Introdução	13
CAPÍTULO II - Metodologia	17
CAPÍTULO III - Óleo Vegetal	18
III.1 - Características e propriedades do óleo vegetal	18
III.2 - Extração do óleo vegetal	19
III.3 - Dados de consumo e produção	22
III.3.1 - Consumo	22
III.3.2 - Produção	24
III.4 – Legislação sobre o descarte de óleo.....	25
III.5 - Impactos do descarte incorreto do óleo	25
CAPITULO IV - Biodiesel.....	26
IV.1 - O que é o biodiesel.....	26
IV.2 - Reação de Transesterificação	27
IV.3 - A Produção de Biodiesel	28
IV.3.1 – A produção de biodiesel no mundo	28
IV.3.2 – A produção do biodiesel no Brasil.....	29
IV.4 -Perfil das Matérias-primas utilizadas	30
IV.4.1 – Perfil das matérias-primas utilizadas no mundo.....	30
IV.4.2 - Perfil das matérias-primas utilizadas no Brasil	31
IV.5 - Biodiesel de óleo de fritura residual.....	33
CAPÍTULO V - A Logística Reversa	38
V.1 - Definição e classificações da logística reversa	38
V.2- Canais de Distribuição.....	40
V.3 - Logística reversa do óleo de fritura para produção de biodiesel	41
CAPÍTULO VI - Estudo de caso: Rio de Janeiro	45
VI.1 - Problemas ambientais do Rio de Janeiro.....	45
VI.2 - Iniciativas existentes sobre coleta de óleo	46
VI.3 - Perfil de coleta de óleo	49
CAPÍTULO VII - Conclusões	56

Glossário de Siglas

AGL – Ácidos graxos livres

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

B5 – Mistura de 95% de diesel mineral com 5% de biodiesel

B100 – Biodiesel puro

°C – graus Celsius

CDR – Canal de distribuição reverso

CDR-PC – Canal de distribuição reverso de pós-consumo

CDR-PV – Canal de distribuição reverso de pós-venda

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

D.O.U. - Diário Oficial da União

EBB - European Biodiesel Board

HDL – *high density lipoprotein* (lipoproteína de alta densidade)

Febracom - Federação das Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IVIG – Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais

L – litros

LDL – *low density lipoprotein* (lipoproteína de baixa densidade)

MNCR - Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis

MP – Matéria-prima

PET – Politereftalato de etila

POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares

PNRS- Política Nacional de Resíduos Sólidos

PROVE – Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais

PSMA – Programa de Saneamento dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara

Ricamare - Rede Independente de Catadores de Materiais Recicláveis do Estado Rio de Janeiro

SindRio – Sindicato de Hotéis, Bares e Restaurantes do município do Rio de Janeiro

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

USDA - *United States Department of Agriculture* (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)

Índice de Figuras

- Figura 1** - Reação de hidrólise de óleos vegetais. Fonte: Elaboração própria. (pág. 18)
- Figura 2** - Diagrama de blocos de extração do óleo vegetal. Fonte: Elaboração própria. (pág. 20)
- Figura 3** – Processo de extração do óleo vegetal. Fonte: Revista Virtual de Química (RAMALHO,2013). (pág. 21)
- Figura 4** - Reação de Transesterificação de óleos vegetais. Fonte: Elaboração própria. (pág. 28)
- Figura 5** – Produção anual de B100 na União Europeia. Fonte: Adaptado de EBB, 2013. (pág. 29)
- Figura 6** - Produção anual brasileira de B100 entre 2005 e 2012. Fonte: Adaptado de ANP, 2013. (pág. 30)
- Figura 7** – Gráfico comparativo entre os percentuais de matérias-primas para produção do B100 no Brasil entre dezembro de 2011 e fevereiro de 2013. Fonte: Adaptado de ANP, 2013. (pág. 34)
- Figura 8** – Diagrama de blocos de pré-tratamento do óleo de fritura para produção de biodiesel. Fonte: Elaboração própria. (pág. 35)
- Figura 9** – Fluxograma do processo de produção do biodiesel por transesterificação alcalina via rota etílica. Fonte: Christoff (2006). (pág. 36)
- Figura 10** - Diagrama do fluxo de distribuição reverso de bens de pós-consumo descartáveis. Fonte: Leite (2003). (pág. 42)
- Figura 11** - Diagrama de blocos geral da logística reversa do óleo de fritura residual. Fonte: Elaboração própria. (pág. 44)
- Figura 12** – Quantidade de óleo coletado pelas cooperativas do PROVE. Fonte: Relatório do PROVE 2012. (pág. 48)
- Figura 13** – Certificado de participação do PROVE. Fonte: Foto tirada por Frederick Sperandio Gonçalves. (pág. 50)
- Figura 14** – Dados de pesquisa, primeira pergunta. Fonte: SurveyMonkey. (pág. 53)
- Figura 15** – Dados de pesquisa, segunda pergunta. Fonte: SurveyMonkey. (pág. 54)
- Figura 16** – Dados de pesquisa, terceira pergunta. Fonte: SurveyMonkey. (pág. 54)
- Figura 17** – Dados de pesquisa, quarta pergunta. Fonte: SurveyMonkey. (pág. 55)
- Figura 18** – Dados de pesquisa, quinta pergunta. Fonte: SurveyMonkey. (pág. 55)
- Figura 19** – Diagrama de blocos de consolidação dos processos de extração do óleo, logística reversa do óleo de fritura residual e produção do biodiesel. (pág 57)

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Consumo Mundial de Óleo por oleaginosa. Fonte: USDA, 2013. (pág. 23)

Tabela 2 – Consumo Mundial de Óleo por país. Fonte: USDA, 2013. (pág. 23)

Tabela 3 – Produção Mundial de Óleo por oleaginosa. Fonte: USDA, 2013. (pág. 24)

Tabela 4 – Produção Mundial de Óleo por país. Fonte: USDA, 2013. (pág. 24)

Tabela 5 - Classificação do lixo gerado em diversos processos. Fonte – Mano et al (2005). (pág. 40)

Tabela 6 – Resultados resumidos da pesquisa com os bares e restaurantes. Fonte: Dados de pesquisa de campo. (pág. 51)

Tabela 7 – Resumo dos resultados obtidos. Fonte: Dados de pesquisa de campo. (pág. 56)

CAPÍTULO I - Introdução

Sustentabilidade e comprometimento com o meio ambiente são assuntos altamente recorrentes e debatidos nos dias atuais. A preocupação com o cenário ambiental é mais que evidente, tanto na sociedade quanto no setor empresarial, comprovado por pesquisa do Ibope feita em 2012 (ESTADÃO, 2012). Não é necessário parar de poluir apenas pelo apelo social da situação, mas sim pela questão da necessidade do total cumprimento da legislação ambiental vigente, cada vez mais rigorosa, vide a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010 (Lei nº 12.305, 2010). Os resíduos gerados através das cadeias produtivas muitas vezes não são enviados ao seu destino correto e esse descarte inadequado acaba ocasionando diversos tipos de problemas, não só ambientais como também de cunho social e econômico, como por exemplo, poluição de mananciais e fontes de água potável, entupimento de bueiros que com as chuvas pode ocasionar enchentes e desapropriações de residências em locais suscetíveis a transbordamento de rios, além de caos no trânsito nas regiões metropolitanas (UOL, 2013).

Quando se discute desenvolvimento, é impossível conciliar evolução sem fazer referência à energia. Atualmente, ainda se tem como principal matriz energética os derivados da cadeia petroquímica, como gasolina, diesel mineral e querosene de aviação. Entretanto, nos últimos anos é crescente o uso de fontes alternativas de energia, principalmente aquelas que fazem menção à sustentabilidade, biodegradabilidade e redução na emissão de gases tóxicos à atmosfera. A partir desse comprometimento no desenvolvimento de tecnologias na produção dessas novas fontes de energia, foi possível a evolução do etanol e do biodiesel, biocombustíveis oriundos de fontes renováveis e não minerais (PETROBRAS, 2012).

O biodiesel é uma alternativa à necessidade energética mundial e em praticamente todas as regiões do mundo são feitos esforços constantes para aumentar, aprimorar e evoluir sua produção em larga escala. Tanto nos Estados Unidos quanto na Europa, América do Sul e Ásia esses esforços são bastante visíveis tendo em vista que sua produção mundial aumenta ano a ano em proporções bastante significativas (GONÇALVES et al., 2011). Com as legislações ambientais cada vez mais rigorosas, a produção do biocombustível tende a aumentar com o tempo, não só pela necessidade de redução de emissão de poluentes no meio ambiente e pela produção de energia propriamente dita, mas também para fomentar a evolução e o crescimento dos setores produtivos dos países. Tendo o

conhecimento de todos os cenários de evolução e crescimento da produção desse biocombustível, observa-se que quanto maior a produção, maior é a demanda por matéria-prima. Além disso, para poder competir com o óleo diesel mineral, é necessário também que o preço do produto final seja o menor possível. Dessa forma, é de grande interesse dessas indústrias de produção diminuir ao máximo seu custo com insumos.

Na interseção desses dois cenários, a preocupação com o meio ambiente e a necessidade da mudança gradativa da matriz energética brasileira, aliada à redução de preço de um produto que possa competir igualitariamente com a matriz energética fóssil já existente, pode-se destacar um componente de grande importância que ainda não possui o necessário interesse e a devida exploração no âmbito nacional, o biodiesel de óleo de fritura usado. Transformar um resíduo de alto potencial contaminante em energia é atingir dois objetivos primordiais dentro de um mesmo fluxograma de processos. Entretanto, dentro desse processo existe uma etapa denominada logística reversa, que é a área da logística que trata do fluxo físico de todos os tipos de resíduos e descartes ao final da cadeia produtiva, sendo que dessa forma o objetivo principal é o reaproveitamento dos mesmos ou sua utilização em outros processos, fazendo com que surja uma agregação de valor a materiais que seriam sumariamente descartados e não aproveitados. Tão importante é a logística reversa no atual cenário de preocupação ambiental brasileiro que foi definida como um instrumento de desenvolvimento social e econômico da PNRS. (PNRS, 2010)

O óleo de fritura residual pode ser obtido, por enquanto, a custo zero de compra e baixos custos de tratamento, proporcionando assim uma redução interessante no custo de produção do biodiesel. Entretanto, a maior limitação dessa matéria-prima promissora é exatamente o seu fornecimento, uma vez que é necessário que suas fontes produtoras, que são as indústrias de processamento de alimentos, os bares, os restaurantes e as residências que utilizam o óleo no processo de cozimento, além de estarem cientes do potencial de reciclagem desses óleos, precisam atuar em conjunto com as usinas produtoras de biodiesel, com o intuito de que o final de uma cadeia encontre o início da outra.

Esse tipo de ligação é efetivo em qualquer região geográfica, mas é especialmente mais efetivo num tipo de região específica que são as regiões metropolitanas e de grandes concentrações populacionais, por dois motivos. Um deles é que, uma vez que praticamente 100% das metrópoles estão totalmente dominadas pelo processo de urbanização, as áreas de cultivo são praticamente inexistentes e por consequência as plantações de oleaginosas não existem. O outro motivo é originado de um raciocínio direto: quanto maior o número de pessoas numa determinada localidade, maior é o número de bares e restaurantes

necessários para atender às necessidades dessa população, maior a venda de alimentos processados de suas cozinhas, maior a quantidade de resíduos produzidos. O raciocínio é análogo quando são feitas referências às cozinhas domésticas. Dessa forma, é correto pensar que, quanto maior a população, maior a necessidade de alimentos e, novamente, maior é a quantidade de resíduos produzidos.

O Rio de Janeiro é, de acordo com a publicação do IBGE (IBGE, 2012), a segunda cidade mais populosa do Brasil com 6.390.290 habitantes, sendo ultrapassada apenas por São Paulo com 11.376.685 habitantes. Possui área de 1.200,278 m² e também, de acordo com o Censo 2010 do IBGE (IBGE, 2010), possui a quinta maior densidade populacional entre as capitais do Brasil, com cerca de 5.266 habitantes por km². Além disso, durante a alta temporada, que especialmente no Rio de Janeiro dura boa parte do ano, a cidade recebe milhões de turistas vindos do mundo. Esse cenário populacional consolidado e ainda em crescimento em certas áreas, como por exemplo, a Zona Oeste, ilustra que a cidade do Rio de Janeiro tem um potencial elevado para captação de óleo de fritura residual para a produção de biodiesel. Como tem uma população bastante elevada e possui área relativamente pequena em comparação a outras capitais brasileiras, tem um fator bastante positivo no que diz respeito à logística, uma vez que por ter área reduzida, podem-se diminuir consideravelmente os custos com combustíveis de transporte, barateando o produto final e diminuindo também as emissões de poluentes por esses transportes no meio ambiente.

Para o monitoramento da reciclagem do óleo de fritura residual, é de interesse logístico fazer o mapeamento dessa atividade na cidade do Rio de Janeiro, que pode permitir identificar possíveis falhas no processo atual desenvolvido, tanto sobre o sistema já implementado quanto sobre os novos projetos.

Objetivo geral: O presente trabalho tem como objetivo principal fazer um panorama da reciclagem de óleo de fritura residual para produção de biodiesel utilizando a logística reversa.

Objetivos específicos: Analisar as três cadeias de produção que são: produção do óleo vegetal, produção do biodiesel e logística reversa do óleo para uso como matéria-prima do biodiesel e seus fluxogramas do processo; analisar o descarte do óleo de fritura na cidade do Rio de Janeiro e fazer um estudo de caso para a cidade do Rio de Janeiro.

O presente trabalho está estruturado em 7 capítulos, que incluem: CAPÍTULO 1, o qual contextualiza o tema abordado e explicita a motivação para tal com objetivo geral e específico do trabalho; CAPÍTULO 2, metodologia científica; CAPÍTULO 3, características do óleo vegetal, sua produção e seu consumo, tanto quanto a análise de sua cadeia produtiva;

CAPÍTULO 4, características, cenário mundial e nacional de produção do biodiesel e perfil de suas matérias-primas, assim como a cadeia de produção do biodiesel de óleo de fritura residual; CAPÍTULO 5, a estrutura geral da logística reversa e a aplicação específica dessa logística reversa de óleo de fritura residual na união das duas cadeias produtivas citadas anteriormente; CAPÍTULO 6, estudo de caso da cidade do Rio de Janeiro da aplicação da logística reversa na produção de biodiesel; CAPÍTULO 7, que irá finalmente concluir o porquê da ampliação da cadeia de logística reversa desse óleo no Rio de Janeiro ter importância para auxiliar o crescimento sustentável da cidade e do programa energético de biodiesel, tanto no aspecto ambiental, quanto socioeconômico.

CAPÍTULO II - Metodologia

Foi necessário um estudo de caso para fazer uma retratação do cenário atual sobre as 3 cadeias produtivas e o seu uso. O estudo de caso representa uma maneira de investigação de um tópico empírico, seguindo-se um conjunto de procedimentos pré-especificados. Compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados. Pode incluir tanto estudos de caso único quanto de múltiplos, assim como abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa. (YIN, 2003).

O método de estudo de casos foi empregado devido às particularidades do sistema de logística reversa e possíveis variações nos elos das cadeias de produção, venda, distribuição e consumo, sendo assim o mais apropriado para gerar dados reais do cenário atual na cidade do Rio de Janeiro.

A coleta dos dados foi realizada a partir de pesquisas bibliográficas acerca do assunto tendo como ponto de partida tanto sites de conteúdo específicos acerca do tema como bibliografia relativa aos assuntos abordados. Além disso, foram feitas pesquisas de campo em bares e restaurantes localizados em diversos pontos da cidade e uma pesquisa de opinião usando o serviço online *surveymonkey*, no qual foi possível coletar dados de 100 entrevistados residentes da cidade do Rio de Janeiro, para traçar o perfil da coleta de óleo. A ferramenta cria um questionário online e através desse link do site pode ser compartilhado através de diversas comunidades na rede social *Facebook*. As respostas eram compiladas em gráficos através do próprio site. Obteve-se mais de 300 respostas à pesquisa, entretanto só foi possível coletar as respostas dos 100 primeiros entrevistados em virtude do limite da licença gratuita da ferramenta.

Em adição, foram realizadas 2 entrevistas: uma com o professor e pesquisador do IVIG (Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais) Luiz Guilherme da Costa Marques, localizado na COPPE (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia), na UFRJ, e o coordenador do PROVE (Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais) do Rio de Janeiro, Eduardo Caetano, feita por telefone. As perguntas feitas na pesquisa de campo com os estabelecimentos estão no Anexo 1 e as perguntas feitas aos entrevistados estão nos Anexos 2 (Luiz Guilherme) e 3 (Eduardo Caetano).

CAPÍTULO III - Óleo Vegetal

III.1 - Características e propriedades do óleo vegetal

Óleos e gorduras vegetais são substâncias insolúveis em água, de origem vegetal, que consistem predominantemente de triglicerídeos, formados através de uma reação de esterificação de três moléculas de ácidos graxos com uma molécula de glicerol (PEREIRA et al., 1996).

Segundo a Consulta Pública nº85 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), óleos vegetais e gorduras vegetais são produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos de espécies vegetais. São misturas relativamente complexas de triacilgliceróis, os lipídeos mais amplamente distribuídos da natureza que representam cerca de 95% dos lipídeos da dieta humana, formados por ácidos graxos naturais esterificados com glicerol (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1995). A figura 1 ilustra a reação de hidrólise do óleo vegetal em ácido graxo e glicerol.

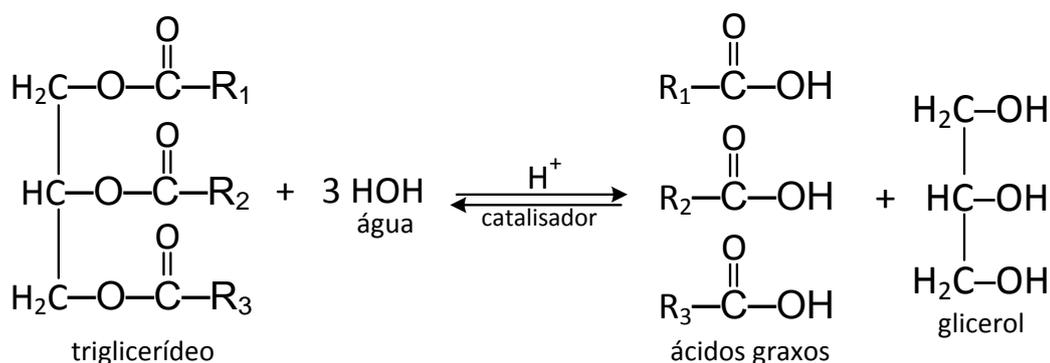


Figura 1 – Reação de hidrólise de óleos vegetais.

Fonte: Elaboração própria.

Os óleos podem conter pequenas quantidades de outros contaminantes como fosfolipídios, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura. Estes podem ser mistos ou compostos caso haja a mistura de dois ou mais óleos vegetais que se apresentem na forma líquida a temperatura de 25 °C. As propriedades dos óleos, tanto físicas, químicas quanto nutricionais, irão depender da quantidade de átomos de carbono e da posição das acilas nos triacilgliceróis. (VIANNI e BRAZ-FILHO, 1995)

Os óleos e as gorduras podem ser classificados em saturados e insaturados, estes últimos com subclassificações de monoinsaturados, presentes em óleos vegetais, e poli-insaturados, presente em óleo de peixe, grãos e frutos do mar. As características dos ácidos graxos que irão formar os triacilgliceróis têm grande influência no ponto de fusão dos óleos, dependendo do número e posicionamento das insaturações e do tamanho da cadeia carbônica destes. Cadeias com muitas insaturações terão o ponto de fusão reduzido e conseqüentemente serão líquidas a temperatura ambiente, como é o caso dos óleos vegetais. No entanto, cadeias com poucas ou nenhuma insaturação apresentam-se no estado sólido a temperatura ambiente, e são denominados gorduras. (MORAES e COLLA, 2006)

Óleos e gorduras insaturados são benéficos à saúde ao passo que diminuem o nível de colesterol do sangue e permitem que o corpo absorva algumas vitaminas, como A, D, E e K. O consumo do óleo vegetal é essencial na alimentação por conter ácidos graxos ômega-3 e ômega-6, denominados essenciais, pois não são produzidos pelo organismo e devem ser obtidos através da dieta. Porém, apesar dos benefícios trazidos, o consumo deve ser moderado pois qualquer gordura contém poder calórico maior que as proteínas e carboidratos. Os ácidos graxos ômega-3 podem ajudar a prevenir e tratar uma série de doenças, incluindo doenças do coração, artrite, câncer, depressão e Alzheimer e devem ser consumidos em proporções equilibradas de 5:1 de ômega-6 para ômega-3. Os ácidos graxos ômega-6 influenciam a viscosidade sanguínea, a permeabilidade dos vasos e a pressão arterial (MORAES e COLLA, 2006).

Óleos e gorduras saturados são usualmente associados ao aumento de doenças cardíacas. As gorduras podem ser encontradas em óleos de coco, óleos vegetais de palma e algodão, banha de porco, carnes gordurosas e laticínios em geral. Estudos mostram que a substituição na alimentação de óleos saturados por insaturados reduz os níveis de colesterol total e LDL (*low density lipoprotein*), também conhecido coloquialmente como mau colesterol, sem alterar os níveis de HDL (*high density lipoprotein*), o bom colesterol (MORAES e COLLA, 2006).

III.2 - Extração do óleo vegetal

Devido à diversidade de tecidos responsáveis por armazenar óleos e gorduras, não existe um processo único para a sua extração e purificação, pois dependerá da origem e características da fonte oleaginosa. As operações unitárias mais utilizadas para a extração são:

prensagem mecânica e extração por solvente, seguidos de processos de purificação (RAMALHO et al., 2013). O processo de extração de óleos pode ser representado pelo diagrama de blocos mostrado na Figura 2.



Figura 2 - Diagrama de blocos de extração do óleo vegetal.

Elaboração própria.

- **Pré-tratamento mecânico:** pré-limpeza e classificação das sementes, despêliculamento, separação das amêndoas e cominuição (moagem, extrusão ou laminação) (RAMALHO et al., 2013).
- **Prensagem:** é um dos mais antigos métodos de extração e baseia-se no esmagamento do fruto para a liberação do óleo contido na estrutura. Em um processo mecânico, a fonte oleaginosa passa por prensas contínuas, onde entram em parafusos tipo rosca sem fim, que comprimem o material. No final é obtido o material sólido resultante da prensagem, também conhecido como torta e o óleo ou gordura bruto, que posteriormente passam por uma filtragem em filtro-prensa. (RAMALHO et al., 2013)
- **Extração:** ocorre pelos mecanismos de difusão, devido ao atravessamento dos solventes nas membranas semipermeáveis das células e dissolução por simples contato das células vegetais destruídas na prensagem. O mais utilizado para a extração é o hexano, pois tem baixo ponto de ebulição e assim evita a decomposição do óleo, porém, apresenta alta inflamabilidade e alto custo. O equipamento para a extração, como mostrado na Figura 3, consiste em uma correia vertical com cestos que têm o

fundo perfurado. No topo direito do extrator é acionado um mecanismo que libera o material sólido a ser extraído junto a solução parcialmente saturada proveniente do lado esquerdo inferior do extrator. Ao mesmo tempo, no topo esquerdo do extrator, os cestos que retornam com o material já extraído recebem uma nova carga de solvente, que descem pelos cestos por gravidade, são recolhidos na parte inferior e levados até a parte superior direita (RAMALHO et al., 2013).

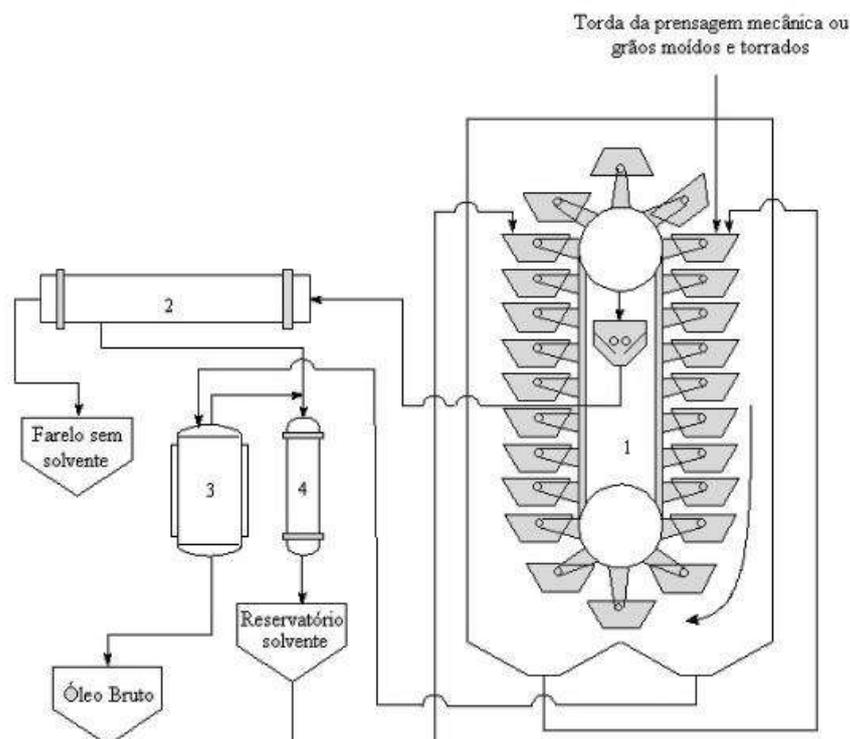


Figura 3 – Processo de extração do óleo vegetal

Fonte: RAMALHO et al., 2013.

➤ **Refino:** dependendo da finalidade para qual o óleo vai ser utilizado, pode-se optar pelos seguintes processos:

Degomagem: retira-se fosfatídeos, proteínas e outras substâncias coloidais do óleo através da adição de água e aquecimento. Há a formação de emulsão devido à hidratação do material coloidal.

Neutralização: consiste em fazer reagir os ácidos graxos livres, responsáveis pela acidez do óleo, com uma solução de soda caustica de aproximadamente 5%.

Clarificação: etapa onde há remoção de pigmentos indesejáveis através da adsorção destes na superfície de uma mistura de carvão ativado e de argilas naturais.

Desodorização: visa remover substâncias que podem causar odores desagradáveis por meio de destilação com auxílio de vapor, para o arraste dos voláteis.

III.3 - Dados de consumo e produção

Ao longo dos últimos anos, notou-se substituição do consumo de óleos com ácidos graxos saturados por óleos com ácidos graxos mono e poli-insaturados, visto os benefícios e malefícios que cada um pode gerar a saúde dos consumidores. Em função do aumento do consumo de óleos vegetais em escala mundial, tornou-se necessário o aumento da produção dos mesmos.

III.3.1 - Consumo

Segundo fontes da USDA (*United States Department of Agriculture*), o consumo doméstico mundial de óleo vegetal aumentou ao longo dos cinco últimos anos 31 milhões de toneladas, o que representa 19% do que é consumido mundialmente. Dentre os óleos que tiveram o maior aumento de consumo estão os óleos de palma e óleo de palmiste, com respectivos aumentos de 23% e 26%. Segundo donos de estabelecimento de *fast-food* do Rio de Janeiro, o aumento do consumo de óleo de palma se deu pela sua característica de não transferir sabor para o alimento e ter maior vida útil. Quando se trata de consumo de óleos vegetais por país, pode-se notar que todos eles tiveram algum aumento, com exceção do Japão, que permaneceu com a mesma faixa de consumo, comprovando a maior adesão à dieta baseada em óleos insaturados. No Brasil, o aumento de consumo de 2008 para 2013 representou 23% do que foi provisionado para o ano de 2013. Dados de consumo de diferentes óleos tanto no Brasil quanto no mundo são detalhados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Consumo Mundial de Óleo por oleaginosa

Consumo Mundial de óleo							% aumento
2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	May 2013/14		
Óleo de coco	3.36	3.95	3.77	3.58	3.87	3.82	12.04%
Óleo de algodão	4.74	4.6	4.79	5.17	5.23	5.22	9.20%
Óleo de oliva	2.91	2.96	3.02	3.07	2.89	3.05	4.59%
Óleo de palma	42.71	44.96	47.87	50.5	53.43	55.79	23.45%
Óleo de palmiste	4.9	5.35	5.6	5.78	6.25	6.63	26.09%
Óleo de amendoim	4.91	4.88	5.07	5.09	5.27	5.27	6.83%
Óleo de canola	20.3	22.61	23.49	23.79	23.46	23.79	14.67%
Óleo de soja	36.2	38.16	40.73	41.74	43.04	44.33	18.34%
Óleo de girassol	10.82	11.75	11.73	13.1	13.68	13.95	22.44%
Total	130.84	139.22	146.08	151.82	157.12	161.84	19.15%

Fonte: USDA, 2013

Tabela 2 – Consumo Mundial de Óleo por país

Consumo Mundial por país							% aumento
2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	May 2013/14		
China	24.74	26.91	27.69	29.24	30.77	31.98	22.64%
União Europeia	23.24	24.42	24.14	23.88	23.52	23.81	2.39%
Índia	14.51	15.24	16.06	16.94	18.31	19.2	24.43%
Estados Unidos	11.17	11.2	11.92	12.79	12.63	12.76	12.46%
Indonésia	5.89	6.72	7.95	8.92	9.87	10.8	45.46%
Brasil	5.23	6.06	6.33	6.46	6.61	6.78	22.86%
Malásia	4.92	5.16	5.23	4.82	5.12	5.22	5.75%
Paquistão	3.06	3.31	3.36	3.56	3.64	3.79	19.26%
Argentina	1.85	2.36	2.98	3.54	3.55	3.63	49.04%
Rússia	3.03	3.1	3.14	3.21	3.3	3.36	9.82%
Egito	1.88	2.08	2.27	2.42	2.53	2.55	26.27%
México	1.98	2.09	2.2	2.26	2.31	2.32	14.66%
Japão	2.24	2.23	2.2	2.16	2.23	2.24	0.00%
Nigéria	1.8	1.82	1.85	1.86	1.95	1.96	8.16%
Turquia	1.68	1.66	1.74	1.78	1.87	1.95	13.85%
Outros	23.61	24.87	27.03	27.99	28.92	29.49	19.94%
Total	130.84	139.22	146.08	151.82	157.12	161.84	19.15%

Fonte: USDA, 2013

III.3.2 - Produção

Como consequência da maior demanda, a produção de óleos vegetais teve crescimento proporcional ao consumo, representado por um aumento mundial de 19% no período de cinco anos. Como estimativa para o ano de 2013, o Brasil produzira aproximadamente 8 milhões de toneladas de óleo no ano e será o sétimo colocado entre os maiores produtores de óleo, mostrando assim a necessidade do descarte correto e de novas propostas para o uso e reciclo de óleo vegetal residual. Dados de produção de diferentes óleos tanto no Brasil quanto no mundo são detalhados nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Produção Mundial de Óleo por oleaginosa

Produção Mundial de óleo							% aumento
	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	May 2013/14	
Óleo de coco	3.54	3.63	3.81	3.5	3.75	3.74	5.35%
Óleo de algodão	4.75	4.6	4.97	5.27	5.28	5.29	10.21%
Óleo de oliva	2.78	3.08	3.25	3.24	2.67	3.28	15.24%
Óleo de palma	44.05	45.88	48.68	51.86	55.29	58.07	24.14%
Óleo de palmiste	5.17	5.51	5.63	5.97	6.35	6.73	23.18%
Óleo de amendoim	5.05	4.72	5.08	5.06	5.25	5.29	4.54%
Óleo de canola	20.59	22.56	23.52	24.3	24.05	24.23	15.02%
Óleo de soja	35.88	38.78	41.27	42.35	42.92	44.58	19.52%
Óleo de girassol	12.08	12.28	12.42	15.26	14.08	14.92	19.03%
Total	133.9	141.04	148.62	156.8	159.64	166.11	19.39%

Fonte: USDA, 2013

Tabela 4 – Produção Mundial de Óleo por país

Produção Mundial por país							% aumento
	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	May 2013/14	
Indonésia	23.69	25.59	27.24	30.13	32.73	35.58	33.42%
China	16.11	17.88	19.02	21	21.8	22.14	27.24%
Malásia	19.43	19.94	20.39	20.38	21.29	21.29	8.74%
União Europeia	15.48	16.71	16.63	16.64	16.02	16.86	8.19%
Estados Unidos	9.67	10.07	9.79	10.04	9.92	9.97	3.01%
Argentina	7.35	7.69	8.8	8.38	8.15	8.73	15.81%
Brasil	6.78	7.16	7.8	7.99	7.64	7.98	15.04%
Outros	35.41	36.01	38.96	42.25	42.1	43.56	18.71%
Total	133.9	141.04	148.62	156.8	159.64	166.11	19.39%

Fonte: USDA, 2013

III.4 – Legislação sobre o descarte de óleo

Apesar do óleo de fritura residual ser um resíduo no estado líquido em sua forma física, ele é gerenciado como um resíduo sólido. Segundo a definição descrita pela PNRS, instituída pela Lei nº 12.305/10, no Capítulo II, art. 3º, definição XVI, diz que resíduo sólido é: “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”. Através dessa definição, implica-se que todas as etapas de coleta, transporte, tratamento e destinação final que seja ambientalmente adequada são tratadas essencialmente como se esse óleo fosse um resíduo sólido, ou seja, a PNRS trata o óleo de fritura residual como um resíduo sólido.

III.5 - Impactos do descarte incorreto do óleo

A praticidade do processo de fritura associada à falta de tempo disponível para o preparo de alimentos fez com que ao longo dos últimos anos o consumo de óleo aumentasse abruptamente, e com isso há a geração cada vez maior de óleo de fritura residual. Além das preocupações com a saúde que o excesso da ingestão de alimentos fritos gera devido ao baixo valor nutricional e associação direta ao aumento de peso e desenvolvimento de patologias, existe também a crescente preocupação ambiental quanto ao descarte do óleo.

Todos os dias, milhões de toneladas de óleo consumidos mundialmente são jogados fora nas redes de esgoto, causando danos drásticos ao meio ambiente e a população. Se jogado pelo ralo da pia, provoca o entupimento das tubulações nas redes de esgoto, aumentando em até 45% os seus custos de tratamento com produtos químicos para a neutralização do óleo (BIODIESEL, 2008). Quando a contaminação chega a rios e mananciais hídricos, forma uma camada que impede a chegada de luz e o fornecimento de oxigênio.

O emprego do óleo usado para a produção de biodiesel pode representar uma alternativa com potencial econômico e ambientalmente correto, já que não seriam descartados de forma incorreta e teriam destino que geraria valor agregado a algo que serviria de fonte poluidora.

CAPITULO IV - Biodiesel

IV.1 - O que é o biodiesel

A lei nº 11.097, de 13 de Janeiro de 2005, Artº 4 inciso XXV define biodiesel como “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil”. Por definição técnica, é um éster alquílico que pode ser obtido através de uma reação química denominada transesterificação. Essa é a reação que acontece entre o triacilglicerol que reage com álcool, comumente etanol ou metanol, dependendo das condições, na razão molar estequiométrica de 1:3 respectivamente, podendo essa relação ser ainda maior, em um reator com a presença de um catalisador ácido ou básico. Dessa reação são obtidos os produtos biodiesel e o glicerol (propano-1,2,3-triol), na razão molar estequiométrica 3:1 respectivamente. Comumente pode haver uma pequena confusão com relação à nomenclatura do segundo produto, entre as terminologias “glicerol” e “glicerina”. O glicerol, que é o composto de fato obtido, é a substância química pura propano-1,2,3-triol. Por sua vez o termo glicerina é referente aos produtos comerciais purificados que contem mais de 95% de glicerol em sua composição (GONÇALVES et al., 2011).

Como fonte de triacilglicerol, a matéria-prima mais usada é um óleo de origem vegetal. Esse óleo pode vir de diversas oleaginosas, como a soja, o dendê, o girassol, a mamona, o pinhão manso, o amendoim, o algodão e muitas outras. Também podem ser usadas borras ácidas e até mesmo esgoto doméstico. Existem pesquisas recentes que indicam também o uso de algas como matéria-prima de biodiesel.

Entretanto também existe a possibilidade de serem usadas fontes vindas de resíduos de diversos tipos de processo, como óleos e gorduras animais vindas de abatedouros e das indústrias de processamento de alimentos e óleos residuais de fritura, provenientes também não só das indústrias de alimentos como de restaurantes, bares e residências. No entanto, para a escolha da matéria-prima que venha a ser usada na reação de transesterificação são levados em consideração alguns fatores, sejam eles geográficos, econômicos ou até mesmo físico-químicos. Cada fator é relativo ao ambiente externo local de onde a usina produtora está inserida. Em caso de abundância de determinada oleaginosa ou ainda de indústrias de processamento que podem prover gorduras animais ou óleos de fritura residual,

a usina deverá ter preferência por essa matéria-prima, tendo em vista que a proximidade do fornecedor, obviamente diminui custos logísticos, tornando assim o produto final mais barato e competitivo.

IV.2 - Reação de Transesterificação

Para que a reação de transesterificação ocorra com sucesso, é necessário o controle de vários parâmetros, como tempo de reação, grau de refino do óleo vegetal, temperatura, a razão molar entre o triacilglicerol usado e o álcool e ainda também é preciso verificar a presença de umidade e ácidos graxos livres. Estudos realizados apontaram que para melhores rendimentos da reação de transesterificação, no álcool usado não pode haver presença de umidade e a quantidade de ácidos graxos livres do triacilglicerol precisa ser inferior a 0,5% (FREEDMAN, 1984), uma vez que essa isenção de umidade é importante para realizar o deslocamento de equilíbrio para a reação de obtenção do biodiesel e evitar esse mesmo deslocamento para a reação da hidrólise do mesmo, já que essa reação acaba ocasionando produção de mais álcool e ácido carboxílico, que por sua vez diminuiria o rendimento total da reação. Entretanto, mesmo que os índices de ácidos graxos livres sejam um pouco maiores que 0,5%, a produção ainda é possível, com rendimentos um pouco menores, mas ainda acima de 90%. A figura 4 ilustra a reação química típica de transesterificação.

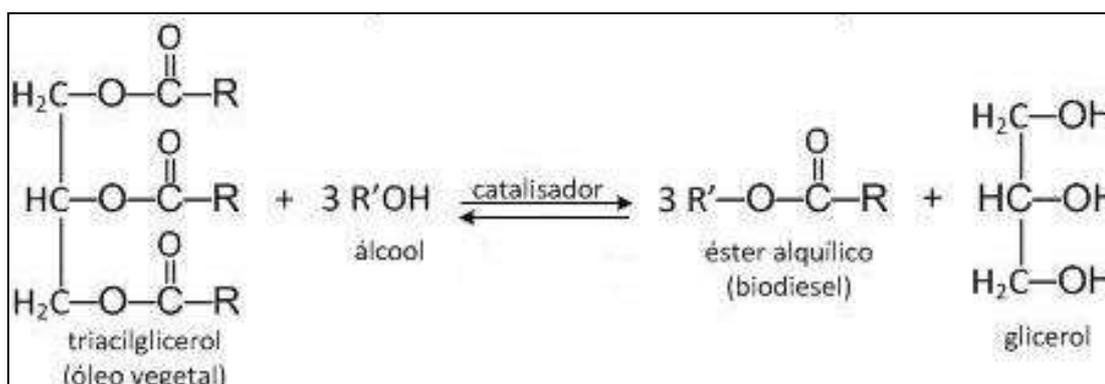


Figura 4 – Reação de Transesterificação de óleos vegetais.

Fonte: Elaboração própria.

IV.3 - A Produção de Biodiesel

IV.3.1 – A produção de biodiesel no mundo

Na União Europeia, com dados baseados nos relatórios da EBB (EBB, 2013), a Alemanha é a maior produtora de biodiesel, com produção de cerca de 2,8 milhões de toneladas em 2011. As outras três maiores produtoras, que também tem grande destaque no âmbito mundial são França, Itália e Espanha. Juntos, esses quatro países acumularam aproximadamente 63% de todo o biodiesel produzido pela União Europeia no ano de 2011. A Figura 5, mostra o crescimento da produção de B100 entre os anos de 2002 e 2011. Alemanha é um dos poucos países no mundo que disponibiliza a venda do B100 (biodiesel puro) diretamente para os clientes finais (GONÇALVES et al., 2011).

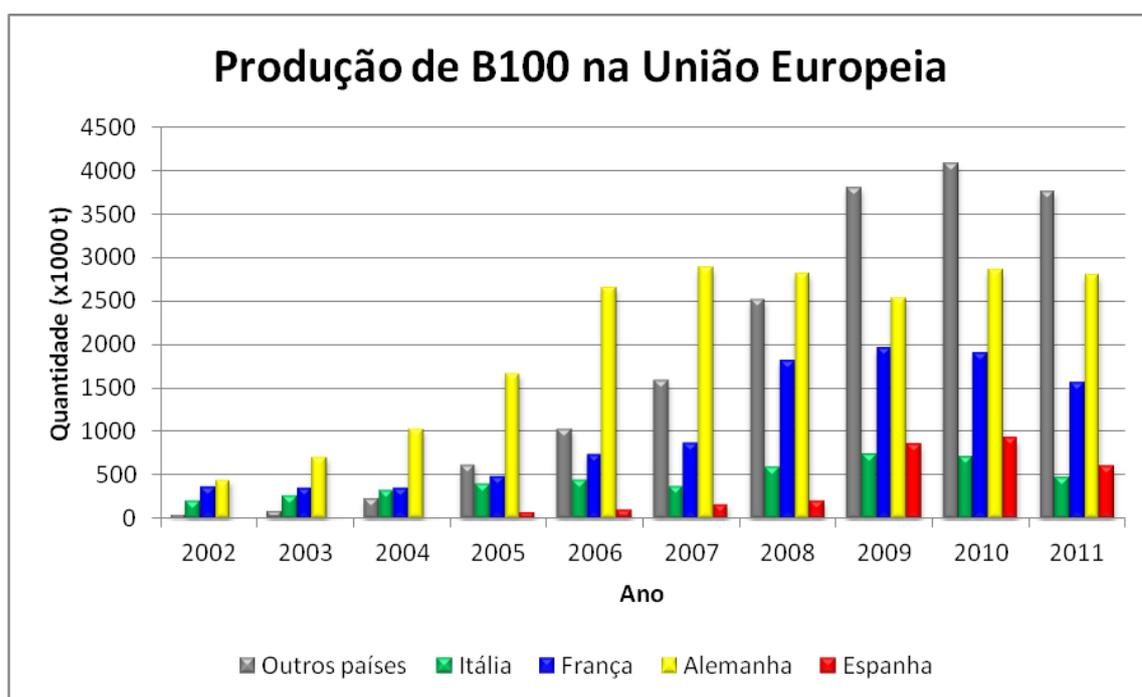


Figura 5 – Produção anual de B100 na União Europeia

Fonte: Adaptado de EBB, 2013

Na Ásia, a produção existe em certas localidades como a China e a Malásia, mas ainda estão com números pouco expressivos. A China em 2008 possuía 5 grandes centros industriais, os quais juntos possuíam capacidade produtora de cerca de 340 mil toneladas de biodiesel por ano. Na Austrália em 2010, (Bio Fuel Association, 2012), existiam 7 plantas de produção de biodiesel, dentre elas apenas 6 estavam em funcionamento. Juntas, todas as que

estão em funcionamento possuem uma capacidade de produção de 370 mil toneladas anuais. Todas as plantas produtoras possuem como parte importante da matriz de matéria-prima o óleo de fritura usado. Caso a sétima comece a produção, a capacidade total aumentará para 500 mil toneladas por ano, ainda também distante das grandes potências produtoras (GONÇALVES et al., 2011).

Os Estados Unidos são atualmente os maiores produtores de biodiesel do mundo e ainda assim estão com uma produção em crescente avanço. No ano de 2012, eles produziram 3,5 milhões de toneladas, produção recorde mundial de um país dentro de 1 ano (BIODIESELBR, 2013). A Argentina é hoje também uma das maiores potências mundiais na produção do biodiesel. Em 2011 foram produzidas 2,4 milhões de toneladas e as estimativas do governo argentino eram de que para o ano de 2012, a produção crescesse 20% comparativamente com o ano anterior (CANA OESTE, 2012). Entretanto, ao contrário do Brasil, seu foco é na exportação.

IV.3.2 – A produção do biodiesel no Brasil

No Brasil, a produção está em forte crescimento desde 2005. Com a implantação do B5 (denominação dada à mistura de 95% diesel mineral e 5% biodiesel) desde 1º de janeiro de 2010, a demanda do biodiesel vem aumentando e os níveis de produção do biocombustível consequentemente continuarão progredindo. A Figura 6 mostra a evolução da produção do biodiesel no Brasil entre os anos de 2005 e 2012. As linhas paralelas representam a evolução da mistura de biodiesel ao diesel mineral ao longo do tempo.

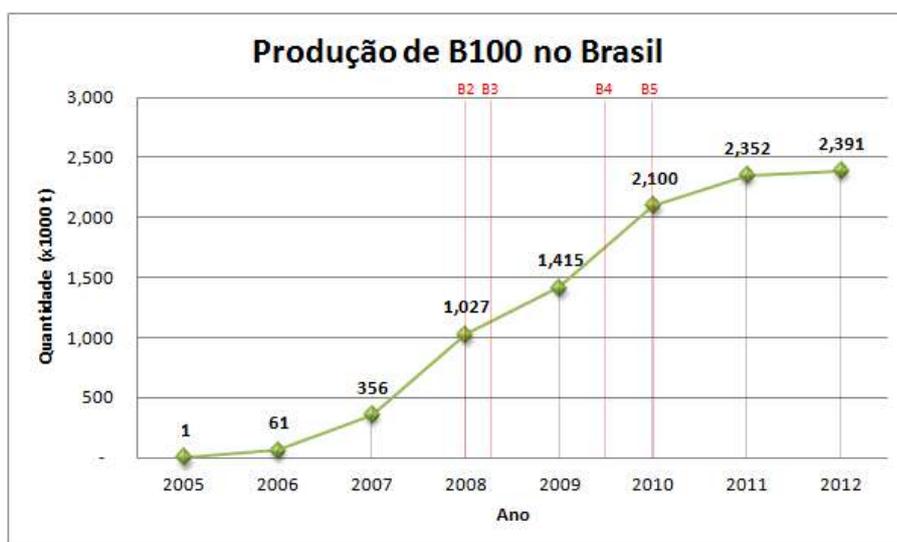


Figura 6 – Produção anual brasileira de B100 entre 2005 e 2012

Fonte: Adaptado de ANP, 2013

Segundo o Boletim Mensal de Março de 2013 da ANP (ANP, 2013), existem atualmente 68 plantas produtoras de biodiesel autorizadas para operação no País, que correspondem a uma capacidade total autorizada de cerca de 18.900 toneladas por dia. Destas 68 plantas, 61 possuem autorização para comercialização do biodiesel produzido, correspondendo a quase 17.000 toneladas por dia de capacidade autorizada para comercialização. Há também 4 novas plantas de biodiesel autorizadas para construção e 11 plantas de biodiesel autorizadas para ampliação de capacidade, sendo que com a finalização das obras e posterior autorização para operação, a capacidade total autorizada poderá ser aumentada em cerca de 2.070 toneladas por dia.

Atualmente, ocupa o posto de maior produtor de biodiesel do mundo os Estados Unidos, seguidos pela Alemanha, Brasil, Argentina e França. Por ser um mercado e uma cadeia produtiva altamente dinâmica, os dados mudam muito de um ano para o outro, de forma que ocorre uma forte alternância entre a Alemanha, Brasil e Argentina entre as segunda, terceira e quarta posições. Num futuro próximo, é possível que a Alemanha deixe o posto de segunda maior produtora para o Brasil ou mesmo para a Argentina, tendo em vista que ela possui uma produção consolidada e de crescimento praticamente nulo nos últimos anos, enquanto que o Brasil e a Argentina estão em forte avanço (GONÇALVES et al., 2011).

IV.4 -Perfil das Matérias-primas utilizadas

IV.4.1 – Perfil das matérias-primas utilizadas no mundo

Como citado anteriormente, as matérias-primas básicas da reação de transesterificação para produção de biodiesel são o álcool e a fonte de triacilglicerol. Para a escolha da matéria-prima, geralmente o critério de maior relevância adotado é a sua disponibilidade. Como grande parte do biodiesel produzido no mundo é oriundo de óleos vegetais, esses óleos serão originados exatamente da oleaginosa que melhor se adapta às condições climáticas e geográficas de cada região. Dessa maneira, custos são reduzidos e é possível transformar o biodiesel em um produto com preços mais competitivos. Esse raciocínio é mais válido para o triacilglicerol, tendo em vista que existem tecnologias distintas de produção para cada rota alcoólica, a metílica ou a etílica. Dessa forma, a planta produtora

estabeleceu no início qual rota usar e em caso de querer mudá-la ajustes deverão ser feitos em parâmetros de processo ou até mesmo equipamentos. Para os óleos e gorduras isso é mais suave, tendo em vista que as especificações e características físico-químicas de vários óleos são semelhantes e a alternância de seu uso na maioria das vezes não ocasiona problemas.

Na União Europeia, as principais matérias-primas são a canola e o girassol (EMBRAPA, 2013), enquanto que nos Estados Unidos o óleo de soja corresponde a cerca de 70% da matéria-prima, seguido pela canola (EMBRAPA, 2010). O uso da gordura bovina e do óleo de fritura residual oriundo de restaurantes e redes de *fast-food* se torna cada vez mais recorrente em virtude da adesão dos mesmos a esse processo, sendo esse um claro exemplo do uso da logística reversa no território norte-americano. Na Argentina, a cadeia produtiva de soja já é bastante desenvolvida e juntamente com o fato de possuir tecnologias sólidas no cultivo dessa oleaginosa, faz com que o óleo de soja seja a matéria-prima principal (BARBOSA, 2012).

IV.4.2 - Perfil das matérias-primas utilizadas no Brasil

Em relação ao álcool utilizado, o metanol é o predominante. Apesar da grande oferta de etanol no Brasil, o fato do metanol possibilitar uma reação mais rápida, de propiciar uma etapa de separação de fases (glicerol e biodiesel) em menos tempo e dos fatores de conversão serem ligeiramente maiores pela menor composição de água em relação ao etanol anidro, o torna preferido pelas usinas brasileiras. Pelo Boletim Mensal de Dezembro de 2009 da ANP (ANP, 2009), das 63 usinas autorizadas para produção na época, apenas 5 tinham sua produção majoritária através da rota etílica, enquanto que as outras 58 produziam a maior percentagem ou somente pela rota metílica. Dessas 58, as que produziam por ambas as rotas tem seus valores de referência obtidos pela rota metílica, a qual tem a maior capacidade de produção nesses casos. Geralmente o etanol é utilizado caso a usina esteja instalada em uma região de proximidade com fornecimento do mesmo, o que propicia uma redução de custos.

Sobre a fonte de triacilglicerol, a mais usada é o óleo de soja. Porém, para cada tonelada de soja esmagada, são produzidos 190 quilos de óleo e 780 quilos de farelo, onde esse último é atualmente vendido para a produção de ração animal. Em contrapartida, o teor do óleo de soja é de apenas 19%, em contraste com, por exemplo, o girassol e a colza, que possuem, respectivamente, 41% e 40% (BIODIESELBR, 2009). Houve do governo,

recentemente, um esforço para a produção familiar da mamona para a produção de biodiesel principalmente no nordeste, porém essa oleaginosa apresentava uma característica pouco desejável: o biodiesel originado dela possui uma alta viscosidade, o que inviabilizava a produção em larga escala pelo acréscimo de custos para reduzi-la (GONÇALVES et al., 2011).

De acordo com o Boletim Mensal de Março de 2013 da ANP (ANP, 2013), de dezembro de 2011 a fevereiro de 2013, a soja possui percentual maior que 70% da matéria-prima utilizada para produção de biodiesel, valor esse que ficou abaixo dos mesmos 70% nos 2 últimos meses. Com números bem menos expressivos, a gordura bovina varia entre 15 e 21%, enquanto que o óleo de algodão fica na faixa entre 1% e 7%, altamente dependente da produção do mês dessa oleaginosa. Um fato interessante é que pelo gráfico, assumindo que o óleo de algodão e outras matérias-primas têm comportamento que variam muito pouco mês a mês, o óleo de soja e a gordura bovina revezam em acréscimo e decréscimo, de maneira que se o biodiesel de óleo de soja aumenta, o de gordura bovina diminui quase na mesma proporção e vice-versa. O óleo de fritura residual mensalmente atinge inexpressivas marcas ao longo do ano, variando entre 0.5% e 1%. Esse é um fato que mostra que o Brasil ainda não possui um programa eficiente de coleta desse óleo para reciclagem, visto que através de todos os anos de produção do biodiesel no Brasil essa matéria-prima foi muito pouco explorada. Os dados, da ANP, estão ilustrados na Figura 7.

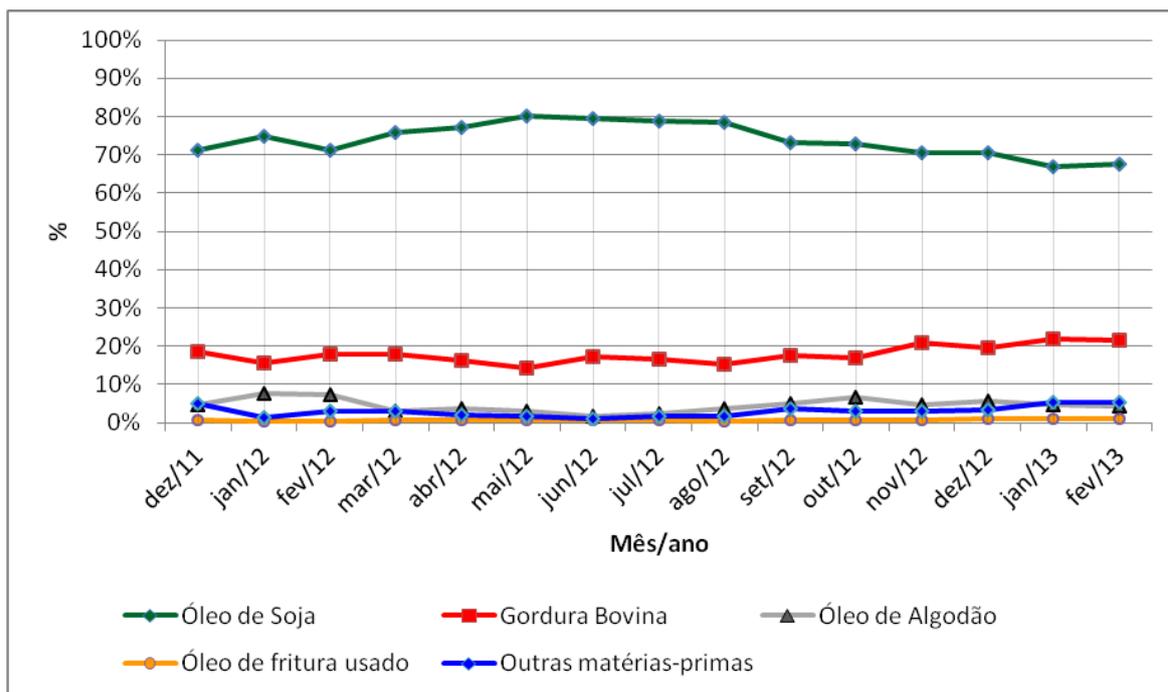


Figura 7 – Gráfico comparativo entre os percentuais de matérias-primas para produção do B100 no Brasil entre dezembro de 2011 e fevereiro de 2013

Fonte: Adaptado de ANP, 2013

IV.5 - Biodiesel de óleo de fritura residual

Como citado anteriormente, o óleo de fritura residual também pode ser utilizado para a produção de biodiesel, porque ele nada mais é do que uma fonte de triacilglicerol que já foi utilizada num processamento anterior, provavelmente fritura de alimentos em cozinhas de diversas localidades.

O biodiesel oriundo dessa matéria-prima tem como vantagens inerentes o baixo preço de aquisição desse óleo, juntamente com as próprias vantagens intrínsecas do biodiesel, como ser biodegradável, não tóxico, tem baixíssima emissão de óxidos de enxofre e, além disso, algumas propriedades que são totalmente semelhantes ou ainda melhores que as do diesel como, por exemplo, o elevado ponto de fulgor que faz com que o transporte e manuseio do biodiesel sejam feitos com maior segurança (KNOTHE et al., 2006). Além de tudo, obviamente, possui a característica mais apreciada ambientalmente que é o impedimento de descarte incorreto desse óleo no meio ambiente. Apresenta poucas desvantagens, como aumento dos óxidos de nitrogênio e baixa estabilidade a oxidação, que pode interferir na qualidade do biodiesel. Entretanto, essas são desvantagens do biodiesel de qualquer matéria-prima, não está atrelada diretamente apenas ao biodiesel originado do óleo de fritura.

Essa fonte tem alguns diferenciais em relação às outras matérias-primas pelo simples fato dela ser um resíduo do processo de fritura. Estar aproveitando um material de descarte para produzir biocombustível é mais vantajoso porque muitas das vezes esse material pode ser conseguido gratuitamente ou a um preço bem inferior que se fosse comprado um óleo vegetal virgem. Porém, pelo mesmo fato de já ter sido utilizado em outro processo previamente, esse óleo sofre certa degradação físico-química no processo de cocção desses alimentos. O índice de ácidos graxos livres pode aumentar bastante, que como dito anteriormente pode prejudicar significativamente o rendimento da reação porque proporciona mais facilmente a reação de saponificação, sem contar também a presença de resíduos alimentares nessa matéria-prima. Além disso, a quantidade de umidade desse óleo também não pode ser elevada, porque favorece a reação de hidrólise do triglicerídeo, deslocando o equilíbrio para a formação de ácidos graxos ao invés do biodiesel. Ou seja, para o seu uso ser viável é necessário um tratamento prévio desse óleo. Esse tratamento é dividido em cinco etapas, ilustradas na Figura 8.

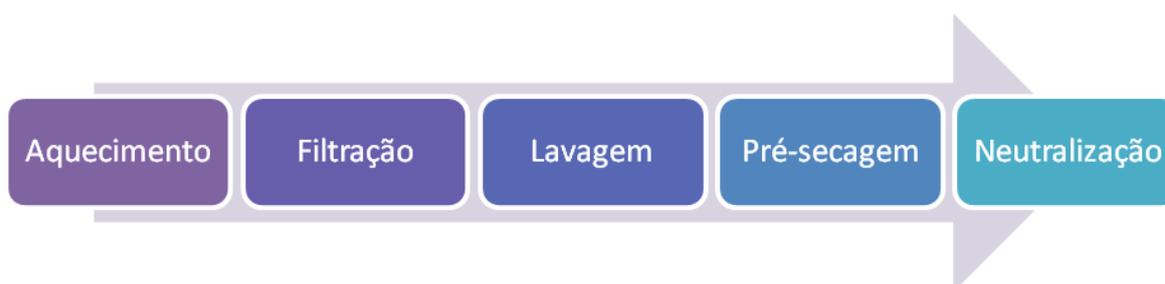


Figura 8 – Diagrama de blocos de pré-tratamento do óleo de fritura para produção de biodiesel

Fonte: Elaboração própria.

- **Aquecimento:** a etapa de aquecimento é interessante porque transforma a amostra pastosa em líquida, facilitando bastante a etapa de filtração posterior. Esse aquecimento é de aproximadamente 40°C (Christoff, 2006);
- **Filtração:** visa à remoção de partículas sólidas oriundas do processo de fritura, que podem, além de atrapalhar o rendimento da reação, entupir tubulações e formar crostas através de seu acúmulo;
- **Lavagem e pré-secagem:** Nas indústrias, o óleo é lavado a quente e tem por finalidade facilitar a mistura deste com a água. Quando essa água for retirada por

decantação, ela levará consigo o restante das sujeiras, fazendo com que o óleo se torne desumidificado e limpo (ALVES, 2010);

- **Neutralização:** nessa etapa ocorre a lavagem do óleo com solução alcalina de baixa concentração, usualmente hidróxido de sódio ou potássio, com o intuito de saponificar apenas os ácidos graxos livres que podem atrapalhar o rendimento posterior da transesterificação (MORETTO et al., 1998).

Posteriormente a esses tratamentos, a reação de transesterificação ocorre de maneira idêntica como se tivesse sido utilizado qualquer outro óleo vegetal. A Figura 9 ilustra o processo de produção industrial resumido do biodiesel pela reação de transesterificação alcalina usando a rota etílica a partir de um óleo vegetal purificado. Ela é análoga para o processo via rota metílica. Esse é o resumo do processo mais utilizado atualmente para a produção do biodiesel, principalmente no Brasil.

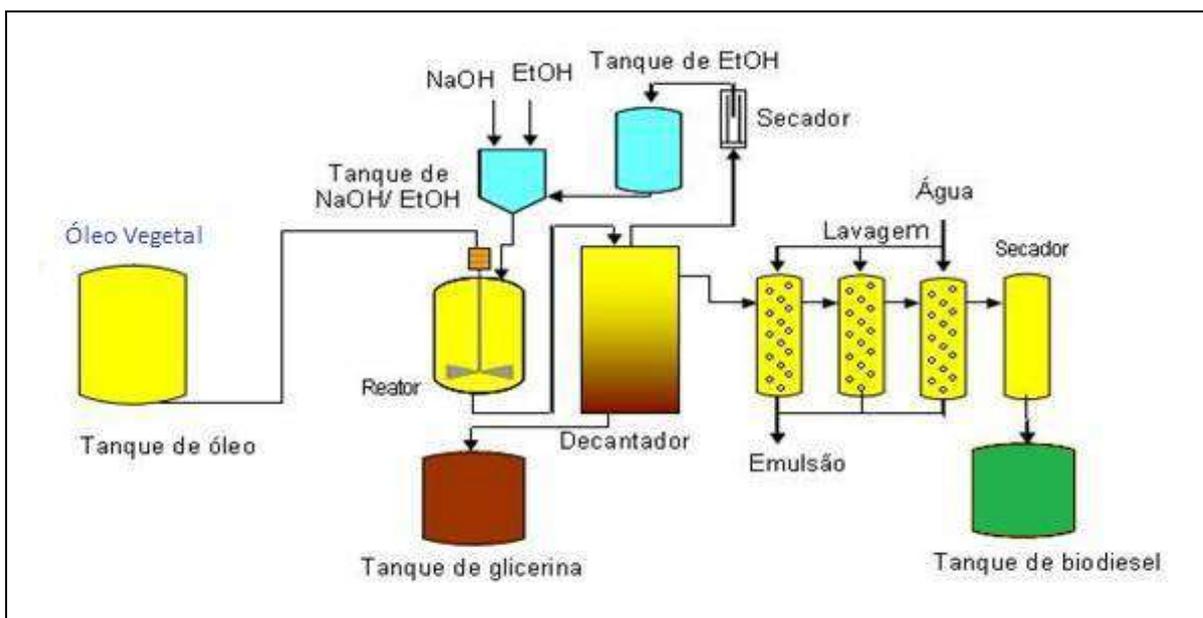


Figura 9 – Fluxograma do processo de produção do biodiesel por transesterificação alcalina via rota etílica.

Fonte: Christoff (2006)

- O óleo vegetal purificado é estocado em um tanque e transferido por uma tubulação até o reator, usualmente de aço inoxidável;
- Esse reator é alimentado com o álcool e o hidróxido de sódio e a reação ocorre sob leve agitação;

- O produto é transferido para um decantador com finalidade de separar as 2 fases. A fase leve (amarela) é o biodiesel formado, que vai pra etapa posterior de lavagem, e a fase pesada (marrom) é o subproduto glicerina com impurezas, que vai ser posteriormente tratada. Nesse decantador também ocorre a recuperação parcial do álcool não reagido, tendo em vista que ele estava em excesso;
- O biodiesel formado sofre então uma lavagem para a remoção do excesso de base que não reagiu e está dissolvida nele;
- Após a lavagem, o biodiesel é então finalmente seco para a retirada de água residual da lavagem e, por fim, é estocado num tanque.

Uma amostra dessa batelada é analisada para identificar se o mesmo atende às especificações da ANP, que são ilustradas na Resolução ANP N°14, de 11 de maio de 2012, publicada no D.O.U. no dia 18 de maio de 2012. São feitos ensaios para determinação de diversas propriedades físico-químicas, como massa específica, viscosidade cinemática, teor de enxofre, entre outros. Uma vez que esse biodiesel atenda totalmente a essas especificações, ele poderá então ser comercializado e enviado aos leilões. Além disso, essa resolução não delimita o universo sobre qual óleo vegetal pode ou não pode ser usado, dessa forma, o óleo de fritura residual pode perfeitamente ser usado para produzir biodiesel, não tendo problemas para sua comercialização ou utilização pelo fato dele ter sido originado de uma fonte residual.

Entretanto, o biodiesel puramente originado do óleo de fritura tem uma considerável barreira a ser enfrentada, que é a oferta dessa matéria-prima. A falta de conscientização das pessoas ainda é uma grande barreira a ser rompida, porque ainda hoje coleta-se pouco óleo de fritura no Brasil em comparação com o que é descartado e, além disso, existe a “concorrência” com a indústria de produção de sabões, que também está interessada nesse pouco óleo coletado, matéria-prima barata, que também é insumo pra esta indústria. Por esses fatores, é de grande interesse pesquisas que comprovem que o uso conjunto desse óleo de fritura residual com outros óleos já consolidados utilizados em produção de larga escala, como a soja ou a palma, é de grande eficiência para complementar essa produção, reduzir custos e tornar o biocombustível ainda mais competitivo sem perder suas especificações previstas por lei.

De acordo com Luiz Guilherme da Costa Marques, pesquisador do IVIG na UFRJ e responsável pela planta-piloto de biodiesel lá instalada, o biodiesel de qualquer óleo pode ser misturado ao biodiesel de óleo de fritura para formar um biodiesel final de ótimo rendimento sem nenhum tipo de ressalva ou alteração físico-química, desde que ambos,

previamente, já obedeçam às especificações da ANP. Mas, além disso, a mistura das próprias matérias-primas é ainda mais interessante porque a diluição do óleo residual de fritura em proporções controladas a outros tipos de óleos também ocasiona a diluição das características não desejáveis do óleo de fritura, como, por exemplo, o percentual de ácidos graxos livres elevado, o que pode até mesmo propiciar um pré-tratamento desse óleo mais barato, maior rendimento de reação, e por fim, pode-se produzir mais biodiesel usando menos óleo de soja ou palma comprado. Ou seja, nesse panorama é altamente positivo usar o óleo de fritura residual não como matéria-prima principal, mas sim como matéria-prima complementar, uma vez que novamente, atendendo às especificações da ANP, o óleo usado na produção sendo ele uma mistura, resíduo ou óleo puro, esse biodiesel poderá ser vendido sem nenhum impedimento. (ENTREVISTA com Luiz Guilherme, feita no IVIG)

Cerca de 2/3 dos custos referentes ao biocombustível estão associados ao custo de matéria-prima, ou seja, quase 70% do valor final do biodiesel é originado da compra dos óleos virgens (PARENTE, 2003). Consequentemente, utilizando óleos residuais, mesmo que como complemento, pode-se reduzir substancialmente o preço final do biocombustível (DINARDI; SALUM; MIRANDA, 2010). Ainda de acordo com estudos feitos por Dinardi; Salum e Miranda (2010), o processo de produção atinge o “break even” (quando as receitas da empresa se igualam aos custos) quando o preço da matéria-prima atinge R\$ 1501,00/t. Esses autores ainda dizem que o preço do óleo de soja bruto degomado, que é o utilizado na produção, está na faixa de R\$1930,00/t e somente com custos inferiores a R\$ 1250,00/t de óleo essa produção torna-se economicamente viável, independentemente da capacidade de produção instalada da usina. Dessa forma, novamente, como a matéria-prima óleo de fritura residual tem um preço muito inferior, pois às vezes pode ser conseguida gratuitamente, ela é um excelente complemento à produção (DINARDI; SALUM; MIRANDA, 2010).

Concluindo, em teoria esse biodiesel oriundo de mistura de óleos é mais barato, tendo em vista que o óleo de fritura é matéria-prima mais barata e não há um acréscimo substancial de preço de operação por ela ser usada. Além disso, essa prática de misturas não acarretaria em mudanças na qualidade do biodiesel produzido, não necessitando de nenhum tratamento posterior que já não seria feito num processo usual e tem por consequência o preço final menor. Toda e qualquer ação industrial visando tornar o biodiesel mais competitivo em relação ao diesel mineral é louvável no sentido de tentar minimizar, mesmo que em longo prazo, a dependência do Brasil desse derivado do petróleo.

CAPÍTULO V - A Logística Reversa

V.1 - Definição e classificações da logística reversa

Existem algumas definições, propostas por diversos autores, sobre o que de fato seria a logística reversa. Leite (2005) define que seja “Área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio de canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, de imagem corporativa, entre outros”. A PNRS define como “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”. Em definição mais simplificada, nada mais é do que a logística aplicada ao fluxo físico de materiais ao final da cadeia, a fim de que seja possível a reciclagem de seus resíduos ao inseri-los novamente no ciclo produtivo, abordando aspectos tanto econômicos como sociais.

É um conceito relativamente atual, no qual os primeiros estudos e referências, bastante superficiais ainda, datam da década de 1970, onde Zikmund e Stanton desenvolveram um estudo baseado na distribuição reversa de materiais. Entretanto, é a partir da década de 1980 que a temática logística reversa começa a ser explorada mais ativamente, tanto no ambiente acadêmico como nos meios empresarial e público. Em todo o mundo são identificados inúmeros estudos e publicações acerca do tema, e as abordagens tratam não apenas de questões ambientais ou ecológicas, mas também de aspectos legais, que atendessem as cada vez mais rigorosas legislações vigentes, econômicos e outros (PEREIRA, 2012).

Entretanto, para poder classificar e determinar toda a logística reversa de maneira mais específica é necessário também fazer menção à classificação dos tipos de resíduo. De acordo com Mano et al. (2005), o lixo pode ser de acordo com alguns critérios, como a sua origem, composição química, presença de umidade e, por último, quanto a sua toxicidade. A Tabela 5 mostra as diversas classificações e respectivos exemplos.

Tabela 5– Classificação do lixo gerado em diversos processos

Quanto à origem		
Classificação	Descrição	Exemplo
Domiciliar	Gerado em residências	Restos de alimentos, jornais, papéis, plásticos, vidros etc.
Comercial	Gerado em estabelecimentos comerciais e de serviços	Embalagens, restos de alimentos, papéis, metais, vidros etc.
Público	Gerado nos serviços públicos, como limpeza urbana	Embalagens, papéis, plásticos etc.
Hospitalar	Gerado por materiais hospitalares	Embalagens, seringas, sangues, medicamentos vencidos etc.
Industrial	Gerado por instalações industriais	Cinzas, lodo, papéis, metais, vidros etc.
Agrícola	Gerado das atividades agrícolas	Restos de ração e colheita, embalagens, vidros, plásticos etc.
Engenharia e construção civil	Gerado pelas atividades de engenharia e construção civil	Entulho, óleos, resinas, pedras, madeiras, ladrilhos, vidros, fios etc.
Quanto à composição química		
Classificação	Descrição	Exemplo
Orgânico	Composição química de substâncias orgânicas	Jornais, revistas, plásticos, borrachas, pneus, restos alimentares, remédios etc.
Inorgânico	Composição química de substâncias inorgânicas	Metais, vidros, cerâmicos, areia etc.
Quanto à presença de umidade		
Classificação	Descrição	Exemplo
Seco	Sem presença de umidade	Xxx
Úmido	Com presença de umidade	Xxx
Quanto à toxicidade		
Classificação	Descrição	Exemplo
Classe I	Materiais perigosos	Inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos.
Classe II	Materiais não perigosos	Classe II-A (não inertes) e Classe II-B (inertes)

Fonte – Mano et al (2005)

Essa classificação é considerada para resíduos sólidos, e como anteriormente foi definido, o óleo de fritura residual é tratado como resíduo sólido. De posse dessa classificação, pode-se dizer que o conjunto recipiente coletor mais o óleo residual é então lixo de origem comercial, orgânico, seco (considerando o recipiente seco como invólucro) e classe II–A.

A PNRS abrange todos os tópicos acima mencionados e mais dois não citados anteriormente, que são os resíduos de serviços de transporte, segregados da parte de resíduos comerciais e públicos, e também os resíduos de mineração, separado da classificação de

resíduos industrial. A PNRS também faz distinção quanto à periculosidade exatamente igual a Mano, entretanto não faz classificação separada quanto à umidade do resíduo.

V.2- Canais de Distribuição

A logística, tanto direta quanto reversa, só é possível graças aos canais de distribuição. No caso da direta eles são chamados de canais de distribuição diretos (CDD) enquanto que, analogamente, no caso da reversa são chamados de canais de distribuição reversos (CDR). O canal direto nada mais é do que a cadeia de suprimentos representada em sua sucessão cronológica de etapas, ou seja, o fluxo físico de materiais e produtos, na qual a matéria-prima, que tem origem no fornecedor, passa por diversas etapas de transporte e armazenagem, incluindo também seus devidos processamentos nas fábricas, até que o produto final seja finalmente disponibilizado ao cliente (PEREIRA, 2012).

Os CDRs, por sua vez, são divididos em duas categorias: canais de distribuição reversos de pós-venda (CDR-PV) e canais de distribuição reversos de pós-consumo (CDR-PC). Os CDR-PV são referentes a processos de retorno de bens ou produtos que tiveram pouca ou nenhuma utilização a sua origem, e são regressados do comprador em virtude de algum tipo de defeito, não conformidades às características de compra ou erros de emissão de pedidos. Os CDR-PC são característicos de modalidade de retorno ao ciclo de produção ou geração de matéria-prima após o término de seu tempo de vida útil e subdivide-se em reuso, desmanche ou reciclagem (Leite, 2005). Um diagrama clássico que ilustra a movimentação dos bens de pós-consumo descartáveis encontra-se na Figura 10. Nele, tanto o início quanto o final do ciclo são representados pelo bloco “Fornecedor de MP”. Em algumas cadeias de processo, o fornecedor de MP pode sofrer “bypass” e os reciclados irem diretamente para a fábrica de bens de consumo descartáveis.



Figura 10 – Diagrama do fluxo de distribuição reverso de bens de pós-consumo descartáveis
 Fonte: Leite (2003)

V.3 - Logística reversa do óleo de fritura para produção de biodiesel

Descartar erroneamente óleo de fritura residual, seja pelo ralo da pia ou no vaso sanitário, fluindo através da rede de esgotos, não é apenas ambientalmente malvisto, mas é também classificado crime ambiental. A Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, dispõe sobre todas as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades que são prejudiciais e danosas ao meio ambiente. Dessa forma, esse óleo precisa receber o destino correto. As grandes redes de restaurantes, lanchonetes, *fast-food*, bares, hotéis e similares, na grande maioria das vezes, não possuem um serviço interno de descarte correto desse óleo, dessa forma, é necessário realizar uma terceirização desse serviço, contratando empresas especializadas em gerenciamento de resíduos para, finalmente, darem ao óleo o destino adequado. Estão definidos então os agentes geradores, os agentes coletores e os agentes recicladores.

Conceitualmente, no caso do óleo de fritura residual, deve-se dizer que se trata da logística reversa de pós-consumo, uma vez que esse óleo já foi utilizado para o processamento e cozimento de alimentos. Os CDR-PVs desse processo são diversos, desde estocagem no “fornecedor”, que seriam os próprios estabelecimentos comerciais ou residências (agentes geradores), seu transporte até a área de beneficiamento e processamentos subsequentes, que seriam algumas das etapas de purificação, nova armazenagem (agentes coletores) e outros transportes até o “consumidor final”, que nesse caso especificamente seriam as usinas produtoras de biodiesel (agentes recicladores) (PEREIRA et al., 2012).

Apesar do processo de produção do biodiesel do óleo de fritura, depois deste ser purificado, ser exatamente o mesmo comparando com qualquer outro óleo, o fato da pouca disponibilidade dessa matéria-prima é um entrave forte para sua produção em grande escala, na grande maioria das vezes por falta de conscientização dos geradores de óleo em querer reciclar ou pelo simples motivo de que descartar erroneamente pode parecer mais fácil (PORTAL IFRN, 2013).

Entretanto, sendo elas públicas ou privadas, a cadeia de processos dessa logística é totalmente semelhante, diferindo-se apenas sobre como os processos são executados. Geralmente, as iniciativas públicas de coleta são feitas de através de projetos de conscientização, tentando atentar à população e às empresas que o descarte inadequado desse resíduo é prejudicial ao meio ambiente. Esses projetos são então suportados pela formação de cooperativas. Essas cooperativas especializadas realizam a coleta dos agentes geradores de óleo locais que sejam localizados próximos aos centros de estocagem e distribuição dessas cooperativas. Além disso, em ocasiões ainda raras, a população que guarda e estoca esse óleo em suas próprias residências se prontifica a levar esse resíduo em pontos de coleta específicos, que podem ser, por exemplo, escolas, supermercados, onde finalmente as cooperativas coletam o óleo desses lugares. Esse cenário da logística exerce funções de cunho ambiental por evitar que esse óleo seja erroneamente descartado, mas, além disso, exerce também um papel socioeconômico através da inclusão de pessoas no mercado de trabalho, tendo em vista que a criação das cooperativas é feita em boa parte das vezes em localidades mais carentes, onde existe falta de trabalho e poucas chances. Essas cooperativas são boas oportunidades de ampliação da renda das famílias nessas localidades, tendo em vista que o óleo é vendido posteriormente para a indústria química, tanto de biodiesel quanto de sabão (IBDN, 2012).

Por outro lado, as iniciativas privadas visam maximar o lucro de suas operações. Através de planejamento, operações definidas, equipamentos mais modernos e

uma frota consolidada de transporte, essas empresas conseguem uma área de atuação superior às cooperativas e conseqüentemente coletam e vendem mais. Todo o relacionamento entre empresa coletora e empresa geradora do óleo é mais burocrático que a relação informal que as cooperativas têm com os estabelecimentos. O processo é feito mediante a documentação contratual, explicitando exatamente o serviço de coleta feito, como quantidades recolhidas, datas dos recolhimentos e emissão de notas fiscais, a fim de que todas as movimentações de responsabilidade sobre esse óleo sejam claramente definidas, para evitar qualquer tipo de problema futuro entre fiscalização ambiental (CCB Recicla, 2012).

O funcionamento dessas empresas é mais complexo que o das pequenas cooperativas, mas em essência, como dito anteriormente, funcionam da mesma forma. A Figura 11 ilustra essa cadeia produtiva de logística reversa de óleo de fritura residual das empresas.



Figura 11 - Diagrama de blocos geral da logística reversa do óleo de fritura residual

Fonte: Elaboração própria

- O óleo é gerado através do processo de fritura de alimentos. Depois de determinado tempo o óleo acaba perdendo parte de suas propriedades de origem e não é mais apropriado para uma fritura de qualidade. É aqui então que é gerado o resíduo;
- No caso de bares, restaurantes e estabelecimentos comerciais, o óleo é estocado em bombonas de volumes variados que na grande maioria das vezes é fornecida pela própria empresa que realiza a coleta. Existe um período de acúmulo que varia de local pra local em função do volume de óleo gerado, que por sua vez é função tanto do processo de fritura, pois pode ocorrer mais ou menos perda desse óleo, tamanho e número de fritadeiras e periodicidade de troca do óleo. Em caso de locais de menor

geração, são usadas também garrafas PET de 2 litros, envolvidas por um recipiente plástico fornecido pela empresa coletora;

- De tempos em tempos, previamente combinados, a empresa coletora vai até o estabelecimento e realiza a coleta, com toda a documentação suporte de serviço previamente citada. A coleta dessas bombonas é feita por veículos de carga como, por exemplo, caminhões de variados tamanhos. A especificação da frota é proporcional à quantidade de óleo coletada, em caso de mais óleo, maior o número de veículos ou maiores são os veículos;
- Esse óleo chegará à empresa ou cru (sem nenhum tratamento) ou peneirado. Em ambos os casos, a empresa realiza pelo menos 2 processos de tratamento, que são a filtração e a secagem. Por ser um processo um pouco mais complexo, esse óleo não costuma ser neutralizado nesses centros de recebimento, dessa forma fica com o teor elevado de ácidos graxos livres e assim mesmo ele é vendido. Além disso, se o óleo for mandado pra indústria de saponificação, a presença de mais AGL favorece essa reação, tornando uma matéria-prima ainda melhor. Para produção de biodiesel, esse teor de AGL precisa ser drasticamente reduzido, mas essa neutralização é geralmente feita na própria usina em uma etapa de pré-tratamento.
- O óleo primariamente tratado é então estocado nesses centros de distribuição e por fim, são vendidos às usinas de biodiesel como matéria-prima.

As pequenas cooperativas, não possuem grandes frotas e nem realizam processos complexos de tratamento, mas são essencialmente idênticas em fluxograma. Coletam dos diversos locais, com menos organização, realizam uma filtração primária para redução de sólidos grosseiros em suspensão e encaminham para venda nas empresas interessadas.

CAPÍTULO VI - Estudo de caso: Rio de Janeiro

VI.1 - Problemas ambientais do Rio de Janeiro

Como dito na introdução, a cidade do Rio de Janeiro é a segunda cidade mais populosa do Brasil, atrás apenas de São Paulo. É conhecida por todas as suas belezas naturais e pontos turísticos, além de sua história, cultura, música e é polo turístico de fama internacional. Além de todos esses fatos, a cidade sediará os Jogos Olímpicos de 2016 e também o final da Copa do Mundo de Futebol de 2014. Com tanta visibilidade, é de se esperar que a cidade se prepare cada vez para mostrar ao mundo que ela está investindo gradativamente em diversos setores, como infraestrutura pública, segurança, educação, turismo, cuidados com o meio ambiente e sustentabilidade.

A poluição no Rio de Janeiro é ainda hoje um problema grave e recentemente foi visto que a quantidade de resíduos, tanto óleo quanto lixo comum, descartados incorretamente causam graves problemas para uma cidade que vai sediar eventos de porte internacional. Em abril de 2013, velejadores que treinavam no mar para as Olimpíadas se depararam com uma quantidade gigante de lixo jogados na Baía de Guanabara, como pedaços de madeira, sacos plásticos, pneus e até mesmo sofás e televisões (G1, 2013). Dias antes, em março de 2013, ocorreu a morte de 72 toneladas de peixe na Lagoa Rodrigo de Freitas. Foi comprovado que esse problema originou-se da falta de oxigenação da água, originada pela enorme quantidade de esgoto doméstico, que possui grande quantidade de óleos e materiais menos densos que a água. Além desses eventos específicos, apenas 33% de todo o esgoto do Rio de Janeiro é tratado e vários dos 19 rios que deságuam na Baía de Guanabara correm com esgoto a céu aberto (ABRAMPA, 2013).

É possível identificar que a situação de pleno cuidado com meio ambiente para o Rio de Janeiro é ainda muito longo e trabalhoso. Entretanto, já existem algumas iniciativas que estão tentando reverter esse cenário atual. O Plano Guanabara Limpa, parte dos doze programas de iniciativas do Governo do Rio de Janeiro para a recuperação ambiental de Baía de Guanabara, tem como carro chefe o PSMA (Programa de Saneamento dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara), onde pretende-se avançar o total saneamento e recuperação da água da Baía de Guanabara até a realização das Olimpíadas, em 2016. Estima-se a

aplicação de 1,3 bilhão em obras de esgotamento sanitário e em projetos de saneamento até a data vigente do programa nos municípios ao entorno da Baía de Guanabara, comprovando o quanto ainda há de investimento necessário quando se trata de saneamento (SEA, 2012).

VI.2 - Iniciativas existentes sobre coleta de óleo

Recentemente foi lançado no cenário nacional um dos planos de promoção do Brasil para a Copa do Mundo FIFA 2014, chamado de Bioplanet. Esse programa é uma iniciativa de sustentabilidade que visa proporcionar a inclusão produtiva de milhares de catadores de materiais recicláveis em todas as cidades-sede, que inclui a cidade do Rio de Janeiro, assim como o envolvimento de milhões de estudantes na educação ambiental e também a promoção do biodiesel na matriz energética brasileira como fonte de energia renovável e limpa. O selo de sustentabilidade foi lançado na cidade do Rio de Janeiro em fevereiro de 2013 e o projeto tem o objetivo de produzir 25 milhões de litros de biodiesel a partir de óleo de cozinha usado até a Copa de 2014. Para esse objetivo ser alcançado, o projeto também contará com a inclusão, em todo o Brasil, de mais de 10 mil catadores. Ou seja, é uma iniciativa que visa atingir, simultaneamente, objetivos de educação socioambiental, clarificando que o descarte incorreto de óleo é um problema grave que precisa ser corrigido, além de incluir no mercado de trabalho milhares de pessoas. Uma das intenções é que esse biodiesel produzido seja usado nos veículos que transportarão as delegações durante o Mundial 2014 (PORTAL DA COPA, 2013).

Ainda no dia do lançamento do selo de sustentabilidade, foi inaugurada a Usina de Biodiesel Bioplanet, construída no Polo Industrial de Sustentabilidade do Rio de Janeiro, localizado em Honório Gurgel, na zona norte da cidade. Essa usina receberá o óleo coletado através dessa iniciativa e produzirá biodiesel que atenderá parte do objetivo de 25 milhões de litros estipulados pelo plano.

Especificamente na cidade do Rio de Janeiro, foi lançado em 2008 o PROVE (Programa de Reaproveitamento de Óleos Vegetais do Estado do Rio de Janeiro), que tem como objetivo justamente evitar o despejo de óleo de cozinha usado no meio ambiente, ao estimular a coleta e reinserção desse óleo na cadeia produtiva principalmente para a produção de biodiesel, principal apelo do programa. O programa incentivou a criação de diversas cooperativas que realizam a coleta seletiva de resíduos sólidos para aumento de renda desses

trabalhadores. O projeto foi obtendo cada vez mais adesão e hoje ultrapassou os limites da Região Metropolitana, chegando até à Região Central do estado e também ao Sul Fluminense. A partir de 2011, o PROVE atingiu todas as regiões hidrográficas do Rio de Janeiro, fazendo com que assim obtivesse presença na maioria dos municípios do estado (SEA, 2012).

Em entrevista feita por telefone com o senhor Eduardo Caetano, coordenador do projeto, são recolhidos mensalmente em média 400.000 litros de óleo de fritura residual pelas 45 cooperativas filiadas ao projeto, sendo que cerca de 85% delas está localizada na Região Metropolitana, que é o foco principal do programa. Participam também da iniciativa a Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares, a Federação das Cooperativas de Catadores de Materiais Recicláveis (Febracom), o Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) e a Rede Independente de Catadores de Materiais Recicláveis do Estado Rio de Janeiro (Ricamare). Os dados mais atuais do projeto são promissores. No ano de 2012, dados fornecidos pelo próprio Eduardo Caetano, as cooperativas filiadas ao PROVE recolheram no total 4.533.634 litros de óleo, como mostrado na Figura 12. Isso significa que, através dessa iniciativa, apenas no ano de 2012 foi possível evitar a contaminação de mais de 90 bilhões de litros de água, caso toda ela fosse lançada em recursos hídricos sem nenhum tratamento (PROVE, 2012).

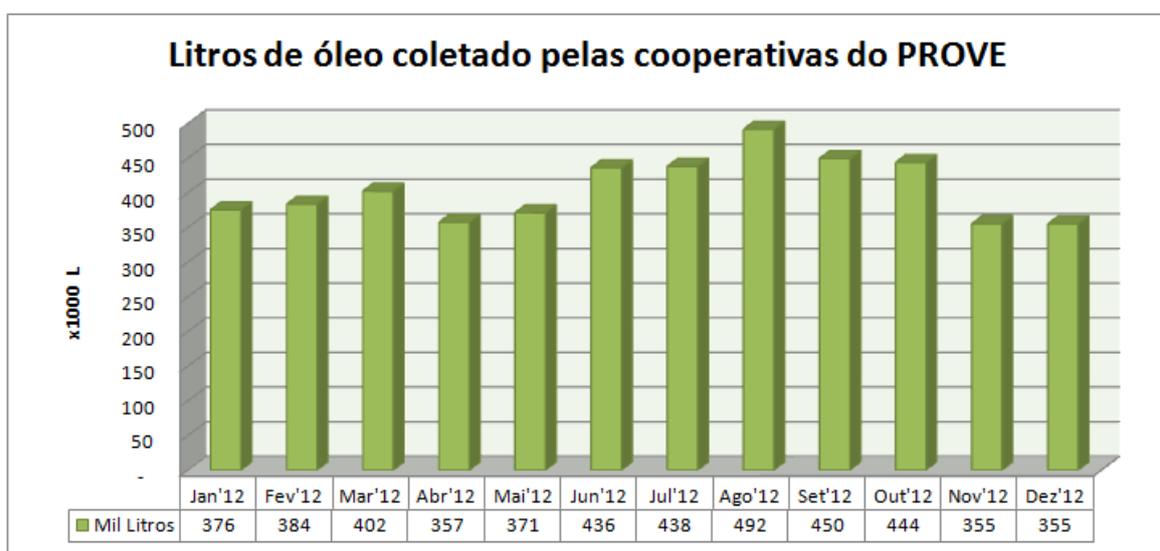


Figura 12 – Quantidade de óleo coletado pelas cooperativas do PROVE.

Fonte: “Relatório do PROVE 2012”

Todavia, apesar do principal apelo ser a produção de biodiesel, o que se vê hoje em dia não é bem isso. Ainda segundo Eduardo Caetano, cerca de 90% desse óleo coletado é

mandado diretamente para as indústrias produtoras de sabão e apenas o restante é enviado às usinas produtoras de biodiesel. Esse foi um resultado um tanto quanto inesperado à primeira instância, entretanto foi verificado posteriormente que esse óleo é vendido por um preço um pouco maior a essas indústrias do que às usinas produtoras. Dessa forma, houve claramente uma preferência àquele que pagasse mais por esse material, o que agrega uma questão de negócio interessante. É preferível vender mais caro esse material coletado às indústrias de sabão e contrariar o objetivo principal do PROVE do que faturar menos dinheiro (ENTREVISTA com Eduardo Caetano, feita por telefone).

Eduardo Caetano disse ainda que, no Rio, participam do PROVE tanto as cooperativas quanto as maiores empresas do ramo. Duas delas estão localizadas na cidade de Duque de Caxias e tem atuação marcante, com parcerias entre diversos bares, restaurantes e redes de *fast-food* espalhadas por toda a cidade do Rio de Janeiro, assim como em cidades vizinhas, como a própria Duque de Caxias, Nilópolis, Mesquita, Niterói e São Gonçalo (ENTREVISTA com Eduardo Caetano, feita por telefone).

Para os bares e restaurantes que participam do programa, cedendo o seu óleo de fritura usado às empresas e cooperativas participantes, é entregue um certificado de responsabilidade ambiental do PROVE, comprovando que aquele estabelecimento colabora com o programa. De acordo com pesquisa feita pelo Ibope (ESTADÃO, 2012), mais da metade dos entrevistados (52%) disse que estariam dispostos a pagar mais por um produto ou serviço ambientalmente correto. É razoável então pensar que numa disputa entre serviços e produtos semelhantes, que tenham até o mesmo preço ou que um seja ligeiramente mais caro que o outro, os consumidores estarão propensos a escolherem o produto que atende às normas ambientais. Isso significa que, aderindo ao PROVE e integrando o selo ao marketing da empresa, pode-se até mesmo ganhar preferências de consumidores contra estabelecimentos concorrentes que não o possuam. Ou seja, o consumidor se sente mais à vontade em consumir um produto que ele sabe que o processo de produção dele está mais comprometido com causas ambientais. Isso significa que existe uma oportunidade de exploração, a nível de marketing, o chamado “Marketing Ambiental”, dessa vontade dos consumidores em querer minimizar os impactos ambientais gerados pela execução desses produtos ou serviços, que se bem explorado pode ser tornar uma ferramenta de alavancamento de vendas. A Figura 13 mostra uma fotografia do certificado fornecido pelo governo a esses estabelecimentos que colaboram com o PROVE.



Figura 13 – Fotografia do certificado de participação do PROVE.

VI.3 - Perfil de coleta de óleo

Em virtude de ser crime ambiental descartar incorretamente óleo de fritura, na Região Metropolitana boa parte dos estabelecimentos comerciais cumprem seu papel quanto à destinação apropriada desse óleo usado. A fiscalização é muito mais presente, e cobra dados e documentos específicos que atestem que esse óleo foi mandado de fato para o seu destino correto. Com isso, a estrutura da logística reversa do óleo está mais consolidada do que em qualquer outra região da cidade e ela funciona exatamente como descrito anteriormente.

Foi realizada uma pesquisa com diversos estabelecimentos comerciais da Zona Sul carioca, para tentar fazer uma estimativa sobre o que existe hoje na cidade sobre esse sistema de coleta e quais são os seus parâmetros e valores aproximados. De acordo com os gerentes dos estabelecimentos, existem datas específicas sobre essa coleta, percursos programados, gestão de transporte eficiente e o sistema como um todo funciona de maneira bastante organizada. Dessa forma, é coerente pensar que o que já existe hoje satisfatório para atender às necessidades dessas empresas.

Nem todos os gerentes quiseram informar ou sabiam qual a empresa responsável pela coleta de seu estabelecimento, mas sobre aqueles que informaram, as empresas mais citadas foram MBR e a Disque Óleo. A escolha do óleo de cozimento variava entre óleo de soja e óleo de palma, pendendo mais para o óleo de palma, pelo de que, segundo os gerentes, o óleo de palma modifica menos o sabor do alimento durante o processo de

fritura. Alguns ainda ganham alguma compensação por estarem reservando e cedendo esses óleos a essas empresas, como por exemplo venda direta por valores que variam entre R\$ 0,50 e R\$ 1,00 por litro, dependendo da qualidade, ou ainda por produtos de limpeza como detergentes etc.. Em alguns casos ainda o estabelecimento ganhava uma certa quantidade de sabonetes que eram distribuídos aos funcionários como presente ou prêmio por desempenho.

Os dados da pesquisa feita, ilustrados resumidamente na tabela abaixo, apontam para o descarte aproximado de 257 litros de óleo de fritura residual por mês. O resultado achado possui relativo grau de incerteza, tendo em vista que existem variações de localidade para localidade, até mesmo dentro de uma mesma rede de *fast-food*, por exemplo, e também não incluem parâmetros de sazonalidade tendo em vista que foi feita apenas durante o mês de Julho de 2013. O questionário e os estabelecimentos que colaboraram encontram-se no Anexo 1.

Tabela 6 – Resultados resumidos da pesquisa com os bares e restaurantes

Estabelecimento	Média de clientes por dia	Média pra dia movimentado	Tipo de óleo	Compra mensal (L)	Tempo de vida útil (dia)	Óleo é descartado por mês (L)
A	400	480	Palma	360	3	260
B	350	420	Palma	280	5	200
C	300	360	Soja	350	5	280
D	400	480	Palma e Soja	350	4	260
E	450	500	Palma	500	3	400
F	300	500	Soja	540	4	120
G	350	420	Palma e Soja	290	4	230
H	550	700	Soja	270	5	160
I	700	840	Palma	450	3	300
J	150	200	Palma	200	2	160
K	500	600	Palma	250	3	150
L	650	800	Soja	450	2	360
M	300	500	Palma e Soja	400	2	240
N	600	720	Soja	400	4	300
O	600	900	Palma e Soja	450	3	340
P	400	480	Soja	500	3	350
Q	450	540	Palma	300	3	240
R	450	600	Palma	360	7	300
S	1300	1400	Soja e Algodão	250	7	200
T	200	300	Soja	480	1	200
U	NI	NI	Palma	420	2	340
V	600	2000	Soja	280	1	200
W	NI	NI	Palma	440	3	320
X	500	600	Palma	320	3	250
Y	500	600	Soja	340	3	260
Total	478	650	-	369	3	257
NI - Não informado						

Fonte: Pesquisa de campo

Segundo o SindRio (Sindicato de Hotéis, Bares e Restaurantes), entidade que representa essa categoria de unidades comerciais, apenas no município do Rio de Janeiro existem cerca de 15.000 estabelecimentos. Ao multiplicarmos esse número pelo descarte aproximado da pesquisa anterior, pode-se concluir que essa categoria descarta algo em torno de 3.855.000 L de óleo por mês. Se dividirmos esse valor pela população do município do Rio, tem-se um descarte per capita mensal desses estabelecimentos em torno de 0,6 L de óleo.

No entanto, quando se fala sobre residências e domicílios, a situação é totalmente diferente. Pelo fato de não existir ainda fiscalização sobre o descarte doméstico desse óleo, a maioria do óleo gerado ainda é despejado na rede de esgotos ou diretamente sobre os recursos hídricos, sem nenhum tipo de tratamento. Concomitantemente, é notória a falta de um sistema de coleta domiciliar de porte e com planejamento para atender a toda a cidade do Rio de Janeiro.

Para entrarmos em maiores detalhes sobre coleta e conscientização ambiental, já que não existem leis de descarte para residências, fizemos uma pesquisa através da Internet com 100 residentes da região metropolitana. Da região de moradia dos 100 participantes, o perfil de distribuição é o seguinte:

- 45% é da zona Norte
- 26% é da zona Oeste
- 24% é da zona Sul
- 4% é da região central.

De acordo com os resultados encontrados pela pesquisa, que estão ilustrados nas Figuras 14 e 15, pode-se fazer um cálculo médio do consumo per capita de óleo. Usando uma média ponderada, é possível estimar que em cada habitante da cidade do Rio de Janeiro consome, aproximadamente, 0,56 L de óleo por mês.

Uma estatística que pode corroborar a veracidade aproximada do resultado de ambas as pesquisas é informada pela POF de 2008/2009 (Pesquisa de Orçamentos Familiares), feita pelo IBGE. A POF mostra que, para o Estado do Rio de Janeiro, o consumo médio domiciliar per capita de óleo, excluindo-se as gorduras animais, fica em torno de 0,5 L por mês. Dessa forma, é razoável assumir que o consumo médio mensal do município fique realmente em torno de meio litro de óleo per capita. Portanto, se multiplicarmos esse consumo médio per capita pela população do município do Rio, tem-se que os habitantes consomem domiciliarmente um valor em torno de 3.195.145 L de óleo.

Como mostra a Figura 16, do total de pessoas que participaram da pesquisa, 39% descarta o óleo na pia sem qualquer tratamento, 23% descarta no lixo e apenas 38%

descarta o óleo em um recipiente apropriado para coleta, que geralmente é feita em pontos específicos da cidade. Ao mesmo tempo em que existe esse cenário negativo, no qual mais de 60% descarta incorretamente o óleo, 93% do total de participantes considera a coleta domiciliar de óleo algo de seu interesse (Figura 17) e 90% têm motivação apenas por questão ambiental (Figura 18). Existem algumas hipóteses que poderiam explicar a diferença entre esses 2 cenários, como por exemplo, a falta de conhecimento de postos de coleta nas proximidades das residências ou ainda a falta de modos mais práticos de descarte correto para o usuário do óleo, como a coleta domiciliar feita pelos próprios condomínios ou por empresas e cooperativas do ramo.

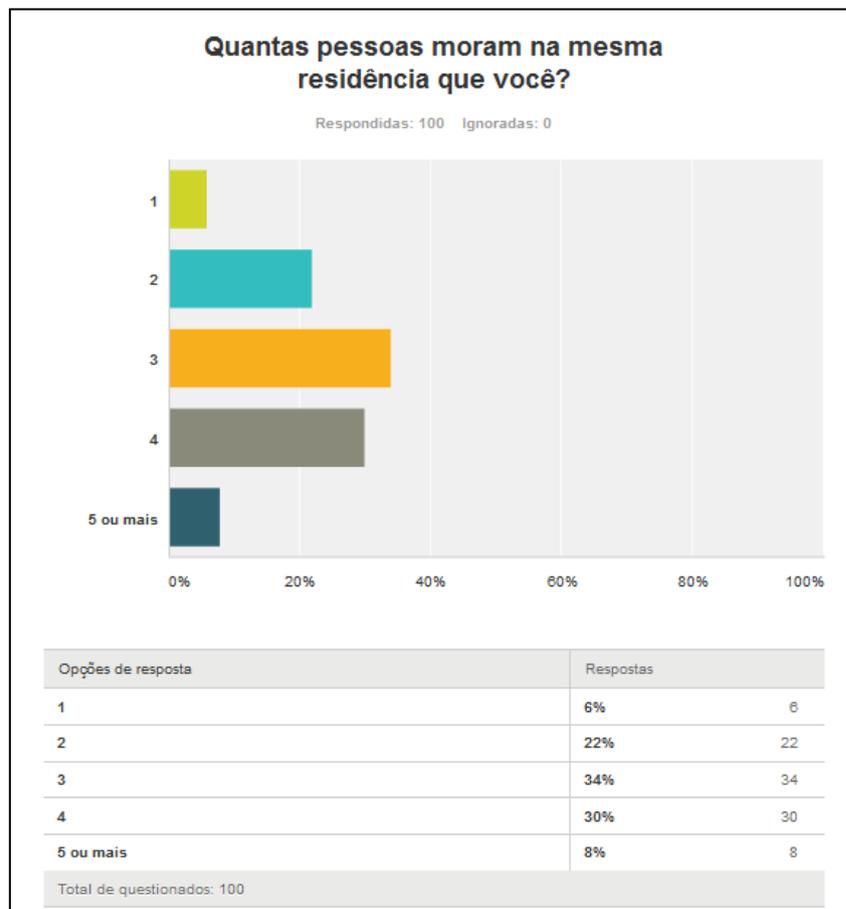


Figura 14 – Dados de pesquisa, primeira pergunta.

Fonte: SurveyMonkey

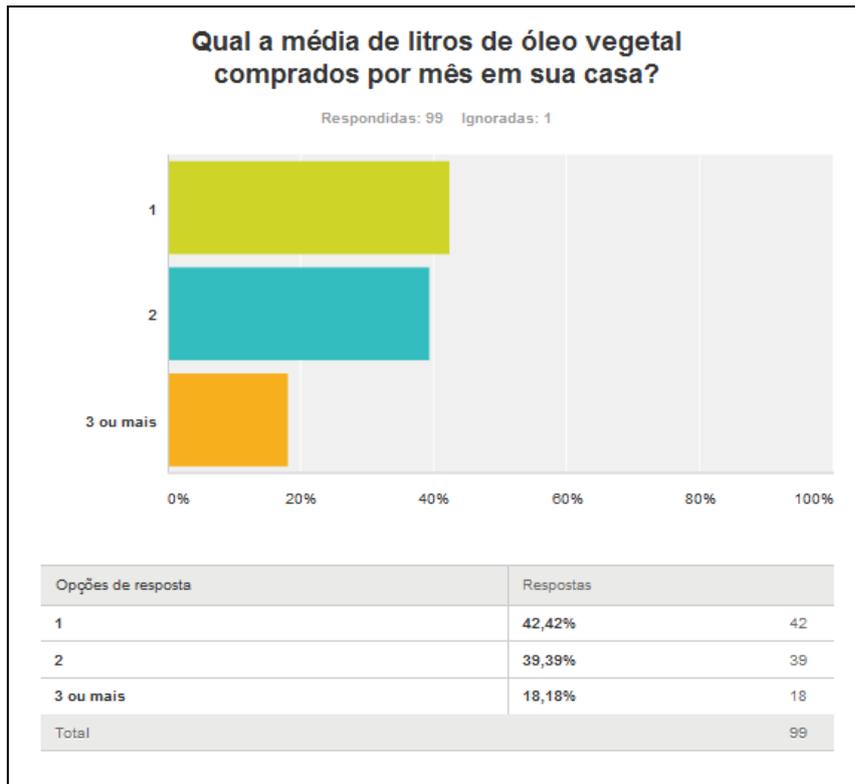


Figura 15 – Dados de pesquisa, segunda pergunta

Fonte: SurveyMonkey

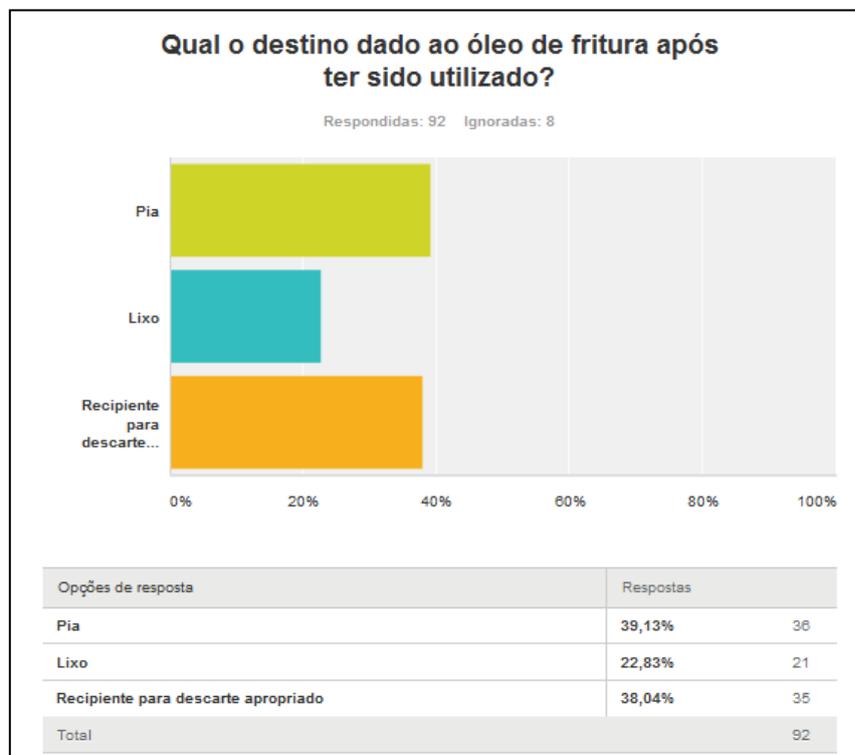


Figura 16 – Dados de pesquisa, terceira pergunta.

Fonte: SurveyMonkey.

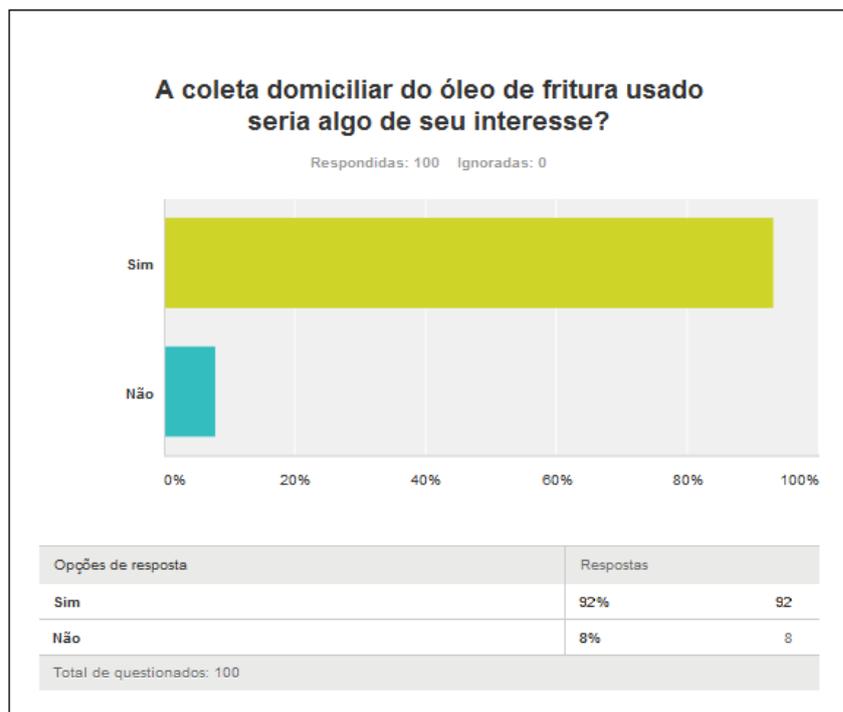


Figura 17 – Dados de pesquisa, quarta pergunta.

Fonte: SurveyMonkey

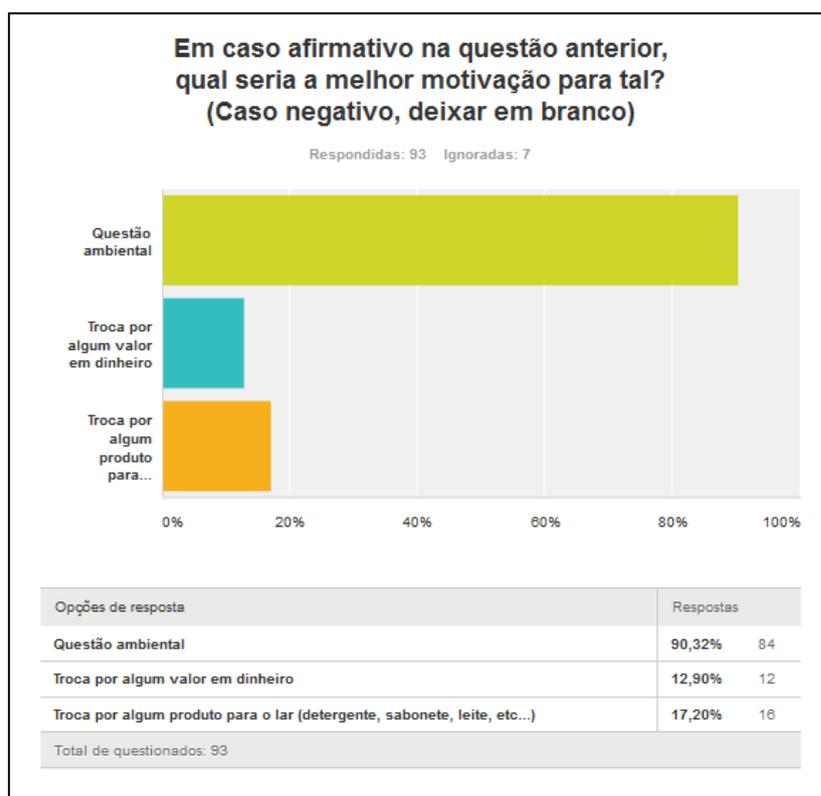


Figura 18 – Dados de pesquisa, quinta pergunta.

Fonte: SurveyMonkey.

De acordo com a pesquisa feita, também é plausível assumir que grande parte desse óleo é descartada de maneira incorreta. Dessa forma existe um potencial contaminante elevado que está diretamente ligado com o crescimento da população e do poder de consumo dos seus habitantes. Somando-se os consumos médios mensais pelos estabelecimentos e domicílios, encontra-se uma quantidade em torno de 7.000.000 L de óleo por mês, sendo que dessa quantidade, como citado anteriormente, a PROVE coleta aproximadamente 400.000 litros por mês. Ou seja, a maior iniciativa de reciclagem do Estado do Rio de Janeiro, coleta no seu principal município, um percentual aproximado de apenas 6% de todo o óleo de fritura residual gerado. A Tabela 7 mostra, resumidamente, os resultados obtidos através das pesquisas feitas.

Tabela 7 – Resumo dos resultados obtidos

Cidade do Rio de Janeiro	
Número de habitantes	6,390,290
Consumo mensal dos estabelecimentos comerciais (litro)	3,855,000
Consumo mensal per capita de óleo (litro)	0.50
Consumo domiciliar mensal da cidade (litro)	3,195,145
Consumo total (litro)	7,050,145
Quantidade mensal recolhida pela PROVE (litro)	400,000
% recolhido pela PROVE	6%

Fonte: Dados de pesquisa de campo.

Entretanto, o estudo não levou em consideração a quantidade de óleo recolhida por iniciativa própria para reciclagem particular, como por exemplo, a coleta feita por seus próprios moradores dentro de uma pequena região para reaproveitamento do óleo de fritura residual das residências para produção caseira de sabão. Essa atividade está mais propensa a acontecer nas áreas residenciais economicamente menos favorecidas como, por exemplo, favelas e comunidades, como oportunidades de ganhos financeiros extras ou economias na compra de material de limpeza.

CAPÍTULO VII - Conclusões

Todos os processos discutidos nesse trabalho podem ser sumarizados em um único diagrama de blocos. A Figura 19 consolida todas as etapas desde o início, após a colheita dos grãos, até o consumo do biodiesel pronto pelos clientes finais.

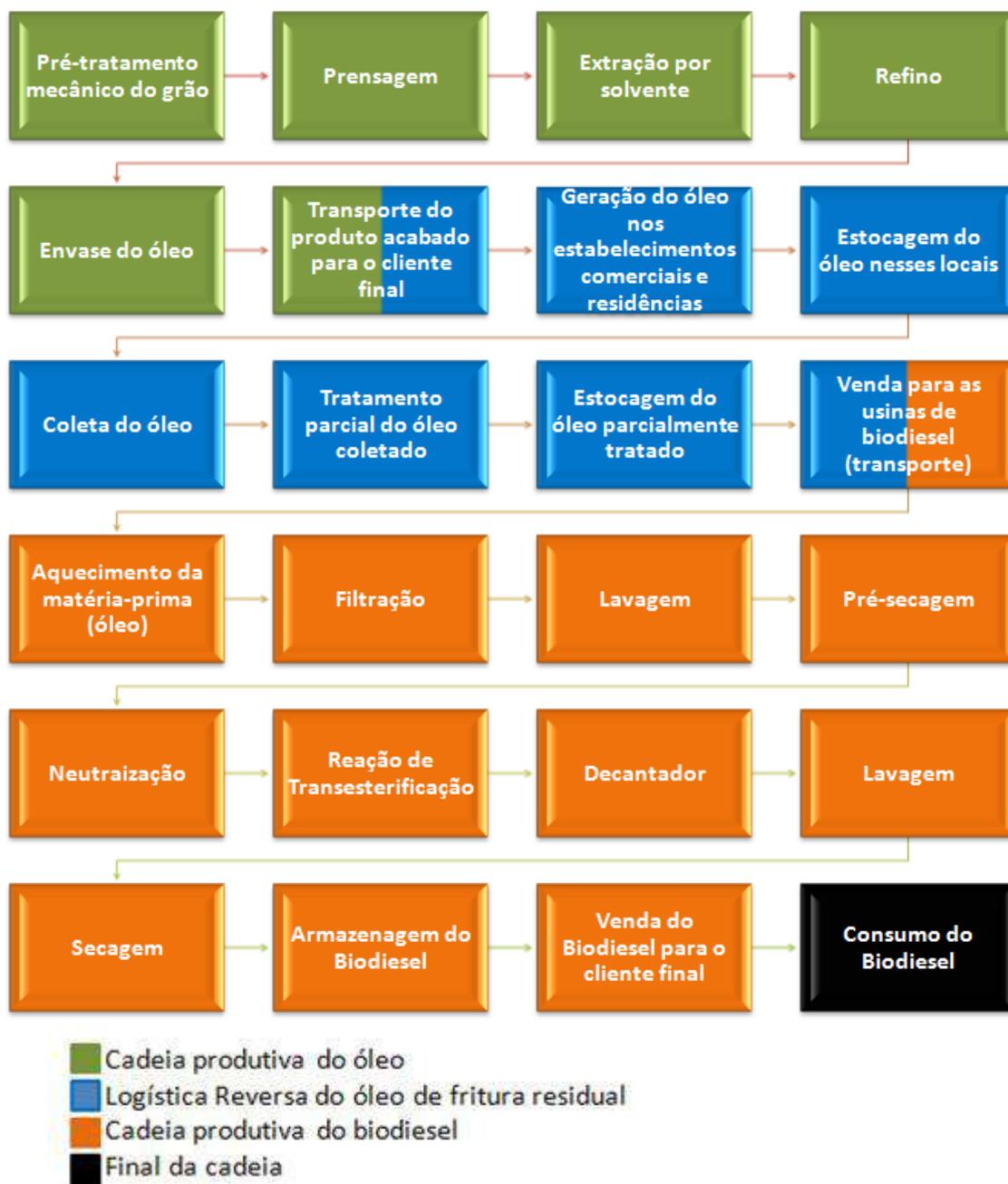


Figura 19 – Diagrama de blocos de consolidação dos processos de extração do óleo, logística reversa do óleo de fritura residual e produção do biodiesel.

Fonte: Elaboração própria

Com as análises dos estudos feitos ao longo desse trabalho, tomando como base todos os dados obtidos, foi possível chegar as seguintes conclusões:

- ✓ Com o crescimento populacional da cidade do Rio de Janeiro, o consumo crescente de óleo no Brasil e o aumento constante da produção de Biodiesel, é necessário que o sistema de logística reversa do óleo residual seja expandido.
- ✓ A logística reversa mostrou-se um instrumento de grande utilidade na reinserção de diversos tipos de materiais na cadeia produtiva. Os meios são os mais diversos, dependendo da natureza de cada material e de cada processo envolvido. Sobre o óleo de fritura residual, essa logística é simples e seus processos estão consolidados no mercado, apesar de estarem presentes em pequena proporção.
- ✓ Especificamente na região metropolitana do Rio de Janeiro, o processo da logística reversa é bem estabelecido na área comercial, onde boa parte dos bares e restaurantes pesquisados participa do programa de coleta do óleo de fritura residual, usando alguma empresa ou cooperativa como colaboradora.
- ✓ Porém, não é tão bem estabelecida quando se fala de coleta domiciliar, havendo assim uma área de oportunidade de crescimento do percentual de coleta do óleo gerado, já que aproximadamente 45% de todo o óleo gerado na cidade é proveniente do consumo doméstico e grande parte disso não é coletado.
- ✓ Os dados das pesquisas mostraram que na cidade do Rio de Janeiro há um consumo per capita de óleo de aproximadamente 0,5 L de óleo.
- ✓ Há por parte dos moradores entrevistados um maior interesse em reciclar o óleo do que descartá-lo incorretamente em ralos ou lixeiras. Na pesquisa feita, o maior empecilho para o descarte correto foi a falta de praticidade ou ausência do sistema de logística reversa de óleo domiciliar, onde nem sempre são encontrados postos próximos a todas as residências, não há uma gerência por parte dos condomínios em querer reservar esse óleo para o descarte correto e nem há grande interesse das empresas em expandir seus negócios ampliando o portfólio de atuação, já que a maior parte coletada pelas empresas é oriunda dos estabelecimentos comerciais.

- ✓ A maior iniciativa da cidade, a PROVE, coleta aproximadamente 6% da quantidade gerada. É um número pouco representativo para assumir que o projeto está bem estabelecido em toda a cidade. Em locais de menor fiscalização e atuação das empresas e cooperativas coletoras, o percentual de óleo descartado incorretamente tende a ser muito maior. Entretanto, o estudo não leva em consideração reciclagens particulares do óleo como, por exemplo, reaproveitamento próprio ou revenda particular para produção de sabões caseiros ou detergentes em pequenas fábricas caseiras.

Referências bibliográficas:

1. ABRAMPA - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em <http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clippings/pt-br/ler/2224/eventos-esportivos-sao-desafiados-pela-poluicao-no-rio-de-janeiro>. Acessado em 09 de junho de 2013.
2. ALVES, Graziene Cristina da Silva. Trabalho de conclusão de curso da Faculdade de Tecnologia de Araçatuba. *Utilização de óleos de fritura para a produção de biodiesel*. 2010
3. BARBOSA, Paulo Maia. **A produção de biodiesel na Argentina e no Brasil e cenários para a próxima década: um estudo comparativo**. Disponível em <http://www.slideshare.net/DanianaSantos/t39-tcc-a-produo-de-biodiesel-na-argentina-e-no-brasil-e-cenrios-para-a-prxima-dcada-um-estudo-comparativopaulo-maia-barbosa>. Acessado em 28 de abril de 2013.
4. BIODIESELBR. Disponível em <http://www.biodieselbr.com/noticias/inter/eua/eua-2012-recorde-producao-biodiesel-280113.htm>. Acessado em 28 de abril de 2013.
5. CCB Recicla – Projeto de educação ambiental e gerenciamento de resíduos sólidos – UFSC. Disponível em <http://www.recicla.ccb.ufsc.br/oleo-de-cozinha/>. Acessado em 22 de janeiro de 2014.
6. CHRISTOFF, Paulo. Tese de mestrado do IEP – Instituto de Engenharia do Paraná. *Produção de biodiesel a partir de óleo de fritura comercial. Estudo de caso: Guaratuba, litoral paranaense*. 2006
7. CONAMA. 430/2011- art. 16. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acessado em 09 de junho de 2013.

8. DINARDI, Marcelo; SALUM, Adriano; MIRANDA, Tânia. *Produção de biodiesel: uma análise econômica*. In: Congresso Brasileiro de mamona e I simpósio internacional de oleaginosas, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010, p. 178-181. Disponível em ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18317/1/BID-31.pdf. Acessado em 9 de junho de 2013.
9. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em <http://noticias.cnpae.embrapa.br/pasta-NoticiasUd/noticiasud.2010-06-01.5948397434>. Acessado em 28 de abril de 2013.
10. ESTADÃO. Disponível em <http://www.estadao.com.br/noticias/impreso.meio-ambiente-e-preocupacao-para-94-dos-brasileiros-entrevistados-pelo-ibope-.868445.0.htm>. Acessado em 20 de julho de 2013.
11. FREEDMAN, B., E.H. Pryde, e T.L. Mounts. Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61, 1638-1643 (1984).
12. GONÇALVES, Frederick Sperandio, MOTHÉ Michelle Gonçalves, MOTHÉ Cheila Gonçalves. *Biodiesel no Brasil e no Mundo*. Revista TN Petróleo nº 79, pág. 152-159 (2011). Disponível em http://issuu.com/webmaster-tn/docs/tnpetroleo_79. Acessado em 19 de maio.
13. IBDN – Instituto Nacional de Defesa da Natureza. Disponível em <http://www.ibdn.org.br/novo/index.php/ultimasnoticias/1784-qentregar-oleo-a-catadores-proporciona-inclusao-socialq-afirma-integrante-do-mit.html>. Acessado em 20 de julho de 2013.
14. KNOTHE, G. et al. *Manual do Biodiesel*. Curitiba: Edgard Blücher, 2006.

15. LEI Nº 9.605, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998. Presidência da República. Disponível <http://www.mma.gov.br/port/gab/asin/lei.html>. Acessado em 15 de janeiro de 2014.
16. LEI No 11.097, DE 13 DE JANEIRO DE 2005. Presidência da República. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm. Acessado em 20 de julho de 2013.
17. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Presidência da República. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acessado em 20 de julho de 2013.
18. LEITE, P. R. *Logística reversa: meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
19. LEHNINGER, A. L.; DAVID, N. L.; COX, M.M. *Princípios de Bioquímica*. 3.ed.
20. MANO, Eloisa Bisassoto; PACHECO, Élen Beatriz A. V.; BONELLI, Cláudia Maria Chagas. *Meio ambiente, poluição e reciclagem*. São Paulo: Blücher, 2005.
21. MORAES, Fernanda; COLLA, Luciane. *Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde*. 2006. Disponível em <http://www.revistas.ufg.br/index.php/REF/article/viewFile/2082/2024> Acessado em 09 de junho de 2013.
22. MORETTO, Eliane; FETT, Roseane. *Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos*. São Paulo: Livraria Varela, 1998.
23. PETROBRÁS. Disponível em <http://www.petrobras.com.br/pt/noticias/investiremos-us-2-5-bi-em-biocombustiveis-ate-2015/>. Acessado em julho de 2013.
24. PARENTE, Expedido. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. Fortaleza: Tecbio, 2003.

25. PEREIRA, André Luiz; BOECHAT, Cláudio Bruzzi; TADEU, Hugo Ferreira Braga Tadeu; SILVA, Jersone Tasso Moreira; CAMPOS, Paulo Március Silva. *Logística Reversa e Sustentabilidade*. Cengage Learning Edições, 2012.
26. PEREIRA, D.A. ; HARTMAN, L. ; LAGO, R.C.A. ; SZPIZ, R.R. ; ANTONIASSI, R. “Apostila do curso de análise de óleos e gorduras” EMBRAPA – RJ CTAA, 1996.
27. PORTAL DA COPA. Disponível em <http://www.copa2014.gov.br/pt-br/noticia/selo-de-sustentabilidade-bioplanet-sera-lancado-no-rio-de-janeiro>. Acessado em 09 de junho de 2013.
28. Portal IFRN – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Disponível em <http://portal.ifrn.edu.br/campus/macau/noticias/reciclagem-de-oleo-resulta-em-renda-extra-para-familias-em-joao-camara>. Acessado em 20 de julho de 2013.
29. RESOLUÇÃO ANP Nº 14, DE 11.5.2012 - DOU 18.5.2012. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2012/maio/ranp%2014%20-%202012.xml. Acessado em 8 de junho de 2013.
30. RAMALHO, H et. Al. A Química dos Óleos e Gorduras e seus Processos de Extração e Refino. Revista Virtual de Química. Disponível em: <http://www.uff.br/RVQ/index.php/rvq/article/viewFile/360/279>
31. SABESP. *Efeitos de óleos e graxas para a tratabilidade de esgotos e poluição difusa*. Disponível em http://site.sabesp.com.br/uploads/file/audiencias_sustentabilidade/Efeitos%20de%20C3%93leos%20e%20Graxas%20na%20Tratabilidade%20de%20Esgotos%20e%20Polui%C3%A7%C3%A3o%20Difusa.pdf. Acessado em 09 de junho de 2013.
32. SEA – Secretaria do Estado do Ambiente, 2012. Disponível em http://www.cetem.gov.br/sustentavel/sustentabilidade/pdf/Descarte_de_oleo/Secretaria_de_Estado_do_Ambiente_SEA_RECICLAGEM_DE_OLEOS_VEGETAIS.pdf. Acesso em 9 de julho de 2013.

33. UOL. Disponível em <http://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2013/01/18/chuva-forte-deixa-ruas-alagadas-e-provoca-caos-no-transito-do-rio.htm>. Acessado em 20 de julho de 2013.
34. USDA - United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. Dados das tabelas disponíveis em <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=533&hidReportRetrievalTemplateID=5> e <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=705&hidReportRetrievalTemplateID=8>. Acessados em 09 de junho de 2013.
35. VIANNI, Romeu; BRAZ-FILHO, Raimundo. *Ácidos graxos naturais: importância e ocorrência em alimentos*. 1995. Disponível em http://www.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1996/vol19n4/v19_n4_10.pdf. Acessado em 09 de junho de 2013.
36. YIN, R.K. *Case Study Research: Design and Methods*. 3rd Edition. SAGE Publications. 2003.

Sites:

1. **Biodiesel.** Ageitec (Agência Embrapa de Informação Tecnológica). Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000f837cz5s0z8kfsx007poikmekcqa.html>. Acessado em 22 de janeiro de 2014.
2. **Biodiesel plants in Australia.** Biofuels Associations of Australia. Disponível em <http://www.biofuelsassociation.com.au/images/stories/pdf/biodieselmap.pdf>. Acessado em 28 de abril de 2013.
3. **Boletins Mensais do Biodiesel da ANP.** ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponíveis em <http://www.anp.gov.br/?pg=21986&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1272762530987>. Acessados em 28 de abril de 2013.
4. **Censo 2010.** IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acessado em 19 de maio de 2013
5. **Consulta Pública nº85, de 13 de dezembro de 2004.** D.O.U. de 17 de dezembro de 2004. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em <http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B8994-1-0%5D.pdf>. Acessado em 9 de junho de 2013.
6. **Estimativas para população para 1º de julho de 2012.** IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2012/estimativa_tcu.shtm. Acessado em 19 de maio de 2013.
7. **O Brasil no cenário da Governança Ambiental Internacional.** Portal São Raimundo Nonato – PI. Disponível em http://www.portalsrn.com.br/noticias/meio_ambiente.php?id=413. Acessado em 20 de julho de 2013.

8. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009.** IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009/POfpublicacao.pdf. Acessado em 8 de junho de 2013.
9. **Plano reúne 12 ações do Governo do Estado para o saneamento de 80% da Baía de Guanabara até 2016.** SEA - Secretaria do Estado do Ambiente. Disponível em <http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=1055505>. Acessado em 9 de junho de 2013.
10. **Poluição da Baía de Guanabara prejudica treinamento de velejadores.** G1. Disponível em <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2013/04/poluicao-da-baia-de-guanabara-prejudica-treinamento-de-velejadores.html>. Acessado em 09 de junho de 2013.
11. **Poluição no Rio ameaça locais de competição da Olimpíada de 2016.** UOL. Disponível em <http://esporte.uol.com.br/rio-2016/ultimas-noticias/2013/03/24/poluicao-no-rio-ameaca-locais-de-competicao-da-olimpiada-de-2016.htm>. Acessado em 09 de junho de 2013.
12. **Produção argentina de biodiesel deve atingir recorde.** Cana Oeste. Disponível em <http://www.canaoeste.com.br/conteudo/producao-argentina-de-biodiesel-deve-atingir-recorde>. Acessado em 28 de abril de 2013.
13. **Reciclagem de óleo de cozinha.** BIODIESELBR. Disponível em <http://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/reciclagem-oleo-cozinha-10-07-07.htm>. Acessado em 09 de junho de 2013.
14. **Statistics. The EU biodiesel industry.** European Biodiesel Board. Disponível em <http://www.ebb-eu.org/stats.php#>. Acessado em 28 de abril de 2013.

ANEXO 1 – Questionário feito aos estabelecimentos comerciais a respeito do perfil de consumo e descarte de óleo.

1. Quantos clientes o restaurante recebe em média por dia? Baixa e alta temporada? Tem informações sobre a rede?
2. Qual a capacidade do restaurante?
3. De onde a empresa compra o óleo?
4. Quanto se compra de óleo e de quanto em quanto tempo se compra?
5. Como esse óleo é armazenado até seu descarte?
6. Quanto de óleo de fritura residual é descartado por mês?
7. Como é feito esse descarte? Empresa especializada? Nome?
8. Qual o tempo de vida útil do óleo de fritura?
9. A empresa ganha algum tipo de compensação? Dinheiro, brindes?

Estabelecimentos entrevistados

Applebees's	Devassa
Bar do Beto	Estrela do Sul
Bar do Polaco	Giraffas
Barthodomeu	Joe & Leo's
Bob's	KFC
Botequim Informal	Mc Donald's
Brasileirinho	Montana Grill Express
Burger King	Outback
Buxixo	Rico's
Café e Bar Guanabara	The Fifties
Camarão&Cia	Veloso
Catete Grill	Viena
Da Silva	

ANEXO 2 – Entrevista feita com o senhor Luiz Guilherme da Costa Marques, pesquisador e professor do IVIG (UFRJ).

1. Qual o destino mais comum dado a esse resíduo hoje em dia?
2. Qual o destino mais comum dado a esse resíduo antigamente (descarte inadequado, reciclagem)?
3. Qual a legislação atual vigente sobre o descarte desses óleos? Difere de local pra local?
4. Qual o real potencial contaminante do óleo de fritura na água? Consequencias da água contaminada ao meio ambiente?
5. Quão mais caro é o tratamento da água contaminada pelo óleo e por quê?
6. O que se fazia antigamente com esse resíduo oriundo dos estabelecimentos (10 anos atrás)?
7. Qual quantidade de biodiesel pode-se fazer com 1 litro de óleo?
8. É necessário algum tipo de tratamento do óleo residual antes do processo?
9. Pode-se misturar o óleo de fritura residual com outros tipos de óleo pra produzir biodiesel? Talvez algum tipo de *blending* para aumentar o rendimento?
10. O biodiesel obtido dessa matéria-prima apresenta alguma característica indesejável comparando com as outras?
11. O biodiesel oriundo dessa matéria possui algum tipo de subsídio do governo?
12. O que já existe hoje em dia de processo de coleta seletiva desse óleo? Iniciativas públicas e privadas? Empresas de sucesso?

ANEXO 3 – Entrevista feita com o senhor Eduardo Caetano, coordenador do PROVE.

1. O PROVE é o maior projeto de reciclagem de óleo vegetal do Rio?
2. Quantas empresas (não cooperativas) são afiliadas ao PROVE?
3. Quantas cooperativas são afiliadas ao PROVE?
4. Qual a área de atuação dos colaboradores do PROVE?
5. Qual a quantidade já recolhida pelo PROVE até hoje?
6. Qual a quantidade média recolhida mensalmente?
7. Existe algum foco específico de atuação? Área comercial ou residencial?
8. Qual a perspectiva de crescimento dessas empresas em ampliar a coleta?
9. Existe algum objetivo do PROVE em longo prazo?
10. Qual o maior problema que o programa enfrenta junto a essas empresas coletoras?
11. Qual o maior problema que o programa enfrenta junto às cooperativas?