

Identificação de gargalos e estabelecimento de um plano de ação para o sucesso do Programa Brasileiro do Biodiesel

Mauricio Cintra do Prado de Salles Penteado

Universidade de São Paulo

Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Copyright © 2005 SAE International

RESUMO

A crescente pressão mundial pelo desenvolvimento de tecnologias automotivas menos poluentes de emissões de combustíveis, incluindo o de combustíveis alternativos, foi a forma de impulsionar a tecnologia do Biodiesel, de origem não fóssil, derivados de fontes renováveis, visando substituir, gradualmente, o uso do óleo diesel, na matriz energética mundial. A diretiva americana "*Clean air Act amendment of 1990*", a Lei S-517 e a diretiva europeia "*2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003*" instituíram a adição do Biodiesel no óleo diesel. Nos Estados Unidos, este teor é de 20%, e, na Europa, é obrigatória a adição de 2%, em 2005, e será de 5,75%, em 2010. Dentro deste contexto, o Biodiesel necessita ser implementado no Brasil, de maneira gradual. A Lei brasileira 11097/05 tornará obrigatória sua adição de 2% (Biodiesel B2), em 2008 (ou de cerca de 840 milhões de litros de Biodiesel, do montante estimado de demanda do óleo diesel, de 42 bilhões de litros, em 2008), e de 5% (Biodiesel B5), em 2013. O objetivo deste trabalho é o de se identificarem alguns gargalos existentes, no âmbito técnico-econômico, no Programa Brasileiro do Biodiesel, e o de se estabelecer um plano de ação para o sucesso da implementação deste programa. No plano de ação, estão traçados possíveis cenários, com dois focos distintos: o de receita líquida máxima ao governo (através da substituição de importações do óleo diesel pelo Biodiesel), e o do número máximo de empregos gerados, em 2008 e em 2013. A metodologia de pesquisa se baseia em pesquisa bibliográfica e na análise de dados coletados.

INTRODUÇÃO: O QUE É O BIODIESEL?

Biodiesel é um combustível composto de mono-alquil-ésteres de ácidos graxos de cadeia longa

(com ou sem duplas ligações), derivados de fontes renováveis, como óleos vegetais, gorduras animais ou óleos de fritura ou gordura usados, obtidos da reação de transesterificação com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, por craqueamento (por catálise ácida ou básica) (Bonomi, 2004; Ramos, 2004).

O Biodiesel é todo combustível que possa substituir, parcial ou totalmente, o óleo diesel de origem fóssil em motores de ignição por compressão (motores ciclo diesel) automotivos e estacionários (Bonomi, 2004). Este trabalho focará na aplicação automotiva.

CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES SOBRE AS VANTAGENS DO EMPREGO DE BIODIESEL NO BRASIL

Vantagens estratégicas:

- o Biodiesel é um sucedâneo do óleo diesel, principal combustível consumido pelo país (mais de 36 bilhões de litros em 2002 (Bonomi, 2004) , e tem-se uma estimativa prevista de consumo, para 2005, de cerca de 40 bilhões de litros, que pressiona o perfil de refino das refinarias brasileiras;
- pode gerar a substituição de um combustível fóssil (diesel) por um renovável (Biodiesel) (Olivério, 2005);
- a utilização do Biodiesel reduz a dependência externa do Brasil, em relação ao seu combustível de maior consumo (cerca de 20% do óleo diesel consumido é importado diretamente como derivado) (Bonomi, 2004) , cujos valores de importação foram de US\$ 830 milhões em 2004 (Olivério, 2005);

- a utilização do Biodiesel pode viabilizar a distribuição de óleo diesel em regiões isoladas que possam produzi-lo (Bonomi, 2004);
- o Biodiesel pode fortalecer o agronegócio e promover o crescimento regional sustentado (Olivério, 2005).

Vantagens econômicas e sociais:

- o Biodiesel é um combustível renovável, cujo processo produtivo gera um grande número de empregos na área rural (Bonomi, 2004);
- a redução das emissões com o uso do Biodiesel, principalmente nas grandes cidades, representa significativa melhora para a saúde pública (Bonomi, 2004);

Vantagens ambientais e energéticas:

- a utilização do Biodiesel representa um ganho ambiental significativo, tanto no que se refere à redução das emissões, quando do uso em motores ciclo diesel, quanto ao balanço de CO₂, emitido na queima e absorvido, no crescimento da cultura agrícola utilizada como matéria-prima na sua produção (Bonomi, 2004);
- a utilização do Biodiesel apresenta redução de emissões de CO₂, reduzindo o efeito Estufa: 1 tonelada de Biodiesel significa uma redução de 2,5 toneladas de CO₂ (Olivério, 2005);
- a utilização do Biodiesel apresenta diluição de contaminantes quando usado em mistura com o óleo diesel, como, por exemplo, o teor de enxofre (Bonomi, 2004);

Vantagens tecnológicas:

- o Biodiesel, misturado com o óleo diesel, tende a melhorar as características deste derivado de petróleo – aumenta a lubrificidade (importante para o óleo diesel de baixo teor de enxofre), reduz o teor de enxofre, e eleva o número de cetano (Bonomi, 2004).

ASPECTOS AGRO-ECONÔMICOS DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL NO BRASIL

Região Norte: a alta taxa pluviométrica e característica de uma região de culturas não temporárias é favorável à produção da oleaginosa de dendê, com alta produtividade de até 5000 kg por hectare. Entretanto, o ponto crítico é o de que o investimento só retorna após 5 anos, contados a partir da data de plantio.

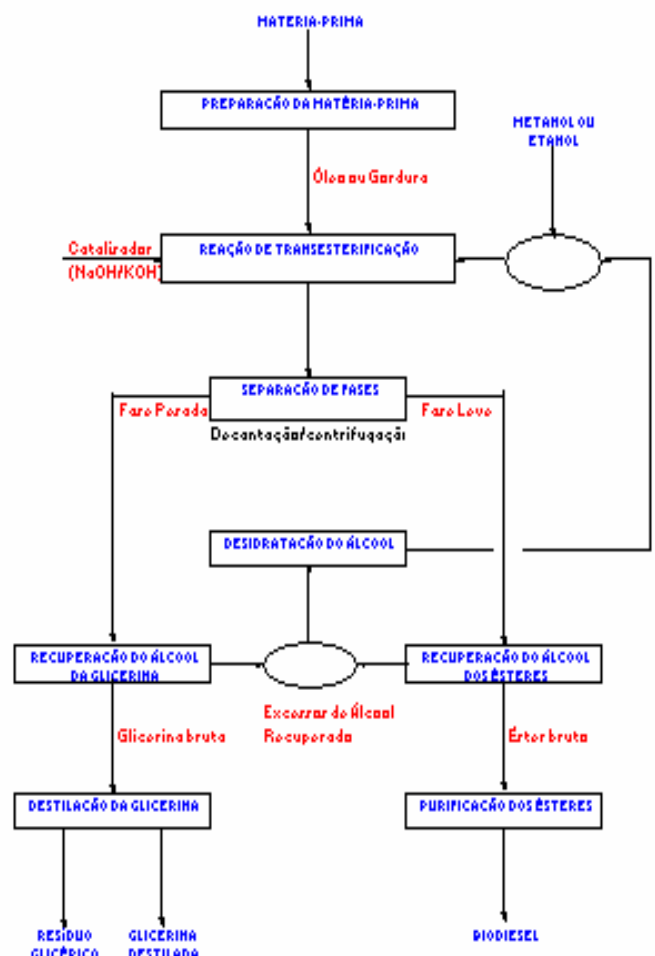
Região Centro-Oeste (exceto Mato Grosso do Sul): região característica de florestas babaquais, é favorável à produção da oleaginosa de côco, de mamona e de girassol. Entretanto, como tais processos não saíram, ainda, do processo artesanal, a soja é uma alternativa de plantio nesta região.

Região Nordeste semi-árida: é uma região onde se concentram o Polígono das Secas, com baixo índice pluviométrico, favorável à produção de mamona, com produtividade de até 2500 kg por hectare. Favorece, também, a agricultura familiar, além de seu potencial de adubação. Entretanto, os principais problemas são o elevadíssimo custo (o mais caro dentre as alternativas de oleaginosas encontradas), e a sua alta viscosidade, não desejável sob o aspecto de utilização.

Regiões Sudeste, Sul e Mato Grosso do Sul: favorável a culturas temporárias e mecanizáveis, como a soja. A grande vantagem é sua oferta, com 96% de toda a oferta de oleaginosas no Brasil, e que favorece a sua queda de preço. Entretanto, o principal problema é o da estabilidade à oxidação (baixa, comparada às demais oleaginosas), e não desejável sob o aspecto de utilização.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Figura 1 - Fluxograma do processo de produção do Biodiesel (Parente, 2003)



Nas etapas do processo que serão descritas no texto abaixo, e identificadas na Figura 1, algum excesso de álcool é necessário para aumentar o rendimento da conversão, e permitir a posterior separação dos ésteres do glicerol (Parente, 2003; Macedo, 2004).

Preparo da matéria-prima

É necessário que a matéria-prima tenha o mínimo de umidade e de acidez, através de lavagem com uma solução alcalina de hidróxido de sódio e de potássio, seguida de uma operação de secagem ou de desumidificação (Parente, 2003).

Reação de transesterificação

É a etapa de conversão do óleo ou gordura, em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, que constitui o Biodiesel. A reação é apresentada pela seguinte equação química (Parente, 2003):

- Óleo ou Gordura + Metanol → Ésteres Metílicos + Glicerol
- Óleo ou Gordura + Etanol → Ésteres Etílicos + Glicerol

A transesterificação etílica é mais complexa que a metílica, além de ser mais lenta (Aranda, 2005b). Devido ao caráter azeotrópico do etanol, o processo de recuperação deste álcool é também mais complexo e dispendioso. A Tabela 1 apresenta uma comparação entre ésteres metílico e etílico (Macedo, 2004):

Tabela 1 - Comparação entre ésteres metílico e etílico (Macedo, 2004).

Propriedade	éster metílico	éster etílico
Conversão (óleo → biodiesel)	97,5%	94,3%
Glicerina total no biodiesel	0,87%	1,40%
Viscosidade	3,9 a 5,6 cSt @ 40°C	7,2% superior ao éster metílico
Δ% potência frente ao diesel	2,5% menor	4% menor
Δ% consumo frente ao diesel	10% maior	12% maior

No Brasil, atualmente, uma vantagem da rota etílica é a oferta de álcool, disponível em todo o território nacional, valendo-se, inclusive, da experiência do Proálcool. Entretanto, no Mundo, há a predominância do uso da transesterificação pela rota metílica.

No que tange o aspecto técnico e econômico, a reação via metanol é mais vantajosa que reação via etanol. A Tabela 2, apresentada a seguir, evidencia as vantagens da rota metílica sobre a rota etílica (Parente, 2003):

Tabela 2 – Comparação entre as rotas etílica e metílica (Parente, 2003)

Quantidades e condições usuais médias aproximadas	Rotas de processo	
	Metílica	Etílica
Quantidade consumida de álcool (kg) por 1000 litros de Biodiesel	90	130
Preço médio do Álcool, US\$ / kg	190	360
Excesso recomendado de álcool recuperável, por destilação, após a reação	100%	650%
Temperatura recomendada de reação	60° C	85° C
Tempo de reação (minutos)	45	90

Os catalisadores mais empregados são o hidróxido de potássio (KOH) e hidróxido de sódio (NaOH). O KOH é mais caro, mas gera menos problemas de sabões do que o NaOH. O metóxido de sódio é o melhor catalisador, porém um pouco mais caro. Ácidos são muito mais lentos que bases na transesterificação (cerca de 1000 vezes mais lentos). O ideal seria ter catalisadores heterogêneos (que não são solúveis no meio reacional, podendo ser reutilizados e regenerados). A catálise heterogênea ainda não está plenamente desenvolvida no Brasil (Aranda, 2005b).

O emprego de enzimas como catalisadores oferece vantagens frente aos catalisadores ácidos e básicos, como a menor sensibilidade à presença de água, recuperação do catalisador e separação do biodiesel, entretanto apresenta altos custos (Macedo, 2004). Entretanto, apresenta as seguintes vantagens em relação aos catalisadores homogêneos (Bonomi, 2003; Aranda, 2005a):

- permite a produção de alquil-ésteres específicos;
- permite a recuperação mais fácil do glicerol;
- permite a transesterificação de glicerídeos na presença de alto teor de ácidos graxos livres;
- permite introduzir outras características nos alquil-ésteres produzidos, melhorando as propriedades do Biodiesel à baixa temperatura
- o catalisador heterogêneo não forma sabão;
- o catalisador heterogêneo é reutilizável;
- o catalisador heterogêneo evita a etapa de neutralização

Separação de fases

Após a reação de transesterificação, que converte a matéria graxa em ésteres (Biodiesel), a massa reacional final é constituída por duas fases, separáveis por decantação e/ou por centrifugação (sendo esta última, aplicável, se for desejável agilizar o processo) (Parente, 2003).

A fase mais pesada é composta de glicerina bruta, impregnada dos excessos utilizados de álcool, de água, e de impurezas inerentes à matéria-prima. A fase menos densa é constituída de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos, conforme a natureza do álcool originalmente adotado, também impregnado de excessos reacionais de álcool e de impurezas (Parente, 2003).

Recuperação do álcool da glicerina

A fase pesada, contendo água, álcool e glicerina, é submetida a um processo de evaporação, sob baixa pressão, denominada “evaporação *Flash*” (Macedo, 2004), eliminando-se, da glicerina bruta, esses constituintes voláteis, cujos vapores são liquefeitos em um condensador apropriado. Também, pode-se empregar, de forma alternativa, o processo de destilação. O sub-produto assim obtido será a glicerina bruta (Parente, 2003).

Recuperação do álcool dos ésteres

Da mesma forma, mas separadamente, o álcool residual é recuperado da fase mais leve, liberando, para as etapas seguintes, os ésteres metílicos ou etílicos (Parente, 2003).

Desidratação do álcool

Os excessos residuais de álcool, após os processos de recuperação, contem quantidades significativas de água, necessitando de uma separação. A desidratação do álcool, normalmente, é feita por destilação (Parente, 2003).

No caso da desidratação do metanol, a destilação é bastante simples e fácil de ser conduzida, uma vez que a volatilidade relativa dos constituintes dessa mistura é muito grande, e, ademais, inexistente o fenômeno da azeotropia para dificultar a completa separação (Parente, 2003).

A desidratação do etanol se complica, em razão da azeotropia, associada à volatilidade relativa não tão acentuada, como no caso da separação da mistura metanol-água (Parente, 2003).

Purificação dos ésteres

Os ésteres deverão ser lavados por centrifugação, e desumidificados posteriormente, resultando, finalmente, o Biodiesel, que deverá ter suas características enquadradas nas especificações das normas técnicas estabelecidas para o Biodiesel, como combustível para uso em motores do ciclo Diesel. Em alguns casos, utiliza-se, também, água morna para remover resíduos de catalisador e sabões (Parente, 2003).

Destilação da glicerina

A glicerina bruta, emergente de processo, mesmo com suas impurezas convencionais, já constitui o sub-produto vendável. No entanto, o mercado é muito mais

favorável à comercialização da glicerina purificada, quando seu valor é realçado (Parente, 2003).

Transesterificação metílica de soja, comprada à etílica, para o Nordeste

A preferência pela rota metílica de mamona, para o Nordeste, se justifica por vários motivos (Oliveira, 2005):

- o metanol é mais barato que etanol;
- o metanol é mais reativo que etanol (requer menos tempo de reação);
- o metanol requer menor excedente que etanol (possibilitando maior eficiência por batelada);
- o metanol excedente pode ser recuperado, enquanto etanol forma azeótropo (etanol hidratado) que não deve ser utilizado na reação, aumentando o fluxo de reagentes (e os custos);
- 80% do metanol consumido atualmente no país é produzido internamente, sendo possível aumentar a produção caso haja um acordo com os setores interessados, sobretudo para aproveitar o gás natural das bacias gigantes descobertas recentemente;
- a reação da mamona com o etanol é a de mais difícil obtenção de Biodiesel, elevando os custos de tratamento e, com isto, o custo do produto.

Finalmente, a oferta de etanol é cerca de 30 vezes maior que a de metanol, além da grande vantagem de ser oriundo de biomassa, o que representa maior potencial de redução de emissão de gases do efeito estufa e desenvolvimento social (desde que esta gere empregos reais, e não os chamados “empregos bóias-frias”). Outro aspecto muito difundido é quanto a seu manuseio não ser perigoso, ainda que no caso do metanol isto se dê apenas durante a fabricação, já que o biodiesel de qualquer álcool tem o mesmo nível de toxidez (Oliveira, 2005).

CUSTOS DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL E DOS SUBPRODUTOS GERADOS

Para que se possa calcular os custos de produção de Biodiesel, conforme Tabela 3, os seguintes parâmetros e dados são observados:

- o cálculo de custeio deve levar em conta o tipo de oleaginosa;
- o cálculo de custeio toma, por base, a média de um determinado período;
- o cálculo de custeio, em um processo de transesterificação, deve, também, levar em conta o fato de ser etílica ou metílica, além de seu processo de catálise (homogenea ou heterogenea);
- O cálculo de custeio precisa levar em conta a escala de produção (pequeno, médio ou grande porte);
- Apenas para efeito de custo final, o cálculo de custeio deve levar em conta a tributação

incidente, conforme escala de produção e rota tecnológica

Ainda não se tem dados fechados, mas sim inferidos, para a determinação destes custos, e há variações consideráveis de valores encontrados nas mais diversas publicações nacionais de 2003 a 2005. A razão básica é a de que a adição de 2% de Biodiesel no Diesel (B2) só será obrigatória em 2008, conforme Marco Regulatório da Lei 11.097/2005. Por esta razão, serão apresentados, neste ítem, considerações básicas sobre o custeio do Biodiesel.

Conforme abordado anteriormente, o cálculo de custeio se fará segundo o processo de transesterificação, através de catálise homogênea.

O principal gargalo para a consolidação do Programa Brasileiro do Biodiesel ainda reside na diferença de preços entre o petróleo e os óleos vegetais (Bonomi, 2004).

As premissas básicas adicionais para o cálculo de custo são as seguintes (Bonomi, 2004):

- não considera a variação do preço da oleaginosa em função do aumento de consumo para a produção de biodiesel;
- não considera custos de fretes (podem impactar no custo final para o consumidor, comparado ao óleo diesel);
- não considera as necessidades de investimento em infraestrutura e na produção da(s) matéria(s)-prima(s);
- considera o preço do óleo de soja no mercado internacional;
- considera o preço do etanol no mercado brasileiro;
- considera o preço do hidróxido de sódio no mercado brasileiro;
- considera o preço de comercialização da glicerina no mercado brasileiro;
- considera o custo do óleo diesel sem tributos = R\$ 0,76 / litro
- considera a densidade média do Biodiesel de $0,87 \text{ g/cm}^3 = 0,87 \times 10^{-3} \text{ toneladas/litro}$
- considera a cotação média do dólar de US\$ 1,00 = R\$ 2,50
- a conversão do valor final, do custo do Biodiesel, sem tributos, de US\$ / tonelada, para R\$ / litro, se fará pela relação: US\$ 1,00 / tonelada = R\$ (1/460) / litro
- os custos da soja, mamona e dendê foram tomados a partir da referência "MB do Brasil, 2005"

A formulação básica para se calcular o custo do Biodiesel é a seguinte (Bonomi, 2004):

$$\text{Custo do Biodiesel} = (\text{preço do óleo de soja}) + (\text{preço do álcool etílico}) + (\text{preço do hidróxido de sódio}) + (\text{custo de energia}) + (\text{custo de vapor}) - (\text{preço da glicerina})$$

A título de tentativa de inferência, na Tabela 3, procura-se tentar fazer uma análise de sensibilidade de custos incidentes no Biodiesel, a partir de suas correspondentes oleaginosas, tomando-se, como referência, uma fábrica de Biodiesel, com capacidade de produção de 400 toneladas de porte diário (Bonomi, 2004; Nappo, 2005a).

Tabela 3 – Análise de sensibilidade de custos do Biodiesel

Cenário 1 para as Regiões Sudeste, Sul e Centro Oeste: Biodiesel Etílico de Soja (sem tributos)

Item	Preço [US\$/t ou US\$/ (KWh)]			Quantidade (Kg ou KWh)	Custo (US\$/t)		
	Mín	Máx	Médio		Mín	Máx	Médio
Óleo de Soja	270	648	459	965	260,55	625,32	442,325
Etanol	148	358	245	156	21,84	54,6	38,22
NaOH		748		15		11,1	
Eleticidade		50,4		35		1,764	
Vapor		10		76		0,76	
Glicerina		458		104		46,8	
Total					249,24	646,744	447,379
Reflexo no preço final com sem tributos (R\$/L)					0,54177	1,429965	0,972067

Cenário 2 comparativo para as Regiões Sudeste, Sul e Centro Oeste: Biodiesel Metílico de Soja (sem tributos)

Item	Preço [US\$/t ou US\$/ (KWh)]			Quantidade (Kg ou KWh)	Custo (US\$/t)		
	Mín	Máx	Médio		Mín	Máx	Médio
Óleo de Soja	270	648	459	965	260,55	625,32	442,325
Metanol (45% menor)	77	268	168,5	86	6,622	22,36	14,48
NaOH		748		15		11,1	
Eleticidade (50% menor)		50,4		17		0,8568	
Vapor (80% menor)		10		15		0,15	
Glicerina		458		104		46,8	
Total					232,4788	632,9688	432,7328
Reflexo no preço final sem tributos (R\$/L)					0,509389	1,33258	0,988994

Cenário 3 para a Região Nordeste: Biodiesel Metílico de Mamona (sem tributos)

Item	Preço [US\$/t ou US\$/ (KWh)]			Quantidade (Kg ou KWh)	Custo (US\$/t)		
	Mín	Máx	Médio		Mín	Máx	Médio
Óleo de Mamona	459	801	700	965	442,325	862,485	752,7
Metanol	77	268	168,5	86	6,622	22,36	14,48
NaOH		748		15		11,1	
Eleticidade		50,4		17		0,8568	
Vapor		10		15		0,15	
Glicerina		458		104		46,8	
Total					448,8538	1058,132	732,4378
Reflexo no preço final sem tributos (R\$/L)					0,90878	2,262956	1,582367

Cenário 4 para a Região Norte: Biodiesel Etílico de Dendê (Palm) (sem tributos)

Item	Preço [US\$/t ou US\$/ (KWh)]			Quantidade (Kg ou KWh)	Custo (US\$/t)		
	Mín	Máx	Médio		Mín	Máx	Médio
Óleo de Dendê	32	88	60	965	30,80	84,32	57,9
Etanol	148	358	245	156	21,84	54,6	38,22
NaOH		748		15		11,1	
Eleticidade		50,4		35		1,764	
Vapor		10		76		0,76	
Glicerina		458		104		46,8	
Total					53,64	106,344	62,944
Reflexo no preço final sem tributos (R\$/L)					0,042487	0,23983	0,136935

ANÁLISE DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE BODIESEL A PARTIR DE RESÍDUOS (ÓLEOS DE FRITURA, RESÍDUOS, GRAXOS DE UNIDADES DE TRATAMENTO, ENTRE OUTROS)

As principais vantagens são (Oliveira, 2004):

- os equipamentos e insumos nacionais são de origem nacional, e, por isto, são cotados em moeda brasileira;
- são intensivos, em mão-de-obra, uma vez que requerem triagem - do lixo, para obter biomassa residual e recicláveis, e dos insumos residuais para a produção do Biodiesel – e cultivo e extração, para obtenção de insumos novos para o Biodiesel;
- estão disponíveis, normalmente, junto aos consumidores, o que reduz o custo do transporte;
- embora ainda pouco representativa, em escala global, os insumos residuais para a produção de Biodiesel, que envolvem os óleos de fritura usado, ácidos graxos, gordura animal e esgoto sanitário, além de terem menores custos, apresentam a vantagem de estarem disponíveis nos aglomerados urbanos

Há um processo de produção de Biodiesel, a partir de esgoto sanitário, que está com a solicitação de patente em curso, e cujo material não é ainda passível de divulgação, à exceção desta referencia bibliográfica abaixo citada, e acessível no site www.ppe.ufrj.br, tese de doutorado defendida em setembro de 2004, pelo Professor Doutor Luciano Basto Oliveira. Este tipo de insumo, embora com disponibilidade de 10 milhões de litros anuais, para o Biodiesel de óleo de fritura e de 250 milhões de litros anuais para sebo bovino, apresentam a vantagem da sua disponibilidade imediata, proximidade aos consumidores, produção continuada (espécie de extrativismo urbano), baixo custo de produção e potencial de redução de poluição, além do potencial de exportação da tecnologia.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE CUSTOS DO BODIESEL, A PARTIR DO ÓLEO DE FRITURA O DO SEBO BOVINO

Tomando-se, por base, as mesmas hipóteses do tópico anterior (análise de sensibilidade de custos do Biodiesel), e fazendo-se uma inferencia de custos, a partir da tese de doutorado do Professor Doutor Luciano Basto Oliveira (COPPE/IVIG/UFRJ) (Oliveira, 2004), busca-se fazer uma análise de sensibilidade de custos do Biodiesel, a partir do óleo de fritura e do sebo bovino, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Análise de sensibilidade de custos do Biodiesel a partir de resíduos

Cenario 1: Biodiesel Etílico de Fritura (sem tributos)

Item	Preço [US\$/t ou US\$/ (KWh/t)]			Quantidade (Kg ou KWh)	Custo (US\$/t)		
	Min	Max	Médio		Min	Max	Médio
Óleo de Fritura	108	259	183,5	965	104,22	249,935	177,0775
Etanol	140	350	245	156	21,84	54,6	38,22
NaOH		740		15		11,1	
Eleticidade		50,4		35		1,764	
Vapor		10		76		0,76	
Glicerina		450		104		46,8	
				Total	92,884	271,359	182,1215
Reflexo no preço final sem tributos (R\$/L)					0,201922	0,589911	0,395916

Cenario 2: Análise comparativa para o Biodiesel Metílico de Fritura (sem tributos)

Item	Preço [US\$/t ou US\$/ (KWh/t)]			Quantidade (Kg ou KWh)	Custo (US\$/t)		
	Min	Max	Médio		Min	Max	Médio
Óleo de Fritura	108	259	183,5	965	104,22	249,935	177,0775
Metanol (45% menor)	77	260	168,5	86	6,622	22,36	14,491
NaOH		740		15		11,1	
Eleticidade(50% menor)		50,4		17		0,8568	
Vapor (80% menor)		10		15		0,15	
Glicerina		450		104		46,8	
				Total	76,1488	237,6018	156,8753
Reflexo no preço final sem tributos (R\$/L)					0,165541	0,516526	0,341033

Cenario 3: Biodiesel Metílico de Sebo Bovino (sem tributos)

Item	Preço [US\$/t ou US\$/ (KWh/t)]			Quantidade (Kg ou KWh)	Custo (US\$/t)		
	Min	Max	Médio		Min	Max	Médio
Sebo Bovino	117	354	235,5	965	11,895	341,61	240,7215
Metanol	77	260	168,5	86	6,622	22,36	14,491
NaOH		740		15		11,1	
Eleticidade		50,4		17		0,8568	
Vapor		10		15		0,15	
Glicerina		450		104		46,8	
				Total	83,7038	329,2768	225,5303
Reflexo no preço final sem tributos (R\$/L)					0,247358	0,789919	0,481988

Cenario 4: Análise comparativa para o Biodiesel Etílico de Sebo Bovino (sem tributos)

Item	Preço [US\$/t ou US\$/ (KWh/t)]			Quantidade (Kg ou KWh)	Custo (US\$/t)		
	Min	Max	Médio		Min	Max	Médio
Sebo Bovino	117	354	235,5	965	11,895	341,61	240,7215
Etanol	140	350	245	156	21,84	54,6	38,22
NaOH		740		15		11,1	
Eleticidade		50,4		35		1,764	
Vapor		10		76		0,76	
Glicerina		450		104		46,8	
				Total	138,518	393,034	286,7795
Reflexo no preço final sem tributos (R\$/L)					0,287727	0,799204	0,524477

ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA UTILIZAÇÃO DO BODIESEL

As características de um combustível adequado para motores de combustão interna por compressão são as seguintes (Bonomi, 2004):

- ótima qualidade de ignição; combustão deve iniciar no momento correto;
- vaporização completa no interior da câmara de combustão para:
 - ⇒ mistura correta com o ar;

⇒ queima limpa e completa, proporcionando:

- melhor desempenho do motor;
- redução de emissões de poluentes;
- redução da formação de resíduos, depósitos e cinzas;

- não ser corrosivo;
- não possuir água e sedimentos (menor desgaste do motor);
- manter sua adequação pelo tempo máximo de armazenamento previsto;
- deve basear-se nas propriedades físico-químicas do produto final e não na fonte de matéria-prima utilizada;
- deve buscar o consenso entre refinadores, fabricantes de motores, produtores de biodiesel e órgãos ambientais;
- deve levar em conta a especificação do óleo diesel;
- deve evoluir junto com a especificação do óleo diesel;
- deve incluir limites para as características particulares do biodiesel

A seguir, serão relacionados algumas características básicas, que, embora contenham valores válidos para o Diesel, possuem conceitos aplicáveis, também, para o Biodiesel (ANP, 1997).

Qualidade de ignição

Para que o diesel comece a queimar, depois que começa sua injeção, deve transcorrer um certo tempo, chamado atraso ou retardo de ignição, necessário para que ocorram atomização, aquecimento e evaporação do combustível, mistura com o ar, reações químicas precursoras da combustão e, finalmente, a ignição da mistura ar-combustível (ANP, 1997).

Numero de cetano

À facilidade de se realizar a combustão, dá-se o nome de Combustibilidade, e está relacionada com propriedades essenciais do combustível, que são o poder calorífico e o número de cetano. A viscosidade cinemática e a tensão superficial, pelo fato de definirem a qualidade de pulverização, na injeção de combustível, participam, também, como fatores na qualidade na combustão (Parente, 2003).

Quanto menor esse tempo, maior a qualidade de ignição do diesel e seu **número de cetano** (ou **índice de cetano**, se for obtido através de cálculo), ao passo que maiores retardos de ignição produzem um ruído característico conhecido como “batida do diesel”, resultante da queima muito rápida de todo o diesel que ingressou na câmara de combustão durante o tempo de retardo.

Como o índice de cetano do Biodiesel é mais alto que o do óleo diesel, o Biodiesel apresenta queima muito

melhor em um motor diesel que o próprio óleo diesel mineral (Parente, 2003).

Lubricidade (Parente, 2003)

A lubricidade é a medida do poder de lubrificação de uma substância, sendo uma função de várias propriedades físicas, destacando-se a viscosidade e a tensão superficial.

Diferentemente dos motores a gasolina, os motores a óleo diesel exigem que o combustível tenha propriedades de lubrificação, especialmente em razão do funcionamento da bomba, exigindo que o líquido escoante lubrifique adequadamente as suas peças em movimento.

Ponto de névoa e de fluidez (Parente, 2003)

O ponto de névoa é a temperatura em que o líquido, por refrigeração, começa a ficar turvo, e o ponto de fluidez é a temperatura em que o líquido não escoar mais livremente.

Tanto o ponto de fluidez, como o ponto de névoa do Biodiesel variam segundo a matéria-prima que lhe deu origem, como também, a do álcool utilizado na reação de transesterificação.

Estas propriedades são importantes no que dizem respeito às temperaturas ambientes onde o combustível deva ser armazenado e utilizado. Entretanto, no Brasil, de Norte a Sul, as temperaturas são amenas, não apresentando problemas de congelamento do combustível, sobretudo porque se pretende utilizar o Biodiesel em mistura com o óleo diesel mineral.

Ponto de Fulgor e Volatilidade (ANP, 2007; Parente, 2003)

O ponto de fulgor é a temperatura em que o líquido se torna inflamável, na presença de uma chama ou faísca. Esta propriedade somente assume importância no que diz respeito à segurança nos transportes, manuseios e armazenamentos.

O ponto de fulgor do Biodiesel, se completamente isento do metanol ou etanol, é superior à temperatura ambiente, significando que o combustível não é inflamável nas condições normais em que ele é transportado, manuseado e armazenado.

A volatilidade é avaliada pelo ensaio de **destilação**. As frações mais leves do diesel, as de menores temperaturas de ebulição, devem ser controladas por questões de segurança no manuseio, transporte e armazenagem, devido a riscos de inflamabilidade.

A limitação do **ponto de fulgor** mínimo, constante das especificações internacionais, garante essa questão de segurança, sendo que nos países europeus, grandes consumidores de diesel, é especificado o valor de 55°C mínimo. A especificação brasileira não contempla, a não ser para diesel de uso marítimo, limitações para ponto

de fulgor, incluindo, entretanto, uma faixa permitida para o ponto T50%, visando garantir um certo equilíbrio na curva de destilação.

Em função de temperaturas mínimas mais elevadas no Brasil, especifica-se, com semelhante objetivo, o **ponto de entupimento**, por ser considerado um ensaio que melhor se adapta às condições brasileiras (ANP, 1997).

Poder Calorífico (Parente, 2003)

O poder calorífico de um combustível indica a quantidade de energia desenvolvida pelo combustível, por unidade de massa, quando ele é queimado. No caso do combustível em motores, a queima significa a combustão no funcionamento do motor.

O poder calorífico do Biodiesel é muito próximo do poder calorífico do óleo diesel mineral. A diferença média, em favor do óleo diesel de petróleo, situa-se em torno de somente 5%.

Densidade (ANP, 1997)

Os motores diesel têm seu ponto ótimo de funcionamento calibrado para uma determinada densidade do combustível, tendo em vista que a bomba injetora dosa o volume injetado para cada condição de operação. Embora possam operar satisfatoriamente com o diesel dentro de uma certa faixa de densidades, o funcionamento começa a apresentar distúrbios se esta faixa for muito ampla. Densidades muito altas levam a enriquecimento excessivo da mistura ar-combustível, com conseqüente aumento das emissões de particulados, monóxido de carbono e hidrocarbonetos, ao passo que, se muito baixas, acarretam perda de potência e de dirigibilidade, além de aumento do consumo.

Teor de enxofre

Elemento indesejável em qualquer combustível, o enxofre forma compostos que promovem desgaste dos motores, seja através de corrosão como de depósitos. Os óxidos de enxofre, resultantes da combustão, formam ácido sulfúrico, na presença de água, atacando cilindros e anéis de segmento, principalmente nas fases de partida a frio e aquecimento do motor (Parente, 2003).

Quanto à poluição atmosférica, o enxofre influi na emissão de particulados, tanto através da formação de partículas diretas (sulfatos metálicos), como de indiretas (sulfato de amônia, responsável pela chuva ácida) (ANP, 1997).

O teor de enxofre e de hidrocarbonetos aromáticos são também parâmetros para se avaliar a vida do motor (Parente, 2003).

Existe uma particularidade, com relação à emissão de NOx que, em até 13%, poderia ser minimizada pelo uso de catalizadores. Cabe ressaltar que, atualmente, os catalizadores estão impossibilitados de serem aproveitados nos motores ciclo diesel no Brasil, em

decorrência dos elevados teores de enxofre e de material particulado presentes no óleo diesel comercializado. Assim, o consumo de Biodiesel permitirá a utilização destes equipamentos, capazes de reduzir a poluição (Oliveira, 2004).

Características e peculiaridades, com relação ao Biodiesel, são as seguintes (Department of Energy, 2001):

- o aumento do tamanho da cadeia carbônica eleva o ponto de névoa, o número de cetano, reduz o teor de NOx e aumenta a estabilidade (exemplos: C14:0, C16:0, C18:0);
- o aumento do número de duplas ligações (exemplo: duas: (C18:2), ou três: (C18:3)) reduzem o ponto de névoa, o índice de cetano, a estabilidade (a menos que aditivos sejam utilizados) e elevam o teor de NOx;
- a densidade do Biodiesel, na faixa de 0,87-0,88 g/cm³, é ligeiramente maior que a do diesel, de cerca de 0,85 g/cm³;
- o Biodiesel não contém nitrogênio ou aromáticos, e, normalmente, contém menos que 15 ppm de enxofre; contém 11% de oxigênio, em massa, responsável pelo ligeiramente inferior poder calorífico, e contém, na combustão com o óleo diesel, baixos valores de monóxido de carbono, particulados e de emissões de hidrocarbonetos;
- o consumo de combustível, potência, e torque são proporcionais ao poder calorífico do Biodiesel ou à mistura de diesel e Biodiesel; exemplificando, o Biodiesel B20 tende a ter menor potência, menor torque e maior consumo que o Biodiesel B2.

Segue a composição em alguns ácidos graxos de óleos vegetais na Tabela 5 (Bonomi, 2004):

Tabela 5 - Composição em alguns ácidos graxos de óleos no Biodiesel (Bonomi, 2004).

Componente	Nº Duplas	Fórmula	Babaçu	Dendê	Colza	Soja
Caprílico	0	C ₇ H ₁₅ COOH	4 - 7			
Cáprico	0	C ₉ H ₁₉ COOH	3 - 6			
Láurico	0	C ₁₁ H ₂₃ COOH	44 - 46			
Mirístico	0	C ₁₃ H ₂₇ COOH	15 - 20	1 - 3	1	1 - 2
Palmítico	0	C ₁₅ H ₃₁ COOH	6 - 9	35 - 43	1	6 - 10
Esteárico	0	C ₁₇ H ₃₅ COOH	3 - 5	3 - 5	1 - 2	2 - 4
Oleico	1	C ₁₇ H ₃₃ COOH		34 - 56	25 - 30	20 - 30
Linoleico	2	C ₁₇ H ₃₁ COOH		9 - 11	14 - 15	50 - 58
Linolênico	3	C ₁₇ H ₂₉ COOH				4 - 9
Erúcico	1	C ₂₁ H ₄₁ COOH			43 - 57	
Índice de Iodo			9 - 18	50 - 60	94 - 102	125 - 140

- o ponto de fulgor do Biodiesel é tipicamente maior que 150° C; o valor foi fixado em 100° C para assegurar que o fabricante remova todo o excesso de metanol ou etanol, utilizado no processo de manufatura; o teor residual de etanol ou metanol é um quesito de segurança, porque pequenos teores reduzem o ponto de fulgor. O metanol ou o etanol podem afetar as bombas de combustível, selos, juntas, e podem resultar em um processo pobre de combustão;
- o teste do teor de enxofre serve para assegurar a remoção de todos os catalisadores, utilizados no processo;
- o índice de acidez se eleva com o envelhecimento do combustível, ou se o combustível não foi adequadamente manufaturado; valores acima de 0,10 se mostram ser associados com depósitos de combustível, reduzindo a vida útil das bombas de combustível e dos filtros;
- o teor de glicerina total e de glicerina livre servem para se medir a conversão completa de resíduos e óleos em Biodiesel; se estes números forem muito altos, o processo de fabricação está inadequado, e ocorrerão depósitos no motor; não se devem utilizar combustíveis, cujos teores de glicerina total a livre excedam o valor limite;
- os métodos de teste de estabilidade à oxidação permitem determinar se o combustível permanecerá estável, durante a armazenagem por longos períodos; altos índices de acidez, com alta viscosidade, indicam a degradação do combustível;
- o aumento do teor de Biodiesel no Diesel apresenta o seguinte efeito nas emissões, conforme mostrado na Figura 2 (Macedo, 2004)

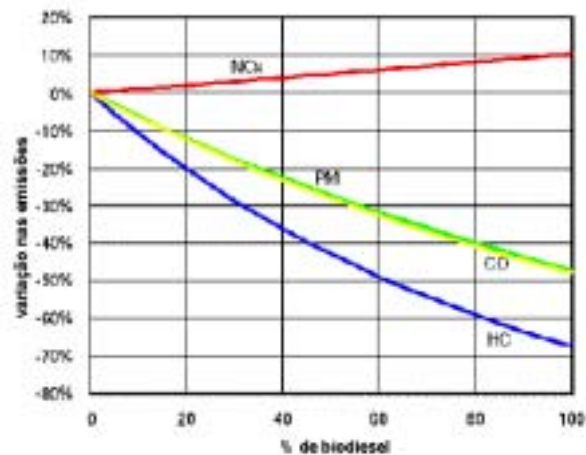


Figura 2 - Efeito do aumento do teor de Biodiesel no teor de emissões (Macedo, 2004).

TESTES – REQUISITOS, CONSIDERAÇÕES E CRONOGRAMAS

Os testes, para novos combustíveis, como o Biodiesel B2, devem obedecer à Portaria 240/2003, da ANP (Agência Nacional do Petróleo), que estabelece a regulamentação para a utilização de combustíveis não especificados (Bonomi, 2004).

Muitos procedimentos de testes, bem como os respectivos cronogramas, ainda não são passíveis de divulgação oficial, por ainda estarem sendo submetidos à aprovação governamental.

A título de inferência, sugere-se proceder, inicialmente, a testes de certificação físico-química do combustível, seguidos de testes de campo com frota controlada, a serem conduzidos, simultaneamente, em caráter comparativo, com B2 e com B5. Adicionalmente, sugere-se um período mínimo de 1 ano, para testes dinâmométricos de motores, e de 2 anos, para testes veiculares com frotas cativas. Dentre os exemplos de componentes e sistemas de injeção/motor a serem verificados, estão:

- filtros de óleo e de combustível: registros de consumo, fotografias de registro de depósitos, entupimentos e ataques químicos;
- bombas injetoras e câmaras de combustão: fotografias de registro de entupimentos, obstruções, pressão de injeção, formação de sabões e ácidos graxos;
- óleos lubrificantes: registro de consumo, diluição;
- Biodiesel no óleo diesel: registro de consumo, densidade, viscosidade cinemática, índice de acidez, diluição, formação de sabões e ácidos graxos, teor de cinzas, e teor de enxofre.

Estes testes, por sua vez, devem contemplar todos os sistemas de injeção, ou seja, com bombas rotativas e "common rail", para veículos comerciais leves, com

injeção eletrônica (picapes, vans e mini-ônibus), e com bombas injetoras do tipo "unit pump", "unit injector", e "common rail", para veículos comerciais médios e pesados, também com injeção eletrônica.

As características destes testes são as seguintes (Bonomi, 2004):

- devem ter a autorização prévia da ANP, para consumo maior que 2000 kg/mês;
- são testes de caráter experimental;
- deverá ser feito em frotas cativas ou em processos industriais específicos;
- deverá ser feito por tempo determinado;
- deverá ter parecer ambiental competente;
- deverá ter laudo de segurança de manuseio do produto

Influência das propriedades físico-químicas do Biodiesel no desempenho do sistemas de injeção

Na Tabela 6, são apresentadas as influências que as propriedades físico-químicas exercem sobre os sistemas de injeção (Bosch, 2005):

Tabela 6 – Influências das propriedades físico-químicas nos sistemas de injeção (Bosch, 2005).

Densidade:

Baixa	Menos torque e potência (menor conteúdo energético) - pode haver necessidade de revisão da calibração dos motores
Alta	Mais torque e potência (maior conteúdo energético) Maior pressão em sistemas mecânicos comandados por came - pode ser necessária reavaliação da calibração dos motores e sistema de injeção Menor quantidade injetada em sistemas comandados por tempo (CRS) → menor potência

Viscosidade:

Baixa	Aumento de vazamentos de diesel - partida a quente e marcha lenta podem ser afetados Aumento no desgaste de peças com movimento relativo devido ao filme hidrodinâmico mais fino e menos oscilações absorvidas Maior quantidade injetada em sistemas comandados por tempo (CRS) → mais fuligem
Alta	Aumento da pressão no sistema de injeção mecânico - pode ser necessária reavaliação da aplicação e dos componentes Maior diferencial de pressão em filtros de combustível Menor quantidade injetada em sistemas comandados por tempo (CRS) → menor potência

Estabilidade à oxidação:

Baixa	Corrosão nos componentes do sistema de injeção Depósito de produtos de envelhecimento nos componentes internos do sistema de injeção
Alta	Não tem influência

Influência direta e indireta do Biodiesel sobre sistemas eletrônicos

Embora tenha havido o consenso, entre os fabricantes sistemistas Delphi, Bosch, Denso, Siemens, Stanadyne e Siemens VDO, em julho de 2004, em atender à norma europeia EN 14214, em até 5% de adição do Biodiesel ao diesel, sem modificação dos componentes do sistema de injeção (European Delphi, 2004),

denominada "influência direta do Biodiesel sobre sistemas eletrônicos", faz-se necessário observar:

- a influência que o Biodiesel exerce sobre os parâmetros de calibração do sistema de injeção da mistura diesel x Biodiesel (denominada "influência indireta do Biodiesel sobre sistemas eletrônicos"), para todos os níveis de mistura;
- a influência direta e indireta do Biodiesel, em proporções maiores que 5%, sobre os sistemas eletrônicos, tais como partida a quente e partida a frio

Testes dinamométricos de bancada, realizados pela equipe da COPPE/UFRJ, juntamente com o IPT

Os testes acima referidos foram realizados com 5% de Biodiesel no Diesel (B5), pela equipe da COPPE/UFRJ, juntamente com o IPT (no que se referem aos testes dinamométricos). Os combustíveis foram, respectivamente, o Biodiesel de Soja (B5 S) e de Fritura (B5 F), cuja descrição do Projeto de Viabilização do Uso do Biodiesel segue na Tabela 7 (Ribeiro, 2004):

Tabela 7 - Resultados de testes dinamométricos em bancadas do IPT (Ribeiro 2004; Murta 005).

Parâmetro medido	Valores Absolutos			Variações	
	Diesel Base	B5 Soja	B5 Fritura	B5 Soja	B5 Fritura
Potência efetiva [kW]	50,8	50,6	50,9	-0,5%	0,2%
Consumo específico [g/kW.h]	189,8	190,7	191,0	0,5%	0,7%
CO [g/kW.h]	0,93	0,91	0,92	-1,6%	-1,6%
NOx [g/kW.h]	6,66	6,72	6,71	0,9%	0,8%
THC [g/kW.h]	0,426	0,423	0,424	-0,8%	-0,6%
Fuligem [g/kW.h]	0,041	0,038	0,033	-5,8%	-19,9%
MP medido [g/kW.h]	0,169	0,162	0,163	-4,1%	-3,5%

- houve pequena redução na potência corrigida, para o caso da mistura B5 S, ocorrendo o inverso com a mistura B5 F;
- em ambos os casos, o consumo específico é pouco maior, não chegando à 1%;
- com exceção do NOx, verificou-se redução nas demais emissões, com destaque para a redução de fuligem, na mistura com B5 F;
- o aumento na emissão de NOx ainda foi menor que 1%

As conclusões que podem ser tiradas, baseadas nos dados acima, são as seguintes:

- a redução de potência, com o Biodiesel, comparado ao óleo diesel, se deve ao menor poder calorífico do Biodiesel;
- o teor de NOx é ligeiramente maior, no Biodiesel, que no óleo diesel, e se deve ao fato de que, no processo de transesterificação, capta-se ar, e conseqüentemente, Nitrogênio, que, na reação, gera o NOx; o mesmo não se observa no óleo diesel, de origem fóssil;
- a redução de CO, fuligem e de material particulado se devem ao fato de que o Biodiesel tem menor teor residual de carbono que o óleo diesel, além de se ter maior valor de índice de cetano para Biodiesel, comparado ao diesel.

- remoção de glicerina livre (**teor de glicerina livre**);
- remoção do catalisador residual (**teor de cinzas**);
- remoção do álcool reagente (**ponto de fulgor**);
- ausência de ácidos graxos livres (**acidez total**)

Os parâmetros indicativos de desempenho, nos sistemas de injeção, são os seguintes (Bonomi, 2004):

- viscosidade;
- massa específica;
- estabilidade à oxidação

A título de sugestão adicional, buscou-se acrescentar, no Anexo 1, uma coluna adicional, denominada "Proposta alternativa ou adicional", que vise contemplar as propostas da ANP e os parâmetros de melhoria acima mencionados

ESPECIFICAÇÃO PROPOSTA PARA O BIODIESEL B2, NO PROGRAMA BRASILEIRO DO BIODIESEL

Várias tabelas comparativas tem sido geradas por várias entidades, incluindo a própria ANP, visando a introdução e a adequação do Biodiesel B2 no Programa Brasileiro do Biodiesel, conforme Lei No 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que autoriza a introdução, não obrigatória, do Biodiesel B2, até 2008. A idéia é de que se tenha tempo para a cadeia produtiva, no Brasil, se organizar, até a sua introdução obrigatória, em 2008.

Adicionalmente, devem-se ressaltar as seguintes observações, referentes:

- o ao mercado brasileiro:
 - ⇒ de 2005 a 2008, a introdução de Biodiesel B2, no Programa Brasileiro do Biodiesel, será compulsória (fase de estruturação do Mercado);
 - ⇒ em 2008, tornar-se-á obrigatória a introdução do Biodiesel B2, no mercado brasileiro;
 - ⇒ de 2008 a 2013: a introdução de Biodiesel B5, no Programa Brasileiro do Biodiesel, será compulsória (fase de amadurecimento do mercado);
 - ⇒ em 2013, tornar-se-á obrigatória a introdução do Biodiesel B5, no mercado brasileiro;
- o ao mercado europeu:
 - ⇒ em 2005, a introdução de Biodiesel B2, no Programa Europeu do Biodiesel, é obrigatória;
 - ⇒ de 2005 a 2010, a introdução de 5,75% do Biodiesel será compulsória;
 - ⇒ em 2013, tornar-se-á obrigatória a introdução do Biodiesel B5,75, no mercado europeu;

O Anexo 1 visa especificar a introdução, no mercado brasileiro, do Biodiesel B2, para 2008, no Programa Brasileiro do Biodiesel.

Os parâmetros mais significativos, na qualidade do Biodiesel, são os seguintes (Bonomi, 2004):

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA GLOBAL DO BIODIESEL

Considerações básicas e hipóteses simplificadoras, para a análise dos resultados obtidos, que se seguirão, dos Anexos 2 ao 5:

- não estão sendo consideradas as variações de preço em função do volume;
- não estão sendo computados os ganhos decorrentes de redução do nível de emissões;
- constituir-se-ão os seguintes cenários:
 - cenário (A): substituição de importações do óleo diesel pelo Biodiesel ;
 - cenário (B): introdução do óleo diesel / Biodiesel em veículos leves;
 - cenário (C): composição dos cenários (A) e (B)
- para que a sequência de passos no Anexo 3 seja possível, efetua-se, primeiramente, uma análise de sensibilidade dos preços do Biodiesel, comparada ao do óleo Diesel (Anexo 2) e o do valor ponderado de preços entre gasolina C e álcool (cálculo similar ao do Anexo 2), segundo a seguinte sequência de passos:
 - ⇒ valores percentuais de incidência de impostos nos custos do Biodiesel (Macedo, 2004), proveniente de diversas oleaginosas;
 - ⇒ impacto dos valores percentuais nos preços finais do Biodiesel ao consumidor (Macedo, 2004), aplicando-se, sucessivamente, valores progressivos de descontos nos tributos, visando atingir valores inferiores ao do combustível substituído (ao óleo diesel, para o Anexo 2, procedendo-se de forma similar com relação à gasolina C + álcool hidratado), sendo estes

valores aplicáveis ao Biodiesel proveniente de diversas oleaginosas;

- ainda com relação ao Anexo 2, o primeiro passo consiste em se avaliar o impacto de todos os tributos incidentes no Biodiesel, de cerca de 85% (Macedo, 2004); os abatimentos a serem aplicados, pelo governo, nos tributos, se seguem, conforme passos de (1) a (5), descritos abaixo (na metade superior do Anexo 2):

- (1) incidência de impostos: 29% de PIS/COFINS (tributo federal); 43% [ICMS (tributo estadual) + MD (Margem de Distribuição) + L (Logística)]; 13% ao consumidor (Macedo, 2004);
- (2) preço com impostos = Preço sem impostos $\times \{ 1 + [29\% \text{ PIS/COFINS (na refinaria) + 43\% (ICMS no Distribuidor + MD + L) + 13\% (no consumidor)] \}$ (Macedo, 2004);
- (3) isenções de 100% de PIS/COFINS (tributo federal) para agricultura familiar, no Norte e Nordeste, de dendê e de mamona (Rousseff, 2004);
- (4) isenções de 68% de PIS/COFINS (tributo federal) para agricultura familiar geral (Rousseff, 2004);
- (5) isenções de 32% de PIS/COFINS (tributo federal) para agricultura mecanizada, no Norte e Nordeste, de dendê e de mamona (Rousseff, 2004).

- em seguida, no Anexo 2, aplicam-se, sucessivamente, descontos nos valores incidentes de tributos, conforme passos da (a) a (g), conforme a seguinte seqüência (na metade inferior do Anexo 2):

- (a) valor sem impostos;
- (b) valor com impostos;
- (c) valor com 50% de ICMS + Margem de Distribuição + Logística;
- (d) valor com 30% de ICMS + Margem de Distribuição + Logística;
- (e) valor com 15% de ICMS + Margem de Distribuição + Logística;
- (f) valor sem ICMS + Margem de Distribuição + Logística;
- (g) valor só com 13% ao consumidor

- com relação ao Anexo 3, está-se tomando, por base de cálculo, os benefícios que são mais rapidamente computáveis, financeiramente, para o governo (receita líquida ao governo), segundo a seguinte sequência de passos, para cada oleaginosa (nota: a sequência de passos, descrita para a o Anexo 3, se seguirá de forma análoga, para a gasolina C + álcool hidratado, com valores em (R\$/L):

- passo (A): custo do óleo diesel, sem impostos, que o governo deixará de gastar, pela sua substituição, pelo Biodiesel; em

outras palavras, isto se traduzirá em receita para o governo;

- passo (B): diferença do custo de óleo diesel devida aos impostos (receita que o governo deixará de receber);
 - passo (C): custo do Biodiesel, a ser assumida pelo setor privado (por hipótese), e não pelo governo;
 - passo (D): Biodiesel: diferença de custo devida aos impostos (receita que o governo passará a receber);
 - passo (E): substituição de receita bruta devida ao governo: $(E) = (A) - (B) + (D)$;
 - passo (F): investimento aproximado, em transesterificação, quando aplicável ao governo, devido aos investimentos realizados em transesterificação; cuja faixa de variação será de R\$ 0, 40 / litro a R\$ 0,50 / litro de Biodiesel, com valor médio de R\$ 0, 45 / litro de Biodiesel (Oliverio, 2005)
 - passo (G): receita líquida ao governo
- uma vez efetuados os cálculos nos Anexos 2 e 3, procede-se ao cálculo da receita líquida e do número de empregos, rateados por volume, no Anexo 4, para cada oleaginosa ,atraves dos seguintes cenários (sequencia de cálculo identificada nestas tabelas):
 - cenário (A): substituição de importações do Diesel pelo Biodiesel, em 2008 (B2) e em 2013 (B5);
 - cenário (B): introdução do Diesel e do Biodiesel em veículos leves, em 2008 (com 5% da frota de veículos leves com óleo diesel/Biodiesel), e em 2013 (com 15% da frota de veículos leves com óleo diesel/Biodiesel); calculo análogo ao aplicado acima;
 - uma vez efetuados os cálculos, através do Anexo 4, para os dois cenários acima citados, procede-se a um resumo de composição de cenários entre diferentes regiões e rotas tecnológicas, com foco na receita líquida anual, ao governo, e no numero estimado de empregos, através do Anexo 5, que compõe os cenários (A) e (B);

Os resultados da análise de sensibilidade mostram que:

- conforme Anexo 2, o dendê, óleo de fritura e o sebo bovino são viáveis, economicamente, ao consumidor final, por serem mais baratos que o diesel, sob quaisquer condições de tributação;
- conforme Anexo 2, a soja se mostra economicamente viável, ao consumidor final, somente ao se isentar, completamente, o ICMS, Margem de Contribuição e de Logística, e aplicando-se 13% de margem ao consumidor, nas condições de valores mínimo, médio e máximo, sendo este último com pequena

margem de desvio entre óleo diesel e Biodiesel de soja;

- conforme Anexo 2, a mamona não é viável, economicamente, ao consumidor final, mesmo aplicando-se somente 13% de margem ao consumidor; por esta razão, a única alternativa de torná-la viável, economicamente, ao consumidor, será através da aplicação de 67% de subsídio, por parte do governo, de forma a torná-la competitiva em relação ao Diesel, sob todas as condições, de máximo, médio e mínimo, de preço, ao consumidor final;
- seguindo o modelo do Anexo 3 para a mamona, é necessário aplicar o subsídio de 67%, pelo governo, para se viabilizar a mamona ao consumidor final, mas torna negativa a receita líquida unitária, ao governo, mesmo destinando-se os investimentos em transesterificação, ao setor privado;
- seguindo o modelo do Anexo 3 para a mamona, tendo-se em vista a receita líquida unitária negativa da mamona, ao governo, haverá reflexo negativo de receita líquida absoluta, ao se atribuírem os referidos volumes de demanda, para região nordeste;
- seguindo o modelo do Anexo 4 para todas as oleaginosas, os volumes de demanda requeridos para as regiões brasileiras (conforme coluna (A)), particularmente se considerarmos o ano de 2013 (B5), se mostram superiores à oferta anual de óleo de fritura (de 50 milhões de litros por ano) e de sebo bovino (de 250 milhões de litros por ano), conforme indicado da tabela 16 (Oliveira, 2004), à exceção da região norte, cuja demanda, para 2013, é de cerca de 190 milhões de litros; por esta razão, a análise que se seguirá, no Anexo 5, só levará em conta a alternativa do sebo bovino para a região norte;
- seguindo o modelo do Anexo 5, que compõe os cenários (A) e (B) para todas as oleaginosas, nos cenários 2a e 4a, o reflexo negativo de geração de receita, oriunda da mamona, é compensado pelas receitas positivas das demais oleaginosas; os cenários viáveis, tanto para as oleaginosas puras, como para oleaginosas com variação marginal de aditivção de 2%, são os seguintes:
 - foco financeiro, para 2008 e 2013: cenário 1a: receita líquida máxima, ao governo;
 - foco social: cenário 2a, para 2008, e 4a, para 2013: número de empregos máximo;
 - foco técnico e financeiro, para 2008 e 2013: cenário 5a: receita líquida máxima, ao governo;
 - foco técnico e social, para 2008 e 2013: cenário 6a: número de empregos máximo;
- seguindo o modelo do Anexo 5, para o cenário (B), o reflexo negativo de geração de receita, oriunda da mamona, não é compensado pelas receitas positivas das demais oleaginosas, para

os cenários 2b, 4b e 6b; a razão desta diferença se dá pela queda de receita, ao governo, decorrente da substituição de arrecadação de impostos, oriundos da gasolina C + álcool anidro (Grupo Interministerial, 2003), pela correspondente, do Biodiesel (Macedo, 2004; ANP, 2005), com menor percentual de incidência de tributos, comparada à da gasolina C + álcool; os cenários viáveis, tanto para as oleaginosas puras, como para oleaginosas com variação marginal de aditivção de 2%, são os seguintes:

- foco financeiro, para 2008 e 2013: cenário 1b: receita líquida máxima;
- ausência de viabilidade, no que se refere ao foco social, para 2008 e 2013, do número de empregos máximo, devida à receita negativa ao governo, conforme cenários 2b e 4b;
- foco técnico e financeiro, para 2008 e 2013: cenário 5b: receita líquida máxima, ao governo;
- ausência de viabilidade, no que se refere ao foco técnico e social, para 2008 e 2013, do número de empregos máximo, devida à receita negativa ao governo, conforme cenário 6b;
- conforme Anexo 5, a composição de cenários (A) e (B), tanto para oleaginosas puras, como para oleaginosas com variação marginal de aditivção de 2%, se mostra:
 - vantajosa, no que se refere ao foco financeiro, para 2008 e 2013: cenários 1a + 1b: receita líquida máxima, ao governo;
 - vantajosa, no que se refere ao foco técnico e financeiro, para 2008 e 2013: cenários 5a + 5b: receita líquida máxima, ao governo;
 - desvantajosa, no que se refere ao foco social, para 2008: cenários 2a + 2b: número de empregos máximo;
 - desvantajosa, no que se refere ao foco social, para 2013: cenários 4a + 4b: número de empregos máximo;
 - desvantajosa, no que se refere ao foco técnico e social, para 2008 e 2013: cenários 6a + 6b: número de empregos máximo.

ESTRUTURAÇÃO DE UM PLANO DE AÇÃO, VISANDO SUPERAR OS GARGALOS DO PROGRAMA BRASILEIRO DO BIODIESEL, COM ÊNFASE NOS ASPECTOS VOLTADOS À SUA UTILIZAÇÃO

As seguintes hipóteses estão sendo adotadas para a proposta de plano de ação, conforme descrito nos capítulos anteriores, a fim de que se obtenham receitas líquidas totais positivas por parte do governo:

- aplicam-se, para a soja, dendê e sebo bovino, apenas 13% de margem ao consumidor (isentando-se todos os outros impostos), com o intuito de se uniformizarem os critérios de análise, e de se viabilizarem, economicamente, estes produtos ao consumidor final, notadamente a soja;
- para a mamona, aplica-se o subsídio de 67% de incentivo, por parte do governo, isentando-se, totalmente, os impostos, a fim de se viabilizar, economicamente, este produto, ao consumidor final;
- não estão sendo consideradas as variações de preços em função do volume;
- não estão sendo computados os ganhos decorrentes da redução do nível de emissões;
- não se estão levando em conta as variações de preço do óleo diesel em função das oscilações de preço do barril de petróleo;
- os seguintes cenários estão sendo constituídos, com base nos resultados das Tabelas 6.6a, 6.6b e 6.6c, e com base nos resultados da análise de sensibilidade, no final do tópico 6.1:

- **cenário 1a + 1b, para 2008 (B2) e 2013 (B5): foco financeiro: receita líquida máxima o governo**, tomando, por base, a substituição de importações do óleo diesel pelo Biodiesel, somada à introdução do óleo diesel / Biodiesel em veículos leves de passeio; assim sendo, farão parte deste cenário, os seguintes veículos:

- ⇒ **veículos leves de passeio**, com sistemas de injeção através de bombas rotativas e “*common rail*” eletrônicos;
- ⇒ **veículos comerciais leves (picapes, minivans e micro-onibus)**, com sistemas de injeção através de bombas rotativas e “*common rail*” eletrônicos;
- ⇒ **veículos comerciais médios e pesados (caminhões)**, com sistemas de injeção através de bombas alternativas “*unit pump*” e “*common rail*” eletrônicos;
- ⇒ **veículos comerciais médios e pesados (ônibus e caminhões)**, com sistemas de injeção através de bombas “*unit injector*” e “*common rail*”, eletrônicos;

- **cenário 5a + 5b, para 2008 (B2) e 2013 (B5): foco técnico e financeiro: receita líquida máxima, ao governo**, com as

mesmas premissas e veículos adotados no item acima;

- **cenários 2a, para 2008 (B2), e 4a, para 2013 (B5) e : foco social: numero máximo de empregos**, tomando, por base, apenas a substituição de importações do óleo diesel pelo Biodiesel; assim sendo, farão parte destes cenários, os seguintes veículos:

- ⇒ **veículos comerciais leves (picapes, minivans e micro-onibus)**, com sistemas de injeção através de bombas rotativas e “*common rail*” eletrônicos;
- ⇒ **veículos comerciais médios e pesados (caminhões)**, com sistemas de injeção através de bombas alternativas “*unit pump*” e “*common rail*” eletrônicos;
- ⇒ **veículos comerciais médios e pesados (ônibus e caminhões)**, com sistemas de injeção através de bombas “*unit injector*” e “*common rail*”, eletrônicos;

- **cenário 6a, para 2008 (B2) e 2013 (B5): foco técnico e social: numero máximo de empregos**, com as mesmas premissas e veículos adotados no item acima

Proposta de inferência de testes paralelos comparativos de validação, com o Biodiesel B2 e o Biodiesel B5, necessários para viabilizar o Programa Brasileiro do Biodiesel, para 2008 (B2) e para 2013 (B5):

Para cada condição específica de cada cenário identificado acima, sugere-se a seguinte inferência de testes paralelos comparativos entre o Biodiesel B2 e o Biodiesel B5:

- **testes veiculares, controlados por frotas cativas monitoradas, segundo as seguintes condições:**

- **análise preliminar de dois tipos de combustível, em caráter simultâneo comparativo (conforme Anexo 6):**

- ⇒ combustíveis, denominados “novos”, com aditivação de 2%, no que se referem ao Biodiesel B2, conforme Anexo 2, e ao Biodiesel B5; deve-se observar que o Anexo 2 é válido para Biodiesel B2, conforme proposta elaborada na Audiência Pública sobre o Biodiesel (Souza, 2004); entretanto, na ausência de especificação para o

- Biodiesel B5 brasileiro, utilizar-se-á esta tabela, também a título de inferência, para o Biodiesel B5;
- ⇒ combustíveis denominados “velhos” B2 e B5, semelhantes aos “novos”, exceto pelo período de armazenamento, de 7 a 12 horas (ou seja, de até 100% a mais que o período prescrito de estabilidade à oxidação, de até 6 horas, conforme Anexo 2), e do índice de acidez, acima de 0,8 mg/g, conforme Anexo 2;
- **rodagem com veículos nas seguintes condições (com B2 e com B5, em caráter simultâneo comparativo):**
 - ⇒ veículos novos utilizando combustíveis “novos”;
 - ⇒ veículos usados (com quilometragem acima de 100 000 km) utilizando combustíveis “novos”;
 - ⇒ veículos novos utilizando combustíveis “velhos”;
 - ⇒ veículos usados utilizando combustíveis “velhos”;
 - **para estes testes veiculares simultâneos e comparativos, recomendam-se as seguintes verificações, em intervalos de 25 000 km:**
 - ⇒ valores comparativos, por medição e através de visualização fotográfica, das folgas e dos assentamentos de válvulas de admissão e de escape;
 - ⇒ visualização fotográfica das bombas injetoras e dos tanques de combustível, no que se referem a entupimentos, obstruções, vazamentos, formação de sabões e de ácidos graxos, além de teste de pressão de injeção das bombas injetoras;
 - ⇒ visualização fotográfica de filtros de óleo e de combustível, no que se referem a entupimentos, corrosão e formação de depósitos;
 - ⇒ verificação de consumo, diluição e de contaminação do óleo lubrificante do motor
 - ⇒ intervalos de verificação de teste para veículos novos: 0, 25 000, 50 000, 75 000 e 100 000 km;
 - ⇒ intervalos de verificação de teste para veículos usados: 100 000, 125 000, 150 000, 175 000 e 200 000 km;
 - **tempo estimado para execução destes testes: 2 anos;**
 - **para estes testes veiculares, sugere-se a utilização do Anexo 6;**
- **testes dinamométricos em motores, segundo as seguintes condições (conforme Anexo 7):**
 - **análise preliminar de dois tipos de combustível, em caráter simultâneo comparativo, nas mesmas condições descritas para os testes veiculares;**
 - **testes de pré-ignição e de detonação, com B2 e com B5, em caráter simultâneo e comparativo, nas seguintes condições:**
 - ⇒ motores novos utilizando combustíveis “novos”;
 - ⇒ motores novos utilizando combustíveis “velhos”;
 - **para estes testes dinamométricos de motores, simultâneos e comparativos, de pré-ignição e detonação, recomendam-se as seguintes verificações:**
 - ⇒ valores comparativos, por medição auditiva, de pré-ignição e de detonação ao longo do teste;
 - ⇒ testes comparativos de partida a quente (com B2 e com B5), através do monitoramento de temperatura do motor, comparada aos valores obtidos com óleo diesel;
 - ⇒ testes comparativos de partida a frio (com B2 e com B5), através do monitoramento do tempo e da potência de injeção, comparado aos valores obtidos com óleo diesel;
 - **testes de durabilidade dinamométricos, com B2 e com B5, em caráter simultâneo e comparativo, nas seguintes condições:**
 - ⇒ motores novos utilizando combustíveis “novos”;
 - ⇒ motores novos utilizando combustíveis “velhos”;
 - ⇒ tempo de teste de 2000 horas, com intervalos de verificação de 100 horas;
 - **para estes testes dinamométricos de motores, simultâneos e comparativos, de durabilidade, recomendam-se as seguintes verificações:**
 - ⇒ verificação contínua de torque, de potência e de consumo específico;
 - ⇒ a cada 100 horas, proceder à visualização fotográfica de filtros de óleo e de combustível, no que se

- referem a entupimentos, corrosão e formação de depósitos;
- ⇒ a cada 100 horas, proceder à verificação de consumo, diluição e de contaminação do óleo lubrificante do motor;

- **tempo estimado de execução deste testes: 1 ano;**
- **para estes testes dinamométricos de motores, sugere-se a utilização do Anexo 7.**

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devida à carga tributária excessiva sobre as oleaginosas utilizadas para a produção do Biodiesel, notadamente a mamona e a soja, faz-se urgentemente necessária a implantação de isenção de impostos e de subsídios governamentais, conforme mostrado neste trabalho. Os outros gargalos, como o técnico, podem ser superados, desde que se tenham custos competitivos do Biodiesel em relação ao óleo diesel. Sem esta condição, haverá fuga de interesse do consumidor final, pela compra deste combustível, que não irá, conseqüentemente, usufruir de todas as vantagens identificadas. A elaboração do plano de ação, visando suprir os gargalos, no âmbito econômico e técnico, para o sucesso do Programa Brasileiro do Biodiesel, mostra que o objetivo deste trabalho foi atingido. Deve-se ressaltar que, face à abrangência e à complexidade deste tema, fizeram-se necessárias várias simplificações, como o da não abordagem dos aspectos logísticos e legais, dos benefícios técnico-econômicos decorrentes da redução de emissões e o da variação de preços, em função do volume, do óleo diesel e das oleaginosas do Biodiesel. Por esta razão, este trabalho buscou abordar uma parte de todo problema, para se propor uma parte da solução.

Acredita-se que este trabalho possa ser um referencial, principalmente para futuros desenvolvimentos, visando prover, principalmente, maior acessibilidade do custo do Biodiesel ao consumidor final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANP – **Conceitos Diesel**, Rio de Janeiro, RJ, 1997 (ANP, 1997)
- ANP - **Formação de preços**, disponível em < http://www.anp.gov.br/petro/estrutura_precos.asp > acesso em 26 de maio de 2005, 28 de maio de 2005, 04 de abril de 2005 (ANP, 2005)
- ARANDA, D. - **Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias e Especificações**, apresentação, em "PDF", na FIESP, São Paulo, SP, abril de 2005. (Aranda, 2005a)
- ARANDA, D. - informações cedidas em maio 2005 (Aranda, 2005b)
- BONOMI, A. - **Biocombustíveis – A Vocação Brasileira para uma Matriz Energética Sustentável**, apresentação, em "PowerPoint", Salvador, Bahia, junho de 2004 (Bonomi, 2004)
- BUSCAPÉ - **Localização de preços**, disponível em <<http://www.buscape.com.br/combustível>> acesso em 26 de maio de 2005, 28 de maio de 2005, 04 de abril de 2005 (Buscapé, 2005)
- DEPARTMENT OF ENERGY – USA: **Biodiesel Handling and Use Guidelines – NREL/TP-580-30004**, Estados Unidos da America, setembro de 2001 (Department of Energy, 2001)
- DORNELLES, R. - **Combustíveis, lubrificantes e aditivos: Panorama automotivo do Brasil**, apresentação, em "PDF", na AEA - Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, São Paulo, 31 de março de 2005 (Dornelles, 2005)
- EUROPEAN DELPHI, BOSCH, DENSO, STANADYNE AND SIEMENS VDO SUPPLIERS COMMON STATEMENT - **Fatty Acid Methyl Esters Fuels, as a replacement or extender for diesel fuels – Joint Fuel Injection Equipment (FIT) Manufacturers Statement**, publicação de junho de 2004 (European Delphi, 2004)
- FNP - **Consultoria em informação em agronegócios**, disponível em <www.fnp.com.br/agricultura/soja/mercado_balcao.htm>, acesso em: 26 de maio de 2005, 28 de maio de 2005, 04 de abril de 2005 (Consultoria em Agronegócios, 2005)
- JOSEPH JR, H. - **Biodiesel – uso automotivo**, apresentação, em "PDF", na FIESP, São Paulo, SP, abril de 2005 (Joseph, 2005)
- KLADT, F. - **Inovação na tecnologia de fabricação de Biodiesel – Tendências mundiais**, seminário de Biodiesel, Rio Grande do Sul, maio de 2005 (Kladt, 2005)
- MACEDO, I. C. / NOGUEIRA, L. A. H. - **Avaliação do Biodiesel no Brasil**, Brasília, Distrito Federal, julho de 2004 (Macedo, 2004)
- MAPA, MDA, MI, MMA – **Grupo de trabalho interministerial – Biodiesel – relatório final**,

disponível em < www.biodieselbrasil.gov.br >, apresentação em "PDF", Brasília, Distrito Federal, agosto de 2003 (Grupo Interministerial, 2003)

MB DO BRASIL – disponível em < www.mbdobrasil.com.br >, acesso em 03 de abril de 2005, 10 de abril de 2005 (MB do Brasil, 2005)

MURTA, A. - Planilhas de controle, consumo e de resultados de testes dinamométricos de bancada em motores, pelo IPT-UFRJ, cedidas pelo Prof. Dr. Aurélio Murta, Rio de Janeiro, RJ, maio de 2005 (Murta, 2005)

NAPPO, M. - **Competividade econômica do Biodiesel no Brasil**, disponível em < www.aea.org.br >, apresentação, em "Powerpoint", na Comissão Técnica da AEA – Associação de Engenharia Automotiva, São Paulo, abril de 2005 (Nappo, 2005a)

NAPPO, M. – informação cedida em abril de 2005 (Nappo, 2005b)

OLIVEIRA, L. - **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de Biodiesel de insumos residuais no Brasil**, Tese de Doutorado, Rio de Janeiro, RJ, setembro de 2004 (Oliveira, 2004)

OLIVEIRA, L. – informações cedidas em maio 2005 (Oliveira, 2005)

OLIVERIO, J. O. - **Implantação das Usinas de Biodiesel**, apresentação, em "PDF", na FIESP, São Paulo, SP, abril de 2005 (Oliverio, 2005)

PARENTE, E. J. S. - **Uma aventura tecnológica num país engraçado**, disponível em < www.tecbio.com.br >, Fortaleza, Ceará, de 30 de março de 2003 (Parente, 2003)

PIMENTA, V. - **Alternativas para motorização Diesel: Biodiesel e gás-diesel**, disponível em < www.aea.org.br >, apresentação, em "PDF", na AEA, São Paulo, 31 de março de 2005 (Pimenta, 2005a)

PIMENTA, V. - **Biodiesel, experiências pelo mundo**, apresentação, em "PPT", na AEA, São Paulo, 27 de janeiro de 2005 (Pimenta, 2005b)

RAMOS, L. P. - **Combustíveis alternativos: Biodiesel**, Fórum de tecnologia de motores a diesel – desafios e tendências, apresentação em "PDF", Holyday Inn, Curitiba, Paraná, de 07 a 09 de outubro de 2004 (Ramos, 2004)

RIBEIRO, S. K. - **Experiência COPPE / Petrobrás – uso de Biodiesel em frotas cativas**, apresentação, em "PDF", Seminário de Motores Diesel, Curitiba, PR, Outubro de 2004 (Ribeiro, 2004)

ROUSSEFF, D. - **Biodiesel – o novo combustível do Brasil – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel**, disponível em < www.biodieselbrasil.gov.br >, apresentação em "PDF", Brasília, Distrito Federal, em 06 de dezembro de 2004 (Rousseff, 2004)

SOUZA, M. A. A. - **Audiência Pública sobre o Biodiesel / Especificação do Biodiesel**, apresentação, em "PPT", Rio de Janeiro, RJ, 17 de novembro de 2004 (Souza, 2004)

TECBIO - < www.tecbio.com.br >, acesso em 02 de abril a 29 abril de 2005 (Tecbio, 2005)

WAHNFRIED, C. / CRUZ, O (BOSCH) – **Biodiesel e sistemas de injeção eletrônicos**, apresentação, em "PDF", Seminário de eletrônica e combustíveis alternativos, na AEA, São Paulo, 10 de junho de 2005 (Bosch, 2005)

