



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO
RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA**



PALMA x SOJA: UM COMPARATIVO PARA O BIODIESEL

Alexandre Câmara Monteiro

Projeto de Final de Curso em Química Industrial

Dezembro

2013

PALMA x SOJA: UM COMPARATIVO PARA O BIODIESEL

Alexandre Câmara Monteiro

Projeto Final de Curso em Química Industrial submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de Químico Industrial

Aprovado por:

Fábio de Almeida Oroski, D.Sc.

Carlos André Vaz Junior - D.Sc.

Luiz Antonio d'Avila - D.Sc.

Orientado por:

Luiz Fernando Leite, D.Sc.

Rio de Janeiro - Brasil

Dezembro de 2013

Monteiro, Alexandre Câmara.

Palma X Soja: Um comparativo para o biodiesel/ Alexandre
Câmara Monteiro – Rio de Janeiro, 2013.

ix, 95 f.: il.

Projeto Final de Curso em Química Industrial – Universidade
Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/ EQ, 2013.

Orientador: Luiz Fernando leite

1. Palma. 2. Soja. 3. Biodiesel 4. Projeto Final de Curso
(UFRJ/EQ) 5. Luiz Fernando Leite (Orient). I. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, principalmente pela paciência e compreensão apesar das dificuldades pessoais. Apoio que me foi dado durante toda esta jornada da vida estudantil, financeira e moral. Muito obrigado por todo amor e esforço.

Ao professor e orientador Leite, por ter aceito meu convite em orientar-me neste projeto, com paciência, muito conhecimento e cuidado, apesar de muito de seus compromissos e pouco tempo.

Ao professor D'Avila, que apesar de não poder ser meu orientador, cordialmente ajudou-me ao indicar e solicitar ao professor Leite que aceitasse o convite para orientar-me.

As bibliotecárias da PETROBRAS pelo grande apoio e paciência nas solicitações feitas.

E aos meus amigos, que apesar de não terem contribuído diretamente para este trabalho, apoiaram-me nos momentos de descontração.

Resumo ao projeto final de curso apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de graduado em Química Industrial

PALMA X SOJA : UM COMPARATIVO PARA O BIODIESEL

Alexandre Câmara Monteiro

Dezembro, 2013

Orientador: Luiz Fernando Leite - D.Sc.

O Brasil como um país que dispõe de grande extensão de terras agricultáveis e ativo na exploração de energias renováveis, através da produção e uso de biocombustíveis, busca adotar mais uma opção, diversificando fontes de suprimento. O biodiesel implantado na matriz energética do país em 2005, foi sustentado principalmente pelo uso da soja como matéria prima para produção do que hoje ainda é considerado por especialistas, como um aditivo ao *blend* formado pela mistura do biocombustível com o diesel de petróleo. No entanto, a procura por uma nova fonte para aumentar a oferta do biocombustível, vem destacando a palma como um potencial candidato, principalmente pelo alto teor em óleo, comparado a outras fontes. Baseado nisto, o presente trabalho buscou levantar informações mais amplas a respeito da palma, que foram abordadas desde suas características como fruto e plantio, passando por seu processo de extração do óleo e produção de biodiesel, custos associados, aspectos tecnológicos de funcionamento nos motores a diesel e suas emissões, e seus aspectos político-sociais envolvidos. O mesmo foi feito para a soja, como forma de compará-los. Concluiu-se que apesar da palma apresentar fortes desvantagens, devido principalmente razões envolvendo os altos investimentos iniciais, dados de retornos bem sucedidos em termos econômicos e sociais na Malásia e na Indonésia, além da entrada de grandes empresas neste negócio, leva a crer que possa competir com a soja no mercado de matérias primas para o biodiesel e impulsionar seu desenvolvimento.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Matriz Energética Mundial e Brasileira	5
2.2.Biodiesel	7
2.2.1. Características.....	7
2.2. Mercado Mundial e Brasileiro.....	8
2.3. A cultura do dendê ..	10
2.3.1 Características do fruto	10
2.3.2 Características do plantio.....	12
2.4. A cultura da Soja ..	14
2.4.1 Características do grão	14
2.4.2 Características do plantio.....	15
2.5 .Comparativo entre as duas culturas	18
3. PROCESSO DE PRODUÇÃO.....	20
3.1. Extração do óleo	20
3.1.1 Soja	20
3.1.2 Palma	23
3.2 Etapa pré-produtiva	26
3.3 Produção.....	28
4 – COMPARATIVOS DE CUSTOS.....	35
4.1 - Custos da Matéria-Prima.	35
4.2 Custos de Produção do Biodiesel	39
4.2.1 Intrínsecos.....	39

4.2.2 Exrínsecos.....	42
5. ASPECTOS TECNOLÓGICOS: PARÂMETROS DE QUALIDADES VERSUS DESEMPENHO DO MOTOR E EMISSÕES	49
5.1. Questões Mecânicas	49
5.1. Questões Ambientais	56
6. ASPECTOS SÓCIO-POLÍTICOS	62
6.1.Biodiesel X Alimentos	62
6.2.Incentivo à agricultura familiar	65
6.3.Questões Políticas	68
7. VANTAGENS E DESVANTAGENS	74
8. CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz Energética Brasileira.	6
Figura 2 - Produção de biodiesel (em t de barris/dia) por país, de 2006 a 2010.	8
Figura 3 – Evolução anual da produção, demanda e da capacidade nominal autorizada pela ANP	15
Figura 4 – Imagem do dendzeiro.	11
Figura 5 – Imagem do fruto de dendê.	11
Figura 6 – Composição do grão de soja	15
Figura 7 – Pé de soja com vagem aberta	15
Figura 8 – Mapa das matérias primas de acordo com a regiões	16
Figura 9 – Processo produtivo de óleo bruto e refinado de soja.	21
Figura 10 – Balanço de massa da extração de óleo de soja.....	23
Figura 11 – Operações do processo de extração do dendê, subprodutos e seus usos	25
Figura 12 – Balanço de massa da extração de óleo de palma.....	26
Figura 13 – Reação global de transesterificação	29
Figura 14 – Diagramas de blocos da transesterificação alcalina.....	31
Figura 15 – Balanço de massa do processo de transesterificação	32
Figura 16 – Mercado brasileiro dos principais óleos vegetais em mil toneladas	36
Figura 17 – Preço de exportação e importação de óleos vegetais	37
Figura 18 – Preço do biodiesel nos leilões da ANP e comparativos	38
Figura 19 – Diferentes organizações das etapas de produção do biodiesel	43
Figura 20 – Imagens da FETRANSPOR sobre formação de borras	54
Figura 21 – Volatilidade de preços internacionais dos principais grupos alimentares ..	64
Figura 22 – Produção, demanda e capacidade produtiva por região em abril de 2013 .	66

ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1 – Estimativa de óleo por hectare de algumas oleaginosas	19
Tabela 2 – Custos por tonelada de biodiesel produzido	40
Tabela 3 – Custos de produção do biodiesel de soja, palma e seus <i>blends</i>	41
Tabela 4 – Exemplo de custos da etapa agrícola para a cultura da palma e da soja.....	45
Tabela 5 – Preços do frete no mercado	47
Tabela 6 – Especificações técnicas brasileiras, americanas e europeias.	51
Tabela 7 – Emissões de GEE em porcentagem com B5, B20 e B100	58
Tabela 8 - Custos em reais por tonelada de óleo vegetal anual	72

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da *International Organization of Motors Vehicles Manufactures*, um quarto da energia consumida no mundo é destinada ao transporte, sendo que este consumo se dá principalmente na forma de combustíveis líquidos de origem fóssil como a gasolina, o querosene de aviação e o diesel. Porém, ao longo dos anos, fatores como esgotamento das reservas de petróleo e suas conseqüentes elevações de preços, além dos impactos decorrentes de suas emissões, têm levado a busca pela implementação de combustíveis alternativos, como o biodiesel.

O uso de políticas energéticas através de programas governamentais, não são novidades no cenário brasileiro. Devido à crise do petróleo em 1973, o governo brasileiro financiou um programa conhecido como Pró-Álcool ou Programa Nacional do Álcool, no qual houve a substituição em larga escala dos combustíveis veiculares derivados de petróleo por álcool, o que gerou 10 milhões de automóveis a gasolina a menos rodando no Brasil, diminuindo a dependência do país pelo petróleo importado, que na época encontrava-se caro e escasso. (ENCICLOPÉDIA WIKIPEDIA, 2013)

Após 30 anos, o governo brasileiro lança o Plano Nacional de Uso e Produção de Biodiesel (PNPB), que apesar de um cenário menos crítico do que existia na década de 70, apresenta certa semelhança na necessidade, principalmente econômica, de se buscar um combustível alternativo como forma de mitigar os impactos provocados pela dependência pelo petróleo. Aliado a este objetivo, vem o atendimento às exigências atuais por fontes energéticas de menor influência ambiental, assim como apoio às políticas de desenvolvimento social.

O Biodiesel foi desenvolvido movido a interesses estratégicos, econômicos, sociais e ambientais. Dentre as vantagens que suportam estes interesses, mais uma vez está principalmente o econômico pela redução da atual dependência de derivados de petróleo, como o diesel. Realidade esta na qual a importação chega de 150 a 160 mil barris por dia, com previsão de dobrar até 2014 (REVISTA EXAME, 2012).

Pelo interesse ambiental, além da importância de ser matéria prima derivada de fonte renovável, bem como biodegradável, o interesse está na redução das principais emissões presentes nos gases de exaustão, como os óxidos de carbono (impactantes no aquecimento global) e SO_x, mas com exceção das emissões dos derivados de nitrogênio (NO_x), dos quais o biodiesel ainda não foi positivamente efetivo.

Quanto aos interesses sociais, a utilização viabilizaria a distribuição da mistura ou *blend* de óleo diesel e biodiesel em regiões isoladas que possam produzi-lo, assim como gerar emprego e renda para estas regiões, normalmente carentes deste apoio.

Já para o interesse estratégico, há a possibilidade de influenciar e desenvolver diversos segmentos da economia, como o fortalecimento do agronegócio e promoção do crescimento regional sustentado, incluindo a indústria de esmagamento e refino de óleos vegetais, os detentores de tecnologia com forte investimento na área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e a própria indústria do petróleo, como a Petrobras, podendo também produzir o biodiesel.

Assim como no resto do mundo, o uso do biodiesel no Brasil é feito em proporções adicionadas ao diesel de petróleo ou pool de diesel, não sendo utilizado de forma pura. E o por que desta mistura? Além de razões políticas envolvendo esta questão, existem fatores limitantes a utilização não apenas do biodiesel puro, mas também da adição de grandes proporções ao derivado de petróleo.

Tecnologicamente, algumas experiências comprovaram que em sua forma pura ou mesmo em grandes teores, o biodiesel provoca ao longo do tempo problemas nos internos dos motores e nos reservatórios dos carros e tanques de estocagem. Economicamente, os altos custos associados à matéria prima tornam o biocombustível mais caro do que o diesel de petróleo, o que iria torná-lo comercialmente inviável. Porém, existem ganhos também como o ganho ambiental dado pela redução de poluentes emitidos, bem como ganhos tecnológicos com o aumento na lubricidade do combustível. Ou seja, como parte de um processo em desenvolvimento, a inserção do biodiesel na matriz energética exige segurança e tempo para que todos os aspectos técnicos sejam atendidos até uma maior substituição do diesel de petróleo.

Para atender estes interesses, o Brasil é dotado de grandes extensões territoriais propícias à agricultura, despontando como um potencial produtor e fornecedor de biodiesel. Condições ambientais como clima, temperatura, formação e características do solo, nível e tipo de insolação, recursos hídricos, intensidade pluviométrica e, ainda, a possibilidade de expansão da área agricultável, permitem o desenvolvimento de uma cultura diversificada para a obtenção de óleos vegetais utilizados na produção do biocombustível. Isso é válido tanto para culturas já tradicionais, como a soja, o amendoim, o girassol, a mamona e o dendê, quanto para alternativas novas, como o pinhão manso, o nabo forrageiro, o pequi, o buriti, a macaúba e uma grande variedade de oleaginosas a serem exploradas.

Sua escolha varia de acordo com sua localização e com sua disponibilidade, mas que leva muitas vezes a utilização do mais abundante. Porém, mesmo quando em oferta abundante, a inversa relação entre oferta e custo, pode limitar e tornar-se dispendioso quando comparado com óleo diesel de petróleo. (KNOTHE *et al*, 2006)

Baseado nisto, a implantação definitiva do biodiesel no Brasil em 2005, levou o governo brasileiro a recorrer a uma fonte na qual sua agroindústria já se encontrava bem desenvolvida e organizada em escala de produção, como a soja. Figurando entre os líderes mundiais na produção do grão, a soja ainda se apresenta como a principal fonte utilizada para o biodiesel.

Além de outros fatores, o alto potencial de rendimento do óleo de palma ou dendê tem levado o Brasil a um forte investimento em estudos e desenvolvimento desta cultura como forma de diversificar e fortalecer a demanda pelo biocombustível. A exemplo disto, a EMBRAPA tem estudos que apontam a existência de mais de 7 milhões de hectares de terras em que a palma poderia ser cultivada sem necessidade de irrigação e sem comprometer regiões de proteção ambiental. (PORTAL BIODIESELBR, 2012)

Baseado nestas questões, este trabalho tem como objetivo fazer dentro do universo do biodiesel, uma comparação entre as matérias primas soja e dendê, sob os aspectos de custos envolvidos em suas produções, assim como questões tecnológicas envolvendo suas aplicações para biodiesel, os aspectos sócio-políticos a respeito de suas produções e aplicações, bem como uma visão geral no final deste trabalho, de suas vantagens e desvantagens.

Desta forma, no capítulo 2 é feita uma revisão na bibliografia situando o biodiesel dentro da matriz energética dos maiores países consumidores do mundo e do Brasil, assim como uma breve caracterização, descrevendo sua definição, características químicas e especificações e seu potencial mercado em expandir sua utilização no Brasil e no mundo. Ainda neste capítulo, será dada uma noção sobre as características físicas que o fruto de Dendê possui, as necessidades inerentes ao seu plantio e a particularidade envolvendo sua logística. A mesma descrição é feita para o caso do grão de soja.

No capítulo 3, busca-se uma breve descrição dos processos de extração de seus óleos, das preparações necessárias a estes óleos vegetais, assim como o processo geral utilizado para a produção do biodiesel, citando algumas particularidades de cada cultura, do dendê e da soja, e seus co-produtos gerados.

Já no capítulo 4, aborda-se estimativas de custos envolvendo a produção de biodiesel desde o processo em si, como a logística envolvida. Além disso, são apresentados os custos que estas matérias primas possuem no seu mercado, considerando que estes representam a maior parte no custo total da produção do biocombustível.

No capítulo 5, os aspectos tecnológicos são abordados com o foco nos problemas encontrados nos motores em que foram utilizados o biodiesel de soja e de dendê, e seus efeitos benéficos e prejudiciais ao meio ambiente quanto a sua utilização.

No capítulo 6, serão discutidas as questões envolvendo aspectos sócio-políticos, como o conflito gerado pelo aumento na demanda de matéria prima para o biodiesel e na demanda já existente para o alimento. Baseado no programa desenvolvido pelo governo e suas propostas, são apresentados também os interesses e os problemas decorrentes do incentivo à agricultura familiar com objetivos sociais.

Finalmente, no capítulo 7 é apresentada uma tabela comparativa de cada óleo vegetal, relacionando suas vantagens e desvantagens como forma de melhor visualizar suas diferenças gerais e apoiar as conclusões e recomendações de aprofundamento do tema feitas no capítulo 8.

2 . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Matriz Energética Mundial e Brasileira

Há exemplo da classificação utilizada pela Empresa de Política Energética (EPE) do Ministério de Minas e Energia (MME), a matriz energética de um país, que inclui todos os seus recursos de energia disponíveis, pode ser dividida em: Fontes Renováveis, cujas reservas têm a capacidade de reposição ao ambiente e sua utilização causa pouco ou nenhum impacto ao meio, como a hídrica, solar, eólica, biocombustíveis e biomassas; e Fontes Não-Renováveis, na qual diferentemente das Renováveis, não têm capacidade de reposição, consideradas reservas finitas, e causam grande impacto ao meio onde utilizados. Estas fontes, são principalmente o petróleo, gás natural, carvão mineral e energia nuclear.

Comparada a outros países, o Brasil possui uma posição geográfica privilegiada, visto que tem a totalidade de seu território localizada na região equatorial entre os trópicos globais, região esta abundante em recursos hídricos e de clima mais favorável à diversidade de riquezas naturais renováveis. Isto confere ao país uma vantagem competitiva referente ao estabelecimento de uma matriz energética diversificada.

Em comparação com a matriz mundial, a matriz brasileira apresenta uma participação das fontes renováveis, muito maior do que a mundial. De acordo com a Agência Internacional de Energia (AIE), a participação de fontes renováveis na oferta interna de energia em 2011, permaneceu praticamente estável, alcançando 44,1% das fontes utilizadas no Brasil, sendo muito maior que a média mundial, que é de 13,3%. (PORTAL BRASIL, 2012)

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2011, dados de consumo do ano de 2010, do Ministério de Minas e Energia (MME), a Matriz Energética Brasileira é composta de 43,6% de recursos renováveis, dos quais 29,1% são essencialmente de biomassa e 14,5% de Hidroeletricidade; e 46,4% de não-renováveis, dos quais 39,7% de petróleo e derivados, 8,7% de gás natural, 6,5% de carvão mineral e 1,5% de Urânio.

No balanço (BEN) de 2012 com dados do ano de 2011, as participações das fontes em porcentagem, não se alteraram de forma significativa. No entanto, foi exposta de forma mais segmentada com mais fontes, conforme o gráfico a seguir. O mais importante a se ressaltar é o tamanho da participação que o óleo diesel, e indiretamente o biodiesel, possuem na matriz energética do país. Considerando a obrigação da presença de 5% de biodiesel adicionado ao diesel mineral e que a fração de consumidores de biodiesel puro é insignificante, dos 19,1% representando o diesel total, 18,2 % corresponde a demanda desta fonte de toda a matriz .

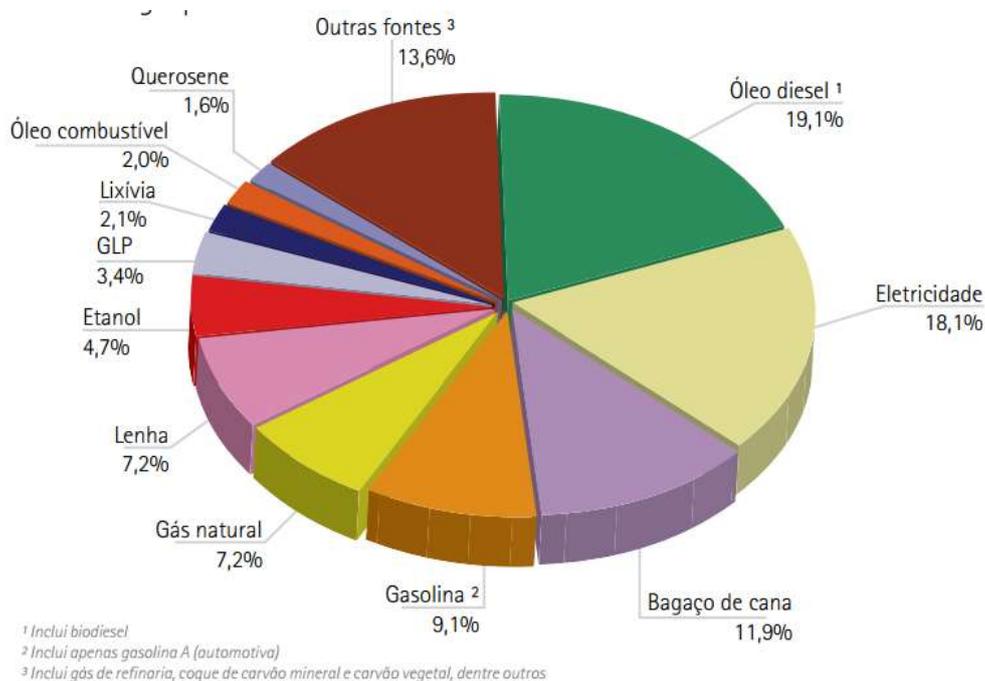


Figura 1 : Matriz Energética Brasileira, ano 2011

Fonte: EPE/MME - BEN 2012

Ainda sobre o mesmo balanço, este indicou que o consumo no ano de 2011 ficou em aproximadamente 43,475 milhões de toneladas equivalentes de petróleo, o que corresponde a aproximadamente 44,638 milhões de m³ de diesel. Ou seja, com uma presença de apenas 0,95% de biodiesel (5% dos 19,1%), é possível ter uma noção do tamanho do investimento necessário para diminuir tamanha demanda por este derivado do petróleo.

2.2 BIODIESEL

2.2.1 – Características

Segundo a definição dada pela lei nº 11.097/2005, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, define o 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.”

O regulamento a que se refere à definição, diz respeito ao regulamento técnico nº4/2004 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), sobre as especificações técnicas necessárias ao uso do biodiesel. O único tipo de biodiesel já regulamentado no território brasileiro corresponde aos ésteres alquílicos de óleos vegetais ou gordura animal, que são obtidos através de uma reação denominada transesterificação. Alternativamente, este produto também pode ser obtido pela reação de esterificação, que envolve o uso de ácidos graxos livres como matéria-prima. De fato, a grande compatibilidade dos ésteres alquílicos (que podem ser de origem metilica ou etílica, dependendo do álcool empregado em seu processo de produção) com o diesel convencional os caracteriza como uma alternativa capaz de atender à maior parte da frota de veículos diesel já existente no mercado (RAMOS, 2006).

Outra definição muito utilizada, trata o biodiesel como um composto monoalquilésteres de ácidos graxos de cadeia longa, obtido usualmente, a partir da reação de óleos vegetais e gorduras animais com um intermediário ativo (constituído de álcool e catalisador), processo este denominado de transesterificação (KNOTHE, 2006). Este processo de transesterificação será abordado no Capítulo 3 deste trabalho.

É de consenso mundial uma nomenclatura para especificar misturas de biodiesel ao diesel de petróleo, segundo a proporção de biodiesel adicionado. Ou seja, é conhecido como BX, no qual o X representa a porcentagem em volume do biodiesel à mistura, até o produto puro B100. (FREITAS E PENTEADO, 2006)

Duas considerações importantes a respeito destas misturas são que, apesar das experiências históricas com uso de óleos vegetais em motores a diesel, o óleo vegetal in natura é bem diferente do biodiesel e por isso para se tornar compatível com os motores a diesel, o óleo vegetal precisa passar pelo processo de transesterificação. Além disso, como o biodiesel é miscível em qualquer proporção, esta mistura binária muitas vezes é erroneamente denominada de biodiesel. (KNOTHE *et al.*, 2006)

2.2.2–Mercado Mundial e Brasileiro

A produção mundial de biodiesel teve seu forte e significativo crescimento na última década, como consequência de políticas de substituição do petróleo, adotada por diversos países, com foco principalmente econômicos e também ambientais. (CASTRO *et al.*, 2011)

Conforme a Figura a seguir, países líderes em produção como a Alemanha, não tem crescido nos últimos anos, enquanto outros países vêm apresentando crescimento significativo, como o Brasil e a Argentina.

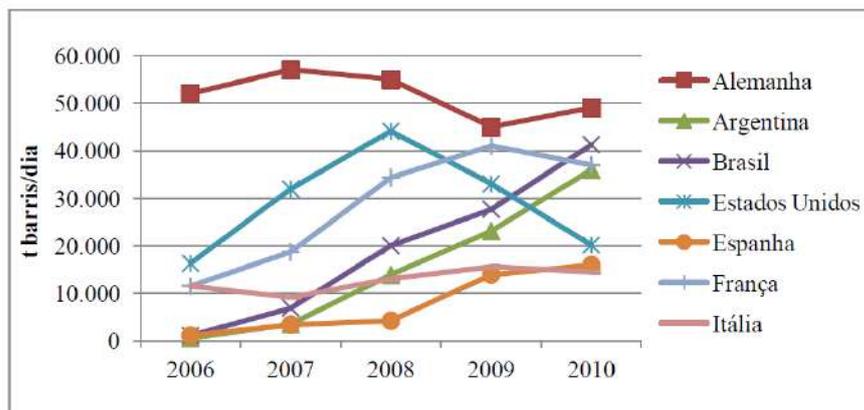


Figura 2. : Produção de biodiesel (em t de barris/dia) por país, de 2006 a 2010

Fonte: Elaboração CARVALHO(2011), com base em dados de U.S. Energy Information Administration (2011)

Em 2010, os Estados Unidos ocuparam o quinto lugar na produção mundial de biodiesel, enquanto o Brasil assumiu o posto de segundo maior produtor mundial,

produzindo cerca de dois bilhões de litros de biodiesel a menos do que a Alemanha. A Argentina ocupou o terceiro lugar de maior produtor mundial, como mostra a Figura 3. Muitos outros países poucos tradicionais em biocombustíveis têm investido na produção de biodiesel e passaram a apresentar produções expressivas desse combustível, principalmente Malásia, Tailândia, Indonésia, China e Coréia do Sul (U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2011 *Apud* CARVALHO, 2012).

Segundo o setor público francês de pesquisas IFP *Energies nouvelles* (IFPEN), o biodiesel continua a ser o biocombustível mais utilizado na Europa, com 77% do total de consumo em 2010. Frações de até 7% de biodiesel puderam ser incorporados para se formar a mistura, enquanto pesquisas com B10 estavam sendo feitas e o B30 já estavam em uso em frotas cativas, como ônibus, caminhões de lixo, frotas de carros do governo e outros. A União Europeia, neste mesmo ano, continuou não apenas liderando como maior consumidor mas também como maior importador, no qual a Alemanha novamente aparece como o maior dentro da Europa, seguido da França, Espanha e Itália. Frequentemente seus fornecedores são a Argentina (56% de importação) e Indonésia (24% de importação). A Argentina foi considerada neste ano de 2010, a maior exportadora de biodiesel, correspondendo com mais da metade das exportações globais, muitas das quais foram também para Noruega e Estados Unidos.

Na Ásia, os países produtores de óleo de palma são os maiores mercados de biodiesel, no qual se destacam a Indonésia e a Malásia. Estes dois países além de disputarem a liderança pela produção do biocombustível, disputam também a de produtores do óleo de palma fornecido para o mercado de biocombustível europeu, correspondendo a mais de 5% do total de produção asiática.

Entre 2005 e 2008, os Estados Unidos apresentaram uma explosão na sua produção e forte crescimento nas exportações. Porém, em 2009 com a imposição de regulamentações rígidas pela Comissão Europeia em resposta aos subsídios americanos, sua produção caiu bruscamente.

Contudo, segundo Lima e Castro (2010), apesar de todo este potencial, o mundo tem passado por ociosidade na indústria de biodiesel pelo fato de os incentivos e isenções governamentais, na maioria dos países produtores, terem sido dados apenas para as

empresas produtoras e não para os produtores de matérias-primas, principalmente as de origem vegetal (CARVALHO, 2012).

E o Brasil também tem compartilhado desta ociosidade. Conforme dados da ANP deste ano, apesar de o país ter tido um crescimento forte desde a implantação do biodiesel na matriz energética em 2005, com uma produção próxima de 3 milhões de m³, o país está com uma capacidade instalada de mais de 2 vezes sua atual produção, como apresentado na Figura 3.

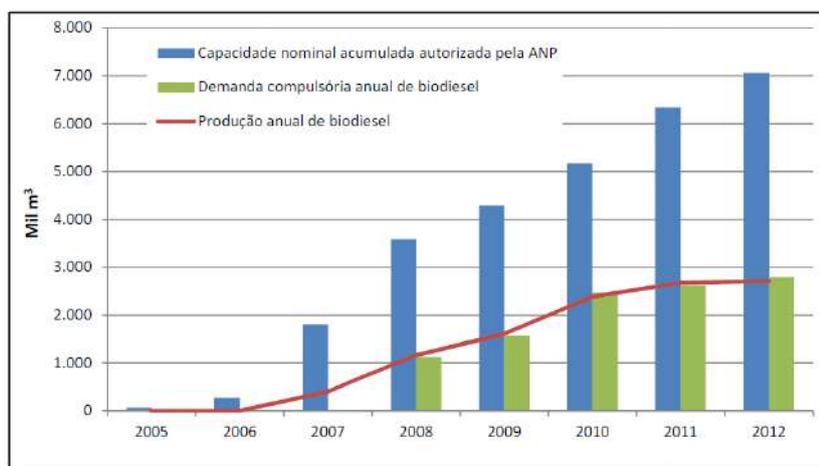


Figura 3: Evolução anual da produção, da demanda compulsória e da capacidade nominal autorizada pela ANP no país

Fonte: Boletim Mensal do Biodiesel 2013, ANP

2.3 A Cultura do Dendê

2.3.1 Característica do Fruto

Conhecido no Brasil como dendezeiro, a planta é originária da África e foi introduzido no Brasil no período colonial pelos escravos africanos. As sementes foram plantadas no litoral e recôncavo baiano, onde encontraram as condições de solo e clima para o seu desenvolvimento. Esta espécie (*Elaeis Guineensis*), mais conhecida como

dendezeiro africano, é a espécie mais comum na produção comercial podendo chegar até 25m de altura, quando torna-se antieconômica a sua colheita. A espécie americana (*Elaeis oleífera*) conhecida como caiaué ou dendezeiro amazônico possui maior presença na América do Sul. Apesar de não possuir grande produtividade de óleo, possui vantagens como maior crescimento do Estirpe (tronco), o que permite a exploração da planta por um maior período de tempo; maior resistência a doenças; e maior teor de ácidos graxos insaturados. (CASTRO, 2011)

Seus frutos são de cor alaranjada, de onde se extraem o óleo de palma ou azeite-de-dendê, seu principal produto, e ainda o óleo de palmiste, oriundo da amêndoa. (PERES E BELTRÃO, 2006). O Mesocarpo, parte fibrosa e amarelada, mostrada na Figura 2, é a parte que rende o óleo de palma caracterizado por grande quantidade de cadeias de carbono médias saturadas (ácido palmítico) e ácidos graxos monoinsaturados (ácido oleico). O óleo de Palma contém Tocoferol em concentrações de 600 a 1000 ppm e níveis de Caroteno de 500 a 700 ppm, importantes na indústria de alimentos. (MITTELBAACH E REMILSCHMIDT, 2006)



Figura 4: Imagem de um dendezeiro



Figura 5: Imagem do fruto de dendê

Fonte: Palestra prof. Donato Aranda, Escola de Química, 2011

Com rendimento em óleo de 21 a 22% do peso dos cachos para o óleo de polpa e 3% para o óleo de palmiste, na indústria de alimentos também se encontram diversas comidas preparadas (entre outras em pizzas congeladas e batatas fritas), margarina, sorvete, biscoitos, barras de chocolate e barrinhas de cereais. Além do uso alimentício, vários produtos químicos como detergentes, sabonete, velas e produtos cosméticos como cremes e batons também utilizam óleo de dendê. (ENCICLOPÉDIA ON LINE WIKIPEDIA,2013)

2.3.2 Característica do Plantio

Tido como principal estado brasileiro no cultivo do dendê, o Estado do Pará concentra 80 % da área plantada com dendezeiros. Tem como características alta produtividade, alta capacidade de fixação de Carbono e proteção à erosão do solo, sendo uma grande alternativa para utilização em áreas desmatadas. (CÂMARA E HEIFFING, 2006)

A região brasileira com maior vocação para produção da palma é a região do Amazonas compreendendo o Amazonas e o Pará, uma vez que possuem solo fértil, com pequena profundidade e elevada taxa pluviométrica. (FREITAS E PENTEADO, 2006)

O cultivo da palma é um cultivo perene, cuja produção de frutos se inicia no terceiro ou quarto ano de plantio, aumentando gradativamente até obter a produtividade máxima que ocorre entre o sétimo e o vigésimo ano de plantio, decaindo até o 25º ou 30º ano . (CARVALHO, 2012)

Quanto às condições gerais de plantio, a **precipitação** é um dos fatores climáticos mais importantes, pois requer suprimento hídrico constante para seu desenvolvimento e produção. Ou seja, necessita de uma média de 1800 a 2000 mm de precipitação anual ou superiores a 100 mm mensais.

Outros fatores de forte influência são a **insolação** necessária de em torno de 1800 horas/ano e a **temperatura**, com maiores produções quando a média anual é de 25 a 27°C e a baixa amplitude térmica não seja inferior a 19°C por períodos prolongados.

Em termos de **solo**, os mais adequados a esta cultura são os que possuem profundidade efetiva superior a 90 cm, textura mais argilosa, estrutura firme, permeabilidade moderada, relevo mais plano e não pedregoso. (CÂMARA E HEIFFING, 2006)

Apesar disto, pesquisa realizada pela EMBRAPA mostrou que em áreas de alta altitude, temperatura e umidades baixas também são áreas de possível plantio, abrindo possibilidade de expansão para outras áreas como: Distrito Federal, Tocantins, São Paulo e outros estados do nordeste.

O processo de produção agrícola do dendê é dividido em duas etapas: a de implantação, que engloba as atividades de produção de mudas, preparo do terreno e plantio; e a de manutenção, que engloba atividades a serem realizadas periodicamente. A etapa de manutenção demora de 12 a 16 meses (MACEDO *et al*, 2010)

Nesta etapa do plantio, são feitas operações periódicas, como coroamento, adubação, roçagem e rebaixamento da leguminosa de cobertura, controle de pragas e doenças, controle de plantas invasoras, poda e colheita. O coroamento é a limpeza da área em torno da planta para evitar competição com alguma planta invasora, bem como o ataque de pragas. (MACEDO *et al*, 2010). O controle de pragas e doenças e de plantas invasoras é feito de forma manual e através de agrotóxicos, quando identificada a necessidade. (CARVALHO, 2012)

Os dendezeiros possuem alta demanda por nutrientes, visto que produzem grandes quantidades de cachos de frutos e estes nutrientes são perdidos no momento da colheita. Com isso, há necessidade de sua reposição ao solo, caso não sejam suficientes para atender à demanda da planta.

A produtividade média de cachos de frutos frescos (CFF) na Amazônia estabiliza a partir do 8º ano em torno de 20 t/ha/ano, porém dados da Agropalma mostram que a estabilidade acontece em torno do 10º ano. (UFV/MDA, 2007)

Quanto à colheita dos cachos, é feita durante todo o ano e num período a cada 10 ou 15 dias. Caso seja feita antes do período de maturação, pode conter baixa quantidade de óleo e se colhida após o tempo de maturação, ocorre o aumento do teor de acidez do fruto, normalmente entre 2 e 4%, o que impacta a qualidade e teor de óleo produzido.

Ou seja, a partir da colheita, o transporte e processo de extração devem ser feitos em pouco tempo para que não aumentem o nível de ácidos graxos livres. Fatores como manejo e cuidados durante o transporte também impactam na qualidade e quantidade de óleo a extrair. (CASTRO, 2011) Por conseguinte, logisticamente a agroindústria da palma precisou se integrar totalmente a produção agrícola.

2.4 A Cultura da Soja

2.4.1 Característica do Grão

Originária da China, a soja teve os primeiros cultivos no Brasil registrados em 1914, quando foram distribuídas as primeiras sementes em São Paulo e no Rio Grande do Sul. (CÂMARA E HEIFFING, 2006)

Conhecido cientificamente como *Glycine max*, este grão pertence a família das leguminosas, apresentando como seu principal interesse o alto teor de proteína. Além da proteína, possui cerca de 99% dos triacilglicerídeos presentes no óleo de soja, compostos de ácidos graxos: Esteárico, Linolênico, Palmítico, Oléico e Linoléico (MA e HANNA, 1999; NETO *et al.*, 2000, *Apud* CANDEIA, 2008), com predominância destes dois últimos.

Representando de 18 a 19% em massa do grão, o óleo não era o produto de maior interesse comercial. Utilizado principalmente na preparação de alimentos, passou a ter maior importância a partir do seu uso na produção de biodiesel. Com aproximadamente 78% em massa do grão, o farelo sempre foi o produto mais valorizado devido sua utilização como ração animal. (MOURAD, 2008)

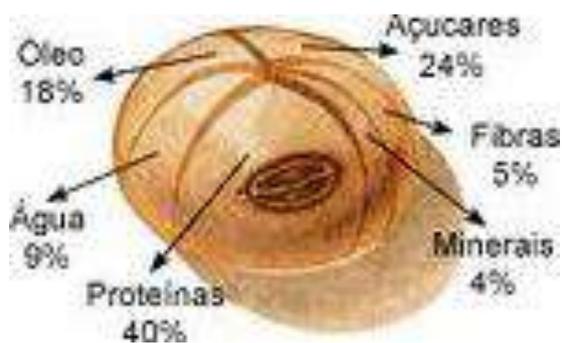


Figura 6: Composição do grão de soja

Fonte: www.fiesp.com.br



Figura 7: Pé de soja com vagem aberta

Fonte: www.portaldoagronegocio.com.br

Em média, a soja possui 40% de proteínas, 18% de lipídios (óleo), 4% de minerais e 24% de carboidratos (açúcares como glicose, frutose e sacarose, fibras e os oligossacarídeos como: rafinose e estaquiose), não possuindo amido. Outras riquezas encontradas na soja são os minerais: cálcio, fósforo, ferro, e potássio, sem falar nas fibras, de extrema importância para o funcionamento adequado do intestino. Além disso, as fibras têm a capacidade de captar partículas maiores de gordura. (FIESP)

A proteína de soja é a base de ingredientes de padaria, massas, produtos de carne, cereais, misturas preparadas, bebidas, alimentação para bebês e alimentos dietéticos. A soja também é muito usada pela indústria de adesivos e nutrientes, alimentação animal, adubos, formulador de espumas, fabricação de fibra, revestimento, papel emulsão de água para tintas. Do óleo refinado, também é produzida a lecitina, um agente emulsificante (substância que faz a ligação entre a fase aquosa e oleosa dos produtos), muito usada na fabricação de salsichas, maioneses, achocolatados, entre outros produtos. (EMBRAPA,2004)

2.4.2 Característica do Plantio

Dotada de características de um sistema desenvolvido de agronegócio, a soja alcançou o grau de *commodity* agrícola visando atender aos diferentes clientes, desde os atuais e modernos consumidores de grãos orgânicos, passando pelos produtores de rações animais balanceadas, até os recentes produtores de biodiesel. Conforme

considerações feitas por Nunes e Contini (2001), a produção da soja é determinada por uma série de eventos fenológicos (relações entre clima e fenômenos biológicos periódicos) e fisiológicos sucessivos, que seguem um calendário biológico próprio, com forte influência de fatores abióticos (clima e solo) e bióticos (fixação de nitrogênio, controle de pragas e doenças, etc), constituindo sua falta de idealidade um perigo as grandes produções. (CÂMARA E HEIFFIG, 2006)

Devido à existência de extensas áreas aptas e de baixo custo disponíveis, a soja é plantada em quase todo território brasileiro, tendo as regiões centro-oeste e sul como suas maiores representantes, conforme pode ser visto na figura à seguir.



Figura 8: Mapa das matérias primas de acordo com as regiões

Fonte: Biodiesel, SEBRAE - 2007

O plantio da soja é feito normalmente na primavera sendo que a colheita costuma ocorrer nos meses de verão e início de outono. O ciclo de desenvolvimento da planta leva de 126 a 160 dias. (COELLI, 2004 *Apud* MARZULLO, 2007)

O processo produtivo agrícola da soja pode ser dividido em: manejo da área, semeadura e adubação, controle fitossanitário, colheita e pós-colheita. A partir destes, podemos descrever o processo como:

1 – Manejo da área

- Calagem: operação de correção da acidez do solo, com objetivo de manter o pH e a saturação por bases indicadas a região, com uso de calcário.
- Dessecação: consiste na retirada das plantas daninhas da área destinada ao plantio.

2 – Semeadura e Adubação

- Sementes: são semeadas no solo após processo de aração e dessecação por herbicidas.
- Inoculação: fornecimento de Nitrogênio ao solo através de bactérias fixadoras.
- Tratamento das sementes: tratamento utilizado para garantir melhor estabelecimento da população de plantas via produtos químicos.
- Adubação: processo de enterrar as sementes, normalmente com correção dos teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

3 – Controle Fitossanitário

Controle aplicado como forma de proteção ao ataque de espécies nocivas a plantação, normalmente utilizando-se herbicidas para o caso das ervas daninhas, inseticidas químicos ou biológicos para insetos, fungicidas químicos para fungos ou melhoramento genético para estas ou outras espécies.

4 – Colheita

Realizada quando a soja atinge o estágio de desenvolvimento e teor de umidade em torno de 15%.

5 – Pós- colheita

Consiste nas operações de secagem para redução do teor de umidade para posterior armazenagem em locais com controladores térmicos e de aeração. (CASTRO,2011)

Quanto as condições de clima, a soja adapta-se bem em uma ampla faixa de climas, sendo que as temperaturas ótimas para melhor desenvolvimento estão entre 20 e 35°C. Precipitações pluviométricas anuais de 700 a 1200 mm, bem distribuídas, atendem suas necessidades hídricas. Ou seja, regiões com alto índice de umidade não são indicadas a esta cultura. (EMBRAPA SOJA, 2004)

Logisticamente, os problemas envolvidos pela agroindústria da soja são comuns também aos problemas logísticos nacionais. Particularmente, o plantio da soja apesar de se concentrar nas regiões sul e centro-oeste do país, está se interiorizando cada vez mais, ficando mais distantes dos centros consumidores e dos portos. Com isso, deficiências estruturais de armazenagem e predomínio do modal rodoviário como meio de escoamento, dificultam e encarecem o escoamento de grande volume de soja. Ou seja, sem fretes suficientes para cobrir a demanda, os altos custos contrastam com os baixos preços comercializados pós-safra. (PONTES, 2009)

2.5 Comparação Entre as Duas Culturas

Expostas as características de plantio de cada uma destas matérias primas e considerando o objetivo deste trabalho de fazer uma comparação entre a soja e a palma sobre diversos aspectos, é possível perceber que a palma apesar de possuir normalmente condições e distribuições de plantio um pouco mais restrito do que a soja, possui um potencial de óleo por hectare plantado significativamente maior do que a soja e muitas outras oleaginosas (tabela 1). Ou seja, enquanto a palma rende mais de 3000 kg de óleo

por cada hectare plantado, a soja rende menos de 15% desta porção. Além disto, para cada 0,3 hectares de palma utilizada, a soja necessita de 2,2 hectares para render uma tonelada de óleo.

Matéria-prima	Rendimento do Cultivo (kg/hectare)	Conteúdo de óleo Considerado (%)	Potencial de Óleo (kg/hectare)	Uso de terra (hectare/t de óleo)
Dendê (fruto)	12509	25	3127	0.3
Amendoim (grão)	1681	46	773	1.3
Soja (grão)	2419	18	445	2.2
Coco (fruto)	6850	0.28	1904	0.5
Algodão (caroço)	1969	18	354	2.8
Mamona (semente)	703	48	337	3.0
Girassol (semente)	1399	48	672	1.5
Canola (semente)	1100	40	440	2.3

Tabela 1: Estimativa em óleo por hectare de algumas oleaginosas

Fonte: MOURAD, 2008

No capítulo seguinte, será possível ver de que forma estes óleos são extraídos de modo a obter a maior porcentagem possível do que cada matéria prima rende por hectare. Além do processo de extração utilizado, discutir-se-á a quantidade em massa de óleo que a palma e a soja podem produzir. A partir disto, ter noção da quantidade utilizada no processo de produção do biodiesel, também será exposto a seguir.

3. PROCESSO DE PRODUÇÃO

3.1 – Extração Do Óleo

Considerando o processo de transformação primária até a produção do biodiesel, a extração dos óleos vegetais compreende basicamente a operação de prensagem dos grãos e dos frutos. Originalmente, perdia-se até 5% do óleo como resíduo junto com a massa prensada (torta). A partir da utilização de solventes para a extração, estas perdas foram reduzidas a 1% (CASTRO, 2011).

Como cada oleaginosa possui sua porcentagem de óleo em composição, a regra geral normalmente adotada é que para aquelas com composição acima de 20% em óleo, o processo utilizado é de prensagem inicialmente para posterior aplicação de solventes, enquanto para as que possuem teor abaixo de 20% em óleo, utiliza-se diretamente o solvente sem a operação de prensagem. (REZENDE, 1998 *Apud* MARZULLO, 2007)

Nos processos de extração de óleos vegetais, as etapas iniciais e finais para qualquer oleaginosa são comuns, tais como: os tratamentos com limpeza das sementes ou dos frutos; e a degomagem e refinamentos dos óleos finais, diferenciando normalmente pelas etapas intermediárias, como a forma de extração.

3.1.1 - Soja

Para o processo de extração da soja (fluxograma na figura 9), após passar por uma triagem dos grãos para determinar a presença de umidade, impurezas e de grão degradados, a primeira etapa consiste na pré-limpeza, na qual há eliminação de sujeira mais grossa. É realizada através de peneiras vibratórias ou outro tipo de dispositivo que separa os grãos dos contaminantes maiores, diminuindo o risco de deterioração e evita o uso indevido do espaço útil do silo (armazenamento). (SAMUEL OLIVEIRA; DUARTE, 2010)

Após a retirada do excesso de umidade por um processo de secagem ajustada até um teor de 13-14%, os grãos normalmente são armazenados durante o período de

entressafra em silos resfriados, com controles de umidade e aeração, como forma de reduzir a temperatura e a deterioração provocada pela respiração e pela liberação de calor da matéria prima. (SAMUEL OLIVEIRA; DUARTE, 2010)

A limpeza após o armazenamento retira as impurezas como terra, areia e fragmentos de metais não removidos antes do armazenamento, através de vários tipos de peneiras vibratórias e rotativas com fluxo de ar. Ao passar novamente por um secador, os grãos têm sua umidade reduzida a 9,8%. Neste ponto, ocorre a pesagem para que seja estimado o rendimento de extração do óleo de soja. (SAMUEL OLIVEIRA; DUARTE, 2010)

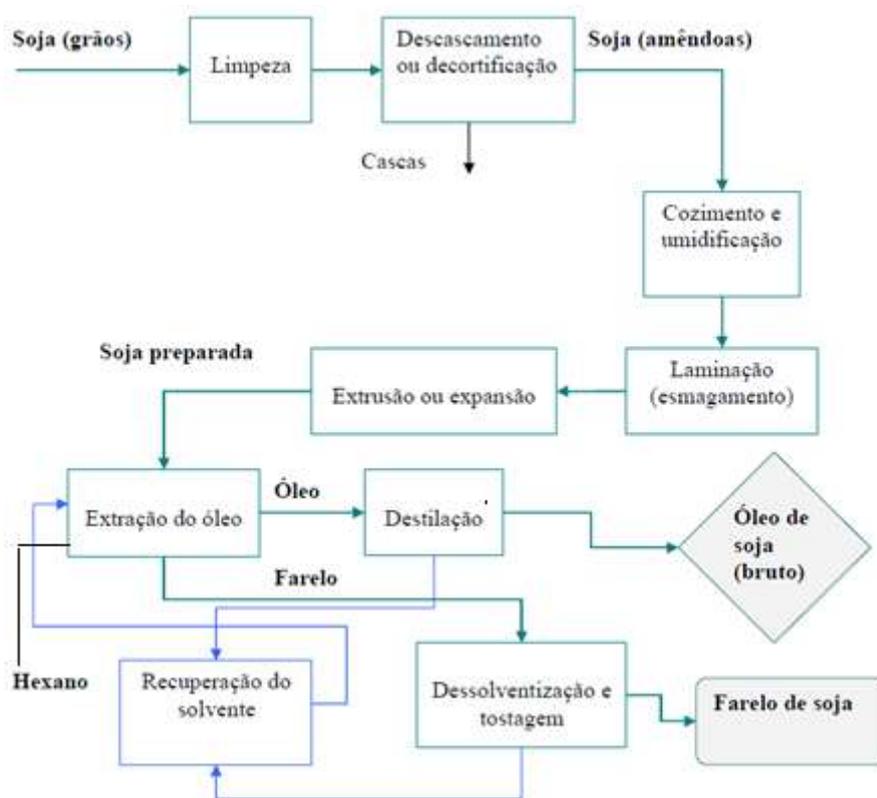


Figura 9 : Processo produtivo de óleo bruto e refinado de soja

Fonte: CASTRO, 2011

Visando a retirada da película que envolve os grãos, é feita sua decortificação, sendo mais utilizados os de rolos estriados horizontais, girando com velocidades diferentes e em sentidos contrários. (SAMUEL OLIVEIRA)

Como dito anteriormente, oleaginosas com teores abaixo de 20%, como a soja, utiliza-se extração por solvente apenas. Porém, em alguns casos na literatura (ZOT, 2006; CASTRO, 2011), alguns processos industriais (DUARTE, 2010) e em estudos realizados (SAMUEL OLIVEIRA), citam a utilização conjugada de prensas como forma de aumentar o rendimento em óleo, conhecido como operação mista.

Este preparo da soja para a extração com solvente é feito primeiramente com uma trituração em laminação em rolos, como forma de romper os tecidos e aumentar o contato com este solvente. Após esta etapa, também é feito o cozimento por meio de injeção de vapor úmido direto ou indireto, até uma temperatura entre 70 e 105°C. Finalmente, ocorre a Expansão, onde os grãos cozidos são homogeneizados em uma massa uniforme em um equipamento chamado de Expansor, que devido à alta pressão e a alta temperatura, a massa é expandida devido à queda súbita de pressão, e a umidade nela contida evaporada instantaneamente. (SAMUEL OLIVEIRA)

Na extração propriamente dita, o solvente é pulverizado na massa expandida onde o óleo pode estar na superfície. Sendo retirado por simples dissolução, o óleo pode estar presente no interior de células intactas, removido por difusão. O solvente mais utilizado nesta extração é o n-hexano, devido sua vantagem de alta afinidade com óleo e outras substâncias do grão (amido, proteínas e carboidratos), portanto imiscível em água. Porém, possui as desvantagens de ser altamente inflamável, nocivo e caro. (CASTRO, 2011)

Ainda com um teor de 0,5% a 0,6% de óleo, o farelo passa por um dessolventizador para retirada do solvente residual, sendo então seco e separado para utilização na indústria de ração. A solução de óleo no solvente chamada de “micela” passa, pela Destilação a vácuo, a temperatura de 70 a 90 °C, reduzindo a quantidade de solvente até cerca de 5%.(SAMUEL OLIVEIRA)

Em alguns processos, o óleo bruto extraído passa pela Degomagem, que consiste remover os fosfolipídeos (gomas), proteínas e substâncias coloidais. Ou seja, caso não realizada logo após a extração, os fosfolipídeos hidratáveis reagem com a umidade proveniente do ar, formando gomas nos tanques de armazenagem. (ENCICLOPÉDIA ON LINE WIKIPEDIA)

Conforme o objetivo deste trabalho em comparar a soja com a palma para produção de biodiesel, a figura a seguir apresenta um balanço de massa levantado por Castro (2011) em entrevista com especialistas, no qual é possível ter uma noção de rendimento produtivo da soja. Num processo de obtenção de óleo, a entrada de 100 kg de grãos de soja podem produzir cerca de 20 kg de óleo bruto, e 18 kg de óleo degomado, representando um rendimento de 18%. Como esperado, devido ao baixo teor de óleo, o maior rendimento cabe ao farelo, em torno de 76%. O interessante é ressaltar que para cada 100 kg de grãos, é necessário utilizar quase a mesma quantidade em solvente, amenizada em termos de custo pela recuperação e recirculação.

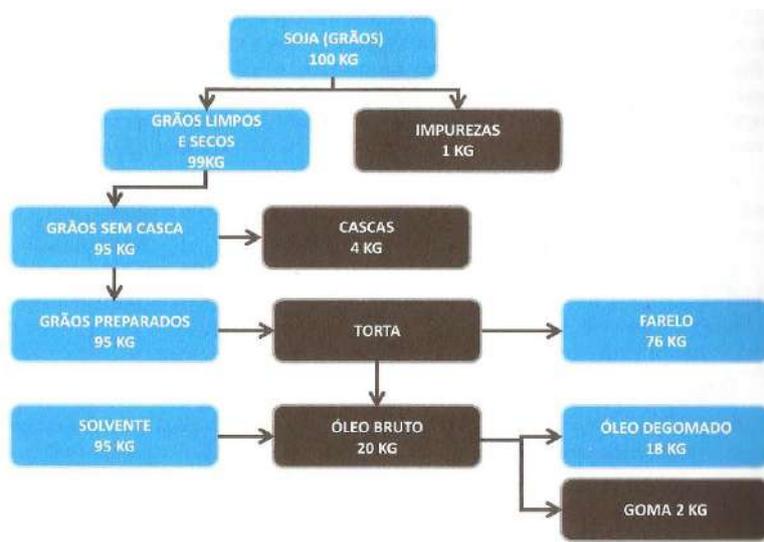


Figura 10: Balanço de massa da extração de óleo de soja

Fonte: CASTRO, 2011

3.1.2 - Palma

No caso da extração do óleo de palma e de palmiste, o processo é mostrado na figura 11. As etapas iniciais de limpeza são feitas de forma diferenciadas. Como foi mencionado na revisão bibliográfica, o fruto de palma após um período de maturação, começa a aumentar a quantidade de ácidos graxos livres, acelerada pela atividade enzimática das células da polpa. Como meio de desativar estas enzimas, os cachos inteiros passam pela operação de Esterilização, a temperatura de 135 °C e a pressão de 2 a 3 kg/cm². Tem o objetivo também de amolecer a polpa para facilitar a extração do

óleo e encolher parcialmente as amêndoas para facilitar a separação de sua casca. (VILELLA, 2009)

Com os cachos esterilizados, estes são Debulhados para soltar os frutos dos cachos. Os frutos, por sua vez, são transferidos para o digestor, onde são umedecidos por vapor indireto com agitação, amassados e aquecidos a uma temperatura constante de 95 °C, como forma de amolecer o mesocarpo (polpa) do fruto e facilitar a extração pela prensa. (MARZULLO, 2007)

Esta massa é esmagada numa prensa contínua, de onde se extrai o óleo de palma bruto e retira-se a torta de prensagem, formada pela amêndoa e as fibras. A torta de prensagem é secada e a fibra separada das amêndoas (VILELLA, 2009). As amêndoas são encaminhadas para o processo de obtenção do óleo de palmiste, que consiste na trituração, laminação, cozimento e prensagem (semelhante à soja). Todos os subprodutos como a torta de palmiste, cachos vazios, fibras, cascas e efluentes líquidos, apresentam larga aplicação na usina de extração e área de plantio (SANTOS,2008). O óleo cru de palmiste resultante é filtrado e enviado para um tanque de armazenagem, ao passo que a torta é retirada do filtro para o posterior uso citado (VILELLA, 2009).

O óleo de palma bruto passa em seguida por um processo de clarificação e purificação, no qual são separadas as suas impurezas mais densas e também se retira a umidade do óleo (máximo a 0,1 %), chamado de óleo de palma integral. O óleo de palma que se obtém neste ponto está pronto para seguir para o refino e fracionamento, exceto para a produção de biodiesel, onde não há esta exigência. (SANTOS, 2008)

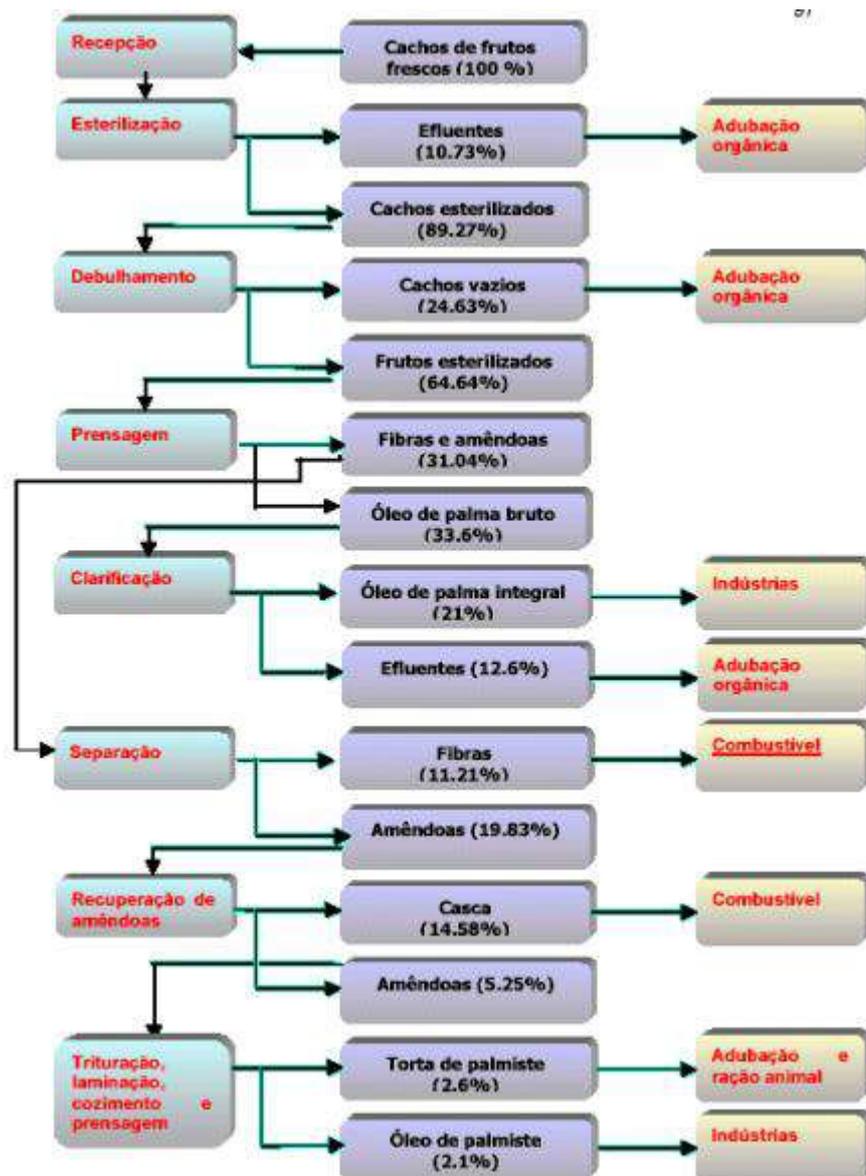


Figura 11: Operações do processo de extração do dendê, subprodutos e seus usos.

Fonte: LIMA, 2000 *Apud* SANTOS, 2008

Pelo balanço de massa da extração de palma, na figura 12, assim como levantado por Castro (2011) na soja, é possível verificar que além de produzir uma quantidade maior de matéria prima, gera uma massa de subprodutos menor (cachos vazios e fibras). Apesar de não possuírem o mesmo valor agregado, como o farelo de soja, podem ser reutilizados no próprio processo como fonte energética. Sob o ponto de vista de rendimento em óleo, a palma apresentou um rendimento de 21 %, considerando uma entrada de 100 toneladas em cachos de frutos secos e a produção de 21 toneladas de

óleo disponível para o biodiesel. Portanto, comparativamente, apresentou estimativas de massas melhor do que a soja, indicando haver vantagem em rendimento por tonelada, mesmo que em porcentagem não pareça significativa (3% a mais que a soja).

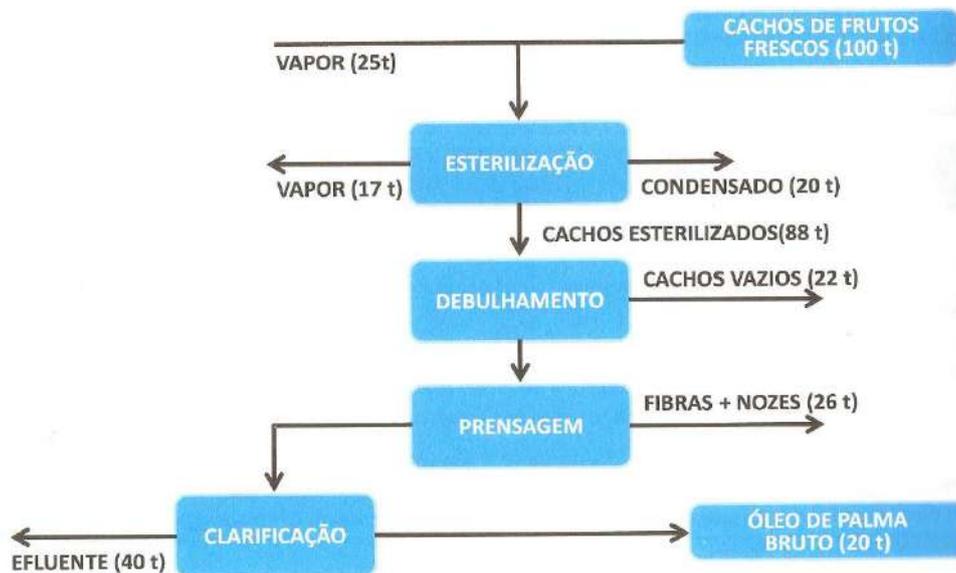


Figura 12: Balanço de massa da extração de óleo da palma

Fonte: CASTRO, 2011

3.2 – Etapa Pré-Produtiva

Nesta etapa, a escolha da matéria prima (óleo bruto) é uma realidade normalmente enfrentada pelos produtores de biodiesel, onde a questão do seu custo não é a única questão a ser considerada. As propriedades do óleo escolhido impactam diretamente nos processos necessários para sua conversão em ésteres alquílicos para biodiesel.

Muitos óleos vegetais brutos recebidos após a extração podem conter quantidades significativas de Ácidos Graxos Livres (AGL), que ao serem utilizados para a produção de biodiesel e passarem pela reação de conversão por transesterificação alcalina, a mais utilizada atualmente, podem formar produtos indesejados e ainda comprometerem a produção.

Um catalisador alcalino sob temperaturas não elevadas e em contato com estes AGLs, pode provocar a saponificação destes ácidos, formando sais (sabões) e água, consumindo e desativando o próprio catalisador (LORA e VENTURINI,2012). Knothe

et al.(2006) afirma que matérias primas com até 5% de AGL em suas composições, a reação ainda pode ser realizada com catalisadores alcalinos, devendo ser adicionado mais catalisador para compensar as perdas. Porém, em concentração de AGL superior a 5%, os sabões formados inibem a separação de fases entre o glicerol, subproduto da transesterificação, e os ésteres alquílicos, contribuindo para a formação de emulsões durante a lavagem aquosa.

Para isso, um catalisador como o ácido sulfúrico, pode ser utilizado para esterificar os AGL em temperaturas mais brandas, conforme a equação:



Ou seja, os ácidos graxos livres reagem com um álcool de cadeia curta, formando o alquil-éster correspondente e água. Catalisado pelo ácido sulfúrico, o catalisador pode absorver a água formada, sendo retirada e eliminada do processo. Desta forma, este processo de Esterificação ou Esterificação de Fisher, tem sido muito utilizado como um pré-tratamento do óleo bruto, reduzindo os níveis de AGL, potencializando o rendimento produtivo e possibilitando a posterior transesterificação por meio alcalino. (LORA e VENTURINI, 2012).

Bonalume (2007) afirma que óleos vegetais, especialmente os produzidos no Norte e Nordeste do país, possuem elevada acidez dado pelos ácidos graxos livres. Conforme citado anteriormente sobre as características do plantio da palma, passado o período de maturação, o nível de acidez tende a aumentar no fruto de dendê. Com isto, é possível que um pré-tratamento seja necessário para que o óleo de palma possa ser convertido em biodiesel.

Duarte (2010), ao acompanhar o processo de uma planta de produção, citou que alguns óleos com baixo teor de fosfatídeos (ésteres de ácidos graxos com grupos fosfatos na constituição), tais como óleo de palma, podem ser apenas refinados como melhoria na qualidade. Porém, óleos com alto teor, como o óleo de soja, devem ser neutralizados pelo processo químico. Ou seja, em alguns casos, há o interesse em aumentar o rendimento do processo, utilizando etapas como a esterificação. Em outros

casos, como o processo citado por Duarte, escolhe-se apenas a neutralização e remoção destes ácidos.

3.3 – Produção

3.3.1 – Processo Geral

Partindo-se do princípio de que a reação de transesterificação é a mais utilizada na produção do biodiesel, algumas condições principais são necessárias de serem atendidas. Uma delas já citada, trata da escolha do tipo de catalisador como o ácido ou o alcalino. Outros parâmetros tem grande influência nesta reação, como teores de umidade e ácidos graxos presentes no óleo bruto, a escolha do álcool e sua razão molar com o óleo, a temperatura e o tempo de reação. (KNOTHE *et al*, 2006)

Com objetivo de obter o maior rendimento possível, o álcool deve ser isento de umidade e a porcentagem de AGL deve ser inferior a 0,5%. Isto se deve a reação abaixo, no qual o éster formado poder ser hidrolisado, formando novamente o AGL e o álcool. Ou seja, reverter a reação. (KNOTHE *et al*, 2006)



A transesterificação (figura 13) é uma reação orgânica caracterizada pela formação de outro éster e outro álcool, quando ocorre a mistura de éster e álcool iniciais. Além de ser uma reação equilibrada, sua estequiometria exige a adição de três mols de álcool. Porém, um excesso deste (geralmente razão 6:1 de álcool) é adicionado como forma de aumentar o deslocamento do equilíbrio no sentido de formar mais ésteres, assim como permitir a separação das fases com a glicerina formada. (MOURAD, 2008)

Ainda sobre o álcool, Castro *et al.*(2011) fez um levantamento junto ao Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP) sobre a quantidade necessária de metanol e etanol, os álcoois mais utilizados no Brasil, seus preços num período de dois anos e meio aproximadamente e as rotas alcólicas mais utilizadas na maioria das usinas produtoras de biodiesel no Brasil. Foi constatado que a rota metílica possui uma margem pouco maior de rendimento em biodiesel que a rota etílica, além de não cobrir

os custos adicionais de seu uso necessário 2,5 vezes maior e de preços maiores do que o metanol. Isto implica na importação de metanol, devido sua baixa produção nacional, o que correspondeu à importação de 638 mil t em 2012, ainda segundo Castro *et al.*

Acrescenta-se também a vantagem de o uso do metanol facilitar a separação do glicerol ao éster formado na reação de transesterificação. (MOURAD, 2008)

Os componentes mais presentes nos óleos vegetais e gorduras animais são os triacilgliceróis ou triglicerídeos, que são ésteres de ácidos graxos com glicerol (1,2,3 – propanotriol). Estes possuem diferentes tipos de ácidos graxos que podem se ligar à cadeia do glicerol, perfilando as propriedades químicas características de cada triglicerídeo. (KNOTHE *et al Apud* FREITAS e PENTEADO, 2006)

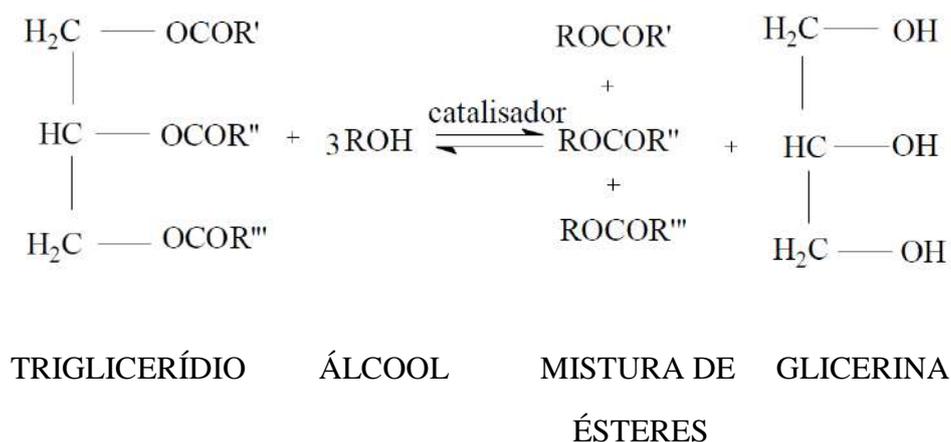


Figura 13 : Reação global de transesterificação

Fonte: MOURAD, 2008

Este processo global de transesterificação de óleos vegetais e gorduras representa uma sequência de três reações reversíveis e consecutivas, em que os monoglicerídeos e os diglicerídeos são os intermediários formados a cada etapa em que a hidroxila de cada álcool substitui um grupo alquila com o carboxilato (R-COO-). (CAIXETA, 2009)

Apesar da reação poder ser catalisada por ácidos e bases, os catalisadores alcalinos (NaOH, KOH, ou alcóxidos correspondentes) proporcionam processos muito mais rápidos que os catalisadores ácidos. Mesmo considerando-se que o óleo utilizado na transesterificação possui baixo teor de AGL, a formação de sabão deve ocorrer,

necessitando de mais etapas de purificação do biodiesel e da glicerina (BONALUME, 2007). Apesar do KOH apresentar maior vantagem pelo aproveitamento do subproduto, como um fertilizante pela presença do Potássio, este é o mais caro (KNOTHE *et al*, 2006). No entanto, por combinar alto rendimento e baixo custo, o metilato de sódio tem sido o catalisador mais utilizado pelos produtores de biodiesel em todo o mundo. (CAMERA, 2013)

Com isso, vale ressaltar o efeito de outras variáveis já citadas anteriormente sobre o desenvolvimento da reação. Outra desta variável é a temperatura, no qual podem ser diferentes dependendo da matéria prima utilizada. Lora e Venturini (2012) relatam pesquisas realizadas com óleo de dendê e óleo de soja, utilizando os mesmos reagentes como o metanol (em razão 6:1) e NaOH e KOH como catalisadores, no entanto em faixas de temperaturas diferentes e graduais. Os resultados das pesquisas mostraram que a medida que as temperaturas de transesterificação aumentavam, seus rendimentos em ésteres também aumentavam. Ficou claro que a temperatura influencia não apenas num aumento de rendimento de éster, com um máximo entre 60 e 80° C, mas também num aumento da cinética da reação.

Conforme o diagrama de blocos simplificado a seguir, pode-se perceber que o processo de produção utilizado geralmente é um processo relativamente simples e com condições brandas de operação, com baixas pressões e temperaturas próximas a ambiente. Iniciado pela preparação da mistura prévia do catalisador alcalino e do álcool, a reação principal ocorre geralmente num reator em batelada para processos abaixo de em torno de 4 milhões de litros/ano e em reatores de regime contínuo em leito agitado (RCLA) ou fluxo pistonado (*plug flow*) para usinas de grande porte. Com tempo em torno de 1 hora a 60° C, o éster formado (ex.: biodiesel de soja, $d = 0,877 \text{ g/cm}^3$ a 25 °C) se separa naturalmente do glicerol ($d = 1,26 \text{ g/cm}^3$ a 20°C) por diferença de densidade, no qual o éster é levado para uma injeção de ácido fosfórico como forma de retirar o catalisador residual e quebrar algum sabão que tenha se formado. Os sais de fosfatos e a fase aquosa formados nesta neutralização são separados em um separador decantador (FREITAS E PENTEADO, 2006), enquanto o éster pós-filtrado e lavado com água, passa por um destilador a vácuo numa temperatura entre 195 e 265 °C para finalmente estar disponível como biodiesel. AGL residuais derivados da acidificação dos sabões

formados são retirados nesta etapa, enquanto resíduos de sabões, metanol, sais, catalisador e glicerina são removidos na lavagem com água. (KNOTHE *et al*, 2006)

Quanto a fase mais densa dada pela glicerina (ou glicerol) e metanol, estes são destilados a vácuo numa temperatura branda de 28°C, para retirada da maior parte do metanol que será reutilizado na mistura com o catalisador inicial do processo. Semelhante ao éster, a glicerina é neutralizada com ácido fosfórico para retirada do catalisador residual e quebra de algum sabão que tenha se formado e separado no separador decantador. (FREITAS E PENTEADO, 2006) Finalmente, é destilado a vácuo novamente, mas a alta temperatura, para eliminação dos resíduos de metanol e água.

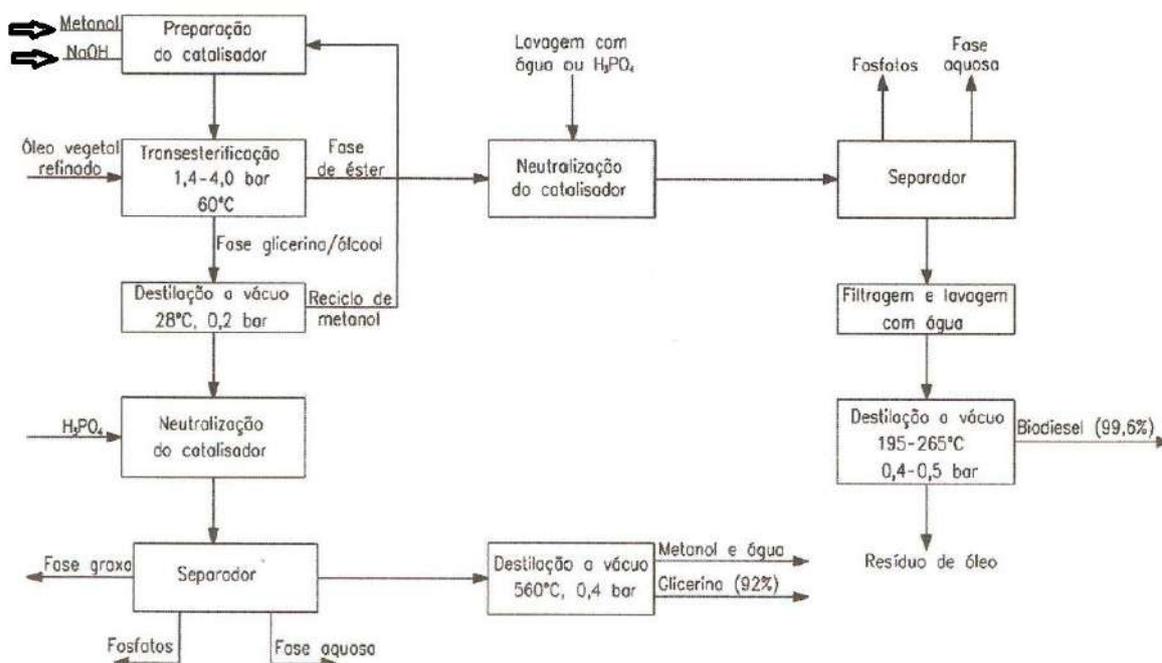


Figura 14 : Diagrama de blocos da transesterificação alcalina

Fonte: LORA e VENTURINI, 2012

O Glicerol, co-produto desta reação, tem apenas cerca de 80% de pureza devido sua contaminação por resíduos de catalisadores, sabão formado e água. Este co-produto normalmente é vendido por baixos preços a refinarias de Glicerol ou simplesmente descartados. Nestas refinarias, a contaminação é removida por destilação a vácuo, no qual passa a agregar grande valor ao produto. (KONDAMUDI, 2010)

Assim como no processo de extração, a seguir é mostrado o balanço de massa da produção de biodiesel a partir de cada tonelada do grão de soja ou do fruto seco de palma, como forma de visualizar as proporções médias entre os reagentes, insumos e produtos e coprodutos formados. Fica claro que para cada tonelada utilizada da produção, pelo teor de óleo de soja ou de palma em torno de 18 a 21%, respectivamente, irá disponibilizar 180 kg (193,6 L) de óleo de soja e 210 kg (228,3 L) de óleo de palma, aproximadamente. A partir desta quantidade de óleo extraído, a quantidade de álcool necessário é de 15, 7% do óleo, enquanto a de glicerina esperado é de 10,6% também em relação ao óleo. No caso do éster de soja, a massa estimada rende 166,3 kg (189 L) e 194 kg (220,5 L) do éster de palma, valores estimados a partir de suas densidades, 0,93 g/cm³ para óleo de soja e 0,92 g/cm³ para óleo de palma, como 0,88 g/cm³ para ambos ésteres. (PEIXOTO, A.M. *et al.*)

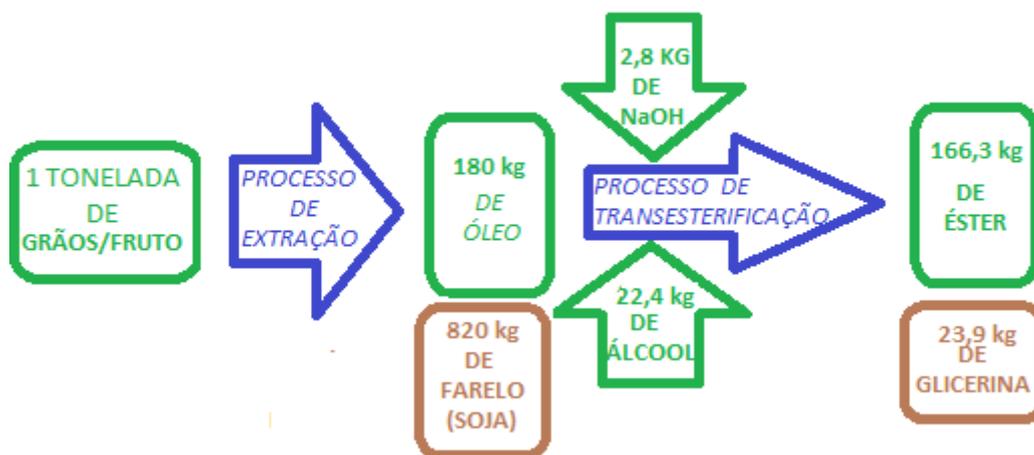


Figura 15: Balanço de massa do processo de Transesterificação da soja

Fonte: Elaboração própria a partir de MARZULLO, 2007

Como forma de fazer um comparativo entre as matérias primas, proposta deste trabalho, em termos de processo, fez-se um levantamento de algumas pesquisas realizadas nos últimos anos baseada nas alternâncias das principais variáveis que possam influenciar no rendimento em conversão do alquil ésteres para produção do biodiesel. Dentre as variáveis a citar estão: a temperatura, o tipo de catalisador, o tipo e quantidade de álcool; e o tipo de processo de conversão.

No que trata da temperatura, esta variável torna-se influente não apenas na velocidade da reação ou a possível formação de subprodutos, mas também na quantidade de energia necessária gasta para que ocorra. A exemplo disto, Eevera (2007) e mais dois pesquisadores realizaram experimentos com diversos óleos, dentre eles o óleo de palma, utilizando o metanol e o hidróxido de sódio, como álcool e catalisador, respectivamente, avaliando seus rendimentos em metil ésteres quando alterados parâmetros como: concentração de catalisador, quantidade de metanol requerido, tempo de reação e temperatura. Os resultados mostraram que temperaturas além do ideal, aceleravam a saponificação e que o óleo de palma alcançou o pico de rendimento, em torno de 98 %, quando a concentração de hidróxido de sódio chegou a aproximadamente 1,3% em peso em relação à massa de óleo. Além disso, um tempo de reação de 105 minutos, temperatura de 54°C e volume de 165 mL de metanol utilizado, foram alcançados nos seus maiores valores de éster obtidos. Considerando que as condições ótimas obtidas em relação a todos os óleos foram: tempo de reação de 90 min a 50° C, 180 ml de metanol em relação a 1000 ml de óleo e 1,5% em peso de NaOH, os resultados com óleo de palma foram bons resultados e bem próximas da idealidade.

Entretanto, Myint e El-Halwagi (2008) em suas pesquisas sobre análise e otimização do processo de produção de biodiesel a partir do óleo de soja, também puderam obter bons resultados em rendimento de éster, quando utilizaram reagentes e parâmetros semelhantes. Quando submeteram o processo de transesterificação a temperatura de 60°C, utilizando a razão de 6:1 de metanol em relação ao óleo de soja, catalisado por NaOH a 1% em massa com relação a massa também do óleo de soja, a conversão foi de 97% em biodiesel.

Quanto a quantidade de álcool, sua influencia é evidenciada na necessidade de garantir o sentido de formação de produtos na reação de transesterificação, conforme já citado, mas limitado a um interesse em reduzir o gasto com reagentes. Neste caso, Kucek *et al.* (2007) investigaram a etanolise do óleo de soja refinado, através de um planejamento experimental cujas variáveis foram: razão molar etanol: óleo de 6:1 e 12:1, concentração de catalisador de 0,3 e 1,0 % (m/m) de NaOH e KOH, e temperaturas de reação 30 e 70 ° C. De modo que, os resultados demonstraram que o emprego de concentrações elevadas de álcali gerou grandes perdas de rendimento devido à formação de sabões. O maior rendimento em ésteres em uma única etapa

reacional correspondeu a 97,2 %, utilizando razão molar de 12:1 (etanol: óleo), 0,3 % (m/m) de NaOH e temperatura de 70°C, sendo que rendimentos ligeiramente menores (95,6 %) foram obtidos com o emprego de 1,0 % (m/m) de KOH a 70°C. E a variável de maior importância para a etanólise do óleo de soja foi a razão molar etanol:óleo, enquanto que a temperatura não apresentou efeito significativo no rendimento da reação. Por outro lado, rendimentos superiores a 98 % somente foram atingidos quando uma segunda etapa de etanólise foi incluída no processo, utilizando o emprego de um adsorvente para remoção do sabão e outros intermediários da reação (CANDEIA, 2008).

Algumas questões têm levado o etanol ser menos utilizado, tais como: a sua menor conversão, 94,3% contra 97,5 do metanol; um poder calorífico 4% menor do que o diesel, contra 2,5% menor do metanol; maior contaminação de glicerina no biodiesel, maior consumo e preço (LEITE, 2013).

Vencidas as etapas técnicas de viabilizar e otimizar o processo com o objetivo de produzir o biodiesel, os custos envolvidos com estes reagentes e principalmente com estes óleos vegetais, também têm grande peso. Conforme será visto adiante, estes gastos são apenas parte de um todo que envolve a cadeia produtiva do biodiesel, mas que também estão como uns dos principais focos no desenvolvimento do processo. Ou seja, que se possa formar o produto em maior quantidade possível, rendimento satisfatório, com menor quantidade de reagentes possível e com menor custo de produção, principalmente se houver um aumento de preços.

4 – COMPARATIVOS DE CUSTOS

4.1 - Custos da Matéria-Prima

Conforme informações reunidas por Knothe *et al.* (2006), todo biodiesel produzido a partir de óleos de graus alimentícios não apresentam viabilidade econômica devido o custo com esta matéria-prima envolver cerca de 70-80% do custo total de produção. No entanto, estes custos em muitos países, como na Europa, são compensados por incentivos fiscais e econômicos por parte dos governos, conforme seus interesses que serão discutidos à diante.

Regidas pela lei da oferta e demanda, os preços dos óleos de soja e de palma apresentam cenários bem diferentes quando observamos a produção e o consumo do mercado brasileiro. De acordo com a figura 16, possui atualmente não apenas uma autossuficiência em óleo de soja, mas também boa capacidade de exportação. Ao contrário está o óleo de palma e palmiste (menos representativo). Seus consumos ainda estão além de sua produção, em torno de 180 mil toneladas a mais, necessitando o país importar grande quantidade para atender basicamente o mercado alimentício. Dados da ANP de abril (2013) mostram que a predominância do óleo de soja na produção de biodiesel ainda prevalece com 75,65%, contra apenas 1,11 % do óleo de palma.



Figura 16: Mercado brasileiro dos principais óleos vegetais em mil toneladas

Fonte: Globo Rural *Apud* Ubrabio

Apesar da soja não demandar importação de óleo, vale ressaltar seus dados do mercado internacional. Estatísticas levantadas no AGRIANUAL (2012), mostram que desde 2004, os Estados Unidos foram líderes em produção do óleo de soja, chegando a serem superados pela China em 2010. O mesmo não ocorreu neste período com o Brasil e a Argentina na disputa pelo 3º e 4º lugares, onde o Brasil só conseguiu liderar nos anos de 2004 e 2008. Até os últimos dados em 2012, A China permanecia como maior produtora com mais de 10,8 milhões de toneladas, seguida dos Estados Unidos com 8,5 milhões e Argentina e Brasil em 3º e 4º lugares respectivamente, com produção próxima de 7 milhões de toneladas.

Seguindo o mesmo levantamento, o óleo de palma possui desde 2004 uma predominância de oferta da Indonésia e da Malásia, que conseguiu superar a Indonésia apenas no primeiro ano. Em 2011, a produção malaia chegou a 18,4 milhões de toneladas contra 25,4 milhões da Indonésia.

De relevância ainda maior na avaliação de custos de produção bem como no preço final do biodiesel, a cotação do óleo de soja segue suas principais bolsas comerciais, as de São Paulo, Chicago e Rosário na Argentina. Segundo Ministério de Minas e Energia (MME), considerando os dois últimos anos nos meses de Janeiro, o valor do litro em reais apresentou muito pouca variação entre as bolsas, com exceção do último semestre de 2012 que houve valorização na bolsa de São Paulo. Pelas últimas cotações, as bolsas brasileiras e argentinas ficaram em torno de R\$ 1,8/ L enquanto a americana ficou próxima de R\$ 1,9/ L.

Para a palma, seus valores comercializados na bolsa da Malásia, cotaram para o mesmo período, valores desde R\$ 1,2/ L até picos de R\$ 2,0 /L. Atualmente, o preço do litro do óleo de palma está em R\$ 1,4 aproximadamente. Valores conforme gráfico a seguir.

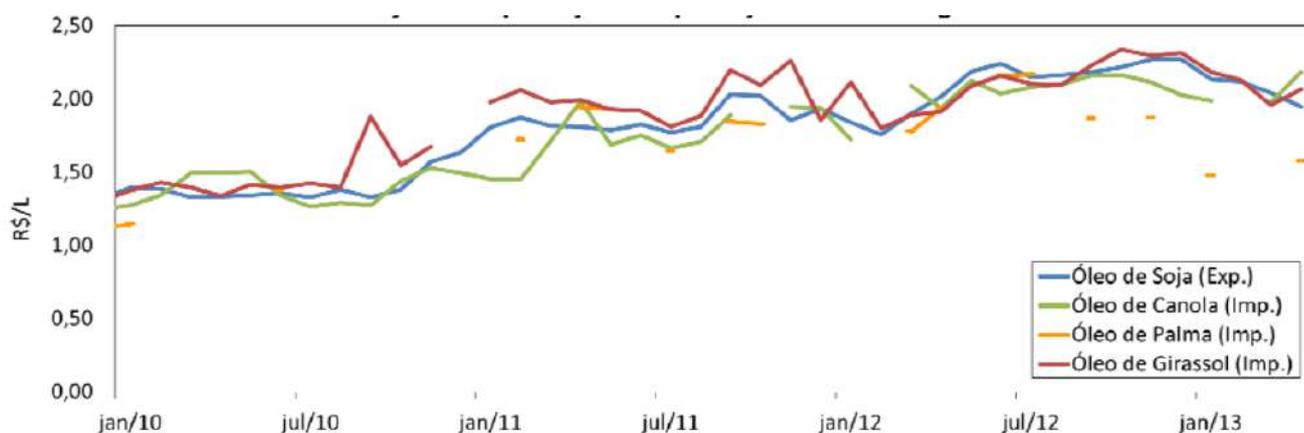


Figura 17: Preço de exportação e importação de óleos vegetais

Fonte: MME, 2013

Mesmo o óleo de palma extraído no Brasil, acaba sobrevalorizado devido a outros fatores além dos custos elevados de extração, como os custos envolvendo o transporte até as usinas. Devido à localização do plantio e da extração estarem ao Norte do país, ficam distantes dos produtores de biodiesel e estes se estiverem próximos, ficarão distantes dos centros consumidores concentrados no Sul e Sudeste. (RODRIGUES, 2011)

Assim como diversos fatores, sejam climáticos, biológicos ou mesmo econômicos, podem influenciar nos preços dos óleos por consequência dos preços dos grãos de soja e dos frutos de palma, o mesmo pode ocorrer com o valor final do biodiesel comercializado nos leilões. Mais uma forma de visualizar o peso o custo do óleo tem sobre a produção e venda do biodiesel, está no gráfico a seguir.

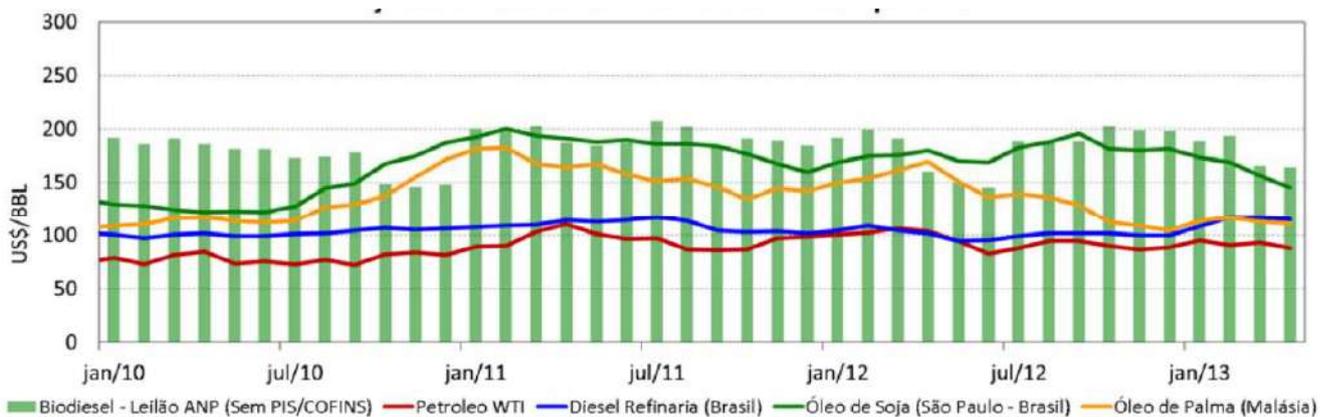


Figura 18: Preço de biodiesel nos leilões da ANP e comparativos

Fonte: MME, 2013

Cotado em dólares por barril de óleo referenciado, é possível verificar que os preços do biodiesel estão sempre acima do petróleo e do diesel, no qual há interesse futuro de substituição. Além disso, as cotações somente dos óleos vegetais se mantiveram acima do petróleo e do diesel, bem como do próprio biodiesel, no período de janeiro de 2010 a maio deste ano.

Com isso, considerando o tamanho da participação do custo destes óleos no custo total de produção, seus preços, além de outros fatores como falta de incentivos fiscais do governo, existem grandes desafios a vencer para que haja uma maior equiparação entre os preços dos biocombustíveis e os de origem fóssil. Por conseguinte a demanda de biodiesel é sempre a compulsória, para cumprir a obrigação de adicionar um determinado teor ao *pool* de diesel.

Nos últimos anos, após o Brasil ter se utilizado do complexo agroindustrial pré-preparado da soja, investimentos estão sendo feitos na busca de outras fontes que sejam atrativas tanto tecnologicamente quanto economicamente.

Em matéria publicada na revista Globo Rural (2013), a grande aposta do setor de biodiesel para os próximos anos é o óleo de palma. Nos últimos cinco anos, o volume de óleo de palma importado pelo Brasil subiu de 95.000 toneladas para 250.000 toneladas ao ano e o de palmiste de 70.000 para 175.000 toneladas. “Temos um consumo doméstico importante desse tipo de óleo, já existente da demanda no Brasil para fins da indústria de alimentação e ainda somos grandes importadores”, afirma o gerente de economia da ABIOVE (Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais), Daniel Amaral (FRAGA, 2013). Uma parte considerável da importação de palmiste se destina a planta de oleoquímica da Oxiteno em Camaçari.

Outro exemplo do potencial e investimento no óleo de palma foi noticiado no jornal Valor Econômico. Nele dizia que o líder no mercado de óleo de palma no Brasil, a Agropalma ganhava outros investidores no Pará. Empresas de grande peso no mercado mundial, como Vale do Rio Doce, Petrobras e a americana ADM, entraram nesse mercado, ainda que com objetivos diferentes. De acordo com o gerente de desenvolvimento de projetos da ADM no Brasil, Diego Di Martino, a demanda forte pela matéria-prima e as áreas abertas no Pará, além da atuação da empresa na área de biodiesel, animaram o grupo a diversificar o portfólio no país. Para a Petrobras, o empreendimento, definido no Plano de Negócios e Gestão 2012-2016, terá capacidade de produzir 230 milhões de litros de biodiesel por ano, para atender à região norte do país. Já para a Vale do Rio Doce, “a palma deverá substituir 3% dos dois bilhões de litros por ano de diesel que consumimos hoje, entre logística e equipamentos de minas, disse Márcio Maia, diretor de operações de Bioenergia da Vale. (Valor Econômico, 2012)

4.2 Custos de Produção do Biodiesel

4.2.1 - Intrínsecos

Como os custos de produção do biodiesel apresentam muitas variáveis que impactam diretamente (a exemplo da escolha do processo adotado) e que determinam os reagentes e insumos a serem utilizados, principalmente a matéria graxa a ser convertida, será

considerada como referência a tabela a seguir citada por Arandas (2011), da participação dos principais gastos envolvendo um processo predominante, como a transesterificação.

É possível observar o tamanho da diferença do gasto com o óleo vegetal proporcionalmente em relação aos principais gastos totais, assim como em relação aos reagentes. Diferença esta que não está restrita a quantidade necessária no processo, mas também ao seu custo unitário, conforme apresentado no item anterior.

REAGENTES	
Óleo Vegetal	87,98%
Catalisador	2,41%
Metanol	5,36%
OUTROS INSUMOS	
Ácido Fosfórico	0,20%
Ácido Cítrico	0,13%
Ácido Clorídrico	0,47%
Soda Cáustica	0,38%
Ácido Sulfúrico	0,01%
UTILIDADES	
Água de processo e resfriamento	0,03%
Energia Elétrica 60 HZ	0,29%
Vapor de 15kgf/cm²	1,17%
Ar de instrumento	0,04%
Nitrogênio Líquido	0,02%
Serviços (Manutenção)	0,58%
Pessoal	0,92%
TOTAL	100,00

Tabela 2: Custos por tonelada de biodiesel produzido

Fonte : ANP

Aurélio Murta (2008) em sua dissertação de doutorado sobre Análise da Viabilidade de Autoprodução de Biodiesel por Frotistas, buscou desenvolver um estudo com objetivo de comprovar a viabilidade do uso de biodiesel em transportes, assim como fazer uma análise dos custos de implantação e produção do biodiesel de soja, palma e o *blend* (mistura) de ambos, contemplando a autoprodução de biodiesel pela empresa Vale do Rio Doce para abastecimento da Estrada de Ferro Carajás – EFC.

Por tratar-se da implantação de um complexo produtivo, formado por unidades de extração, unidades de armazenamento, usina de produção de biodiesel, estação de tratamento de efluentes, entres outros como a sede administrativa, será focado apenas os custos envolvendo a usina, ou seja, os custos operacionais.

Seus custos operacionais foram divididos em custos fixos, aqueles no qual não sofrem influência do nível de produção; custos variáveis, que representam os custos que aumentam ou diminuem de acordo com a produtividade; o custo total dado pela soma dos citados custos e o custo médio, calculado pela razão entre o custo total e a quantidade produzida (conhecida como valor unitário).

Considerando o processo de produção realizado por transesterificação, utilizando o metanol como álcool reagente, o KOH como catalisador, além de outros insumos como ácidos e água descritos na seção de processo, seus custos são apresentados na tabela à seguir, para uma produção estimada envolvendo 40 milhões de litros anuais.

CUSTOS	Soja		Palma	
1 - Custos Fixos				
Tributos	R\$	6.847,73	R\$	6.847,73
Gerenciamentos	R\$	6.900,00	R\$	6.900,00
Manutenções	R\$	3.600,00	R\$	3.600,00
Salários	R\$	17.800,00	R\$	17.800,00
Provisionamentos	R\$	5.570,60	R\$	5.570,60
Subtotal	R\$	40.718,33	R\$	40.718,33
2 - Custos Variáveis				
Tributos	R\$	1.157.878,50	R\$	1.442.799,48
Custo Óleo	R\$	8.351.338,84	R\$	10.540.495,87
Custo Metanol	R\$	588.270,33	R\$	588.270,33
Custo KOH	R\$	53.553,72	R\$	53.553,72
Custo Aditivos	R\$	32.000,00	R\$	32.000,00
Custo Transporte	R\$	265.220,89	R\$	377.758,08
Custo Telefone	R\$	1.000,00	R\$	1.000,00
Custo Água	R\$	4.813,69	R\$	4.813,69
Custo Energia	R\$	23.691,42	R\$	23.691,42
Custo Gás Natural	R\$	-	R\$	-
Subtotal	R\$	10.477.767,40	R\$	13.064.382,58
Custo Total	R\$	10.518.485,73	R\$	13.105.100,92

Tabela 3: Custos de produção apenas do biodiesel de soja e biodiesel de palma

Fonte: Murta, 2008

Vale ressaltar que apesar das estimativas de Murta considerar o cenário econômico em 2008, mais importante do que os reajustes para valores atuais, são as proporções de custos entre estes itens, principalmente os custos de maior valor.

Conforme demonstrado por Arandas (2011) anteriormente, o predomínio do maior custo envolveu a aquisição do óleo vegetal. Neste caso apresentado pela tabela, os gastos com os óleos vegetais representaram 79,4 % em relação ao custo total, enquanto os tributos representam 11%, o metanol 6% e o transporte 2,5% do custo total de produção. Porém, os preços dos óleos foram estimados acima do mercado internacional, com valores em torno de R\$ 2,53/ L para a soja e R\$ 3,19/ L para a palma. Isto se deve ao projeto desenvolvido por Murta considerar o suprimento de óleo de palma por uma empresa no norte do Pará e o de óleo de soja por empresas do norte do Pará e Tocantins e sul do Maranhão. Com isso, devido suas diferenças significativas em suas cotações nos preços de seus óleos correspondentes, a palma apresentou um custo significativamente maior do que a soja.

Por conseguinte para ter uma noção do impacto destes custos elevados envolvendo as matérias-primas e os tributos sobre o preço final do biodiesel puro (B100) e um *blend* de 20% de biodiesel (B20), foi calculado que para o B100 de soja sairia a R\$ 3,156 e o B100 de palma R\$ 3,932. Já o B20 de soja seria de R\$ 2,27 e de palma R\$ 2,43. Ou seja, com investimentos maiores no desenvolvimento da palma no país, seria possível reduzir estes custos e tornar ainda mais vantajoso diante da soja (MURTA, 2008).

4.2.2 - Extrínsecos

A cadeia produtiva do biodiesel possui várias etapas: produção e obtenção da matéria-prima básica, que no caso dos óleos vegetais considera-se a etapa de plantio das plantas para o grão ou fruto, e a extração do óleo; obtenção dos outros insumos para o processo de transesterificação, a produção do biodiesel e sua distribuição através de distribuidoras atacadistas e varejistas para os consumidores finais no mercado interno, onde é vendido misturado ao diesel, ou exportação para o mercado externo, ainda muito pouco significativo (GARCIA, 2007). Neste trabalho, serão considerados custos extrínsecos os custos que envolvem as etapas antes e após a produção do biodiesel, neste caso o consumo intrínseco.

De acordo com IBP & COPPEAD (2007), a seguir são demonstradas as diferentes organizações das etapas produtivas do biodiesel. Em cada modelo as etapas podem funcionar de forma agregada as outras, chamada de verticalizada, ou separadas entre si mostrando seus produtos transportados.

Assim como no modelo 1, as etapas que se encontram desagregadas, podem estar muito afastadas ou próximas dependendo dos interesses, como estar mais próximo do local de cultivo ou do centro consumidor, porém tende a ser mais oneroso uma vez que se gasta muito com transportes diretamente proporcionais às distâncias entre as unidades, armazenagem e controle de suprimento. Um exemplo é o modelo 2, como pode ser o caso do óleo de palma, onde existe uma usina esmagadora atrelada à etapa agrícola, eliminando uma etapa de transporte significativo, mas a usina produtora de biodiesel continua afastada. Já no modelo 3, a extração do óleo é feita na própria usina de biodiesel, que possui equipamentos de indústria esmagadora, geralmente ficando mais próximas do centro consumidor. E no modelo 4, as usinas de extração de óleo e de produção de biodiesel estão agregadas e ficam bem próximas da área agrícola. (de CARVALHO, 2012)

Ressalta-se que caso os pontos finais, como postos ou terminais, sejam numerosos e distantes, os custos desta distribuição incidirão sobre o preço final do biodiesel na bomba, aumentando ainda mais estes custos. Além disso, devido o custo com transporte basear-se na distância entre as unidades e também na quantidade a ser transportada, a questão da distância variável é um fator comum entre todas as unidades. No entanto, a questão da quantidade transportada onera mais entre a agricultura e a esmagadora, devido menor teor dos grãos e dos frutos obrigarem o transporte de uma quantidade maior do que a de óleo.

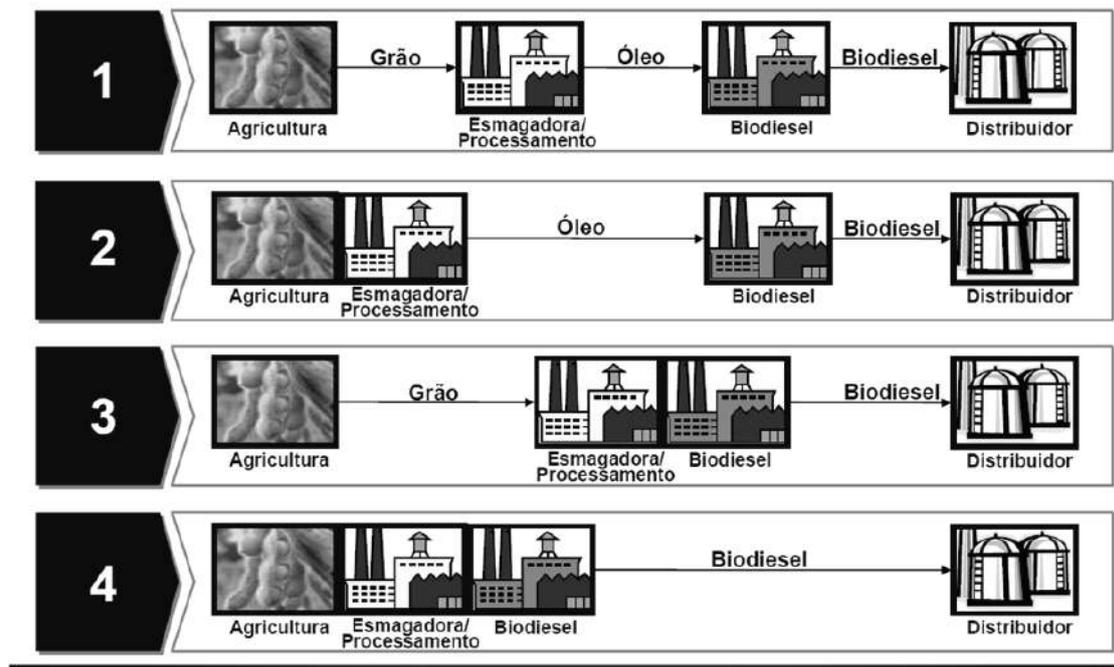


Figura 19 - Diferentes organizações das etapas de produção de biodiesel.

Fonte: IBP & COPPEAD (2007) *Apud* de CARVALHO, 2012

Como foi citado na revisão bibliográfica, a palma por possuir a necessidade de extração do óleo em curto espaço de tempo, para não elevar os níveis de ácidos graxos, impossibilita as organizações 1 e 3 neste modelo pela necessidade que o plantio e a esmagadora estejam próximas, como nas organizações 2 e 4.

Marzullo (2007) em sua dissertação de mestrado, fez uma avaliação econômica comparativa entre os custos envolvidos pela soja e a palma, dividindo as etapas externas de produção em 3 subsistemas: agrícola, de extração e de transporte.

Para o agrícola, baseado no AGRIANUAL (2012), o custo médio de produção do cacho de fruto freco (cff) do dendê é de R\$ 0,23/kg/ ano ou R\$ 234,00/ t/ ano. Já no caso da soja, é de R\$ 0,39/kg/ ano ou R\$ 390,00/ t/ ano. Ou seja, considerando a produtividade média por hectare (ha) do dendê de 18 toneladas, seu custo vai a R\$ 4.212,00/ha/ ano aproximadamente. No caso da soja, com uma produtividade média de apenas 2,88 toneladas por hectare, seu custo será de R\$ 1.123,00/ha. Portanto, apesar dos custos por hectare para o dendê serem de quase quatro vezes o da soja, sua produtividade chega em torno de 8 vezes também comparada a da soja. Cabe ressaltar

que nestes custos de produção, para o dendê estão embutidos os custos para preparação inicial da área, custos administrativos (luz, telefone, impostos, depreciação, etc.), custos de operações manuais, custos de insumos (fertilizantes, sementes e defensivos). Já para a soja, estão inclusos os custos de operações mecanizadas, insumos (defensivos agrícolas, calcário, inoculante e fertilizante), custos administrativos e custos pós-colheitas (armazenamento, pré-limpeza e secagem). (MARZULLO, 2007)

Considerando que foram abordados os principais custos envolvendo a etapa produtiva do biodiesel para as duas culturas, a seguir são expostos resumidamente os principais custos da etapa agrícola, como forma de comparar também os custos entre as duas etapas, além das culturas.

Como foi citado anteriormente, a cultura da palma possui um ciclo produtivo muito diferenciado em relação à soja. Seu ciclo se inicia no terceiro/quarto ano após o plantio, aumentando gradativamente até o sétimo/ oitavo ano, período aproximado do pico produtivo. Com estabilidade até o décimo sétimo ano, decresce entre o 25º e 30º anos.

Para efeito comparativo com a soja, serão expostos valores correspondentes ao período de maior despesa, relativos entre o 9º e o 21º ano de produção. Além disso, os dados citados e coletados por Castro *et al.* (2010), referem-se aos custos relativos à região de maior produção brasileira, a região centro-oeste. Comum às duas culturas, os dados são de empresas capitalistas (não-familiares) e da safra de 2007/ 2008.

ITEM DE DESPESA	PALMA		SOJA	
A. OPERAÇÕES	Mecanizadas e Manuais	R\$/ ha 1.128, 56	Mecanizadas e Manuais	R\$/ ha 440, 19
B. INSUMOS	Sementes, Adubos, Fertilizantes e outros	R\$/ ha 1.393, 25	Sementes, Adubos, Defensivos, Fungicidas, Herbicidas, Inseticidas e outros	R\$/ ha 1.082,79
C. ADMINISTRAÇÃO	Administrador, Assistência técnica, Contabilidade, Impostos e outros	R\$/ ha 170, 17	Administrador, Assistência técnica, Contabilidade, Impostos e outros	R\$/ ha 49,56
Total	A + B + C	2.691, 97	A + B + C	1.712, 72

Tabela 4: Exemplo de custos da etapa agrícola para a cultura da palma e da soja

Fonte: Elaboração própria a partir de Castro *et al.*

Para os custos de extração, será considerado como referência o estudo de viabilidade de extração de óleo de dendê realizado no estado do Pará em 2007 e coordenado pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário. Estimando-se uma capacidade de processamento de 48 toneladas de cff por dia, previa-se um custo total de extração em torno de R\$ 4,046 milhões, no qual, cerca de 53,4% do custo correspondeu a aquisição de matéria-prima. Embutidos nestes custos, em menores proporções, estavam os custos com mão-de-obra operacional, insumos e utilidades (energia elétrica e água),

manutenção, impostos, custos administrativos e depreciações. Considerando uma cotação no período de R\$ 1,63/L do óleo e de R\$ 150/t, calculou-se uma receita em torno de mais de 5 milhões de reais. Para valores de 2011, correspondentes aos dados do AGRIANUAL, com uma cotação média do dólar de R\$ 1,625 e com a tonelada métrica do óleo custando em média U\$ 1.213,8 (~R\$1.972,4), ou R\$ 1,97/ L, estima-se que ainda seja rentável o investimento na sua indústria de esmagamento mesmo para o aumento no custo da tonelada de cff de dendê (R\$ 230/t).

No caso da soja, utilizando-se o levantamento feito por Édio Patric *et al.*(2012) em seu artigo sobre perdas de matéria-prima na indústria de óleo de soja, foram analisadas as causas potenciais de perdas de hexano em uma indústria de óleo de soja no sul do Brasil. Dentro desta análise, fizeram o levantamento dos principais custos envolvidos na produção. Com uma capacidade instalada de 1.000 toneladas/ dia de esmagamento de grãos, o gasto total chegou a R\$ 178 milhões com R\$ 165, 82 milhões (93% do custo total) correspondendo apenas com a compra da soja. Embutidos neste custo total, foram incluídos mão-de-obra, energia elétrica, lenha, serviços contratados, hexano, depreciações e tributos.

Finalmente, em relação aos custos relacionados ao transporte, vale destacar que conforme já foi dito, que quanto maior a distância entre qualquer etapa, maior o preço do frete. Com um arranjo logístico nacional 67% dependente das rodovias, a cadeia produtiva do biodiesel também não escapa desta dependência. (RODRIGUES, 2011)

A partir da tabela 5 de referência retirada na portaria publicada pela secretaria de fazenda de Cuiabá- MT para instituir tabela de frete para efeito de base de cálculo e recolhimento do ICMS, é possível verificar como funciona o cálculo para custo de transporte de cargas como cargas secas, grãos e óleos vegetais. Ou seja, os preços estão de acordo com o tipo de carga a ser transportada e trechos a percorrer por faixas a cada 50 km.

Ordem Numérica	Distancia em Km	Carga: Seca n/ Fracionada	Carga: Frigorífica	Transporte de Carga			
				Grãos a Granel	Farelo a Granel	Óleo Vegetal	Algodão Pluma
		Frete R\$ / Ton.	Frete R\$ / Ton.	Frete R\$ / Ton.	Frete R\$ / Ton.	Frete R\$ / Ton.	Frete R\$ / Ton.
1	0001 a 0050	30,53	42,42	25,42	28,52	29,45	37,51
2	0051 a 0100	34,65	48,15	30,61	32,37	33,43	42,58
3	0101 a 0150	37,21	51,70	32,87	34,76	35,89	45,72
4	0151 a 0200	40,14	55,76	35,46	37,50	38,72	49,30
5	0201 a 0250	44,27	61,50	39,10	41,35	42,69	54,38
6	0251 a 0300	57,58	79,98	50,85	53,78	55,53	70,74
7	0301 a 0350	62,38	86,65	55,10	58,27	60,17	76,64
8	0351 a 0400	66,96	93,03	59,15	62,55	64,58	82,26
9	0401 a 0450	81,99	113,91	72,42	76,59	79,09	100,73
10	0451 a 0500	90,99	126,41	80,37	84,99	87,77	111,78
11	0501 a 0550	95,71	132,96	84,54	89,40	92,32	117,58
12	0551 a 0600	99,67	138,46	88,04	93,10	96,14	122,44

Tabela 5: Preços do frete no mercado

Fonte: Secretaria da fazenda de Cuiaba – MT (2011)

Segundo o coordenador técnico de uma empresa de logística, distâncias maiores permitem uma quilometragem mensal maior, diminuindo tempos perdidos com cargas e descargas e diluindo custos fixos, como depreciação, salários dos motoristas, seguros, licenciamentos e etc. (SALDANHA, 2010) No entanto, questões com gastos em manutenções devido às condições das estradas brasileiras têm influenciado fortemente os preços dos fretes. Analisada todas as regiões do país, foram feitas avaliações a respeito da conservação destas estradas, apresentando um nível percentual maior dentro da faixa considerada regular, em comparação com as consideradas ruim, péssimo, bom e ótimo, conforme o estudo feito pelo IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2007).

Tratando-se da cadeia produtiva do biodiesel, os custos associados ao transporte entre a agricultura e a indústria esmagadora, demonstra pela tabela anterior uma diferença entre as matérias-primas, considerando que a carga seca como os cff de dendê são mais caros do que a carga a granel dos grãos de soja, apesar dos cff de dendê não serem transportados por longas distâncias devido a necessidade de extração do óleo em pouco tempo, conforme dito anteriormente. O mesmo não ocorre com o óleo vegetal,

que pode constituir qualquer das duas matérias-primas, mas com valores intermediários entre a carga seca e a carga a granel.

Em relação à etapa de distribuição do biodiesel, desde a implantação do biodiesel na matriz energética brasileira em 2005, sua comercialização funcionava na modalidade de frete tipo *free on board* (FOB), no qual todos os custos de retirada do produto nas usinas corriam por conta do comprador. Isto fez com que se colocasse um produtor localizado longe do centro de consumo e mais próximo à matéria-prima, no mesmo nível de concorrência do que possuía a usina próxima ao centro consumidor. Em seguida, o Ministério de Minas e Energia publicou uma portaria estabelecendo o Fator de Ajuste Logístico (FAL), uma tabela de valores calculados em função do frete entre Estado de origem do biodiesel e o seu destino final, incluídos nos preços comercializados nos leilões de venda do biodiesel. Desta forma, descentralizou a produção que se encontrava mais concentrada nas regiões de maior produção, como o Centro-Oeste e Sul (maiores produtores de soja), e diminuiu a distância e o custo associado entre a produção e o consumo. (RODRIGUES, 2011)

Com todas as questões envolvendo os custos totais resolvidas, o que se espera é que as questões envolvendo a aplicação do produto biodiesel, também tenham sido solucionadas. Problemas como falhas mecânicas nos motores a diesel ou relacionadas ao ambiente, como emissões de gases poluentes, serão abordados no próximo capítulo. Afinal, são razões para impactarem diretamente na venda do produto final biodiesel, cobrindo os custos de sua produção e gerando o lucro esperado.

5. ASPECTOS TECNOLÓGICOS: PARÂMETROS DE QUALIDADE VERSUS DESEMPENHO DO MOTOR E EMISSÕES

As questões envolvendo a viabilidade técnica além de estarem no mesmo grau de importância do que a avaliação da viabilidade econômica pelos custos envolvidos, destaca-se também pela capacidade de responder questões como se além do produto biodiesel ser desenvolvido competitivamente, também poder ser aplicado sem restrições técnicas. A partir disto, a particularidade sobre o biodiesel está sobre sua aplicação na forma pura (B100) ou em diferentes proporções misturadas ao diesel fóssil. O resultado destas aplicações pode ocorrer na forma de problemas mecânicos nos motores ou relativo às questões ambientais, por consequência das emissões geradas na sua queima.

5.1 – Questões Mecânicas

Principalmente no início da implantação do biocombustível na matriz energética, diversas discussões e críticas surgiram no Brasil, principalmente vinda de importantes instituições como as montadoras representadas pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) e das fabricantes de peças o Sindicato Nacional dos Fabricantes de Componentes Automotivos (SINDPEÇAS). Sob pressão de produtores e do governo, estas instituições apontavam a necessidade de realizar pesquisas e testes laboratoriais, com acompanhamento técnico de frotas, como forma de verificar os efeitos da mistura em proporções acima de 2% na câmara de combustão e nos sistema de alimentação, de injeção de combustível e de lubrificação (SILVA, 2006). Responsável legalmente pela durabilidade e funcionamentos dos motores, os tornou muitas vezes a força resistente ao uso e características do biodiesel. (FREITAS, 2010)

Segundo a visão da indústria automobilística, uma das grandes vantagens do biodiesel quanto à aplicação, em relação aos outros combustíveis mais limpos que os convencionais, como o gás natural e o biogás, está em não requerer adaptação ou troca de motores. Porém, Em função de o conteúdo energético do biodiesel puro (B100) ser cerca de 11% menor do que o do óleo diesel mineral, há uma pequena perda de potência

dos motores quando em operação, com uma perda de aproximadamente 5 a 7% na potência máxima, podendo variar dependendo da porcentagem misturada ao óleo diesel mineral. O problema maior é que estas restrições podem vir acompanhadas de uma variedade de problemas maiores, tais como: entupimentos dos filtros; carbonização dos injetores; furo e quebra dos anéis do pistão; ressecamento e ruptura dos selos; e degradação severa do óleo lubrificante do motor. Por essa razão, recomendam a realização de testes e uma especificação mais detalhada do biodiesel puro, para garantir que não ocorram problemas com os motores convencionais. (MARQUES E JÚNIOR, 2006)

Em 19 de março de 2008, a ANP publicou a resolução nº007/2008 descrevendo as especificações técnicas a serem seguidas como determinação de qualidade na comercialização do biodiesel. Esta resolução foi resultado de uma revisão da resolução anterior, como forma de aumentar a convergência e o enquadramento às especificações americanas (ASTM D6751) e europeias (EN 14214), conforme tabela comparativa 6. (VILELLA, 2009)

Característica	Unidade	Limite	Método		
			ABNT NBR	ASTMD	EN/ISO
Aspecto	-	LII (1)	-	-	-
Massa específica a 20° C	kg/m ³	850-900	7148	1298	EN ISO 3675
			14065	4052	EN ISO 12185
Viscosidade Cinemática a 40°C	mm ² /s	3,0-6,0	10441	445	EN ISO 3104
Teor de Água, máx. (2)	mg/kg	500	-	6304	EN ISO 12937
Contaminação Total, máx.	mg/kg	24	-	-	EN ISO 12662
Ponto de fulgor, mín. (3)	°C	100,0	14598	93	EN ISO 3679
Teor de éster, mín	% massa	96,5	15342 (4) (5)	-	EN 14103
Resíduo de carbono (6)	% massa	0,050	-	4530	-
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	6294	874	EN ISO 3987
Enxofre total, máx.	mg/kg	50	-	-	EN ISO 20846
			-	5453	EN ISO 20884
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	5	15554 / 15555	-	EN 14108 / 14109
			15553 / 15556	-	EN 14538
Cálcio + Magnésio, máx.	mg/kg	5	15553 / 15556	-	EN 14538
Fósforo, máx.	mg/kg	10	15553	4951	EN 14107
Corrosividade ao cobre 3h a 50°C, máx.	-	1	14359	130	EN ISO 2160
Número de Cetano (7)	-	Anotar	-	613 / 6890 (8)	EN ISO 5165
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	19 (9)	14747	6371	EN 116
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,50	14448	664	-
			-	-	EN 14104 (10)
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02	15341 (5)	-	-
			-	6584 (10)	EN 14105 (10)
Glicerol total, máx.	% massa	0,25	-	-	EN 14106 (10)
			15344 (5)	6584 (10)	-
Mono, di, triacilglicerol (7)	% massa	Anotar	-	-	EN 14105 (10)
			15342 (5)	6584 (10)	-
Metanol ou Etanol, máx.	% massa	0,20	15343	-	EN 14110
Índice de Iodo (7)	g/100g	Anotar	-	-	EN 14111
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín (2)	h	6	-	-	EN 14112 (10)

Tabela 6: Especificações técnicas brasileira, americana e europeia

Fonte: MOURAD, 2008

Notas: (1) LII - Límpido e isento de impurezas com anotação da temperatura do ensaio.

(2) a referida norma brasileira exige, em certos estados e meses como o Sul, Sudeste e Centro-Oeste, CFPP máxima de 7 °C.

Baseado nesta resolução e considerando que a reação de queima do combustível biodiesel e seus impactos são o foco da avaliação de seu uso em motores, algumas propriedades importantes são necessárias citar.

Em relação à fluidez, Knothe *et al* (2006) destacaram a viscosidade cinemática e ponto de entupimento do filtro a frio. A **Viscosidade** é a medida de resistência ao escoamento, que diminui com o aumento da temperatura. A viscosidade das misturas diesel/biodiesel tem influência no fluxo do combustível e na operação do motor. É relevante que a baixas temperaturas há o aumento da viscosidade e redução da atomização da névoa, levando à combustão ineficiente, perda de potência e aumento de consumo e de emissões. E a excessiva queda da viscosidade pode resultar em gotejamento de combustível nos elementos da bomba, principalmente a baixas velocidades de bombeamento. (FREITAS, 2009)

Outra consequência das baixas temperaturas é o biodiesel poder sofrer nucleação e formar cristais de cera suspensos na fase líquida de hidrocarbonetos, restringindo ou mesmo entupindo o fluxo de combustíveis no motor e nos filtros, principalmente durante uma partida inicial do motor, ocasionando interrupções ou falhas. A temperatura em que o escoamento livre do combustível não é mais possível é denominada **Ponto de Fluidez**, enquanto a temperatura no qual os cristais se tornam visíveis, formando suspensão turbida ou enevoadas, denomina-se **Ponto de Névoa**.

Outra importante característica do biodiesel refere-se ao **Número de Cetano (NC)**. Assim como a Octanagem está para os combustíveis de ciclo Otto, a cetanagem ou NC mede a capacidade de combustão do biodiesel, podendo influenciar na partida inicial, dificultando a partida a frio do motor ciclo Diesel. (FREITAS E PENTEADO, 2006)

A escala do NC varia de 15 a 100, sendo atribuído ao hexadecano ou cetano (hidrocarboneto longo de cadeia linear) o valor máximo 100 e o heptametilnonano HMN (composto altamente ramificado), o valor mínimo 15. Ou seja, o valor decresce com a diminuição do comprimento da cadeia ou presença de compostos aromáticos ou grau de ramificação. (KNOTHE *et al*, 2006 *Apud* FREITAS, 2009). O índice médio do biodiesel é de em torno de 60, enquanto o diesel fóssil é de 45, indicando um melhor poder de queima para o biocombustível. (FREITAS E PENTEADO, 2006)

O **Índice de Iodo**, associado à **Estabilidade Oxidativa**, trata da medida do teor de insaturações totais de material graxo, quando da adição de iodo às ligações duplas. Os óleos vegetais usualmente contêm propriedades antioxidantes naturais, que são preservadas enquanto não forem refinados. O mesmo não acontece com o biodiesel, cuja auto-oxidação está relacionada à presença de ligações duplas nas cadeias de várias substâncias graxas. (FREITAS, 2009)

O processo de oxidação ocorre quando sujeito a longos períodos de armazenamento, em condições impróprias (presença de ar, calor, luz e traços de metais oxidantes), suscetíveis nos casos de armazenamento em distribuidoras (FREITAS, 2009).

Para a **Lubricidade**, cuja função é reduzir o atrito e conseqüentemente o desgaste, é uma exigência dos motores diesel necessária também ao biodiesel. (FREITAS E PENTEADO, 2006)

Finalizando, a importância do **Teor de Água** está na degradação hidrolítica, causada possível formação de microrganismos que acelera o processo de corrosão.

De um modo geral, os átomos de oxigênio do biodiesel promovem um aumento de lubricidade, e conseqüentemente da vida útil de peças do motor diesel. Dados dos fabricantes de auto-peças atestam que 2% de biodiesel adicionados ao diesel aumentam em cerca de 50% a lubricidade do combustível. (PRATES, 2006)

Conforme citado inicialmente, em muitos relatos a respeito de problemas em motores decorrentes do uso de biodiesel, atribui-se aos derivados do óleo de soja, devido sua predominância nacional, e ainda geram muitas discussões. Com enfoque maior na adição e na proporção no início de sua implantação, as discussões atualmente voltaram-se mais para o aumento na proporção e na viabilidade técnica do uso de novas fontes de matérias-primas.

Em 2011, Paulo Miranda Soares, presidente da Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e Lubrificantes (FECOMBUSTÍVEIS), afirmava que o biodiesel brasileiro além de demasiadamente concentrado na soja e extremamente caro, não possui as mesmas qualidades que o americano, europeu e mesmo o argentino. Desde a percentagem inicial de 2%, já havia relatos de casos de formação de borra, entupimento de filtros e necessidade de manutenções mais frequentes. Tais problemas se agravaram

em 2010, quando entrou em vigor o percentual de 5% (B5) com a redução da vida útil dos filtros, seguida pela constatação de formação de um material escuro e mal cheiroso em seus tanques. A ausência do enxofre, que se apresenta como benefício ambiental do uso do biodiesel, acaba se tornando uma desvantagem, visto que funciona como um bactericida natural, ajudando a reduzir a formação de microrganismos, principais causadores das borras e entupimentos citados anteriormente. O fato do biodiesel ser mais higroscópico, absorvendo mais umidade do ar, acaba acelerando o acúmulo destes microrganismos.

O mesmo caso foi confirmado por um projeto desenvolvido com frotas de transporte urbano de Curitiba em 2010, apontaram como problemas o aumento na frequência de manutenção, como a redução da metade do tempo para a necessidade de troca de filtro de óleo, troca de peças, limpeza e drenagem do tanque de combustível e o aumento no consumo, apesar de abaixo dos 10% esperados. Vale observar que os testes foram realizados com o B100 de óleo de soja. (AMORIM, 2010)



Figura 20: Imagens do relatório da FECOMBUSTÍVEIS sobre formação de borras

Fonte: Revista BiodieselBR

Silva (2006) em seu mestrado sobre os efeitos do biodiesel nos óleos lubrificantes veiculares de uma frota de picapes a diesel, relata na pesquisa que apesar de outras experiências realizadas com biodiesel de fontes diferentes mostrarem problemas de contaminação ao lubrificante, não houve alterações na taxa de desgaste dos motores (diluição do lubrificante). Nestas pesquisas a frota foi abastecida com misturas de diesel puro e biodiesel a base de soja em proporções de 1, 2, 5, 20, e 50 %.

Estes exemplos mostram o que um artigo publicado na revista BIODIESEL (2010), onde pesquisadores da Universidade Feral do Rio Grande do Sul e do Instituto Nacional de Tecnologia pesquisaram estes efeitos provocados pela umidade e oxidação por microrganismos em tanques de estocagem de biodiesel. Além de descreverem as razões e seus efeitos, apontam que a suscetibilidade maior ao processo oxidativo do biodiesel se dá em carbonos insaturados dos ésteres, como no biodiesel metílico de soja. Vale comentar que para o biodiesel de palma este problema poderá ser minimizado, pois este apresenta menor grau de insaturação que o de soja.

Devido à predominância do biodiesel de soja no país, este está na berlinda destes problemas encontrados. Conforme os técnicos da Universidade Feral do Paraná e do Instituto Nacional de Tecnologia, estes processos oxidativos do produto, corrosivos de tanques e formação de borras e entupimentos são fatos ocorridos em distribuidoras, mas principalmente em transporte e armazenamento em postos. Lembram que mesmo soluções como a adição de aditivos tendem a continuar a onerar o consumidor final e que talvez o melhor seria alterar as especificações brasileiras de qualidade. (FREITAS, 2011)

Comparativamente à palma, Itânia Soares, pesquisadora da Embrapa Agroenergia diz que os teores de acidez oscilam dependendo de fatores como o tempo de estocagem, mas, geralmente, enquanto o óleo de soja tem teor de acidez de 0,5%, o da palma gira em torno de 5%. “Normalmente, trabalhar com matérias-primas oleaginosas ácidas na produção de biodiesel implica agregar mais etapas ao processo de produção, o que provoca a elevação dos custos”, explica. Considerando a produção de biodiesel apenas com óleo ácido, como a palma, é comum que se faça, primeiramente, a esterificação dos ácidos graxos livres, para proceder então, à transesterificação. Além desta solução, o projeto de pesquisa sobre estratégias genômicas e agregação de valor para a cadeia produtiva de dendê estão sendo desenvolvidas pela Embrapa. (CHIES, 2013)

No estudo preparado para a Vale, foi avaliada a possibilidade de redução do ponto de fluidez do biodiesel de palma com uso de aditivos utilizados na indústria do petróleo e também diversos aditivos específicos para biodiesel importados da Inglaterra, Estados Unidos e Alemanha. Com a colocação de 1% em massa do aditivo, o biodiesel com ponto de fluidez de 12°C, reduziu no máximo em 4 °C .

Vilella (2008) cita que, os ésteres de palma possuem um ponto de fluidez mais alto do que os de soja, desvantajoso em relação a regiões mais frias, devido ao maior percentual de cadeias saturadas (alto teor de ácido palmítico), porém confere um maior índice de cetano e conseqüentemente maior calor de combustão. Além disso, óleo de palma e o biodiesel derivado deste possuem alta estabilidade oxidativa, comparado a outros óleos vegetais, devido à presença de tocoferóis e tocotrienóis, anti-oxidantes naturais

Por conseguinte, observa-se que os ésteres resultantes da transesterificação mantêm os radicais correspondentes a cada um dos ácidos graxos do triglicerídeo que reagiu com o álcool. Assim, propriedades como o tamanho da cadeia e o número de ligações duplas dos ácidos graxos continuam no éster formado na referida reação de transesterificação. Por isso, propriedades físico-químicas dos óleos vegetais ou gorduras animais são repassadas aos ésteres formados a partir destes insumos, como por exemplo, o índice de cetano, onde a maior de um óleo transfere suas características para seus ésteres, da mesma forma que a viscosidade, estabilidade e ponto de fluidez. Em suma, diferentes ésteres possuem vantagens e desvantagens comparativas em relação uns com os outros em função da fonte em que eles se originam. (VILELLA, 2008)

5.2 - Questões Ambientais

De acordo com o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), o conceito de impacto ambiental é definido como:

“Qualquer alteração das propriedades física, químicas e/ou biológicas, causada por qualquer forma de matéria ou energia proveniente de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estáticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”. (SORANSO, 2006)

Partindo-se do princípio dos interesses ambientais na incorporação do biodiesel como fonte de energia, as questões envolvendo a efetiva redução nas emissões de gases poluentes na atmosfera, podem ser consideradas como a principal neste interesse.

O impacto proveniente da emissão atmosférica derivado da queima de combustível em motores a diesel tem como principais poluentes o dióxido de carbono CO₂ e monóxido de carbono CO, óxidos de nitrogênio NO_x (considerando NO e o NO₂ em menor quantidade), óxidos de enxofre (mais comum o SO₂), materiais particulados e outros hidrocarbonetos não queimados (HC). Fatores como a carga e velocidade do motor, assim como outros parâmetros operacionais podem influenciar também no nível de emissão destes poluentes. (JAYED, 2009)

Cabe aqui uma breve observação dos efeitos que estes poluentes têm sobre a saúde humana, como por exemplo, o monóxido de carbono (CO), que causa diminuição do suprimento de oxigênio aos tecidos do corpo, uma vez que a hemoglobina do sangue possui maior afinidade pelo CO, causando danos por intoxicação ao cérebro e outros órgãos (YOUNG, 2010). Já o material particulado (MP), quando suspenso na atmosfera, pode atingir os alvéolos pulmonares, além de causar uma série de danos à saúde humana, como bronquite, asma, mal-estar, câncer de pulmão, dor de cabeça, enjojo, irritação dos olhos e garganta, dentre outros malefícios.

Os hidrocarbonetos (HC) podem acarretar irritação nos olhos, pele e aparelho respiratório, sendo alguns compostos cancerígenos. Além disso, os HCs reagem com o NO_x, na presença de radiação solar, gerando o ozônio (O₃) provocando irritação nos olhos, nas vias respiratórias e diminuição da capacidade pulmonar. O aumento das admissões hospitalares pode ser associado à exposição ao ozônio (YOUNG, 2010). Dados como estes podem ser reforçados por estudos, como o realizado pela FGV indicando que um Blend (mistura) B10 de biodiesel/ diesel de petróleo, evitaria 35 mil internações por problemas respiratórios, além de 4.900 mortes. (SAMORA, 2011)

Em média, uma mistura com diesel, o biodiesel promove uma redução das principais emissões associadas ao derivado de petróleo (PM, CO, HC e SO_x), com exceção dos NO_x, cujo aumento para o B20 é de 2 a 4% (PETROBRAS, 2007). Por conter oxigênio em sua estrutura (éster), este oxigênio intramolecular promove a combustão completa, enquanto o CO e os particulados são gerados por combustão incompleta, ou seja, falta de oxigênio. (PRATES, 2006)

Cabe ressaltar também que devido ao biodiesel não conter enxofre, as emissões destes óxidos, SO_x, são reduzidas (SAE, 2005).

Dados da Agência de Proteção Ambiental americana (EPA) indicam que emissões de gases de efeito estufa associadas ao biodiesel têm sido avaliadas na última década, nas condições europeias, considerando o uso de colza e soja como matérias-primas e ésteres metílicos como B10 e B20 indicando reduções de 40% a 60% das emissões correspondentes ao diesel puro, conforme a tabela XX (SAE,2006). Ou seja, fica claro o efeito redutor de emissões do biodiesel, que quanto maior sua composição na mistura, maior sua participação na redução.

EMISSIONES (%)			
	B5	B20	B100
CO	-7	-15	-48
CO ₂	-7	-9,5	-78
HC	-5	-20	-67
MP	-8	-15	-47
SOx	-5	-20	-100
NOx	<1	2 a 4	10 a 20

Tabela 7: Emissões de GEE em % do B5, B20 e B100.

Fonte: Biodiesel BR, 2010 *Apud* FETRANSPOR, 2011

Há exemplo disto, alguns estudos a seguir podem mostrar resultados de testes realizados na investigação dos efeitos da queima de biodiesel, focados nas fontes derivadas da soja e da palma. Um destes trata de uma pesquisa realizada em West Virginia, em que Efav (2009) utilizou dois ônibus de trânsito urbano para quantificar os efeitos das emissões e rendimento associados ao uso de biodiesel B20, derivados de óleo de soja e óleo palma. Nesta avaliação, os resultados mais significativos foram quanto à redução de 20 a 30% na quantidade de material particulado, destacando-se ligeiramente o de óleo de palma. Quanto aos níveis de NOx em um dos ônibus, o biodiesel de soja teve um aumento de 0,7% enquanto o de palma reduziu em 16,8%. No segundo ônibus, a melhora indicou redução de 11,1% para a soja e 12,7% para a palma. E para o CO₂, no primeiro ônibus, a soja reduziu 5,2% enquanto a palma reduziu a 18,1%. Diferente no segundo ônibus, a soja aumentou 0,3%, porém a palma aumentou

também para 2,0%. Portanto é visível que, apesar da diferença de motores na combustão, o biodiesel de palma se destacou na sua eficiência de redução de emissão de gases poluentes.

Outro teste desenvolvido com motores como avaliação de rendimento e emissão de gases, foi realizado por Veltmont *et al.*(2009) sobre efeitos das misturas de biodiesel nas emissões à baixa temperatura de combustão em motores diesel. Com o objetivo de avaliarem formas de alterarem as condições operacionais do motor, como pressão de injeção de combustíveis ou resfriamento da temperatura de combustão, e conseguirem abaixar os níveis de emissões principalmente de NOx e materiais particulados (PM). Utilizando uma mistura com biodiesel de soja em B20 e B100 (puro), em média obtiveram para o primeiro, nenhuma alteração nos níveis de NOx tanto para 150 MPa quanto para 180 Mpa de pressão de injeção. Já para o PM, houve reduções de 35% para 150 MPa e 7% para 180 Mpa. No caso do B100, encontraram um expressivo aumento na emissão de NOx, com 73% e 84% para 150 e 180 Mpa, respectivamente. Para o PM, as quedas também foram expressivas, com 82% e 81% para 150 e 180 Mpa de pressão, respectivamente. Outros testes nestas condições também mostraram que os níveis de CO e de hidrocarbonetos também acompanharam reduções de acordo com o aumento na proporção de biodiesel.

Em relação à palma, Jayed *et al.*(2009) em seu artigo sobre aspectos ambientais e os desafios de oleaginosas para biodiesel produzido no sudeste da Ásia, mostrou a partir de dados da Agência Internacional de Energia (IEA), de 2006, e da Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas (FAO), que o biodiesel de palma apresentou o maior índice de redução em emissão dos gases de efeito estufa em comparação com outras matérias-primas. Considerando também fatores como menor dependência em relação ao uso de produtos químicos, como pesticidas e fertilizantes, concluiu que a produção e uso do biodiesel de palma é potencialmente amigável ao ambiente em baixos níveis de carbono.

Muitas fontes afirmam que, pelo fato do biodiesel ter como fonte matérias de origens renováveis, as emissões de CO₂ podem ser consideradas nulas. Isto se deve ao fato de considerar que o carbono liberado na queima do biocombustível já foi absorvido no seu período de plantio da matéria-prima. Entretanto, quando há a inclusão das emissões

geradas durante a cadeia produtiva, como no plantio, extração e transporte; este saldo na contabilidade de carbonos emitidos pode ser até negativo, comparando-se ao diesel de petróleo. (CARVALHO, 2012; PETROBRAS, 2007)

Este foi o caso em que Carvalho (2012), em sua dissertação sobre balanço de emissão dos gases de efeito estufa a partir de biodiesel de soja e palma, verificou a redução no nível dessas emissões comparando entre si as citadas matérias-primas e entre o diesel de petróleo. Ao incluir as emissões geradas pela cadeia produtiva do biodiesel na emissão dada pela queima no uso pelo transporte rodoviário, pôde concluir que o biodiesel de soja apresentou um balanço de emissões negativo, com um aumento de 7,3% nas emissões, desconsiderando o gerado pelos co-produtos, e queda de 36% quando estes são considerados. Enquanto o biodiesel de dendê apresentou um balanço positivo, reduzindo as emissões de GEE em 63,6% desconsiderando os co-produtos e 66,6% quando estes são considerados. Ou seja, o biodiesel de dendê se apresentou como uma alternativa mais promissora de produção de biodiesel se o cultivo dessa oleaginosa ocupar áreas degradadas disponíveis no país, ao invés de novas áreas que possam vir a provocar novas degradações com o aumento na demanda.

Cunha (2009) fez uma avaliação técnica-ambiental de três tipos de biodiesel, entre elas a de soja e de palma, através do desempenho e emissões geradas por um motorizador com misturas em proporções de 0, 20, 50, 80 e 100% de biodiesel. Suas conclusões foram que, houve uma maior redução nas emissões de monóxido de carbono para o biodiesel de palma, chegando a pouco mais de 25% para o B100., uma redução média de 50% de hidrocarbonetos (HC) para o B100 e de até 50% nas emissões de fuligem com o aumento do volume de biodiesel das três fontes estudadas. Enquanto para o biodiesel de soja, a mistura que conseguiu reunir as melhores características foi a B20, sendo observadas reduções de 7% nas emissões de CO, 4% nas de NOx, 35% nas de HC e 6% nas de fuligem. Ou seja, de todos os biodieseis estudados, o de palma foi o que apresentou os melhores resultados, sendo observada no B100 uma redução de 25% no CO, 8% no NOx, 50% no HC e de 52% na fuligem.

Como observações finais, o maior vilão citado na literatura, em termos de emissão, Knothe (2006) faz um paralelo do índice de Iodo com o nível de emissão de NOx. Segundo o autor, óleos com maiores índices de Iodo tendem a apresentar maior nível de

NOx, assim como de materiais particulados. Este fato se confirma ao considerarmos que o óleo de palma apresenta o índice de 35 a 61 e o óleo de soja de 117 a 143 (dados do livro do autor), além dos resultados apresentados pelas pesquisas.

Outra observação está no fato de que independente dos limites das avaliações de emissões de gases estabelecidos, como todo ciclo produtivo ou um motor, os resultados mostraram uma tendência de redução destes níveis com a adição gradual de biodiesel ao diesel fóssil. Além disso, comparativamente os resultados obtidos com o biocombustível derivado do óleo de palma se apresentaram mais promissores do que os da soja, na redução do impacto ambiental atmosférico.

No entanto, assim como o impacto ambiental gerado por estas emissões de gases derivados dos combustíveis se tornaram importantes em enaltecer o biodiesel, os aspectos sociais também começaram a fazer parte deste cenário. Aproveitar estes bons resultados que esta tecnologia vem apresentando, desenvolver e fornecer sua matéria prima dentro do país, com um grande potencial, mas com muitas carências sociais, tem sido um desafio. Desafios estes, que envolvem as questões discutidas a seguir.

6 - ASPECTOS SÓCIO-POLÍTICOS

No Brasil, o papel do biodiesel ultrapassou as fronteiras econômicas e ambientais necessárias para a substituição de combustíveis fósseis, passando a ter também a missão de incluir socialmente a agricultura familiar no processo produtivo de energia, redistribuindo renda e aumentando o índice de desenvolvimento humano (IDH) em regiões brasileiras carentes de investimentos.

6.1 - Biodiesel X Alimentos

No entanto, a utilização de fontes derivadas de espécies oleaginosas alimentícias acendeu um alerta e o início de uma discussão envolvendo não apenas o ambiente, mas a segurança alimentar. Com o desenvolvimento de políticas de incentivo à produção do biodiesel em grande escala com previsão de crescimento, a necessidade de um aumento na utilização de terras para este fim, fez com que surgissem questionamento a respeito de desmatamento de florestas preservadas, caso do sudeste asiático, e o desvio de produção de alimentos para atender o mercado de biocombustíveis. As questões envolvendo os desmatamentos serão discutidas a seguir.

Dada a evolução esperada do consumo, recentes estimativas da Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas (FAO) indicam que, a fim de atender à demanda projetada para 2050, a produção agrícola global deve crescer 60 % acima do nível de 2005-07. Positivamente, nas últimas cinco décadas, entre 1961-63 e 2007-09, a produção aumentou 170 % em massa. Para o mundo como um todo, a produção per capita de alimentos passou de cerca de 2.220 kcal / pessoa / dia no início de 1960 para 2790 kcal / pessoa / dia em 2006-08.

No entanto, enquanto o crescimento da demanda por alimentos deverá abrandar, outras fontes e outros consumidores estão susceptíveis de se expandir. Na última década, na economia de base biológica, o crescimento de biocombustíveis foi proeminente apresentando novas oportunidades e novos desafios para aumentar os rendimentos agrícolas, mas ao custo de elevação dos preços, pesando principalmente

para os países mais pobres, além de um custo adicional para os recursos naturais do mundo. Mais grave onde as condições de crescimento são difíceis e a base de recursos já são limitadas. Ou seja, qualquer demanda adicional de setores não alimentícios, pode tornar-se uma ameaça direta para a base de recursos em geral e as reservas de terras, água e biodiversidade locais. (FAO, 2012)

Há exemplo desta discussão, o ministro da Agricultura francês, Stephane Le Foll, manifestou preocupação com o desvio de lavouras de alimentos para a produção de combustíveis, principalmente devido o plano do governo para agricultura, propor um teto de 7% na mistura de biocombustível de primeira geração, produzido a partir de produtos agrícolas muitas vezes com valor alimentício, ao combustível comum. A edição de 2011 do relatório Índice da Fome Mundial, publicado pelo Instituto Internacional de Pesquisa em Política Alimentar, baseado nos EUA, também citava fatores como o perigo da imposição de cotas de consumo de biocombustível pelas economias da Europa e dos EUA, que estaria levando os fazendeiros a destinar sua produção para esse tipo de insumo. (ORSI, 2012)

Para estimular o uso de biocombustíveis, a União Europeia implementou duas leis em 2009, com o objetivo de atingir a diretiva da participação de 10 % de energia verde no transporte rodoviário até 2020, por meio dos biocombustíveis.

Apesar disso, foi reconhecido que promover o uso de biocombustível à base de produtos alimentares poderá aumentar a demanda global por terras agrícolas e pode indiretamente incitar o desmatamento e outros usos da terra em países como a Indonésia e a Malásia. (DUNMORE E SEKULARAC, 2012)

Como dito anteriormente, o resultado desta disputa pela produção de matéria-prima entre a indústria do biodiesel e a indústria do alimento, acaba se refletindo em seus preços. Devido a menor oferta para o propósito alimentar ou maiores custos da terra e de logística, tendem a provocar uma grande volatilidade nos preços dos alimentos. (POMPEO e COSTA, 2010)

Além disto, é interessante observar pelo gráfico a seguir, que entre os preços das maiores *commodities* de alimentos comercializadas internacionalmente, o açúcar e o óleo vegetal estão entre as que apresentaram não apenas os maiores preços ao longo do

período citado, mas também as maiores volatilidades. Vale considerar que estas duas *commodities* estão relacionadas a outras duas indústrias ligadas aos biocombustíveis, como a indústria do álcool e a do biodiesel, o que demonstra este efeito sobre a indústria de alimentos.



Figura 21: Volatilidade de preços internacionais dos principais grupos alimentares (1990 – 2010)

Fonte: FAO, Divisão de Estatística

Obs.: Meat (carne), Dairy (laticínios), Cereals (cereais), Oils (azeite) e Sugar (açúcar).

A partir destas previsões de volatilidade de preços de fontes para produção de biocombustíveis, como as oleaginosas soja e palma, surge a dúvida se uma possível queda na oferta do gênero para a indústria de alimento, como especulado, seria possível.

Utilizando ainda dados do AGRIANUAL de 2012, serão comparados os dados de produção e consumo mundial do óleo de soja e de palma, como forma de estimar pelo cenário recente entre oferta e demanda mundiais destes óleos se uma disputa por fontes se apresenta como possível risco baixa oferta de alimentos. De acordo com os dados de 2011, a produção de óleo de palma mundial chegou a 50,3 milhões de toneladas, contra um consumo de 49,9 milhões de toneladas, aproximadamente. Para o óleo de soja, sua produção foi de 43,2 milhões de toneladas contra o consumo de 43,1 milhões de toneladas de óleo. Outro dado retirado aponta que, para o óleo de palma constam apenas três maiores produtores mundiais contra 10 maiores consumidores,

considerando uma quantidade acima de 1 milhão de toneladas. Enquanto para a soja, o número de maiores produtores é o mesmo de maiores consumidores. Uma última observação interessante se refere ao fato de que, a palma possui como valor agregado ao seu fruto praticamente o seu óleo, enquanto a soja tem o farelo como seu maior valor agregado (consumo mundial de 180,5 milhões de toneladas) ao grão, inclusive de interesse exclusivo para alimento.

Ou seja, a partir destas considerações, é possível verificar que a palma apresenta um consumo mundial atual bem maior do que a soja, possuindo um número bem maior também de consumidores comparados ao de produtores, sendo praticamente o óleo o principal interesse de utilidade. Pode-se imaginar que há uma necessidade em aumentar o número de produtores mundiais que possam atender a uma demanda crescente com o desenvolvimento do uso como biodiesel. Demanda esta que não ameace a indústria do alimento e nem o ambiente por desmatamentos e mau uso da terra.

6.2 – Incentivos à Agricultura Familiar

As questões sociais ligadas à produção do biodiesel estão fortemente presentes a realidade brasileira, visto que o país é um dos poucos aos quais incluiu entre suas metas para inserção de mais este biocombustível na matriz energética, o fator social além do econômico e ambiental.

Este investimento no social se deu principalmente através da instituição do Selo Social dentro do programa governamental conhecido como PNPB, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, lançado oficialmente em dezembro de 2004, coordenado pela Casa Civil da Presidência da República, tendo o Ministério de Minas e Energia, como coordenador do Grupo Gestor do PNPB. O Selo Social ou Selo Combustível Social é uma identificação concedida pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) aos produtores de biodiesel que promovam a inclusão social e o desenvolvimento regional, por meio da geração de emprego e de renda aos agricultores familiares inscritos no Programa Nacional de Agricultura Familiar (PRONAF).

Com este selo, para as usinas poderem participar dos leilões e terem prioridade para vender o biodiesel ao governo, precisam dar suporte técnico e adquirir da agricultura

familiar pelo menos 50% das matérias-primas necessárias à sua produção de biodiesel, provenientes do Nordeste e semi-árido. Nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste este percentual mínimo é de 30% e na região Norte e Centro-Oeste é de 10% (CAMPOS E CARMÉLIO, 2006; TAGUCHI, 2012). Conforme regras do programa, 80% das aquisições nos leilões de biodiesel promovidos pelo governo devem ser de produtos com selo. (AGÊNCIA SENADO, 2011)

Esta foi uma forma do governo buscar fortalecer o apoio as regiões mais carentes do país, as regiões do semiárido e Nordeste. O Norte apesar de também ser uma região carente de assistência do governo, sua baixa diversidade de matérias primas (mapa citado na revisão bibliográfica), também é de extrema carência de estrutura e necessita de altos investimentos.

Como o estabelecimento deste setor se apoiou em cadeias produtivas já consolidadas como a da soja, levando 82% de participação dos 96 % do biocombustível brasileiro, (FILHO, 2012) as usinas de biodiesel se concentram nos estados do Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Goiás e São Paulo, onde há grande oferta de soja. (TAGUCHI, 2012)

Conforme o último boletim mensal da ANP divulgado (Gráfico 22), fica clara a motivação destas concentrações, considerando que os estados de Mato Grosso e Goiás pertencem a região de maior produção de biodiesel, o estado de São Paulo pertence à região com a segunda maior produção e o Rio Grande do Sul pertence à região de maior demanda, a região sul.

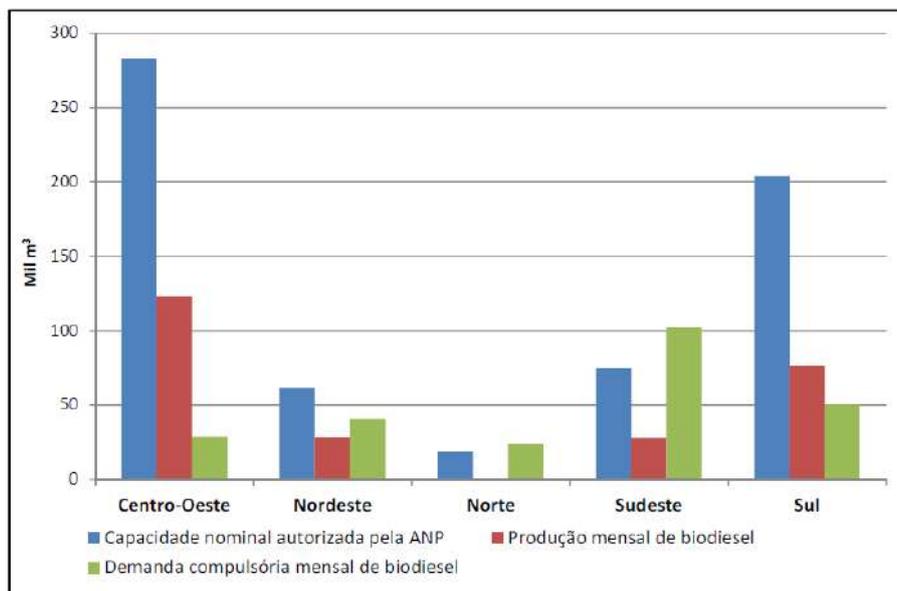


Figura 22: Produção, demanda e capacidade produtiva por região em abril de 2013

Fonte: Boletim Mensal de Biodiesel, Maio, 2013

Segundo pesquisa realizada na Universidade Federal de São Carlos, dos produtores beneficiados com o Selo Social, 52% estão no Sul, 41% no Nordeste e 7% nas outras regiões do país. (ROCHA, 2012). Fatos como este e as distribuições da produção nas regiões brasileiras, mostradas pelo boletim da ANP, revelam que socialmente os objetivos do PNPB não vêm sendo bem cumpridos. Apesar de boa a participação dos beneficiados no Nordeste com o selo social, a presença de usineiros ainda é discreta em algumas áreas do país, principalmente no Norte, onde é ausente.

Cunha (2012), em sua tese sobre indicadores socioeconômicos e ambientais para o biodiesel, destaca que pela estrutura produtiva da soja ser mais desenvolvida tecnologicamente, os agricultores familiares da região sul são os mais atraentes para os produtores (menor investimento exigido) e conseqüentemente os mais beneficiados. Mais uma vez, indo contra os pequenos produtores do Nordeste, com práticas de cultivo de subsistência e baixíssimo uso de tecnologia. Porém, quando se fala em termos de criação de empregos, a situação se torna mais complicada. O mesmo pesquisador lembra que por mais que haja expansão da área de cultivo, a contribuição da soja não é expressiva, visto justamente ser um setor altamente mecanizado. (FILHO, 2012)

Apesar disso, alguns dados são otimistas em relação à geração de empregos envolvendo a produção do biodiesel a partir da soja. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 110 mil famílias saíram da pobreza para se tornarem fornecedores agrícolas, além da projeção de mais de 153 mil empregos diretos gerados com o aumento da mistura com diesel para 10% e mais de 531 mil, com a adição de 20% de biodiesel. (TAGUCHI, 2012)

Com relação ao dendê, os mesmos pesquisadores da Universidade de São Carlos citados anteriormente, entrevistaram três empresas produtoras de biodiesel, no qual apenas uma afirmou que usam essa matéria-prima de pequenos agricultores. Mas além dessa prática ser feita em escala-piloto, segundo um dos pesquisadores: “O dendê emprega uma família a cada dez hectares, o que é bom socialmente, mas representa alto custo para a empresa, que precisa preparar tecnicamente o agricultor para o cultivo”, esclarece.

Esta falta de preparo e conhecimento dos agricultores causou o abandono da plantação em 15% dos lotes pertencentes às famílias contratadas pela empresa entrevistada. Além disso, o pouco do dendê que é produzido por essas famílias é destinado ao mercado de alimentos, ramo em que essa empresa atua majoritariamente e onde o produto é mais valorizado. (ROCHA, 2012)

Por isso, em termos de renda projetada para agricultores familiares, a palma é um bom negócio. De acordo com o diretor de geração de renda e agregação de valor do Ministério do Desenvolvimento Agrário, agricultores cujas plantações já atingiram sua maturidade, têm alcançado rendas mensais de R\$ 2 mil. Um grande contraste com os R\$ 415 mensais que o ministério levantou entre os trabalhadores rurais do nordeste do Pará. Ou seja, apesar dos altos custos associados à implantação do negócio, pode se tornar um interessante gerador de renda, garantido pelo bom mercado das oleaginosas e/ ou pelo possível futuro mercado do biodiesel. (RODRIGUES, 2011)

Segundo matéria publicada pela revista *Nature*, muitas plantações de óleo de palma no sudeste asiático, são autossuficientes. Além de gerarem emprego e renda, proporcionam facilidades como casa, luz, água e infraestruturas como estradas, postos médicos e escolas para seus trabalhadores e familiares. A comunidade e a vizinhança destas áreas rurais acabam beneficiando-se também. Segundo a agência *Malaysian*

Palm Oil Board, os países produtores oferecem mais de meio milhão de empregos diretos a produtores locais e vizinhos, contribuindo fortemente para as questões socioeconômicas da região. (KOH E WINCOLV, 2007). Mais um exemplo de que investimentos bem feitos, considerando os cuidados ambientais evitados pelo sudeste asiático, podem trazer reais e amplos benefícios sociais.

6.3 – Questões Políticas

As questões sociais, assim como as questões ambientais, têm mostrado pelos resultados do PNPB que sua relevância ainda tem papel secundário neste cenário do plano. O Selo Social que foi criado com o fim de apoiar a agricultura familiar, apresentou resultados muito aquém do esperado, fazendo com que o Ministério do Desenvolvimento Agrário revisse suas metas para baixo enquanto o PNPB evoluiu rapidamente e suas metas produtivas foram antecipadas (RODRIGUES, 2011). Segundo dados de pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas, encomendada pela União Brasileira de Biodiesel (UBRABIO), até 2011 apenas 20% do biodiesel produzido tinha participação da agricultura familiar, que somavam na época 100 mil famílias. (DUARTE, 2011).

Nota-se então que as questões políticas, norteadas principalmente sobre interesses econômicos, mostram-se de maior relevância nas soluções das atuais dificuldades enfrentadas pela indústria do biodiesel, pós-período de implantação. Iniciada de forma discreta, com a participação de poucos produtores, devido à abundância de matéria prima derivada de uma agroindústria forte e estável, produzido através de um processo relativamente simples e de custo razoável, a indústria do biocombustível viu sua produção e número de produtores aumentarem, garantindo êxito ao programa de produção, conforme metas impostas e alcançadas antes do prazo previsto. (POMPEO e COSTA, 2010) Porém, diversos outros problemas surgiram com a ociosidade gerada pela formação de uma capacidade produtiva muito acima do que se podia produzir, de acordo com as quantidades autorizadas pelo governo a adição no diesel de petróleo. Fato este pôde ser observado pelo gráfico do boletim mensal da ANP, no item anterior.

A partir destes problemas, diversas discussões políticas vêm surgindo entre os principais personagens envolvidos nesta cadeia, entre eles, os usineiros (pequenos, médios e principalmente organizações representativas como a UBRABIO), distribuidoras (muitas vezes representadas pelo SINDICOM), entidades de comércio de veículos e combustíveis (Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e de Lubrificantes – FECOMBUSTÍVEIS, Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores –ANFAVEA) e o governo (ANP e outros ministérios ligados ao PNPB).

Atualmente o maior debate destes personagens envolve o interesse em diminuir esta grande diferença existente entre o que o país é capaz de produzir e o que realmente produz. E entre as soluções defendidas principalmente pelos usineiros está a criação de um novo marco regulatório, como o aumento da participação para 10% e projeções de 20% de biodiesel na mistura, a liberação do governo para a exportação e até o fim do sistema de leilão, com o livre comércio entre produtor e comprador.

Por parte dos usineiros, entre os principais entraves a esta reivindicação, estão os problemas associados à matéria prima predominante da soja. A baixa rentabilidade em termos de teor de óleo, além da concorrência pelo uso e preços dos alimentos, sugere a adoção de outras fontes disponíveis com maior rendimento. Porém, o problema encontrado neste caso envolve a capacidade dos motores poderem utilizar maior quantidade do biocombustível sem provocar danos ao longo prazo, principalmente em uma frota rodoviária antiga como a brasileira. Aliás, neste ponto é que a FECOMBUSTÍVEIS e a ANFAVEA mais se pronunciam, visto a pressão que enfrentaram no início da implantação da adição. Com a responsabilidade sobre a qualidade do combustível e a capacidade dos motores em funcionar com eles, estão sempre em defesa da precaução pela adoção de testes e pesquisas antes da liberação para o comércio da mistura. (FECOMBUSTÍVEIS, 2011; RODRIGUES, 2011)

Neste ponto em termos de oferta de matéria prima de mais alto rendimento, a palma se apresenta como principal e potencial opção. Interessados também em aumentar a presença de usinas, produção e oferta de biodiesel principalmente na região Norte do país, grandes empresas investem nesta área também para fortalecer os objetivos sociais do PNPB e fornecer mais condições a carência de combustíveis, estrutura de serviços e emprego. O desafio a enfrentar por estas e novas empresas que se interessem em

investir, está em vencer a escassez de infra-estrutura, capacitação técnica da força de trabalho, alto investimento inicial até o retorno de capital, questões fundiárias e principalmente, a logística. Ou seja, além dos ganhos sociais com esta cultura, bem adaptada às regiões Norte e Nordeste, o rendimento por hectare de praticamente 6 a 7 vezes o da soja, torna a palma um ponto de acordo entre usineiros e governo. (POMPEO E COSTA, 2010; BIODIESELBR)

Quanto o assunto exportação, levantado por alguns especialistas também, os produtores veem como uma alternativa interessante, mas esbarram em problemas de logística ineficiente e cara, já discutida ao longo deste trabalho, assim como tributação, diferença de câmbio e a garantia de qualidade do produto. (DUARTE, 2011; FREITAS, 2011)

Reforçando as críticas em relação à garantia da qualidade, as distribuidoras, muitas vezes representadas pelo SINDICOM, reivindicam sempre o fornecimento de um produto de acordo com as especificações estipuladas pela ANP, ainda que tenham que arcar com os altos custos de transporte associados às regras do leilão. Conforme disse o diretor de abastecimento e regulamentação do SINDICOM, muitos associados preferem buscar um biodiesel em Mato Grosso, mas de boa qualidade do que buscar um de baixa qualidade que esteja próximo. (SALDANHA, 2011). Ou seja, a questão do aumento na mistura sempre será alvo de resistência pelos distribuidores, enquanto seus preços inerentes continuarem altos em relação ao diesel fóssil. Porém, a exigência da qualidade tem o mesmo peso em suas críticas, mesmo através do sistema de leilão, que para eles as garantias são melhores.

Contudo, conforme projeto desenvolvido pela FGV, já citado aqui, estimou em 2011 números bastante otimistas em relação ao aumento em investimento para o desenvolvimento do B20 até 2020. Números como o investimento de R\$ 14,9 bilhões em estruturação das indústrias de oleaginosas, com possível geração de 531 mil empregos diretos no campo e 6 milhões indiretos, diminuindo a dependência da soja dos atuais 83% de participação para em torno de 70%. Isto resultaria em economia de mais de R\$ 4,6 milhões com internações em hospitais decorrentes das emissões de poluentes pelo diesel e até o acúmulo de U\$ 2,9 bilhões em créditos de carbono (DUARTE, 2011).

Portanto, é possível ter uma noção a partir desta visão geral de um cenário sócio-político, de como o desenvolvimento desta cadeia do biodiesel é dependente primeiramente do entendimento político entre todos os envolvidos, para que as questões econômicas, sociais e ambientais possam ter andamento correto e resultados diante de tão boas perspectivas, apesar da existência de *lobbys* políticos entre alguns participantes.

7. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Após exposto sobre os custos envolvidos em cada etapa da cadeia produtiva do biodiesel, a seguir são consolidados estes custos quando referenciamos pelo fator principal, o óleo vegetal de cada matéria prima em toneladas, ficando mais clara as suas diferenças e a vantagem dos custos da palma.

CUSTOS (R\$/Ton óleo veg)	AGRÍCOLA	EXTRAÇÃO	TOTAL
PALMA	1.114,29	550,14	1.664,43
SOJA	2.166,67	203,60	2.370,27

Tabela 8: Custos em reais por tonelada de óleo vegetal anual

Fonte: Elaboração própria

São nas etapas agrícolas e extrativas em que se pode notar esta vantagem, quando considerada a diferença de produtividade por hectare que a palma possui e convertendo em custos reais menores para a produção de biodiesel.

Os cálculos feitos na elaboração destas tabelas foram feitos baseados em dados já citados ao longo do trabalho. No caso do custo da fase agrícola, utilizaram-se os preços de cada matéria prima por toneladas de cacho de fruto fresco de palma e grão de soja, retirados do Agriannual de 2012 e seus rendimentos em óleos. Para a etapa extrativa, usou-se as referências de Édio Patric *et al.*(2012) e do Ministério de Desenvolvimento Agrário no estado do Pará sobre a capacidade produtiva da soja e da palma, bem como seus custos associados.

Quantos aos custos citados anteriormente para a produção de biodiesel de palma e soja, vale ressaltar que os dados apresentados por Murta (2008) foram baseados em referência aos preços destas matérias primas na época da elaboração de seu estudo. Época esta em que principalmente o preço da palma ainda era alto devido a sua produção nacional muito pequena. Ou seja, com um aumento na escala produtiva da

cultura de palma, este custo tende a se tornar menor, assim como o agrícola e o extrativo.

Na tabela a seguir são apresentados resumidamente as principais vantagens e desvantagens que a soja e a palma possuem, desde seus plantios até seus aspectos político-sociais, de forma a ter uma visão mais ampla de comparação destas duas matérias primas.

VANTAGEM		DESVANTAGEM
S O J A	➤ AGROINDÚSTRIA ESTRUTURADA E MECANIZADA	➤ BAIXO RENDIMENTO POR HECTARE
	➤ MENOR CARÊNCIA DE LOGÍSTICA	➤ INFRAESTRUTURA MAIS COMPLEXA
	➤ CULTURA MAIS FLEXÍVEL A OUTRAS REGIÕES DO PAÍS	➤ MAIS CARO DO QUE A PALMA
	➤ COM MAIS VALOR AGREGADO (GRÃO, FARELO E ÓLEO)	➤ MAIOR IMPACTO PARA INDÚSTRIA DO ALIMENTO (ÁREA E PREÇO)
	➤ MAIOR OFERTA NO BRASIL	➤ MENOR CONTRIBUIÇÃO SOCIAL DEVIDO MECANIZAÇÃO

VANTAGEM	DESvantagem
<p>P</p> <p>A</p> <p>L</p> <p>M</p> <p>A</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ELEVADO RENDIMENTO POR HECTARE ➤ NECESSITA DE MENOS ÁREA ➤ INFRAESTRUTURA MAIS SIMPLES ➤ BIODIESEL COM MAIOR ESTABILIDADE OXIDATIVA E NÚMERO DE CETANO ➤ MAIOR TENDÊNCIA EM REDUZIR IMPACTOS AMBIENTAIS DO QUE A SOJA ➤ BONS RESULTADOS DE PRODUÇÃO E COMÉRCIO NA INDONÉSIA E MALÁSIA 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ELEVADO TEMPO PARA PRIMEIRA COLHEITA E RETORNO DE CAPITAL ➤ CULTURA RESTRITA A POUCAS REGIÕES DO PAÍS ➤ CARENTE DE INFRAESTRUTURADA E LOGÍSTICA ➤ MÃO-DE-OBRA DESPREPARADA ➤ NECESSIDADE DE RÁPIDA EXTRAÇÃO PÓS-COLHEITA ➤ AINDA POSSUI ALTO CUSTO DE PRODUÇÃO NO BRASIL

8. CONCLUSÃO

A partir das informações apresentadas ao longo do trabalho e com auxílio da tabela de vantagens e desvantagens exposta anteriormente, foi possível concluir que a palma possui potencial como uma nova fonte de oleaginosa para a produção de biodiesel, apesar de algumas desvantagens apresentadas em comparação à soja, desvantagem estas que poderão ser reduzidas ou neutralizadas a partir da maior maturidade deste setor.

Foi verificado que a versatilidade da soja em se adaptar às diferentes regiões do país, do nordeste, passando pelo centro-oeste, até o sul, assim como seus diversos valores agregados, como alimento e agora como biocombustível, além de uma estrutura como complexo agroindustrial já disponível, justifica o alto desenvolvimento desta cultura, assim como seu predomínio como principal matéria prima para o biodiesel. Conforme alguns especialistas afirmam, a soja ainda irá predominar por algum tempo, porém justamente a sua baixa produtividade de óleo, dará apoio a decisão de se investir na palma, principalmente pelo seu potencial em rendimento por hectare.

Em termos de processo, tanto de extração quanto de produção de biodiesel, ambas as fontes não apresentaram diferenças significativas, como necessidade de mais etapas de tratamento por geração de mais efluentes, formação de outros coprodutos ou condições de operação, que proporcionasse vantagem operacional ou mesmo em custo. Pela simplicidade do processo, permite-se inclusive uma flexibilidade da planta na utilização de diferentes fontes de oleaginosas, do processo acompanhado por Duarte (2007).

Para as questões tecnológicas, os relatos encontrados em relação aos problemas mecânicos associados ao uso de biodiesel em motores, foram os utilizados com o biocombustível a base de óleo de soja, sem que possibilitasse afirmar que o mesmo não ocorre com os que são à base de palma. Ao contrário das pesquisas de emissão de gases poluentes derivados da queima de misturas de biodiesel com o diesel fóssil, indicando uma vantagem em eficiência de redução de poluentes pelo óleo de palma.

Político-socialmente, a palma também se mostrou mais interessante principalmente por ser uma fonte promissora ao atendimento do PNPB, em apoio social e econômico aos estados do Norte e Nordeste. Além disso, dados do MDA, através da reportagem de Rodrigues (2011), mostraram que a palma é um bom negócio para o aumento na renda familiar do agricultor.

Questões como deficiência em capacitação técnica, escassez de infraestrutura e logística, são desafios comuns a ser enfrentado por qualquer investidor no desenvolvimento de outra fonte de óleo para produção de biodiesel, principalmente na busca pelo atendimento aos objetivos sociais do PNPB. A particularidade da palma está na sua característica de plantio, do qual necessita de mais tempo para um retorno financeiro do que outras culturas.

No entanto, sua outra particularidade, a de mais alta produtividade de óleo por hectare plantado, indicam que superados os desafios dos altos investimentos iniciais, a palma tem condições de contribuir para o crescimento das regiões carentes do Norte do país e o aumento significativo da oferta de biodiesel no Brasil, com a grande vantagem de menor necessidade de área para plantio do que outras fontes.

Ou seja, resultados como os que foram alcançados com o desenvolvimento do dendê em países em desenvolvimento, como a Indonésia e a Malásia, além do forte investimento de empresas do porte da Petrobras e da Vale do Rio Doce, comprovam como a palma pode ser uma fonte promissora tanto para o mercado das oleaginosas, como para o biodiesel. Com o aumento na produção do óleo, a tendência ao longo do tempo será da queda no preço, o que irá impulsionar ainda mais seu investimento. Fato este que também foi comprovado pelos dois países citados acima.

Ainda sobre a questão de logística, a diversificação dos modais de transporte é citada como uma das maiores necessidades ao desenvolvimento do país. Para o caso da palma, o Norte que possui melhores condições de clima e solo para o plantio, pode reduzir seus altos custos de transporte dado pela maior distância dos centros produtores e consumidores, com o investimento em ferroviários. Modalidade esta que apesar da necessidade de um grande volume de investimento, seria de interesse também de outros fortes setores, como a de minério e da própria agroindústria. Esta é uma visão já compartilhada novamente pela Vale, que está investindo na palma no estado do Pará.

Além disso, com a interligação de linhas em operação, que inclusive já transporta biodiesel nos estados mais próximos ao Pará, como Mato Grosso e Mato Grosso do sul, podendo chegar ao Paraná, São Paulo e Santa Catarina (RODRIGUES, 2011), aumentaria ainda mais a eficiência e reduziria os custos.

A partir disto, sugere-se que haja um maior debate e entendimento entre os principais participantes desta cadeia, com um forte investimento que supere as dificuldades iniciais, sob os devidos cuidados ambientais. Desta forma, será possível além de diversificar e atender um futuro aumento na demanda, apoiar a redução da atual ociosidade da indústria brasileira do biodiesel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANDA, D. **O Desenvolvimento do Biodiesel**. Palestra, Laboratório de Tecnologias Verdes Greentec, Escola de Química/UFRJ, Rio de Janeiro, Maio, 2011.

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. Editora FNP, 2012.

AMORIM, A. **100% Biodiesel**. Portal Eletrônico BiodieselBR, Ago/Set, 2010, São Paulo, p. 28-33, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/>, Acesso em: 15/08/2012.

ASSESSORIA DE IMPRENSA EMBRAPA. **Embrapa: aumento da produção de biodiesel exige novas matérias-primas**. Portal Eletrônico BiodieselBR, Novembro, 2012, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com>, Acesso em: 21/01/2013

BONALUME, W.L. **BIODIESEL - A Solução Do Agronegócio**. Ed. Letra Boreal, Monte Alto, São Paulo, 2007, 199p.

BENTO, F.M. **Impacto da adição do biodiesel ao óleo diesel durante a estocagem: um enfoque microbiológico ao controle**. Revista BIODIESEL, Caderno Técnico, seção nº14, Campus USP, Jul/Ago, São Paulo 2010, pgs. 1-5.

CAMERA, **Biodiesel e metilato de sódio são novos produtos em Estrela**, Portal eletrônico, Seção Sala de Imprensa, Maio, 2013, Disponível em: <http://www.camera.ind.br/novo/mostraNoticia.php?id=130>, Acesso em 14/11/2013.

CHIES, V. **Pesquisas querem solucionar gargalos da produção de biodiesel com óleo de dendê**. Embrapa, Seção notícias, Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2013/janeiro/1a-semana/pesquisas-querem-solucionar-gargalos-da-producao-de-biodiesel-com-oleo-de-dende/#>. Acesso em : 30/01/2013.

CUNHA, R. B. C. da. **Avaliação técnico- ambiental do uso de biodiesel de palma, soja e óleo de frango em grupo-gerador acionado por motor de ciclo diesel**. Dissertação de

Mestrado, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC e Instituto de Engenharia do Paraná – IEP, Curitiba, Paraná, 2009, 137 p.

CÂMARA, G.M.; HEIFFING, L.S. **O Agronegócio De Plantas Oleaginosas: Matérias-Primas Para Biodiesel**. PDL livros técnicos, USP, São Paulo, 2006, 256 p.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. “**Química Verde no Brasil | 2010-2030**”. Editora revista e atualizada - Brasília, 2010, 438 p.

CANDEIA, R.A., **Biodiesel de Soja: síntese, degradação e misturas binárias**, Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Paraíba, 2008, 132 p., Disponível em: www.ppgq.quimica.ufpb.br/teses/Tese_Roberlucia_Candeia.pdf, Acesso em: 08/10/2012

COELI, C.C.M., **Análise da Demanda por transporte Ferroviário: O caso do Transporte de Grãos e Farelo de Soja na Ferronorte**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, Junho, 2004, 136 p., Disponível em: www.coppead.ufrj.br/institucional/pesquisa/dissertacoes/pdf/Carla_Coeli.pdf, Acesso em: 16/07/2012

CAIXETA, G. **Estudo de cenário de produção de biodiesel**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, Abril, 2009, 139 p.

CANDEIA, R.A. **Biodiesel de Soja: Síntese**. Degradação e Misturas Binárias, tese de doutorado, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2008, 132 p.

CASTRO, A. *et al.* **Complexo Agroindustrial de Biodiesel no Brasil: Competitividade das Cadeias Produtivas de Matérias-Primas**. 1ª Edição, Ed. EMBRAPA, 2011, 719 p.

CAMPOS, A.; CARMÉLIO, E.C. **Biodiesel e agricultura familiar no Brasil: resultados socioeconômicos e expectativa futura**. Artigo do livro “O futuro da indústria: biodiesel”, Coletânea de Artigos, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC, Brasília, 2006, p.49-65.

CARVALHO, P. T. **Balço de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Biodiesel Produzido a Partir de Soja e Dendê no Brasil**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, 2012, 153 p.

DUNMORE, C.; SEKULARAC, E. **Dúvidas sobre biodiesel ameaçam metas verdes da EU**. Jornal Estadão, São Paulo, Março, 2012, Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,analise-duvidas-sobre-biodiesel-ameacam-metas-verdes-da-ue,104937,0.htm>, Acesso em: 30/07/2012.

DUARTE, A. **Controle de Qualidade**. Portal Eletrônico BiodieselBR, Fev/Mar, 2011, São Paulo, p. 08- 11, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/>, Acesso em: 15/05/2012

DUARTE, A. **Os impactos do biodiesel**. Portal Eletrônico BiodieselBR, Dez. 2010/Jan., 2011, São Paulo, p. 32- 35, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/>, Acesso em: 19/01/2013

ENCICLOPÉDIA ON LINE WIKIPEDIA. **PRÓ –ALCOOL**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org>, Acesso em: 21/01/2013

ENCICLOPÉDIA ON LINE WIKIPEDIA. **AZEITE DE DENDÊ**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org>, Acesso em: 10/04/2013

ENCICLOPÉDIA ON LINE WIKIPEDIA. **DEGOMAGEM**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org>, Acesso em: 28/05/2013

EMBRAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento . **Overview of the Brazilian Biofuels Sector and Embrapa’s R&D Program in Bioenergy**. Palestra do Dr. Sílvio Vaz Júnior, 2011, Disponível em: www.abq.org.br/biocom, Acesso em: 12/04/2012

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balço Energético Nacional (BEN) 2012 – Ano base 2011: Resultados**, Ministério de Minas e Energia,

EEVERA, T. **Biodiesel production process optimization and characterization to assess the suitability of the product for varied environmental conditions**. Renew-

able Energy an international journal, Periyar Maniammai University, India, 2009, p. 762–765.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004**. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/index.htm>, Acesso em: 01/06/2013

EFAW, T.J. **Characterization of Exhaust Emission from Palm Oil-Based and Soybean Oil-Based Biodiesel Fueled Heavy-duty Transit Buses**. Dissertação de mestrado, West Virginia University, West Virginia, 2009, 122 p.

FREITAS, R. C. **Biodiesel: o papel do Estado regulador e formulador de políticas públicas**, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2009, 199 p.

FREITAS, R.C. de. **1,2,3 testando**. Portal Eletrônico BiodieselBr, Seção Analítica, Dez. /Jan, 2010/2011, São Paulo, p. 8-11, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/>, Acesso em: 19/01/2013

FREITAS, C.H.; PENTEADO, M. **Biodiesel Energia do Futuro**. Editora Letra Boreal, Monte Alto, São Paulo, 2006, 146p.

FREITAS, R.C. de. **O problema da qualidade do biodiesel**. Portal Eletrônico BiodieselBr, Seção Especificação, Jun/Jul, 2011, São Paulo, p. 46 – 49, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/>, Acesso em: 23/01/2013

FERREIRA, R.J.; CRISTO C. M. P. N. **O futuro da indústria: biodiesel: coletânea de artigos**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC, 2006, Brasília, 145 p.

FRAGA, A. **A evolução dos óleos vegetais**. Revista Eletrônica Globo Rural, Março, 2013, Disponível em : http://www.ubrabio.com.br/1891/noticias/aevolucaodosoleosvegetais_183888/, Acesso em: 21/06/2013

FIESP. **Soja e suas riquezas- História**. Sobre o SINDIMILHO – Seção Curiosidade, Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/sindimilho/sobreosindmilho/curiosidades/soja-e-suas-riquezas-historia/> Acesso: 27/05/2013

FETRANSPOR - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro. **Biodiesel B20 – O Rio de Janeiro anda na frente**. Seção Arquivos Antigos, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: www.fetranspor.com.br/arquivosantigos/images/publicacoes/pdf/BiodieselB20.pdf, Acesso em: 05/07/2013

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) of United Nation. **Statistical Yearbook 2012**. Seção Economic, Disponível em: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications/ess-yearbook/yearbook2012/en/> Acesso em: 05/07/2013

FILHO, M.A., **Ônus e bônus do biodiesel**, Jornal Unicamp, nº 518, Março, 2012, São Paulo, Disponível em: http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/marco2012/ju518_pag03.php, Acesso em: 05/07/2013

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS- IBP & COPPEAD/UFRJ. **Planejamento Estratégico Tecnológico e Logístico para o Programa Nacional de Biodiesel**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: www.ibp.org.br/main.asp?View={C2A7D82F-1D0E-4574-A464-032C08DE8BDA}, Acesso em: 05/01/2013.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, **Key World Energy Statistics 2012**, Paris, 2012.

JAYED, M.H. *et al.* **Environmental aspects and challenges of oilseed produced biodiesel in Southeast Asia**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier Journal, Junho, 2009, p. 2452–2462.

JORNAL VALOR ECONÔMICO . **Vale, Petrobras e ADM fortalecem aportes na palma**. Portal Eletrônico BiodieselBR, Seção Notícias, Outubro, 2012, Disponível em : <http://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/info/vale-petrobras-adm-fortalecem-aportes-setor.htm>, Acesso em: 20/04/2013.

KNOTHE, G.*et al.* **Manual do biodiesel**. 1ª Edição, Editora Blucher, São Paulo, 2006, 340 p.

KOH, L.P.; WILCOVE, D.S. **Cashing in palm oil for conservation**. Revista Nature, Vol. 338, Agosto, 2007, p. 993-994.

KONDAMUDI, N. **Biodiesel production from non food feedstocks using a bifunctional heterogeneous catalyst and glycerol byproduct utilization**. Tese de Doutorado, Universidade de Nevada, Nevada, EUA, 2010, 149 p.

LEITE, L.F., **Biocombustíveis**, Slides da aula de Tecnologia Orgânica I, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013

LORNE, D. **Biofuels update: growth in national and international markets, panorama 2012**. IFP Energies Nouvelles - Setor Público Francês de Pesquisa, Inovação e Centro de Treinamento, Publicações, Novembro, 2011, Disponível em: www.ifpenergiesnouvelles.com, Acesso em: 15/12/2012.

LORA, E. E. S., VENTURINI, O.J.; **Biocombustíveis**, Editora Interciência, Edição 1, Vol. 1, 2012.

MYINT L.L.; EL-HALWAGI M.M. **Process analysis and optimization of biodiesel production from soybean oil**. Springer - International Publisher Science, Clean Techn Environ Policy, Vol.11, p. 263–276, Texas A&M University, Texas, Junho, 2008.

MITTELBAACH, M.; REMILSCHMIDT, C. **Biodiesel – The comprehensive handbook**, 3ª Edição, Austria, Vienna, 2006, p.14.

MARZULLO, R. de C.M. **Análise de ecoeficiência dos óleos vegetais oriundos da soja e palma, visando a produção de biodiesel**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo-USP, Escola Politénica, São Paulo, 2007, 302 p.

MOURAD, A.L. **Avaliação da cadeia produtiva de biodiesel obtido a partir da soja**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas -UNICAMP, Campinas, 2008, 141 p.

MURTA, A. L. S. **Análise da Viabilidade de Autoprodução de Biodiesel por Frotistas: O Caso da Vale**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/ COPPE, Rio de Janeiro, 2008, 204 p.

MARQUES, G.G.; JÚNIOR, H.G. **Biodiesel: visão da indústria automobilística**. Artigo do livro “O futuro da indústria: biodiesel -coletânea de artigos”, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC, Brasília, 2006, p. 127

MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Viabilidade de Extração de Óleo de Dendê no Estado do Pará**. Projeto Biodiesel - Convênio UFV / MDA, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. Disponível em : portal.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/biodiesel/18_-_Dende.pdf, Acesso em 26/05/2013

NAE - Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. **Biocombustíveis - Processos estratégicos de longo prazo**. Caderno NAE nº 2, Brasília, 2005, Disponível em: <http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/02biocombustiveis.pdf>, Acesso em: 27/ 06/2013.

NETO, P. R. C.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. **Utilization of used frying oil for the production of biodiesel**. Química Nova, Vol. 23, 2000, p. 531-537.

ORSI, C. **França revê planos de incentivar biocombustíveis**. Portal Inovação Unicamp, Outubro, 2012, Disponível em: <http://www.inovacao.unicamp.br/notas/franca-reve-planos-para-incentivar-uso-de-biocombustivel>, Acesso em: 20/12/2012.

OLIVEIRA, S. **Extração e refino de óleo vegetal**. Portal dos Docentes, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/samueloliveira/disciplinas/tecnologia-de-fabricacao-de-biocombustiveis/biodiesel/capitulo-3-extracao-e-refino-de-oleo-vegetal/view>. Acesso: 03/06/2013.

PEIXOTO, A.M. *et al.* **ENCICLOPÉDIA AGRÍCOLA BRASILEIRA**, 2º Volume, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998, Disponível em: <http://books.google.com.br/books>, Acesso em 14/11/2012

GUARIENTI, E.P. **PERDAS DE MATÉRIA-PRIMA: UM ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA DE ÓLEO DE SOJA**, ENGEVISTA, V. 14, Nº. 1., abril 2012, p. 58-73, Disponível em: <http://www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/view/309/190>, Acesso em: 12/04/2013

PRATES, J.P. **A diferença entre o H-Bio e o Biodiesel**. Portal Globo Online, Julho, 2006, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/noticias/biodiesel/diferenca-hbio-biodiesel-04-07-06.htm>, Acesso em: 05/04/2012

PORTAL BRASIL . **Matriz energética brasileira tem 88,8% de geração de fontes renováveis**. Seção Infraestrutura, Junho, 2012 , Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/06/12/matriz-energetica-brasileira-tem-88-8-de-geracao-de-fontes-renovaveis>

Acesso: 21/05/2013.

PORTAL AGÊNCIA SENADO, **Pequenas usinas de biodiesel pressionam governo por aumento de mercado**, Seção Portal de Notícias, Senado Federal, Julho, 2013, Brasília, Disponível em: <http://www12.senado.gov.br/noticias/materias/2011/07/14/pequenas-usinas-de-biodiesel-pressionam-governo-por-aumento-de-mercado>, Acesso em: 03/04/2013

PONTES, H. L. J. *et al.* **Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em grão**. Portal Sistemas & Gestão, Universidade Federal Fluminense- UFF , Volume 4, número 2, maio a agosto, 2009, p.155-181, Disponível em: <http://www.uff.br/sg/index.php/sg/article/download/V4N2A5/V4N2A5>, Acesso em: 30/04/2013

PETROBRAS, **Biocombustível**, Relatório de Segmento, Junho, 2007.

POMPEO, A.; COSTA, R.da. **Encruzilhadas do biodiesel**. Revista Eletrônica BiodieselBR, Seção Entrevista, São Paulo, Ago/ Set., 2010, p. 12- 15. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/>, Acesso em: 15/12/2012

PORTAL ELETRÔNICO BIODIESELBR, **História e Biodiesel**, Disponível em: <http://www.biodiesel.com>, Acesso em: 15/09/2012

PORTAL ELETRÔNICO BODIESELBR, **Biodiesel Brasil**, Disponível em:
<http://www.biodieselbr.com/>, Acesso em: 06/08/2012

REVISTA ELETRÔNICA EXAME.COM . **Importação de diesel dobrará até 2014, diz Petrobras**. Seção Combustível, Agosto, 2012 , Disponível em:
<http://exame.abril.com.br/economia/noticias/importacao-de-diesel-dobrara-ate-2014-dia-petrobras>, Acesso em: 05/07/2013

RAMOS, L.P. **Sobre a Definição Técnica do Biodiesel**. Portal BiodieselBR, Seção Colunas, Maio, 2006, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com->, Acesso : 20/07/2012.

RODRIGUEZ, F., **Ajustando a logística**, Portal Eletrônico BiodieselBR, Seção Transporte, Out/Nov, 2011, São Paulo, p. 54-58, Disponível em:
<http://www.biodieselbr.com->, Acesso : 22/06/2013.

RODRIGUES, F., **Um oceano de palma**, Portal Eletrônico BiodieselBR, Fev/Mar, 2011, São Paulo, p. 29-34, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com->, Acesso : 07/05/2013.

RODRIGUES, F., **Críticas ao Biodiesel**, Portal Eletrônico BiodieselBR, Ago/Set, 2011, São Paulo, p. 22 – 24, Disponível em: <http://www.biodieselbr.com->, Acesso : 04/05/2013.

SILVA, A.M. **Os Efeitos do Uso do Biodiesel Sobre Propriedade do óleo lubrificante usado em um motor de ignição por compressão**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Carlos, São Paulo, 2006, 107p.

SAMORA, R. **Setor de biodiesel do Brasil sofre com alta ociosidade**, Portal Eletrônico Jornal Estadão, Outubro, 2011, Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,setor-de-biodiesel-do-brasil-sofre-com-alta-ociosidade,790875,0.htm>, Acesso em: 03/07/2013.

SALDANHA, N. **Os passeios do biodiesel**. Portal Eletrônico BiodieselBR, Seção Logística, Out/Nov, 2010, São Paulo, p. 24-30, Disponível em:
<http://www.biodieselbr.com->, Acesso : 04/06/2013.

SECRETARIA DA FAZENDA DE CUIABÁ – MT, **Portaria n° 114/2011** , Diário Oficial, Abril, 2011 , Disponível em:
legislacao.tribut.nsf/5edf9c5193c58088032567580038916b/b63b1c5d5830e2a084257881004478a4?OpenDocument, Acesso em : 27/07/2013.

SORANSO, A.M., “**Desempenho Dinamico de um Trator Utilizando Biodiesel Destilado Etílico e Metílico**”, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE, Cascável, 2006, 68p.

SANTOS, A. M., **Análise do Potencial do Biodiesel de Dendê para Geração Elétrica em Sistemas Isolados da Amazônia**, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008, 235 p.

TAGUCHI, V. **Biodiesel, o patinho feio está (quase) virando cisne**. Portal Globo Rural, Seção Bioenergia, Setembro, 2012, Disponível em:
<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI318936-18531,00-BIODIESEL+O+PATINHO+FEIO+ESTA+QUASE+VIRANDO+CISNE.html>, Acesso em: 15/04/2013

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. International Energy Statistics: Renewables, 2012.

VELTMAN, M.K. *et al.* **Effects of Biodiesel Blends on Emissions in Low Temperature Diesel Combustion**. SAE International, Iowa State University, 2009.

VILLELA, A. A. **O Dendê como Alternativa Energética Sustentável em Áreas Degradadas na Amazônia**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ/ COPPE, Programa de Planejamento Energético, 2009 - Rio de Janeiro, 160p.

ZOT, F.D. **Biodiesel no Rio Grande do Sul: um modelo para sua localização e distribuição**. Dissertação de Mestrado, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRS, Porto Alegre, 2006, 119 p.

WWF - , WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Produção e exportação de soja brasileira e o Cerrado**. Estudo WWF 2012 – Disponível em:
<http://www.wwf.org.br/?31842/Certificao-pode-reduzir-impactos-da-soja-no-Cerrado>

[/download](#) – Acesso em: 09/12/2012