

BRASÍLIA / 2004

# BIODIESEL E INCLUSÃO SOCIAL

RELATOR

**ARIOSTO HOLANDA**

DEPUTADO FEDERAL



CÂMARA DOS  
DEPUTADOS

Conselho de Altos Estudos e  
Avaliação Tecnológica



A Câmara Pensando o Brasil



Câmara dos Deputados  
Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica

Ariosto Holanda  
Deputado Federal

# Biodiesel e Inclusão Social

Relatório do Deputado Ariosto Holanda  
que detalha o tema: "Biodiesel e Inclusão Social",  
aprovado pelo Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica.

Centro de Documentação e Informação  
Coordenação de Publicações  
BRASÍLIA – 2004

## CÂMARA DOS DEPUTADOS

### DIRETORIA LEGISLATIVA

Diretor: *Afrísio Vieira Lima Filho*

### CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO E INFORMAÇÃO

Diretora: *Nelda Mendonça Raulino*

### COORDENAÇÃO DE PUBLICAÇÕES

Diretora: *Maria Clara Bicudo Cesar*

### CONSELHO DE ALTOS ESTUDOS E AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA

Secretário-Executivo: *Ricardo José Pereira Rodrigues*

**Coordenação executiva:** *Paulo Motta*; **Coordenação técnica:** *Paulo César Ribeiro Lima* ;  
**Revisão:** *Alberto Pinheiro de Queiroz Filho*; **Projeto gráfico e diagramação:** *Ely Cesar Borges*.

Câmara dos Deputados  
Centro de Documentação e Informação – CEDI  
Coordenação de Publicações – CODEP  
Anexo II, térreo - Praça dos Três Poderes  
70160-900 - Brasília (DF)  
Telefone: (61) 216-5802; fax: (61) 216-5810  
publicacoes.cedi@camara.gov.br

## SÉRIE

Cadernos de altos estudos

**n. 1**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
Coordenação de Biblioteca. Seção de Catalogação.

---

Holanda, Ariosto.  
Biodiesel e inclusão social / Ariosto Holanda. — Brasília : Câmara dos Deputados,  
Coordenação de Publicações, 2004.  
200 p. : il. color. — (Série cadernos de altos estudos ; n. 1)

Relatório do Deputado Ariosto Holanda que detalha o tema: "Biodiesel e inclusão social",  
aprovado pelo Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica, da Câmara do Deputados.

1. Óleo vegetal como combustível, Brasil. 2. Bioenergia, Brasil. 3. Fonte alternativa de energia,  
Brasil. 4. Inclusão social, Brasil. I. Título. II. Série.

CDU 620.952(81)

---

CÂMARA DOS DEPUTADOS

CONSELHO DE ALTOS ESTUDOS E AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA

Deputado João Paulo Cunha  
Presidente da Câmara dos Deputados

Deputado Luiz Piauhyllino  
Presidente do Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica

Deputado Ariosto Holanda  
Membro Titular - Relator do Projeto

Membros Titulares

Deputada Luiza Erundina  
Deputada Telma de Souza  
Deputado Félix Mendonça  
Deputado Gilmar Machado  
Deputado João Paulo G. Silva  
Deputado José Ivo Sartori  
Deputado José Linhares  
Deputado Luiz Carreira  
Deputado Luiz Bitencourt  
Deputado Paulo Bauer

Membros Suplentes

Deputado Carlos Nader  
Deputado Dr. Pinotti  
Deputado Ivan Valente  
Deputado José Rocha  
Deputado Júlio Redecker  
Deputado Júlio Semmeghini  
Deputado Lincoln Portela  
Deputado Moreira Franco  
Deputado Renato Casa Grande  
Deputado Roberto Jefferson  
Deputado Walter Pinheiro

Membros Titulares (Sub-Relatores)

Deputado Leonardo Vilela - Comissão de Agricultura  
Deputado Eduardo Gomes - Comissão de Minas e Energia  
Deputado Nelson Proença - Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática

Endereço:

Conselho de Altos Estudos  
Câmara dos Deputados  
Gabinete 566-A - Anexo III  
CEP: 70160-900 Brasília-DF  
Tel: (61) 215 8625 / 215 8626  
E-mail: caeat@camara.gov.br



#### Agradecimento

Ao Deputado João Paulo Cunha,  
Presidente da Câmara,  
que, ao reinstalar o Conselho de  
Altos Estudos e Avaliação  
Tecnológica, definiu o tema  
Biodiesel e Inclusão Social como  
prioritário, assegurando ao mesmo  
tempo os meios para a plena  
realização deste trabalho.

Deputado Ariosto Holanda  
Relator do Projeto



## SUMÁRIO

	Apresentação .....	9
<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>13</b>
	O biodiesel no mundo .....	15
	O álcool e o biodiesel no Brasil .....	17
<b>2</b>	<b>Motivações para a produção do biodiesel .....</b>	<b>21</b>
	Benefícios sociais .....	23
	Benefícios ambientais .....	24
<b>3</b>	<b>Revisão bibliográfica e estado de arte .....</b>	<b>27</b>
	Matérias-primas .....	29
	Craqueamento térmico .....	32
	Processo de produção do biodiesel .....	33
	Análise do produto e especificações .....	37
	Custos de produção .....	39
<b>4</b>	<b>Outros aspectos técnicos .....</b>	<b>41</b>
	A importância da rota etílica .....	43
	O papel da ANP e a questão dos motores .....	44
	O biodiesel como aditivo .....	46
<b>5</b>	<b>Políticas de estímulo ao biodiesel e à inclusão social .....</b>	<b>49</b>
	Os modelos de produção .....	51
	Fontes de financiamento .....	53
	A questão tributária .....	55
<b>6</b>	<b>Referências .....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>Exposição de trabalhos e protótipos .....</b>	<b>61</b>
<b>8</b>	<b>Videoconferência: propostas e contribuições apresentadas ao Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica .....</b>	<b>73</b>
<b>9</b>	<b>Uma contribuição do Instituto Nacional de Tecnologia - INT .....</b>	<b>169</b>
<b>10</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>191</b>
<b>11</b>	<b>Proposição Legislativa e Justificação .....</b>	<b>195</b>



## APRESENTAÇÃO

“O Biodiesel e a Inclusão Social” foi o primeiro tema escolhido para ser discutido em profundidade pelo Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara dos Deputados, após sua reinstalação. O biodiesel é um combustível renovável e não-poluente, que pode substituir o óleo diesel de origem fóssil. O Deputado Ariosto Holanda, membro da Comissão de Ciência e Tecnologia, relator do tema e autor da proposta de retomada desse Conselho, liderou a promoção, no mês de novembro de 2003, de uma videoconferência e de uma exposição sobre o biodiesel.

Esses eventos reuniram Ministros de Estado, Parlamentares, empresários, pesquisadores dos mais importantes centros de pesquisa do país, integrantes de organizações não-governamentais, entre outros, que debateram livremente as principais questões referentes ao tema.

A exposição mostrou veículos e geradores movidos a biodiesel e, além disso, exibiu uma pequena unidade de produção de biodiesel, montada na própria Câmara dos Deputados. Nessa exposição, os visitantes puderam ter acesso aos trabalhos de pesquisa dos mais diversos centros tecnológicos do Brasil envolvidos com o assunto.

Após a realização desses eventos, decidiu-se elaborar este trabalho com o objetivo de tornar disponível para os Parlamentares e para a população em geral a situação do biodiesel no Brasil e no mundo, além do estado da arte da tecnologia para produção desse combustível.

Além disso, foi apresentado um Projeto de Lei, assinado por todos os membros do Conselho, tornando obrigatória a adição de no mínimo 2% de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor brasileiro. O texto prevê, ainda, a isenção de tributos federais para as associações ou cooperativas de agricultores familiares que cultivarem oleaginosas para a produção de biodiesel.

O Brasil tem todas as condições de se tornar um grande produtor de biodiesel, pois o país tem um potencial incomparável para produção de biomassa para fins energéticos. A mamona, o dendê, a soja, entre outras, podem ser abundantes fontes de energia e de inclusão social.

Deputado João Paulo Cunha  
Presidente da Câmara dos Deputados

# 1.

Introdução

O biodiesel no mundo

O álcool e o biodiesel no Brasil





## 1. INTRODUÇÃO

O biodiesel é uma denominação genérica para combustíveis e aditivos derivados de fontes renováveis, como dendê, babaçu, soja, palma, mamona, entre outras. No Brasil, as pesquisas com o biodiesel remontam ao ano de 1980, com os trabalhos do professor Expedito Parente, da Universidade Federal do Ceará, que é autor da patente PI – 8007957. Essa foi a primeira patente, em termos mundiais, de biodiesel e de querosene vegetal de aviação.

Comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, o biodiesel pode reduzir em 78% as emissões líquidas de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Além disso, reduz em 90% as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre. É importante frisar que o biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação.

O biodiesel pode ser um importante produto para exportação e para a independência energética nacional, associada à geração de emprego e renda nas regiões mais carentes do Brasil. Destaque-se que o Brasil importa, anualmente, cerca de 40 milhões de barris de óleo diesel, o que representa uma despesa em nosso balanço de pagamentos de pelo menos 1,2 bilhão de dólares. A tabela 1.1 mostra a dependência do Brasil em relação à importação de óleo diesel. Em 2001, o Brasil importou 20% do óleo diesel consumido.

**Tabela 1.1**

Produção, importação, exportação e consumo de óleo diesel no Brasil.

Ano	Produção (mil m <sup>3</sup> )	Importação (mil m <sup>3</sup> )	Exportação (mil m <sup>3</sup> )	Parcela Importada (%)	Despesas com Importação (US\$ mil)
1996	27.605	4.906,0	256,03	18	767.803
1997	28.003	5.892,2	188,96	21	836.317
1998	30.132	6.207,1	0,52	21	630.647
1999	32.211	5.830,0	61,39	18	670.707
2000	32.432	5.801,0	60,63	18	1.254.162
2001	33.645	6.603,5	73,46	20	1.215.035

Fonte: Agência Nacional do Petróleo

O Brasil é um País de destaque no cenário mundial de biocombustíveis. Na década de 70, foi implementado o Programa Nacional do Alcool – PROALCOOL para abastecer com etanol, de forma extensiva, veículos movidos normalmente a gasolina. Entre erros e acertos, esse programa apresentou um saldo positivo, pois as metas, apesar de muito ambiciosas, foram atingidas e superadas, demonstrando, sobretudo, a potencialidade brasileira na produção de biomassa para geração de energia.



O Brasil, pela sua imensa extensão territorial, associada às excelentes condições edafo-climáticas, é considerado um paraíso para a produção de biomassa para fins alimentares, químicos e energéticos.

Estudos divulgados pelo National Biodiesel Board encarregado da implementação do biodiesel nos Estados Unidos afirmam categoricamente que o Brasil tem condições de liderar a produção mundial de biodiesel, promovendo a substituição de, pelo menos, 60% do óleo diesel consumido no mundo.

As matérias-primas e os processos para a produção de biodiesel dependem da região considerada. As diversidades sociais, econômicas e ambientais geram distintas motivações regionais para a sua produção e consumo.

Na Amazônia, em toda a bacia do rio Amazonas e seus afluentes, compreendendo os Estados do Amazonas e Pará, e parte dos estados circunvizinhos, predomina a hiléia, com clima úmido equatorial. Essa região, em geral, não possui vocação para as culturas temporárias, uma vez que o solo fértil é de pequena profundidade e que a elevada taxa de pluviosidade ocasiona excessiva erosão.

A Amazônia tem apresentado excelentes resultados na produção de oleaginosas de palmeiras, das quais se destaca o dendê, com produtividade que pode ser superior a 5.000 kg de óleo por hectare por ano. Muitas outras espécies oleaginosas nativas espalhadas pela região poderiam abastecer pequenas unidades industriais, conferindo auto-suficiência local em energia, constituindo o que se poderia conceituar de "ilhas energéticas".

É oportuno salientar que a maior parte da energia elétrica utilizada na região amazônica é oriunda do óleo diesel e do óleo combustível e que o custo do transporte desse óleo para localidades remotas é excessivamente elevado, podendo chegar a três vezes o custo do próprio combustível.

Nos Estados do Maranhão e Tocantins e parte dos Estados do Piauí, Goiás, Mato Grosso e Pará, há predominância de imensas florestas de babaçu, algo em torno de 17 milhões de hectares.

O coco de babaçu, pelo aproveitamento de seus constituintes, tem muitas utilidades. Das amêndoas pode-se extrair o óleo, que se apresenta como excelente matéria-prima para a produção de biodiesel. A torta pode ser destinada a rações animais. O caroço pode ser usado como matéria-prima na produção de metanol, importante insumo do biodiesel. A casca pode ser empregada como combustível para geração de calor e eletricidade.

A principal motivação para o uso do babaçu está no aproveitamento de um recurso natural já existente e pouco explorado, em condições de gerar, além do biodiesel, muitos outros produtos.

A região semi-árida do Brasil abrange quase todos os estados do Nordeste e o norte de Minas Gerais. São regiões de convivência com secas periódicas e possuem grandes contingentes de miseráveis nas zonas rurais.

Nessa região, as culturas energéticas podem se basear em lavoura de sequeiro, isto é, sem irrigação. É o caso da mamona e do algodão, que podem conviver com o regime pluviométrico do semi-árido. A mamoneira adapta-se muito bem ao clima e às condições de solos do semi-árido. Estudos realizados pelo Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, da Embrapa, vêm disponibilizando cultivares da mamona de alta produtividade.

A lavoura da mamona presta-se à agricultura familiar, podendo apresentar economicidade elevada. A torta resultante da extração do óleo de mamona



apresenta-se como ótimo adubo, encontrando aplicações na fruticultura, horticultura e floricultura, atividades importantes e crescentes nos perímetros irrigados nordestinos.

Essa região possui mais de dois milhões de famílias que, habitualmente, convivem com a fome e que se tornam, periodicamente, flageladas das secas. Portanto, a grande e forte motivação para um programa de biodiesel no Nordeste reside na possibilidade de erradicar ou minorar a miséria do campo por meio de assentamentos familiares.

Acredita-se que as regiões mais carentes do Brasil poderão vir a ser grandes produtoras de biodiesel. A demanda mundial por combustíveis de origem renovável será crescente, e o Brasil tem potencial para ser um grande exportador mundial, principalmente no contexto atual de mudanças climáticas.

A produção de biodiesel é estratégica para o Brasil e pode significar uma revolução no campo, gerando emprego, renda e desenvolvimento para todo o País, especialmente para o Norte e o Nordeste.

## 1.1 O biodiesel no mundo

No início dos anos 90, o processo de industrialização do biodiesel foi iniciado na Europa. Portanto, mesmo tendo sido desenvolvido no Brasil, o principal mercado produtor e consumidor de biodiesel em grande escala foi aquele continente.

As refinarias de petróleo da Europa têm buscado a eliminação do enxofre do óleo diesel. Como a lubrificidade do óleo diesel mineral dessulfurado diminuiu muito, a correção tem sido feita pela adição do biodiesel, já que sua lubrificidade é extremamente elevada. Esse combustível tem sido designado, por alguns distribuidores europeus, de “Super Diesel”.

### 1.1.1 Alemanha

A Alemanha estabeleceu um expressivo programa de produção de biodiesel a partir da canola, sendo hoje o maior produtor e consumidor europeu desse combustível, com capacidade de 1 milhão de toneladas por ano.

O modelo de produção na Alemanha, assim como em outros países da Europa, tem características importantes. Nesse país, os agricultores plantam a canola para nitrogenar naturalmente os solos exauridos daquele elemento e dessa planta extraem óleo, que é a principal matéria-prima para a produção do biodiesel. Depois de produzido, o biodiesel é distribuído de forma pura, isento de qualquer mistura ou aditivação. Esse país conta com uma rede de mais de 1.000 postos de venda de biodiesel.

Nesses postos, uma mesma bomba conta com dois bicos, sendo um para óleo diesel de petróleo e o outro, com selo verde, para biodiesel. Grande parte dos usuários misturavam, nas mais diversas proporções, o biodiesel com o diesel



comum, até ganhar confiança no biodiesel, cerca de 12% mais barato. Esse menor preço é decorrente da isenção de tributos em toda a cadeia produtiva do biodiesel.

### 1.1.2 França

Com capacidade de 460 mil toneladas por ano, a França é atualmente o segundo maior produtor europeu de biodiesel. As motivações e os sistemas produtivos na França são semelhantes aos adotados na Alemanha, porém o combustível é fornecido, no posto, já misturado com o óleo diesel de petróleo, na proporção atual de 5%. Esse percentual deverá ser elevado para 8%. Atualmente, os ônibus urbanos franceses consomem uma mistura com até 30% de biodiesel.

### 1.1.3 Estados Unidos

A grande motivação americana para o uso do biodiesel é a qualidade do meio ambiente. Os americanos estão se preparando, com muita seriedade, para o uso desse combustível, especialmente nas grandes cidades. A capacidade de produção estimada é de 210 a 280 milhões de litros por ano.

A percentagem que tem sido mais cogitada para a mistura no diesel de petróleo é a de 20% de biodiesel, mistura essa que tem sido chamada de B20. Os padrões para o biodiesel nos Estados Unidos são determinados e fixados pela norma ASTM D-6751.

É importante ressaltar que o Programa Americano de Biodiesel é baseado em pequenos produtores.

### 1.1.4 Malásia

Na Malásia foi implementado um programa para a produção de biodiesel a partir do óleo de palma de dendê (Meirelles, 2003). O país é o maior produtor mundial desse óleo, com uma produtividade de 5.000 kg de óleo por ha/ano. A primeira fábrica deverá entrar em operação em 2004, com capacidade de produção equivalente a 500 mil toneladas por ano. A perspectiva de extração de vitaminas A e E permitirá a redução dos custos de produção do biodiesel.

### 1.1.5 Outros países

Vários outros países têm demonstrado interesse no biodiesel, seja para produzir, seja para comprar e consumir. O Japão tem demonstrado interesse em importar biodiesel. Alguns países europeus, onde se incluem os países do norte e do leste, além da Espanha e da Itália, cogitam não somente produzir, mas também importar biodiesel.

A questão ambiental constitui a verdadeira força motriz para a produção e consumo dos combustíveis limpos oriundos da biomassa, especialmente biodiesel.

### 1.1.6 Dados de produção da União Européia

A produção de biodiesel nos países da União Européia durante 2001 aumentou em mais de 20%, atingindo um total de 853.700 toneladas. França e Alemanha foram os maiores produtores europeus em 2001. A tabela 1.2 mostra a situação de produção de biodiesel em 2001 em alguns países de destaque no



cenário internacional.

**Tabela 1.2**

Tabela de produção de biodiesel em países da União Européia.

País	Produção estimada de biodiesel em 2001 (em toneladas)	Capacidades de produção em 2002 (em toneladas)
Itália	156 300	419 000
Áustria	29 000	95 500
França	373 900	502 000
Suécia	1 000	8 000
Alemanha	307 500	1 023 000
Total na União Européia	853 700	2 085 500

Fonte: EurObserv'ER 2002

## 1.2 O álcool e o biodiesel no Brasil

O álcool é um combustível que já tem seu lugar assegurado na matriz energética brasileira. O biodiesel, por sua vez, apesar da grande solução que pode representar, ainda não passa de uma auspiciosa promessa.

### 1.2.1 Álcool no Brasil

Em resposta às crises do petróleo da década de 70, o governo brasileiro criou o PROALCOOL. Esse programa, lançado em 1975, tinha como objetivo garantir o suprimento de combustível para o País, substituir a gasolina por um combustível renovável e encorajar o desenvolvimento tecnológico da indústria da cana-de-açúcar e do álcool.

Na primeira fase do PROALCOOL, até 1979, a ênfase foi na produção de álcool anidro, com 99,33% de etanol, para ser misturado à gasolina. Na segunda fase, que começou com a crise do petróleo de 1979, o foco passou a ser a produção de álcool hidratado para ser usado diretamente como combustível para carros.

Os primeiros modelos funcionando apenas com álcool começaram a ser produzidos em 1979. Em dezembro de 1984, o número desses carros atingiu 1,8 milhão de unidades, o que representava, na época, 17% da frota nacional. Um protocolo entre os fabricantes de automóveis e o Governo Federal foi assinado e destilarias foram montadas exclusivamente para a produção de álcool diretamente da cana-de-açúcar.

Entre 1983 e 1988, os carros movidos a álcool representavam mais de 90% do total das vendas. Em 1994, o Brasil tinha mais de 4,6 milhões de carros a álcool. Contudo, quando os preços do petróleo começaram a cair, a partir do



final da década de 80, o governo reduziu os subsídios e, assim, começou o declínio da produção. No final da década de 90, a venda de carros a álcool representava apenas 1%.

A partir de 1989, o Programa sofreu uma crise prolongada, mas o álcool ainda continua sendo um importante componente da gasolina, com um percentual atual de 25% de mistura, fato inédito no mundo. Esclareça-se que o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, de açúcar e de álcool combustível.

Pressões ambientais e o baixo preço do álcool produzido no País representam uma grande possibilidade de o Brasil tornar-se um grande exportador de álcool para uso como um aditivo à gasolina. A exportação de álcool tem sido afetada por barreiras comerciais que visam a proteger os produtores americanos e europeus.

### 1.2.2 Biodiesel no Brasil

No Brasil, desde a década de 20, o Instituto Nacional de Tecnologia – INT já estudava e testava combustíveis alternativos e renováveis.

Desde a década de 70, por meio do INT, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC, vêm sendo desenvolvidos projetos de óleos vegetais como combustíveis, com destaque para o DENDIESEL.

Na década de 70, a Universidade Federal do Ceará – UFCE desenvolveu pesquisas com o intuito de encontrar fontes alternativas de energia. As experiências acabaram por revelar um novo combustível originário de óleos vegetais e com propriedades semelhantes ao óleo diesel convencional: o biodiesel.

Com o envolvimento de outras instituições de pesquisas, da Petrobrás e do Ministério da Aeronáutica, foi criado o PRODIESEL em 1980. O combustível foi testado por fabricantes de veículos a diesel. A UFCE também desenvolveu o querosene vegetal de aviação para o Ministério da Aeronáutica. Após os testes em aviões a jato, o combustível foi homologado pelo Centro Técnico Aeroespacial.

Em 1983, o Governo Federal, motivado pela alta nos preços de petróleo, lançou o Programa de Óleos Vegetais – OVEG, no qual foi testada a utilização de biodiesel e misturas combustíveis em veículos que percorreram mais de 1 milhão de quilômetros. É importante ressaltar que essa iniciativa, coordenada pela Secretaria de Tecnologia Industrial, contou com a participação de institutos de pesquisa, de indústrias automobilísticas e de óleos vegetais, de fabricantes de peças e de produtores de lubrificantes e combustíveis.

Embora tenham sido realizados vários testes com biocombustíveis, dentre os quais o biodiesel puro e uma mistura de 70% de óleo diesel e 30% de biodiesel (B30), cujos resultados constataram a viabilidade técnica da utilização do biodiesel como combustível, os elevados custos de produção, em relação ao óleo diesel, impediram seu uso em escala comercial.

Grupo Gestor coordenado pela Secretária de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis do Ministério de Minas e Energia, tem a função de executar as ações relativas à gestão operacional e administrativa voltadas para o cumprimento das estratégias e diretrizes estabelecidas pela Comissão Executiva Interministerial.



Atualmente, muitas pesquisas e testes, voltados à utilização de biodiesel, estão sendo realizados no País. Destacam-se a seguir algumas dessas iniciativas:

A Universidade Federal do Paraná vem desenvolvendo tecnologias para a produção de ésteres de óleo de soja, visando a sua mistura ao diesel, desde 1983. De janeiro a março de 1998, sob a coordenação do Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, realizou-se em Curitiba uma experiência de campo, com o uso monitorado de biodiesel B20, para uma frota de 20 ônibus urbanos que operaram normalmente com o novo combustível.

No Estado, os testes têm sido realizados com biodiesel obtido a partir de soja e álcool, em função da grande disponibilidade destes produtos. O Paraná conta ainda com o Centro de Referência em Biocombustíveis – CERBIO, criado por meio de um convênio entre a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Estado e o MCT, sendo responsável pelas pesquisas com biodiesel, tanto como aditivo ao diesel quanto em combinação com o etanol. Os resultados mais recentes referem-se à mistura B20 num veículo Golf 1.9, que percorreu mais de vinte mil quilômetros sem necessidade de qualquer modificação mecânica prévia.

Desde o ano de 2000, existe, no campus da Universidade Estadual de Santa Cruz, em Ilhéus (BA), uma planta piloto de produção de biodiesel de éster metílico, a partir de óleo de dendê e gorduras residuais. A planta tem capacidade de produção de 1400 litros por dia, que pode ser adaptada para a produção de éster etílico. O biodiesel produzido está sendo testado em frotas de veículos da própria Universidade e em embarcações que circulam na Baía de Camamu. O projeto tem um aspecto ambiental e social muito importante, pois recolhe os óleos utilizados na cidade, em cozinhas industriais, restaurantes etc., para serem beneficiados e transformados em combustíveis.

Na região Nordeste do País, nos Estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará existem projetos pilotos para a implantação de unidades processadoras de biodiesel, baseadas no óleo de mamona. A unidade do Rio Grande do Norte, que utilizará a rota etílica, deverá entrar em operação em janeiro de 2005 e terá capacidade produtiva equivalente a 5600 litros diários. A planta será instalada em Estreito e contará com a participação da Petrobrás.

No Ceará, quem está à frente do projeto é a empresa Tecnologias Bioenergéticas Ltda. – Tecbio e a Fundação Núcleo de Tecnologia do Ceará – Nutec, cuja unidade piloto de produção de biodiesel deverá entrar em funcionamento em 2004. Recentemente, empresas da iniciativa privada e instituições públicas estabeleceram parcerias para fomentar o cultivo de mamona para a produção de biodiesel no Estado. Até 2007, a expectativa é de que sejam cultivados 70 mil hectares de mamona, que deverão atingir 66 dos 184 municípios do Estado e que podem render 28 milhões de litros de biodiesel. Para o próximo ano, está previsto o cultivo de 10 mil hectares, que serão conduzidos por cerca de 6 mil famílias de pequenos agricultores. O governo do Estado prevê, com essa medida, criar cerca de 21 mil postos de trabalho e gerar uma renda de R\$ 400 para cada hectare de plantação de mamona.

No Estado do Piauí, está sendo desenvolvido um projeto piloto na Universidade Federal, em parceria com a Companhia Energética do Piauí – CEPISA, com o governo estadual e com a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF. A unidade terá capacidade para processar cerca de 3 mil litros por dia e deverá entrar em operação em



2004, utilizando a rota metílica.

No Rio de Janeiro, existe uma unidade piloto de produção de biodiesel na Universidade Federal, baseada em óleos de frituras usados e cuja capacidade produtiva é de 6,5 mil litros por dia. A Hidroveg Indústrias Químicas Ltda., que fornece matéria-prima, óleos vegetais, novos e usados, e gordura animal, realiza a coleta dos 25 mil litros mensais de óleo de fritura usados e doados pela Rede McDonalds, pré-purifica esse insumo e fornece à Universidade Federal do Rio de Janeiro -UFRJ para produção durante a etapa de testes, enquanto investe na adaptação de sua planta de beneficiamento, que produzirá 200 mil litros de biodiesel por dia e utilizará a rota metílica.

Algumas cidades já começaram a utilizar o biodiesel, como Ribeirão Preto (SP), que já usa esse combustível em suas frotas de ônibus urbanos. O emprego de biodiesel nas empresas também está crescendo. Em São Paulo, a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI utiliza em sua frota de tratores o biodiesel à base de óleo de girassol, sendo que, desde maio de 2003, todos os tratores do Núcleo de Produção de Sementes de Águas de Santa Bárbara, unidade da CATI, passaram a ser movidos com uma mistura de 30% de óleo vegetal, 65% de óleo diesel e 5% de gasolina como solvente. O litro dessa mistura tem um custo de produção de R\$1,19, e as primeiras avaliações indicam diminuição de consumo quando comparado ao uso do óleo diesel puro.

O Centro Nacional de Referência em Biomassa – Cenbio, a Embrapa, a Prefeitura do município de Moju (PA) e o grupo Agropalma estão conduzindo um projeto, na comunidade de Soledade, localizada na região do Alto Moju, para geração de energia elétrica a partir do óleo de dendê. A experiência vai beneficiar centenas de famílias de pequenos produtores rurais. A máquina é um motor diesel convencional, adaptado a um kit de conversão para óleo vegetal.

Em Ribeirão Preto, a Universidade de São Paulo – USP, a prefeitura e o McDonald's assinaram carta de intenções para produzir biodiesel a partir de óleo vegetal usado pela rede americana na fritura de hambúrgueres e de batatas. Os 256 veículos a diesel da prefeitura passariam a usar biodiesel em vez de óleo diesel convencional.

No País, já existem algumas empresas habilitadas a produzir biodiesel a partir do uso da soja, como a Ecomat, que tem suprido o CERBIO com um combustível que já está sendo testado na frota do transporte coletivo de Curitiba. No ano de 2000, foi instalada a fábrica de biocombustíveis da Ecomat no Estado do Mato Grosso. Além da Ecomat, a Granol instalou, em São Simão (GO), uma planta com escala industrial para a produção de biodiesel, cuja capacidade é de 400 toneladas por dia. A Cooperativa Agrícola de Campo Mourão – Coamo também está desenvolvendo uma planta piloto de porte industrial para a produção de éster etílico de soja. A Soyminas Biodiesel há sete anos produz o biodiesel em Cássia (MG).

A empresa Enguia vai formar núcleos com 10 mil hectares para plantação de mamona no Piauí, sendo que cada um terá o núcleo comunitário central e lotes de produção. O governo do Piauí vai oferecer incentivos fiscais e doar terras. Ao todo serão 37 municípios que terão condições de produzir biodiesel.

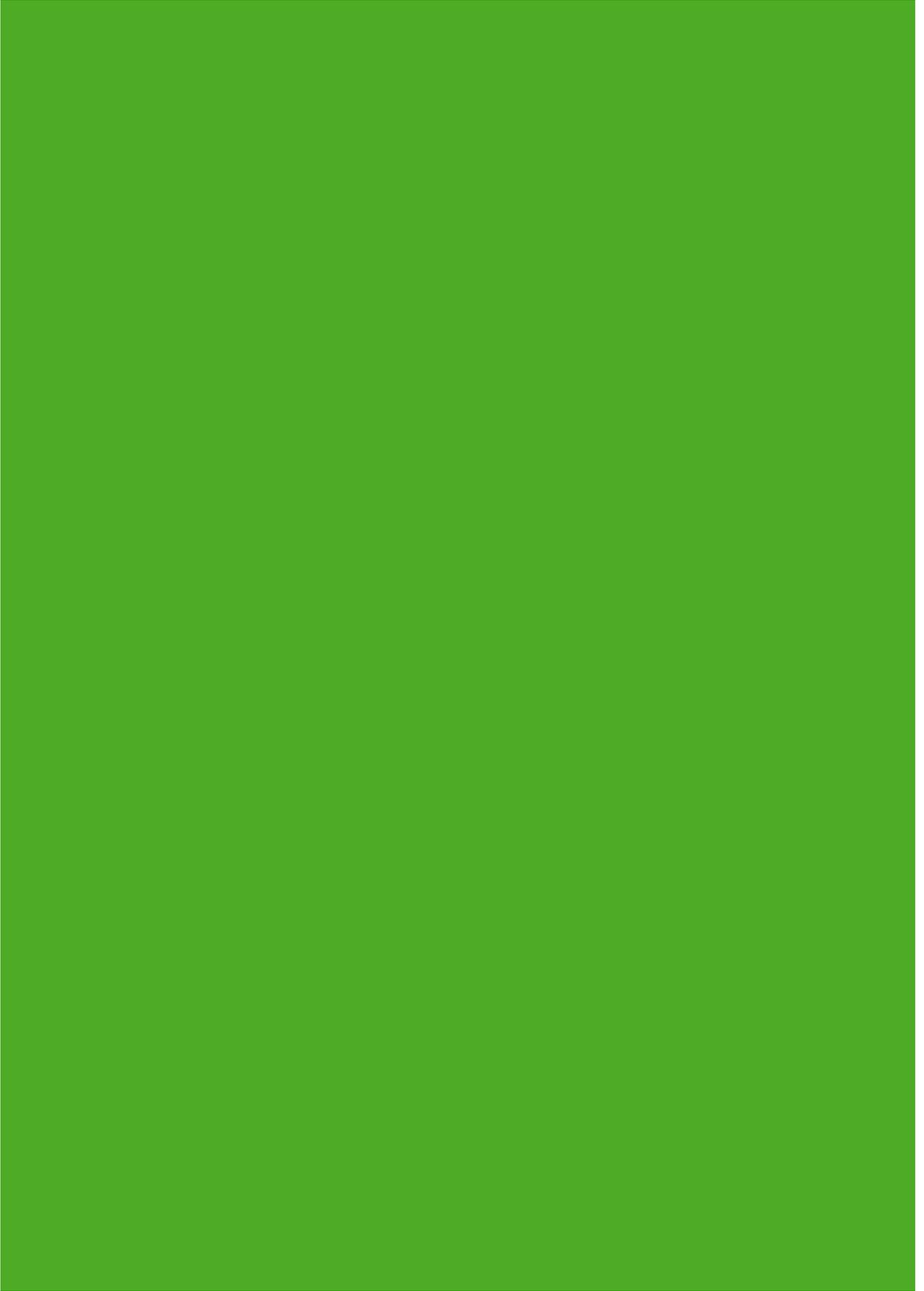


# 2.

Motivações para a Produção do Biodiesel

Benefícios sociais

Benefícios ambientais





## 2. MOTIVAÇÕES PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

As grandes motivações para a produção de biodiesel são os benefícios sociais e ambientais que esse novo combustível pode trazer. Contudo, em razão dos diferentes níveis de desenvolvimento econômico e social dos países, esses benefícios devem ser considerados diferentemente.

O benefício econômico decorrente da redução ou eliminação da importação de óleo diesel também tem sido defendido. Ressalte-se, no entanto, que essa questão da importação também poderia ser resolvida com a construção de uma nova refinaria de petróleo ou com o aumento da capacidade das refinarias já existentes.

### 2.1 Benefícios sociais

O grande mercado energético brasileiro e mundial poderá dar sustentação a um imenso programa de geração de emprego e renda a partir da produção do biodiesel.

Estudos desenvolvidos pelos Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Integração Nacional e Ministério das Cidades mostram que a cada 1% de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar podem ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo, com uma renda média anual de aproximadamente R\$4.900,00 por emprego. Admitindo-se que para um emprego no campo são gerados três empregos na cidade, seriam criados, então, 180 mil empregos. Numa hipótese otimista de 6% de participação da agricultura familiar no mercado de biodiesel, seriam gerados mais de 1 milhão de empregos.

Faz-se, a seguir, uma comparação entre a criação de postos de trabalho na agricultura empresarial e na familiar. Na agricultura empresarial, em média, emprega-se um trabalhador para cada 100 hectares cultivados, enquanto que, na familiar, a relação é de apenas 10 hectares por trabalhador. Os dados acima mostram claramente a importância de priorizar a agricultura familiar na produção de biodiesel.

A produção de oleaginosas em lavouras familiares faz com que o biodiesel



seja uma alternativa importante para a erradicação da miséria no País, pela possibilidade de ocupação de enormes contingentes de pessoas. Na região semi-árida nordestina, vivem mais de 2 milhões de famílias em péssimas condições de vida.

A inclusão social e o desenvolvimento regional, especialmente via geração de emprego e renda, devem ser os princípios orientadores básicos das ações direcionadas ao biodiesel, o que implica dizer que sua produção e consumo devem ser promovidos de forma descentralizada e não-excludente em termos de rotas tecnológicas e matérias-primas utilizadas.

## 2.2 Benefícios ambientais

O consumo de combustíveis fósseis derivados do petróleo tem um significativo impacto na qualidade do meio ambiente. A poluição do ar, as mudanças climáticas, os derramamentos de óleo e a geração de resíduos tóxicos são resultados do uso e da produção desses combustíveis.

A poluição do ar das grandes cidades é, provavelmente, o mais visível impacto da queima dos derivados de petróleo. Nos Estados Unidos, os combustíveis consumidos por automóveis e caminhões são responsáveis pela emissão de 67% do monóxido de carbono – CO, 41% dos óxidos de nitrogênio – NOx, 51% dos gases orgânicos reativos, 23% dos materiais particulados e 5% do dióxido de enxofre – SO<sub>2</sub>. Além disso, o setor de transportes também é responsável por quase 30% das emissões de dióxido de carbono – CO<sub>2</sub>, um dos principais responsáveis pelo aquecimento global. O relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC de 2001 mostrou que o nível total de emissão de CO<sub>2</sub> em 2000 foi de 6,5 bilhões de toneladas.

O biodiesel permite que se estabeleça um ciclo fechado de carbono no qual o CO<sub>2</sub> é absorvido quando a planta cresce e é liberado quando o biodiesel é queimado na combustão do motor. Um estudo conjunto do Departamento de



Energia e do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos mostra que o biodiesel reduz em 78% as emissões líquidas de CO<sub>2</sub>.

O efeito da maior concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera é um agravamento do originalmente benéfico efeito estufa, isto é, o planeta tende a se aquecer mais do que o normal; em outras palavras, a temperatura média da Terra tende a subir, podendo trazer graves conseqüências para a humanidade.

Estudos realizados pelo Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas – LADETEL, da USP, mostram que a substituição do óleo diesel mineral pelo biodiesel resulta em reduções de emissões de 20% de enxofre, 9,8% de anidrido carbônico, 14,2% de hidrocarbonetos não queimados, 26,8% de material particulado e 4,6% de óxido de nitrogênio. Estudo da União Européia mostra emissões de NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio) marginalmente piores que as do diesel de petróleo (Clery, 2001).

Os benefícios ambientais podem, ainda, gerar vantagens econômicas para o País. O Brasil poderia enquadrar o biodiesel nos acordos estabelecidos no protocolo de Kyoto e nas diretrizes dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL. Existe, então, a possibilidade de venda de cotas de carbono por meio do Fundo Protótipo de Carbono – PCF, pela redução das emissões de gases poluentes, e também de créditos de seqüestro de carbono, por meio do Fundo Bio de Carbono – CBF, administrados pelo Banco Mundial.

Países como Japão, Espanha, Itália e países do norte e leste europeu têm demonstrado interesse em produzir e importar biodiesel, especialmente pela motivação ambiental. Na União Européia, a legislação de meio ambiente estabeleceu que, em 2005, 2% dos combustíveis consumidos deverão ser renováveis e, em 2010, 5%.

Ressalte-se que a matriz energética brasileira é uma das mais limpas do mundo. Conforme mostrado na tabela 2.1 abaixo, no ano de 2001, 35,9% da energia fornecida no Brasil é de origem renovável. No mundo, esse valor é de 13,5%, enquanto que nos Estados Unidos é de apenas 4,3%.

A tabela 2.1 mostra a situação privilegiada do Brasil, em relação a outros países, em termos de percentual de energia primária renovável consumida.

**Tabela 2.1**

Percentual de energia renovável no Brasil e em outros países.

País	Suprimento Primário de Energia (Mtep*)	Suprimento Primário de Energia Renovável (Mtep*)	Percentual de Energia Renovável (%)
Argentina	57.6	6.2	10.8
Austrália	115.6	6.6	5.7
<b>Brasil</b>	<b>185.1</b>	<b>66.4</b>	<b>35.9</b>
França	265.6	18.6	7.0
Alemanha	351.1	9.2	2.6
Reino Unido	235.2	2.5	1.1
Estados Unidos	2281.4	99.1	4.3
Mundo	10038.3	1351.9	13.5

Fonte: International Energy Agency

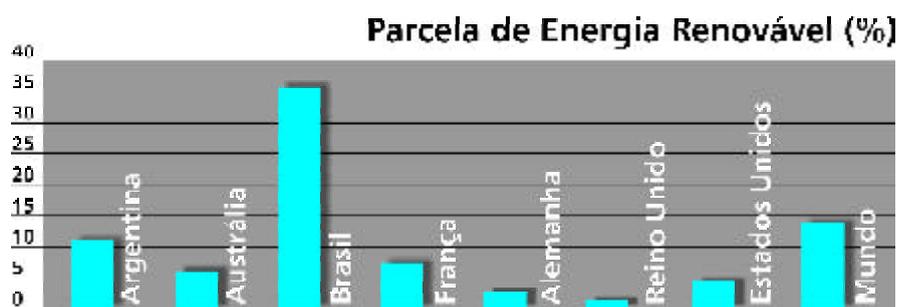
\* Milhões de toneladas equivalentes de petróleo



O gráfico mostrado na Figura 2.1 abaixo não deixa dúvidas de que outros países, principalmente os desenvolvidos, têm que fazer um esforço de introdução do álcool e do biodiesel nas suas matrizes energéticas, pois eles são, na verdade, os grandes poluidores do planeta.

**Figura 2.1**

Gráfico do percentual de energia renovável em vários países.



Fonte: Agência Internacional de Energia



# 3.

Revisão Bibliográfica e Estado de Arte

Matérias-primas

Craqueamento térmico

Processo de produção do biodiesel

Análise do produto e especificações

Custos de produção





### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ESTADO DA ARTE

Esta revisão bibliográfica discute o uso do biodiesel como um adequado substituto para o óleo diesel convencional e aborda alguns dados históricos sobre os combustíveis para motor de ignição por compressão. São discutidas, ainda, as técnicas correntes de produção e também as novas tecnologias que estão sendo pesquisadas.

As matérias-primas, o processamento e a separação são discutidas e algumas análises críticas são feitas a respeito dos diferentes sistemas de produção.

#### 3.1 Matérias-primas

As matérias-primas para a produção de biodiesel são: óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais. Óleos vegetais e gorduras são basicamente compostos de triglicerídeos, ésteres de glicerol e ácidos graxos. O termo monoglicerídeo ou diglicerídeo refere-se ao número de ácidos. No óleo de soja, o ácido predominante é o ácido oléico, no óleo de babaçu, o laurídico e no sebo bovino, o ácido esteárico.

Algumas fontes para extração de óleo vegetal, com potencial para ser utilizado na produção de biodiesel, são: baga de mamona, polpa do dendê, amêndoa do coco de dendê, amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, amêndoa do coco da praia, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de linhaça, semente de tomate e de nabo forrageiro.

Entre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de porco, entre outros. Os óleos e gorduras residuais, resultantes de processamento doméstico, comercial e industrial também podem ser utilizados como matéria-prima.

Os óleos de frituras representam grande potencial de oferta. Um levantamento primário da oferta de óleos residuais de frituras, suscetíveis de serem coletados, revela um potencial de oferta no País superior a 30 mil toneladas por ano.

Algumas possíveis fontes dos óleos e gorduras residuais são: lanchonetes e cozinhas industriais, indústrias onde ocorre a fritura de produtos alimentícios, os esgotos municipais onde a nata sobrenadante é rica em matéria graxa, águas residuais de processos de indústrias alimentícias.



### 3.1.1 Matérias-primas de destaque

Entre as culturas temporárias, podemos destacar a soja, o amendoim, o girassol, a mamona e a canola. A soja, apesar de ser maior fonte de proteína que de óleo, pode ser uma importante matéria-prima no esforço de produção de biodiesel, uma vez que quase 90% da produção de óleo no Brasil provém dessa leguminosa.

O amendoim, por ter mais óleo que proteína, poderá voltar a ser produzido com grande vigor nessa era energética dos óleos vegetais. De fato, se se desejar expandir a produção de óleos em terras homogêneas do cerrado brasileiro, com absoluta certeza o amendoim poderá ser a melhor opção, pois é uma cultura totalmente mecanizável, produz um farelo de excelente qualidade nutricional para rações e para alimentos, e ainda possui, em sua casca, as calorias para a produção de vapor.

O girassol situa-se numa posição intermediária entre a soja e o amendoim. As características alimentares de seu óleo poderão dificultar o seu emprego na produção energética. No entanto, poderão favorecer um deslocamento de parte expressiva do óleo de soja para a produção de biodiesel. O girassol, produzido em safrinhas, na rotação de culturas, pode render 800 litros de óleo por hectare, rendimento próximo ao da soja.

Outra cultura temporária de destaque é a da mamona. Essa cultura pode vir a ser a principal fonte de óleo para produção de biodiesel no Brasil. Estudos multidisciplinares recentes sobre o agronegócio da mamona concluíram que ela constitui, no momento, a cultura de sequeiro mais rentável em certas áreas do semi-árido nordestino.

Nesses estudos verificou-se, com base em séries históricas das áreas tradicionalmente produtoras de mamona, uma produtividade média de 1.000 kg por ano de baga de mamona por hectare. Contudo, essa produtividade é considerada conservadora, pois, com as modernas cultivares desenvolvidas pelo Embrapa, atingiu-se produtividade superior a 2.000 kg por hectare por ano.

A cultura de maior destaque mundial para a produção de biodiesel é a da canola. O óleo de canola é a principal matéria-prima para produção de biodiesel na Europa. A produtividade, situada entre 350 e 400 kg de óleo por hectare, tem sido considerada satisfatória para as condições européias. O agronegócio da canola envolve a produção e comercialização do farelo, rico em proteínas, que corresponde a mais de 1.000 kg por hectare e, além disso, a sua lavoura promove uma excelente adubação natural do solo. A canola pode ser cultivada no Brasil, a exemplo das culturas temporárias, por meio de uma agricultura totalmente mecanizada.

Entre as culturas permanentes, pode-se destacar o dendê e o babaçu. A cultura do dendê pode ser uma importante fonte de óleo vegetal, pois apresenta a extraordinária produtividade de mais de 5.000 kg de óleo por hectare por ano. Esse valor é cerca de 25 vezes maior que o da soja. Contudo, esse valor somente é atingido 5 anos após o plantio.

O óleo extraído do coco do dendê pode ser obtido da polpa e das amêndoas. O óleo da polpa, denominado de óleo de dendê, é o tradicional óleo da culinária baiana, de cor vermelha, com sabor e odor característicos, sendo comercializado internacionalmente com a designação "palm oil". Seu preço varia na faixa de 300 a 400 dólares a tonelada. O óleo obtido das amêndoas, denominado de óleo de palmiste, é comercializado no mercado internacional com preços



superiores 500 dólares a tonelada.

Outra cultura permanente de destaque é a do babaçu. O coco de babaçu possui, em média, 7% de amêndoas, com 62% de óleo. Assim, o babaçu não pode ser considerado uma espécie oleaginosa, pois possui somente 4% de óleo. No entanto, a existência 17 milhões de hectares de florestas onde predomina a palmeira do babaçu e a possibilidade de aproveitamento integral do coco tornam possível seu aproveitamento energético.

A tabela 3.1 mostra, com dados disponíveis na literatura (Parente, 2003), a produtividade de diferentes oleaginosas e seu potencial de geração de empregos.

Admitindo-se que 2% do óleo diesel fosse substituído por biodiesel (B2) e que o volume do óleo vegetal seja equivalente ao do biodiesel produzido, seriam necessárias 680 mil toneladas de óleo vegetal. Caso esse óleo fosse produzido a partir da mamona, poderiam ser empregadas até 723 mil famílias e cultivados cerca de 1,5 milhão de hectares. Contudo, nesse caso, a renda familiar seria muito baixa, pois cada família cultivaria o suficiente para produzir apenas 940 kg de óleo por ano.

**Tabela 3.1**

Potencial de geração de emprego de algumas oleaginosas.

Oleaginosa	Produtividade (tonelada de óleo por hectare por ano)	Número de hectares ( para produzir 1000 toneladas de óleo por ano)	Ocupação de terra (hectares por família)
Mamona (lavoura familiar)	0,470	2128	2
Soja (lavoura mecanizada)	0,210	4762	20
Amendoim (lavoura mecanizada)	0,450	2222	16
Babaçu (extrativismo)	0,120	8333	5
Dendê (cultivo mecanizado)	5	200	5

### 3.1.2 O uso direto de óleos

Historicamente, o uso direto de óleos vegetais como combustível foi rapidamente superado pelo uso de óleo diesel derivado de petróleo por fatores tanto econômicos quanto técnicos. Os aspectos ambientais, que hoje privilegiam os combustíveis renováveis, como o óleo vegetal, não foram considerados importantes.

Dessa forma, os motores diesel foram projetados e são fabricados, de acordo com rígidas especificações, para uso do óleo diesel de petróleo. Esses motores são sensíveis às gomas que se formam durante a combustão do óleo vegetal e que se depositam nas paredes do motor.

Para superar esse problema, processos de esterificação são utilizados para que se produza ésteres de óleo vegetal, denominados biodiesel, que têm propriedades físicas similares ao óleo diesel de petróleo, além de apresentarem maior lubrificidade.



Outra desvantagem do óleo vegetal e de gordura animal em relação ao biodiesel é o fato de eles serem muito mais viscosos. Assim, eles têm que ser aquecidos para que haja uma adequada atomização pelos injetores. Se isso não ocorrer, não haverá uma boa queima, formando depósitos nos injetores e nos cilindros, ocasionando um mau desempenho, mais emissões e menor vida útil do motor.

Para motores diesel de injeção indireta, com câmara auxiliar, o óleo deve ser pré-aquecido até 70-80 graus centígrados. Pesquisas mostram que motores diesel de injeção direta exigem temperaturas muito mais altas para uma atomização eficiente, exigindo-se sistemas com dois tanques. Dessa forma, um pequeno tanque adicional, contendo óleo diesel ou biodiesel, é necessário para a partida. Quando o motor atinge a temperatura de funcionamento, uma válvula solenóide é aberta para succionar o óleo vegetal.

Depreende-se, então, que há duas opções para se usar biocombustíveis em motores diesel: fazer o biodiesel e usá-lo, sem necessidade de modificar o motor, ou modificar o motor para uso direto do óleo vegetal, sem necessidade de processar o óleo vegetal.

O fato é que, em todo o mundo (Estados Unidos, Canadá, França, Austrália etc.), a opção tem sido pelo uso do biodiesel. Mesmo na Alemanha, onde a empresa Elsbett fornece kits de conversão de motores diesel de injeção direta para uso de óleos vegetais como combustível, o biodiesel é o principal substituto renovável do óleo diesel derivado de petróleo. Se existem 5.000 motores modificados na Alemanha para uso direto de óleo vegetal, existem mais de 100.000 carros rodando com biodiesel na Alemanha, Suécia e Holanda.

## 3.2 Craqueamento térmico

O craqueamento térmico ou pirólise é a conversão de uma substância em outra por meio do uso de calor, isto é, pelo aquecimento da substância, na ausência de ar ou oxigênio, a temperaturas superiores a 450 graus centígrados. Em algumas situações, esse processo é auxiliado por um catalisador para a quebra das ligações químicas, de modo a gerar moléculas menores (Weisz et al., 1979).

Diferentemente de mistura direta, gorduras podem ser objeto de pirólise para a produção de compostos de menores cadeias. A pirólise de gorduras tem sido investigada há mais de 100 anos, especialmente em países com pequenas reservas de petróleo. Catalisadores típicos para serem empregados na pirólise são o óxido de silício –  $\text{SiO}_2$  e o óxido de alumínio –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

O equipamento para pirólise ou craqueamento térmico é caro. Contudo, os produtos finais são similares quimicamente ao óleo diesel. A remoção do oxigênio do processo reduz os benefícios de ser um combustível oxigenado, diminuindo



suas vantagens ambientais e geralmente produzindo um combustível mais próximo da gasolina que do diesel.

Pesquisadores da Universidade de Brasília – UnB estão desenvolvendo uma unidade de craqueamento térmico que converte o óleo vegetal de dendê, por exemplo, em um combustível com características semelhantes ao óleo diesel. O estudo, financiado pela Embrapa, tem com objetivo construir um equipamento de baixo custo que ofereça ao pequeno agricultor e cooperativas rurais, situados em regiões afastadas dos centros produtores e distribuidores de combustíveis derivados do petróleo, a capacidade de gerar seu próprio combustível.

Esclareça-se, contudo, que, pela nomenclatura internacional, o combustível produzido pelo craqueamento térmico não é considerado biodiesel, apesar de ser um biocombustível semelhante ao óleo diesel.

### 3.3 Processo de produção de biodiesel

O processo de produção de biodiesel, conforme mostrado na figura 3.1 (Parente, 2003), é composto das seguintes etapas: preparação da matéria-prima, reação de transesterificação, separação de fases, recuperação e desidratação do álcool, destilação da glicerina e purificação do biodeiesel.

#### 3.3.1 Preparação da matéria-prima

Caso necessário, a matéria-prima deve ser submetida a um processo de neutralização e de secagem. A acidez é reduzida por uma lavagem com solução alcalina de hidróxido de sódio ou de potássio. A umidade da matéria-prima deve ser muito baixa.

#### 3.3.2 Transesterificação

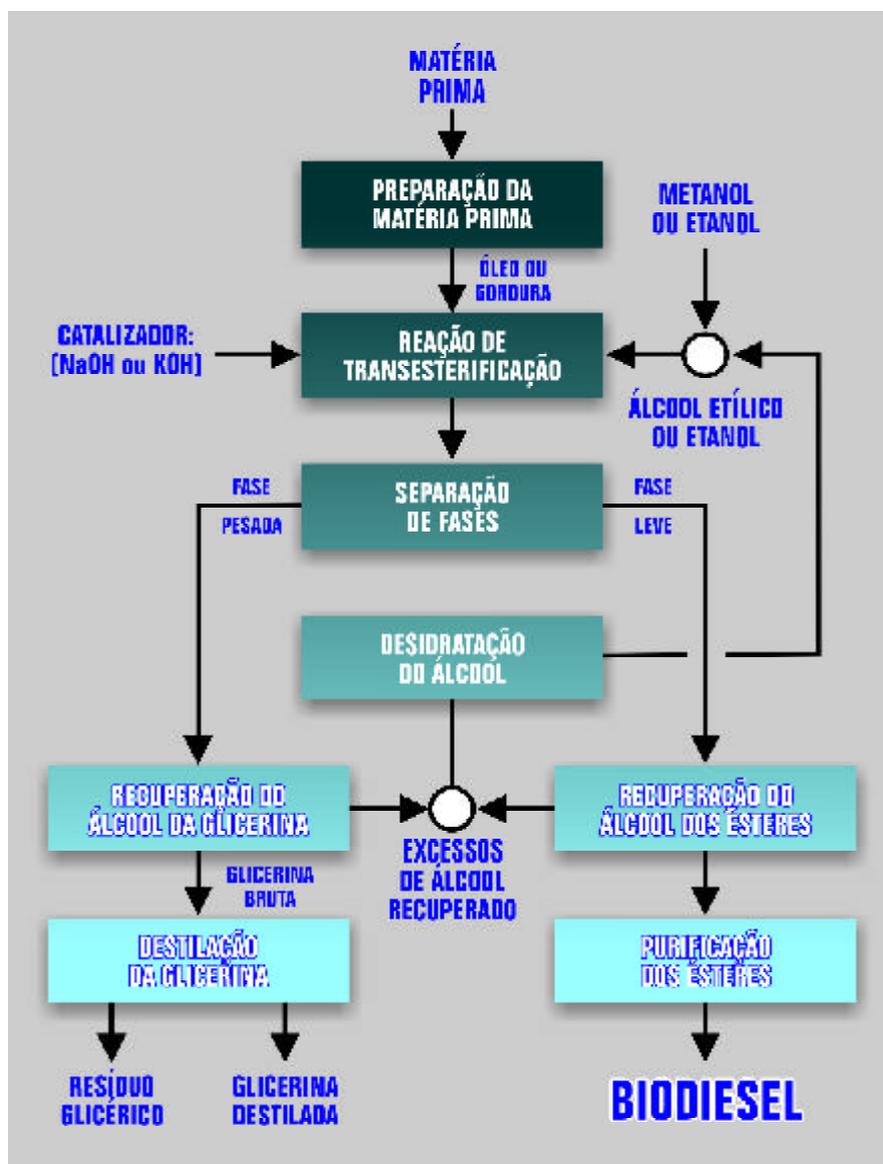
Transesterificação é a reação de um lipídio com um álcool para formar ésteres e um subproduto, o glicerol (ou glicerina). A figura 3.2 mostra a reação de transesterificação de um triglicérido com metanol. Como essa reação é reversível, faz-se necessário um excesso de álcool para forçar o equilíbrio para o lado do produto desejado. A estequiometria para a reação é de 3:1 (álcool:lipídio). Contudo, na prática, essa relação é de 6:1 para aumentar a geração do produto. Um catalisador é normalmente usado para acelerar a reação, podendo ser básico, ácido ou enzimático. O hidróxido de sódio é o catalisador mais usado tanto por razões econômicas como pela sua disponibilidade no mercado. As reações com catalisadores básicos são mais rápidas do que com catalisadores ácidos.



Somente álcoois simples, tais como metanol, etanol, propanol, butanol e amil-álcool, podem ser usados na transesterificação. O metanol é mais freqüentemente utilizado por razões de natureza física e química (cadeia curta e polaridade). Contudo, o etanol está se tornando mais popular, pois ele é renovável e muito menos tóxico que o metanol. O tipo de catalisador, as condições da reação e a concentração de impurezas numa reação de transesterificação determinam o caminho que a reação segue.

**Figura 3.1**

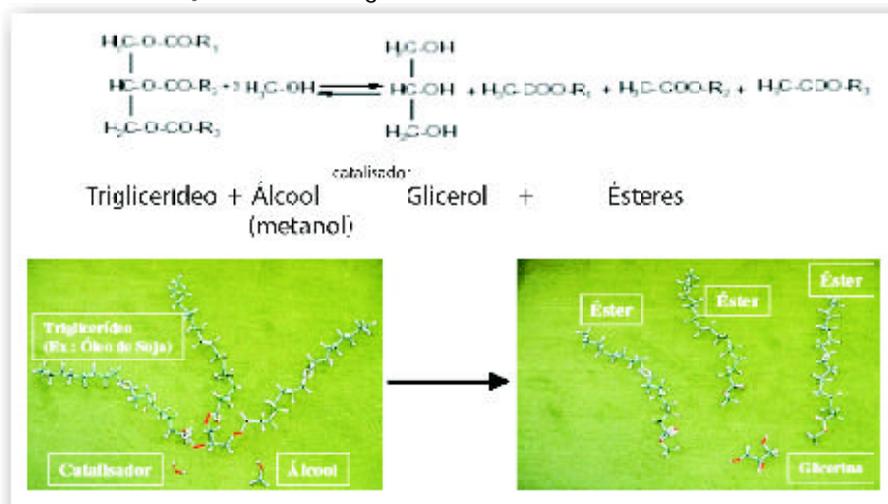
Fluxograma do processo de produção de biodiesel.



Na transesterificação com catalisadores básicos, água e ácidos graxos livres não favorecem a reação. Assim, são necessários triglicerídeos e álcool desidratados para minimizar a produção de sabão. A produção de sabão diminui a quantidade de ésteres e dificulta a separação entre o glicerol e os ésteres. Nos processos que usam óleo in natura, adiciona-se álcali em excesso para remover todos os ácidos graxos livres.

**Figura 3.2**

Transesterificação de um triglicerídeo com metanol



O biodiesel tem propriedades similares às do óleo diesel. A tabela 3.2 mostra que o biodiesel apresenta menor valor calorífico, viscosidade e densidade próximas à do óleo diesel e baixíssimo teor de enxofre. Destaque-se nessa tabela a alta viscosidade do óleo vegetal de canola.

**Tabela 3.2**

Comparação das propriedades do óleo diesel, óleo de canola e biodiesel.

Propriedade	Óleo Diesel	Canola	Biodiesel
Massa Específica (kg/L)	8,835	0,927	0,88
Valor Calorífico Bruto (MJ/L)	38,3	36,9	33,3
Viscosidade (mm <sup>2</sup> /s a 37,8oC)	3,86	37	4,7
Enxofre (%)	0,15	0,0012	>0,01

Fonte: [www.afdc.doe.gov](http://www.afdc.doe.gov)

A tabela 3.3 mostra que o biodiesel tem menor calor de combustão e maior número de cetano. Nesses testes a viscosidade do biodiesel foi bem superior à do óleo diesel. Destaque-se também a menor inflamabilidade do biodiesel, além dos maiores pontos de névoa e de orvalho.

**Tabela 3.3**

Propriedades do biodiesel e do óleo diesel

Propriedade	Biodiesel	Diesel
Calor de Combustão (MJ/kg)	40,5	45,2
Ponto de Inflamabilidade (°C)	124	82
Ponto de Névoa (°C)	-2	-14
Ponto de Orvalho (°C)	-10	-21
Viscosidade (cSt a 40°C)	6,17	2,98
Número de Cetano	59,7	49,2

Fonte: análises da Phoenix Chemical Lab e da Universidade de Idaho

### 3.3.3 Transesterificação supercrítica com metanol

A transesterificação com metanol supercrítico tem sido considerada muito efetiva, produzindo uma conversão de mais de 95% em apenas 4 minutos. As melhores condições para a reação têm sido: temperatura de 350 graus centígrados, pressão de 30 Mpa e razão entre metanol e óleo de 42:1 para 240 segundos. O tratamento supercrítico de lipídeos com o solvente adequado, como o metanol, depende da relação entre temperatura, pressão e propriedades termofísicas tais como constante dielétrica, viscosidade, massa específica e polaridade (Kusdiana, 2000).

Uma comparação entre a produção supercrítica com metanol e o método convencional é mostrado na tabela 3.4 abaixo.

**Tabela 3.4**

Comparação entre a transesterificação convencional e a supercrítica

	Convencional	Supercrítica
Tempo de reação	1-6h	0,067h
Condições da reação	0,1Mpa, 30-65°C	35Mpa, 350°C
Catalisador	Ácido ou básico	Sem catalisador
Ácidos graxos livres	Produtos saponificados	Éster metílico
Produção	97%	98,5%
Remoção para purificação	Metanol, catalisador e produtos saponificados	Metanol

### 3.3.4 Separação de Fases

A separação de fases é uma etapa importante da produção de biodiesel. O processo de refino dos produtos decorrentes da sua produção pode ser tecnicamente difícil e pode elevar substancialmente os custos de produção. A pureza do biodiesel deve ser alta e de acordo com as especificações. De acordo com a especificação da União Européia, o teor de ácidos graxos livres, álcool, glicerina e água devem ser mínimos de modo que a pureza do biodiesel seja



maior que 96,5% (Karaosmanoglu, 1996).

A mistura típica do produto de uma reação de transesterificação contém ésteres, monoglicerídeos, diglicerídeos, glicerol, álcool e catalisador, em várias concentrações. Na separação, o principal objetivo é remover os ésteres dessa mistura, a baixo custo, e assegurar um produto de alta pureza. O glicerol na sua forma pura é visto como um produto secundário da reação, mas, para manter a competitividade do custo de produção, a remoção e a revenda de glicerol é essencial. A mistura restante, que contém subprodutos e álcool, deve ter o mínimo de contaminantes se a conversão for alta, exceto para o álcool que ainda for destilado.

Se a reação atingir um alto nível de conversão, o produto formará duas fases líquidas e uma fase sólida, se for usado um catalisador sólido. A fase de fundo será o glicerol e a fase de topo será álcool e ésteres.

### 3.3.5 Recuperação e desidratação do álcool

A fase de fundo contém água e álcool e deve ser submetida a um processo de evaporação. Os vapores de água e álcool são, a seguir, liqüefeitos em um condensador. Da mesma forma, o álcool residual é recuperado da fase de topo. Após essa recuperação, o álcool ainda contém água e deve ser desidratado. Essa desidratação é normalmente feita por destilação.

A desidratação do metanol é bastante simples e fácil de ser conduzida, uma vez que a volatilidade relativa dos constituintes dessa mistura é muito grande e inexistente a azeotropia. A desidratação do etanol é mais difícil em razão da azeotropia, associada à volatilidade relativa não tão acentuada.

### 3.3.6 Destilação da glicerina

A glicerina bruta do processo contém impurezas e, se for purificada, terá um valor de mercado muito mais favorável. A purificação da glicerina bruta pode ser feita por destilação a vácuo, gerando um produto límpido e transparente. O produto de calda da destilação, ajustável na faixa de 10% a 15% do peso da glicerina bruta, pode ser denominado de "glicerina residual" e ainda encontra possíveis aplicações.

### 3.3.7 Purificação do biodiesel

Caso a reação de transesterificação seja incompleta ou caso a purificação seja insuficiente, o biodiesel produzido pode ficar contaminado com glicerol livre e retido, triglicerídeos e álcool. A presença de contaminantes pode ser prejudicial para os motores e para o meio ambiente. Os ésteres deverão ser lavados por centrifugação e, posteriormente, desumidificados.

## 3.4 Análise do produto e especificações

Nos últimos 10 anos têm sido feitos vários estudos para o desenvolvimento de métodos para análise do biodiesel, suas impurezas e subprodutos. Esses estudos incluem a cromatografia gasosa, a separação da fase sólida, a cromatografia de filme líquido, a cromatografia de líquido de alta precisão, a refractometria etc. As técnicas de análise necessitam ser precisas, confiáveis, reproduzíveis, rápidas e simples, e utilizar equipamentos disponíveis. A cromatografia gasosa tem sido



o método mais aceito para análise do biodiesel (Knothe, 1998) por causa da sua simplicidade e pelo alto nível de precisão.

A tabela 3.5 permite uma comparação entre as especificações de biodiesel de vários países, tais como a da American Standard for Testing and Materials – ASTM e a Deutsche Industrie Normen – DIN. Essa tabela inclui, ainda, a especificação argentina e a especificação provisória da Agência Nacional do Petróleo – ANP para o biodiesel.

**Tabela 3.5**  
Especificações para o biodiesel puro em vários países

Propriedade	Unidade	Portaria ANP 310/01 (óleo diesel)	Resolucion 12901 (Argentina)	ASTM D-675102 (EUA)	Provisória ANP (BRASIL)
Ponto de fulgor	°C	38	100	130	100
Água e sedimentos	%vol.	0,050	0,050	0,050	0,050
Viscosidade a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2,5-5,5	3,5-5,5	1,9-6,0	2,5-5,5
Cinzas sulfatadas, máx.	%(m/m)	0,02	-	0,02	0,02
Enxofre, máx.	mg/kg	0,20	10,0	500	10,0
Corrosividade ao cobre (1 a b)	-	1	-	3	1
Número de Cetano, min.	-	42	46	47	46
Resíduo de carbono, máx.	%(m/m)	0,25	-	0,05	0,05
Índice de acidez, máx.	MgKOH/g	-	0,50	0,80	0,80
Glicerina livre, máx.	%(m/m)	-	0,02	0,02	0,02
Glicerina total, máx.	%(m/m)	-	0,24	0,24	0,25
Massa específica a 20°C	Kg/m <sup>3</sup>	870-885	875-900 a 15°C	-	850-900
Fósforo, máx.	%(m/m)	-	-	0,001	0,001
Destilação (90%), máx.	°C	350 (85%)	-	360	360 (95%)
Metanol (ou Etanol, Brasil), máx.	%(m/m)	-	-	-	0,10
Na + K, máx.	mg/kg	-	-	-	10,0
Ca + Mg, máx.	mg/kg	-	-	-	10,0
Índice de iodo, máx.	-	-	-	-	anotar
Monoglicéridos, máx.	%(m/m)	-	-	-	0,80
Diglicéridos, máx.	%(m/m)	-	-	-	0,20
Triglicéridos, máx.	%(m/m)	-	-	-	0,20
Estabilidade à oxidação a 110°C, min.	h	-	-	a definir	anotar

Fonte: [www.tecbio.com.br/Biodiesel\\_Especificacoes.htm](http://www.tecbio.com.br/Biodiesel_Especificacoes.htm)



### 3.5 Custos de produção

O grande obstáculo na comercialização do biodiesel é o custo de produção. Atualmente, os custos de matéria-prima e o custo de produção fazem com que o preço de venda do biodiesel seja muito alto. O método de produção mais utilizado é em reatores de batelada. As principais matérias-primas são metanol ou etanol e óleo processado. O óleo de soja é, atualmente, o mais barato. O uso de processos contínuos e óleos crus podem reduzir os custos. A recuperação de glicerol também pode contribuir para a redução dos custos de produção.

É mostrada, a seguir, uma estimativa do custo de produção do biodiesel (Khalil, 2003) decorrente de um convênio entre o Governo do Estado do Rio Grande do Norte, Petrobrás e Sementes Sant'Ana, que está viabilizando a implantação de uma planta piloto no Vale do Açu.

Essa planta piloto está sendo dimensionada para processar 500 Kg de sementes por batelada e realizar até 20 bateladas por dia, tendo, portanto, uma capacidade de processamento diário de 10 toneladas. Estima-se, assim, uma produção diária de biodiesel puro de 5600 litros. Os co-produtos serão: 500 Kg de glicerina bruta, 2000 Kg de casca da semente de mamona e 3000 Kg de polpa. A tabela 3.6 mostra uma estimativa de preço dos insumos para essa planta. Esclareça-se que, nas regiões Norte e Nordeste e nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo, o saco de 60 kg de mamona em baga tem garantia de preço mínimo do Governo Federal de R\$ 30,30 para o período 2003/2004.

**Tabela 3.6**  
Estimativa do preço dos insumos

Insumo	Quantidade	Preço
Semente	10000 Kg	R\$8000
Etanol	750 L	R\$ 750
Catalisador	50 Kg	R\$ 100
Processo	10 %	R\$ 900
	Total	R\$9750



Tem-se, portanto, um custo global de R\$9750 para cada 10 toneladas de sementes processadas por dia. A receita estimada com valores médios de mercado de cada co-produto é mostrada na tabela na tabela 3.7.

**Tabela 3.7**

Receita estimada com os co-produtos

Co-produto	Quantidade (kg)	Receita (R\$)
Glicerina	500	1000
polpa	3000	2250
casca	2000	1000
	<b>Total</b>	<b>4250</b>

Num cenário otimista de premiação plena dos co-produtos na sua forma bruta, a estimativa do custo de produção de 5600 litros de biodiesel, a partir de sementes de mamona, é de R\$5500 (R\$9750 - R\$4250). Dessa forma, o custo de produção de um litro de biodiesel seria de R\$0,982. A cotação dos três co-produtos do processo é ainda provisória e foram assumidos, nesta avaliação preliminar, valores inferiores aos esperados para produtos resultantes de processos de acabamento. Assim sendo, o biodiesel apresenta um custo cerca de duas vezes maior que o do óleo diesel, admitindo-se que o custo de produção do óleo diesel seja cerca de R\$0,50.

Avaliação recente da ABIOVE (Ferres, 2002) indica, para o caso específico do óleo de soja, um custo final de US\$0,33 a US\$0,38 por litro de biodiesel para produção em São Paulo ou Paraná.

Estudo elaborado pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ (Rosa, L. P. et al., 2002) indica os seguintes custos médios de produção por litro de biodiesel, a partir de:

óleo de soja: US\$0,47;  
 óleo de mamona: US\$0,80;  
 óleo de fritura: US\$0,25;  
 sebo bovino: US\$0,33;  
 óleo de babaçu: US\$0,72.

Verifica-se, então, que ainda há uma grande controvérsia em relação aos custos de produção de biodiesel.



# 4.

Outros Aspectos Técnicos

A importância da rota etílica

O papel da ANP e a questão dos motores

O biodiesel como aditivo



## 4. OUTROS ASPECTOS TÉCNICOS

### 4.1 A importância da rota etílica

O biodiesel, utilizado em vários países da Europa e nos Estados Unidos provém de ésteres produzidos pela rota metílica. O processo da obtenção dos ésteres metílicos emprega o metanol como uma das matérias-primas. O metanol, também chamado de álcool metílico, é um álcool geralmente obtido de fontes fósseis não-renováveis, por meio de gás de síntese, a partir do gás metano. Entretanto, o metanol, em quantidades menores, pode ser obtido por destilação seca da madeira. A tecnologia de produção de biodiesel pela rota metílica é totalmente dominada.

O etanol tem propriedades combustíveis e energéticas similares ao metanol. No entanto, o metanol tem uma toxicidade muito mais elevada. Ele traz malefícios à saúde, podendo causar, inclusive, cegueira e câncer. O Brasil não é auto-suficiente na produção de metanol e ainda o importa, mas não para uso como combustível. O metanol é normalmente encontrado como subproduto da indústria do petróleo. O etanol apresenta a vantagem de não ser tóxico e de ser biodegradável. Destaque-se também que o Brasil produz anualmente cerca de 12 bilhões de litros de etanol a partir da cana-de-açúcar e que tem uma capacidade ociosa de mais de 2 bilhões de litros por ano.

Ressalte-se, ainda, que o Brasil tem uma grande área disponível para a produção de oleaginosas e cana-de-açúcar. O Brasil cultiva 56 milhões de hectares e tem mais 90 milhões de hectares disponíveis. Existem, ainda, 225 milhões de hectares de pastagens que poderão, devido ao avanço tecnológico, ser reduzidos em 15% nos próximos anos, sem diminuição da produção de bovinos. Apenas com a substituição de pastagens, o País terá mais 30 milhões de hectares de terras disponíveis que poderão ser usadas na produção de matérias-primas para a obtenção de biodiesel.

Contudo, ainda há uma série de questionamentos com relação à produção de biodiesel pela rota etílica e há uma série de trabalhos em desenvolvimento. No Brasil existem alguns projetos em andamento, como o da Universidade Federal do Paraná – UFPr, que desde 1998 desenvolve um projeto inovador de produção do éster de óleo de soja com etanol. O trabalho em laboratório está desenvolvido, faltando apenas detectar as eventuais variações do processo, resolvê-las e transferir a tecnologia para escala industrial.

Pesquisadores da USP de Ribeirão Preto anunciaram ter produzido o primeiro biodiesel totalmente renovável, a partir do etanol obtido da cana-de-açúcar. O novo método usa um catalisador e um co-catalisador à base de argila. Com os novos catalisadores, o biodiesel e a glicerina não saem mais misturados, e é



possível aproveitar ambos de forma muito mais prática. No entanto, não são revelados mais detalhes para proteger os direitos intelectuais sobre o processo. A equipe anunciou ainda que foi reduzido o tempo necessário para produzir o biodiesel de seis horas para 30 minutos, um avanço que pode ser crucial para que ele se torne viável economicamente. Contudo, o combustível ainda é 10% mais caro que seu similar produzido usando metanol. O laboratório da USP já está equipado para produzir o biodiesel em escala piloto.

Foi desenvolvida, também na USP de Ribeirão, uma tecnologia que usa etanol e radiação eletromagnética para produção de biodiesel. O volume de biodiesel produzido em uma hora é 30 vezes maior do que o de uma planta européia. Esse processo contínuo de transformação do óleo vegetal em biodiesel, por radiação eletromagnética, foi patenteado.

No Brasil, existem algumas empresas com interesse na produção do biodiesel pela rota etílica, além de centros de pesquisa e universidades estarem aptas a promoverem transferência de tecnologia para a indústria. Empresas como a Cargil, a Ecomat e a Coamo têm planta de transesterificação dedicada ao biodiesel. A Ecomat tem capacidade instalada de 1,2 mil toneladas por mês, podendo triplicá-la em três ou quatro meses. Essa empresa pode produzir tanto o éster metílico como o etílico.

A Ecotech investirá 2 milhões de dólares numa fábrica de biodiesel de mamona em Iraquara (BA), na Chapada Diamantina. O óleo de mamona, cujo índice de viscosidade praticamente não varia com a temperatura, é usado como lubrificante em aviões, foguetes e naves espaciais. Mesmo sem biodiesel, os ganhos da Ecotech são garantidos, pois o óleo de mamona, na Bolsa de Chicago, está cotado a 1.000 dólares a tonelada. A tonelada do óleo de soja está cotada a 500 dólares.

Uma mistura constituída de 5% de biodiesel e 95% de petrodiesel (B5) incorporaria 11% de álcool etílico. Caso o teor de biodiesel no petrodiesel aumentasse, a demanda por etanol também aumentaria.

## 4.2 O papel da ANP e a questão dos motores

### 4.2.1 O papel da ANP

No momento, o principal papel da ANP é especificar o biodiesel. Muitas são as motivações para especificar esse novo combustível, tais como: a busca de sucedâneos do óleo diesel; as pesquisas já em andamento no País; a proteção do consumidor e do meio ambiente e a redução de conflito entre os diversos agentes econômicos. Entre as principais justificativas para a adição de biodiesel ao óleo diesel pode-se destacar: a redução da emissão de particulados, o aumento da



lubricidade com teores reduzidos de enxofre e o aumento do número de cetano, permitindo uma combustão mais eficiente.

A ANP publicou a Portaria nº 255, de 15 de setembro de 2003, que estabelece a especificação do biodiesel puro a ser adicionado ao óleo diesel automotivo para testes em frotas cativas ou para uso em processo industrial específico nos termos da Portaria ANP 240, de 25 de agosto de 2003.

Contudo, a ANP ressalta que alguns pontos devem ser esclarecidos nos testes com biodiesel, tais como a influência da matéria-prima, a estabilidade da mistura com os diversos óleos diesel nacionais, o impacto ambiental das emissões de NOx, a compatibilidade entre uma especificação para a rota metilica com a rota etilica. A tabela 4.1 mostra a especificação preliminar da ANP para o biodiesel e os métodos para determinação das propriedades.

**Tabela 4.1**  
Especificação preliminar do biodiesel

Características	Unidades	Limites	Métodos		
			ABNT NBR	ASTM D	ISO
Ponto de fulgor, min.	°C	100,0	14598	93	ISO/DI 3678
Água e sedimentos, máx.	% vol.	0,050	-	2709	-
Viscosidade a 40°C	mm <sup>2</sup> /s	anotar (1)	10441	445	EN ISO 3104
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	0782	874	ISO 3987
Enxofre total, máx.	% massa	0,001	-	5453	EN ISO 14596
Corrosividade ao cobre 3h a 50 °C, máx.	-	1	14759	130	EN ISO 2160
Número de Cetano, min.	-	45	-	613	EN ISO 5163
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	(2)	14747	5d/1	-
Resíduo de carbono, máx.	% massa	0,05	-	4530 189	EN ISO 10370
Índice de acidez, máx.	MgKOH/g	0,80	14418	664	pr EN 14104
Glicema livre, máx.	% massa	0,02	-	5584	pr EN 14105 pr EN 14106
Glicerina total, máx.	% massa	0,38	-	5584	pr EN 14105
Aspecto	-	LII (3)	-	-	-
Destilação (95%), vol. recuperado, máx.	°C	360 (4)	-	1160	-
Massa específica a 20°C	Kg/m <sup>3</sup>	anotar (5)	7178 14065	1298 4052	-
Metano (ou Etanol, Brasil), máx.	% massa	0,5	-	-	pr EN 14110
Índice de iodo, máx.	% massa	anotar	-	-	pr EN 14111
Monoglicéides, máx.	% massa	1,00	-	5584	pr EN 14105
Diglicéides, máx.	% massa	0,25	-	5584	pr EN 14105
Triglicéides, máx.	% massa	0,25	-	5584	pr EN 14105
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	10	-	-	pr EN 14108 pr EN 14109
Fósforo, máx.	mg/kg	10	-	4951	pr EN 14107
Estabilidade à oxidação a 110°C, min.	h	6	-	-	pr EN 14112

Nota:

- (1) A mistura biodiesel-óleo diesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos para Viscosidade a 40°C constantes da Portaria ANP que especifica óleo diesel automotivo, em vigor.
- (2) A mistura biodiesel-óleo diesel deverá obedecer aos limites estabelecidos para Ponto de entupimento de filtro a frio constantes da Portaria ANP que especifica óleo diesel automotivo, em vigor.
- (3) LII - Límpido e isento de impurezas.
- (4) Temperatura equivalente na pressão atmosférica.
- (5) A mistura biodiesel-óleo diesel deverá obedecer aos limites estabelecidos para Massa específica a 20°C constantes da Portaria ANP que especifica óleo diesel automotivo, em vigor.

Fonte: Agência Nacional do Petróleo – ANP



#### 4.2.2 A questão dos motores

Testes em todo o mundo com várias formas de biodiesel comprovam que há viabilidade técnica para seu uso em motores diesel convencionais. Acrescenta-se, no entanto, que qualquer alteração no combustível ou mesmo a adoção de combustíveis alternativos, diferentes do óleo diesel, pode exigir adaptações no motor.

Contudo, no caso de misturas de óleo diesel com pequenas proporções de biodiesel não há necessidade de modificação no motor. Assim, não seriam necessárias alterações na regulação e na tecnologia de peças e componentes. Apenas é preciso que o biodiesel tenha um padrão de qualidade.

É importante salientar que o biodiesel, por ser um produto natural e biodegradável, pode apresentar problemas de degradação natural. Estão sendo investigados processos que mantenham o biodiesel estável. Por isso é necessário que se tenha uma qualidade definida tanto para o produto puro, quanto para a mistura com diesel.

A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – Anfavea tem um posicionamento bastante conservador em relação ao uso do biodiesel durante os testes nos veículos. A entidade, que representa as montadoras do País, recomenda que, no Brasil, o percentual da mistura do biodiesel ao petrodiesel seja inicialmente de 2% (B2) e não de 5% (B5), como proposto por outras entidades. A Confederação Nacional da Agricultura – CNA sugere que uma adição de até 30% seria confiável, mas um programa nacional deveria ser iniciado com misturas de 2% a 5%, em face da posição mais restritiva das empresas automotivas e da atual capacidade de produção de matérias-primas.

A Anfavea cita que na Europa os primeiros testes foram feitos com misturas de 0,75% e sugere que o percentual da mistura adotado no Brasil seja aumentado gradativamente de modo a evitar que os motores sofram danos irreversíveis. A Anfavea pede ainda que o governo aproveite a experiência com o uso do combustível em outros países e que sejam realizados “testes exaustivos para aferir a viabilidade do biodiesel em ação”.

Na Itália, França, Alemanha e Argentina já existe o produto homologado e definido, permitindo misturas entre 5% a 12% do biodiesel em óleo diesel. Os fabricantes de motores, autopeças e montadoras de veículos não são contrários à adoção da tecnologia do biodiesel, apenas querem que sejam tomados os devidos cuidados e que sejam feitas as devidas avaliações.

### 4.3 O biodiesel como aditivo

O biodiesel pode ser considerado um excelente aditivo verde para o óleo diesel, pois ele pode desempenhar o papel que o enxofre desempenha para garantir a lubrificidade do óleo diesel. O biodiesel pode viabilizar a utilização de óleos diesel com baixíssimo teor de enxofre.

As propriedades lubrificantes do óleo diesel são importantes para os equipamentos de injeção do combustível, tais como injetores e bombas. Combustíveis de baixa lubrificidade aumentam o desgaste e reduzem a vida útil dos componentes. Esse problema será ainda maior quando as especificações estabelecerem, por pressões ambientais, reduções adicionais do teor de enxofre



do óleo diesel.

Em 2000, foram feitos testes, num acordo entre as empresas Delphi Diesel Systems, Stanadyne Automotive Corp., Denso Corporation, e Robert Bosch GmbH, cujos resultados mostram que a adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel é suficiente para atingir a lubrificidade atual. Acrescente-se que, se maior quantidade de biodiesel for adicionada, não haverá nenhuma consequência adversa para os motores.

Se o óleo diesel consumido no País passar a ter 2% de biodiesel, serão necessários 800 milhões de litros de biodiesel anualmente, já que o consumo nacional de óleo diesel é de cerca de 40 bilhões de litros por ano. Admitindo-se que o biodiesel tenha uma massa específica de 850 kg/m<sup>3</sup>, seriam necessárias 680 mil toneladas por ano para atender a uma mistura B2.

O preço médio do óleo diesel nas capitais do País é cerca de R\$1,40. Os itens que compõem esse preço são os seguintes:

- custo de produção de R\$0,50;
- margem líquida do produtor de R\$0,04;
- margem bruta do distribuidor de R\$0,25;
- margem bruta da revenda de R\$0,15;
- total de impostos R\$0,46.

Admitindo-se um custo de produção de biodiesel 3 vezes maior que o do óleo diesel e uma adição de 2% de biodiesel, o custo de produção do óleo aditivado passaria de R\$0,50 para R\$0,52. Mantendo-se constante os outros componentes de preço, o aumento para o consumidor final seria de apenas R\$0,02. Um aumento de preço para o consumidor final de R\$1,40 para R\$1,42 é plenamente justificável pelos benefícios de maior lubrificidade e proteção ao meio ambiente gerados pelo aditivo.



# 5.

Políticas de Estímulo ao Biodiesel e à  
Inclusão Social

Os modelos de produção

Fontes de financiamento

A questão tributária





## 5. POLÍTICAS DE ESTÍMULO AO BIODIESEL E À INCLUSÃO SOCIAL

### 5.1 Os modelos de produção

O PROALCOOL foi um programa bem-sucedido de substituição em larga escala dos derivados de petróleo. Ressalte-se, contudo, que mesmo a produção de combustíveis renováveis, como o álcool, pode provocar impactos sociais e ambientais negativos.

As regiões produtoras de açúcar e álcool apresentam hoje grande concentração na propriedade das terras. Nesses locais, a monocultura substituiu a agricultura familiar. Esse modelo de produção gera um contingente de 1,2 milhão de trabalhadores informais, ocupados apenas durante as safras e submetidos a condições de insalubridade e de injustiça social.

O Ministério de Minas e Energia e o Ministério da Integração Nacional estão concebendo modelos de produção de biodiesel com enfoque diferente do PROALCOOL. A ênfase desses modelos, descritos a seguir, é a inclusão social.

#### 5.1.1 A visão do Ministério da Integração Nacional

O Ministério da Integração Nacional, por meio do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca – DNOCS, lançou recentemente o programa “Biodiesel e a Inclusão Social no Semi-Árido Nordeste”. Esse programa visa a agregar duas importantes vertentes. A primeira tem como objetivo a inclusão de milhares de famílias de pequenos agricultores em um programa de geração de empregos por meio da cultura da mamona. A segunda visa à melhoria do meio ambiente, pois o biodiesel é um combustível obtido de fontes renováveis, biodegradável e livre de substâncias cancerígenas, que pode minimizar a poluição nas grandes capitais do Brasil.

O Nordeste tem milhares de famílias assentadas em projetos de reforma agrária que dispõem de infra-estrutura, habitação, energia elétrica, água e, especialmente, organização. Contudo, a maioria dos assentamentos do semi-árido não tem sustentabilidade. Em caso de seca, esses assentamentos ficam dependentes da assistência do governo. O biodiesel, produzido a partir da mamona consorciada com o feijão, poderia contribuir para a sustentabilidade desses assentamentos, ao lado da piscicultura, da apicultura, da caprinocultura



e da pequena irrigação.

Quando se criou o PROALCOOL, dizia-se que esse programa seria a salvação da chamada Zona da Mata do Nordeste, tradicional produtora de cana-de-açúcar. Tratava-se de um programa que, do ponto de vista da mudança do combustível, era muito mais complexo, pois seriam necessárias modificações dos motores dos carros. Além disso, iria substituir um combustível que o Brasil já produzia de sobra, pois o País já exportava o excesso de produção de gasolina. O programa de biodiesel é muito mais atraente que o do álcool, pois vai permitir a substituição do óleo diesel, que é importado, e não implica modificações nos motores.

Dizia-se, ainda, que seria um grande programa social com a criação de milhões de empregos e com o uso de minidestilarias. O que ocorreu, contudo, foi que o PROALCOOL transformou-se num programa que beneficia as grandes empresas de equipamentos e os grandes usineiros. O resultado disso foi a ampliação da exclusão social, com aumento do número de bóias-frias e invasão de áreas antes produtoras de grãos. Portanto, é fundamental que se faça uma reflexão sobre isso, para que um programa de biodiesel não venha, mais uma vez, estimular a concentração de riquezas, em detrimento da grande massa de excluídos.

O modelo de produção proposto tem como base a implantação de pequenas unidades de biodiesel inseridas em áreas do semi-árido próximas aos assentamentos da reforma agrária e nas áreas de sequeiro. O DNOCS tem milhares de hectares de terras em áreas de sequeiro, próximas às suas 320 barragens ou na periferia dos seus 38 perímetros irrigados, hoje cedidas a pequenos agricultores. Além disso, ele pode incentivar, nos seus perímetros irrigados, a multiplicação das sementes genéticas produzidas pela Embrapa ou, até mesmo, a produção de mudas de mamona em tubetes.

Com sementes selecionadas, a partir da semente básica da Embrapa, pode-se alcançar uma produtividade, em áreas de sequeiro, acima de 2,2 toneladas por hectare. Outra contribuição é produzir mudas sob a forma de tubetes para plantar no campo, depois que o solo já tiver umidade suficiente. Esse processo, evidentemente, precisa ser testado e comparado com o processo tradicional, no qual planta-se a baga da mamona diretamente no solo.

O DNOCS está trabalhando na formatação de um projeto piloto de 450 hectares para cada Estado, onde a posse da terra já existe e os que a detêm já estão organizados. Serão dez unidades pilotos nos dez Estados onde o semi-árido do Brasil está encastado. Espera-se contar com a participação de todos os ministérios envolvidos no tema: Ministério da Integração Nacional, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Ministério de Minas e Energia.

Espera-se que, uma vez consolidado, o produto deste programa venha gerar trabalho e renda para 2 milhões de famílias nordestinas.

### 5.1.2 A visão do Ministério de Minas e Energia

A Ministra de Minas e Energia anunciou que metade da produção de biodiesel no País será a partir da mamona. Informou também que em 2005 serão investidos US\$ 62 milhões na instalação de três plantas industriais para a produção do biodiesel e de uma pequena usina de álcool.

Divulgou, ainda, a meta do Brasil de produção de 325 mil toneladas de



biodiesel em 2005, com o plantio de 600 mil hectares e a geração de 250 mil empregos, para substituir 2% do diesel importado. A implantação gradativa do programa de apoio à produção prevê uma área plantada de 2,74 milhões de hectares, em 2010, com a geração de 1,36 milhão de empregos e a substituição de 5% do diesel importado.

O modelo de produção da mamona será voltado para a agricultura familiar, articulada em pequenas células em torno de cooperativas que vão administrar as plantas industriais e fornecer para grandes distribuidores. Para ela, é uma forma de reforma agrária sustentável que inclui moradias, escolas, postos de saúde e creches. A Ministra garantiu que o governo tem o compromisso de que o biodiesel terá papel fundamental e relevante no programa de inclusão social.

## 5.2 Fontes de financiamento

### 5.2.1 Fontes Internas

A participação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES no programa de biodiesel é fundamental. O BNDES já conta com o Programas de Apoio Financeiro a Investimentos em Energia. Esse programa tem por objetivo propiciar o aumento da oferta, a otimização do consumo atual e a atração de novos investidores.

Recentemente, foram aperfeiçoadas as condições operacionais desse programa. As principais medidas adotadas foram a elevação dos percentuais máximos de participação no investimento total e dos prazos totais, a concessão de aval a financiamento externo, a flexibilização das regras atuais de garantias e a simplificação dos processos de análise e contratação.

O BNDES poderia, então, criar um programa de financiamento específico para instalação de unidades de produção de biodiesel em cooperativas e credenciar agentes financeiros, tais como o Banco do Brasil, Banco do Nordeste do Brasil e Banco da Amazônia, para operacionalização do programa, permitindo, assim, o acesso ao crédito por parte dos pequenos produtores.

O Banco do Nordeste do Brasil – BNB conta com uma série de programas que podem dar suporte à produção de biodiesel, tais como o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Rural do Nordeste – RURAL, Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Agroindústria do Nordeste – AGRIN e o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE.

O RURAL é destinado a produtores rurais, pessoas físicas ou jurídicas, cooperativas e associações de produtores rurais. Tem como objetivo promover o desenvolvimento da pecuária regional através do fortalecimento e da modernização da infra-estrutura produtiva dos estabelecimento pecuários; aumentar a produção e a produtividade de alimentos e matérias-primas de origem vegetal em áreas de sequeiro e em áreas irrigadas, mediante a adoção de novas tecnologias.

O AGRIN destina-se a empresas agroindustriais, pessoas físicas e jurídicas, cooperativas e associações. Tem como objetivo fomentar a implantação, ampliação, modernização e realocização de unidades agroindustriais no



Nordeste, visando elevar a competitividade, aumentar as oportunidades de emprego, promover uma melhor distribuição de renda e induzir a interiorização do desenvolvimento.

Já o FNE tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento econômico e social do Nordeste e minorar as disparidades inter e intra-regionais, por meio da execução de programas de financiamento aos setores produtivos, em consonância com os planos de desenvolvimento elaborados pela SUDENE. O FNE constitui-se em fonte permanente de financiamento, de médio e longo prazos, para os setores agropecuário, mineral, agroindustrial e industrial, inclusive turismo.

O Programa de Financiamento à Conservação e Controle do Meio Ambiente – FNE VERDE é destinado a empresas industriais, rurais e agroindustriais, pessoas físicas e jurídicas, inclusive cooperativas e associações. Tem como objetivo promover o desenvolvimento de atividades ambientais produtivas.

O Banco do Brasil também pode participar do financiamento aos pequenos produtores de oleaginosas por meio do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF.

### 5.2.2 Fontes Externas

Recursos necessários para investimentos no programa de biodiesel poderiam vir tanto do mercado de carbono, ainda em construção, como por meio de investidores que percebam nos ativos ambientais uma oportunidade rentável para seu capital.

No Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, do Protocolo de Kyoto, uma parte do compromisso de redução de emissão de CO<sub>2</sub> dos países desenvolvidos pode ser realizada em países em desenvolvimento. Não obstante a falta da regulamentação, na Bolsa de Valores de Chicago já são comercializados os certificados de compra e venda de cotas e direitos de emissão dos gases do efeito estufa, sendo que o preço básico da tonelada de carbono é de 10 dólares.

As externalidades ambientais positivas existentes na produção de biodiesel e a necessidade dos países desenvolvidos de reduzir suas taxas de emissões de CO<sub>2</sub> possibilitam que a agroindústria do biodiesel atraia capital externo para financiar o abatimento conjunto das emissões.

O Banco Mundial criou, em julho de 1999, o Prototype Carbon Fund – PCF, um fundo com a finalidade de financiar projetos que visem mitigar os efeitos das mudanças climáticas e promover o desenvolvimento sustentável, com recursos da ordem de 150 milhões de dólares. Para compor esse fundo, governo e empresas de países desenvolvidos contribuem com recursos e tecnologia para os projetos. O PCF repassa esses recursos para financiar projetos de países em desenvolvimento.

Destaque-se, ainda, que, recentemente, o Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID concedeu um empréstimo para um projeto com o objetivo específico de promover a eficiência de energia na Colômbia. O empréstimo de 10 milhões de dólares permitirá ao Ministério das Minas e Energia desse país implementar medidas para estimular mudanças legais, institucionais e de regulamentação, aumentar o papel do setor privado e executar estudos e programas piloto para isso. Dessa forma, o BID também pode ser considerado uma fonte de financiamento para um programa de biodiesel no Brasil.



### 5.3 A questão tributária

É reconhecido internacionalmente que o biodiesel, atualmente, não é competitivo em relação ao óleo diesel, sem que haja fortes incentivos fiscais. O biodiesel ainda tem um custo de produção mais de duas vezes maior que o do óleo diesel. Para que esse combustível fosse introduzido na matriz energética de muitos países, trazendo benefícios ambientais e sociais, muitos incentivos fiscais foram concedidos. Na Alemanha, a viabilização econômica do biodiesel se deu pela isenção de tributos em toda a cadeia produtiva.

No Brasil, os impostos incidentes sobre combustíveis são a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico – CIDE, o Programa de Integração Social – PIS, a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – COFINS e Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação – ICMS. A tabela 5.1 (Foster, 2003) mostra, a título de exemplo, os valores médios dos tributos incidentes sobre combustíveis nas capitais do País no período de 17 a 23 de agosto de 2003.

**Tabela 5.1**

Tributos médios incidentes sobre combustíveis (R\$)

Tributo	Gasolina Comum	Álcool Hidratado	Óleo Diesel
CIDE Total	0,4058 (=0,5411 x 0,75)	0,0293	0,2180
PIS/COFINS Produtor	0,0004	0,0050	0,0006
PIS/COFINS Distribuidor	-	0,0594	-
ICMS Produtor	0,3154	0,2355	0,1862
ICMS Distribuidor	-	0,0968	-
ICMS Substituição tributária	0,2234	0,0944	0,0548
Total de tributos por litro	0,945	0,5204	0,4596

A gasolina comum mostrada na tabela 5.1 é composta de 75% de gasolina pura e 25% de álcool anidro. O combustível mais tributado é a gasolina comum, com cerca de R\$0,945. O óleo diesel apresenta um total de tributos de R\$0,4598, inferior ao total de tributos do álcool hidratado que é de R\$0,5204. Dessa forma, se não houver uma total isenção de tributos para o biodiesel, ele não será competitivo.



Como não há previsão constitucional para cobrança de CIDE sobre o biodiesel, as isenções nesse caso se resumiriam ao PIS/COFINS e ao ICMS, que totalizam R\$0,2416. Ressalte-se, no entanto, que essa isenção pode não ser suficiente para viabilizar economicamente o biodiesel como combustível, mas pode viabilizá-lo como aditivo.



# 6.

## Referências



## 6. REFERÊNCIAS

- ACCARINI, J. H. Instituto volta ao campo. In: **O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Videoconferência.
- CLERY, P. **Green fuels challenge**: submission for biodiesel and bioethanol. BABFO British Association of Bio Fuels and Oils, 2001. Disponível em: [www.biodiesel.co.uk](http://www.biodiesel.co.uk). Acesso em: 02. jun. 2004.
- DABDOUB, MigueL. **Por um biodiesel com identidade 100% brasileira**. Brasília: Câmara dos Deputados, Comissão de Agricultura e Política Rural, 2003.
- FERRES, Juan Diego. **Biodiesel**. In: SEMINÁRIO OS VEÍCULOS AUTOMOTORES E O EFEITO ESTUFA. São Paulo, 2002. Palestra.
- FONTANA, J. D. Biodiesel e inclusão social: processos de produção e auto-suficiência energética para pequenas comunidades. In: **O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Videoconferência.
- FOSTER, Maria das Graças Silva. O álcool combustível e a política energética dos combustíveis veiculares. In: SEMINÁRIO POLÍTICAS PARA O SETOR SUCROALCOOLEIRO E A REESTRUTURAÇÃO DO PROÁLCOOL Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Palestra.
- GRANDO, G. Políticas públicas do Programa Nacional do Biodiesel. In: **O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL**. Brasília, Câmara dos Deputados, 2003. Videoconferência
- KARAOSMANOGLU, F.; BEKER, U. G. Used oil as a fuel oil alternative. **Energy Sources: Journal of Extraction, Conversion and the Environment**, v. 18, n. 6, 1996.
- KHALIL, C. N. Economicidade e sustentabilidade do processo de produção de Biodiesel a partir da semente de mamona. In: **O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Videoconferência
- KHAN, Adam Karl. **Research into biodiesel kinetics and catalyst development**. 2002. 45 p. (Mestrado em Engenharia Química)-University of Queensland, Brisbane, 2002.
- KNOTHE, Gerard. Rapid monitoring of transesterification and assessing biodiesel fuel quality by near-infrared spectroscopy using a fiber-optic probe. In: **89TH AOCS ANNUAL MEETING & EXPO**. Chicago: 1998.
- KUSDIANA D.; SAKA S. Kinetics of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuels as treated in supercritical methanol. **Fuel**, n. 80, 2001.
- MEIRELLES, F. S. **Biodiesel**. 2003.
-



NOGUEIRA, L. A. H. **Biodiesel**: barreiras a superar. In: **O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Videoconferência.

PARENTE, Expedito José de Sá. **Biodiesel**: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza: Tecbio, 2003. 68 p.

PARENTE, Expedito José de Sá ; BRANCO, P. T. C. **Análise comparativa entre etanol e metanol visando utilização como coadjuvante químico na produção de biodiesel**. In: **O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Videoconferência.

PARUCKER, A. G. C. **Proposta para elaboração de estudos sobre biodiesel**. Consulta à Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados feita pelo Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica, 2003.

PASSONI, Irma. Desenvolvimento regional e geração trabalho e renda. In: **O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Videoconferência.

PRANKL, H., WÖRGETTER M. **The Introduction of biodiesel as a blending component to diesel fuel in Austria**. Final Report of NTB-net Phase IV, 2000.

ROSA, L. P. et al. **Análise Prospectiva de introdução de tecnologias alternativas de energia no Brasil**. Oleos Vegetais. Workshop COPPE, 2002. Relatório preliminar.

SANTANA, E. O biodiesel e a inclusão social no semi-árido, na área de atuação do DNOCS. In: **O BIODIESEL E A INCLUSÃO SOCIAL**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Videoconferência.

WEISZ, P. B. ; HAAG, W. O. ; RODEWALD, P. G. Catalytic production of high-grade fuel (gasoline) from biomass compounds by shape-selective catalysis. **Science**, 1979.

# 7.

## Exposição de Trabalhos e Protótipos

Numa iniciativa pioneira, a Câmara dos Deputados reuniu, em novembro de 2003, os representantes das principais linhas de pesquisa voltadas para a viabilização do biodiesel no País. A exposição dos trabalhos foi visitada por pesquisadores, parlamentares e empresários, que deram apoio incondicional ao início imediato da produção do novo combustível.

## EXPOSITORES

Ministério da Ciência e Tecnologia  
Instituto Nacional de Tecnologia

Ministério das Minas e Energia  
Petrobras  
Cenpes - Centro de Pesquisa da Petrobras

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abatecimento  
Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Universidade de Brasília

Universidade Federal do Ceará  
TecBio - Tecnologias Bioenergéticas Ltda.  
NUTEC - Fundação Núcleo de Tecnologias Industrial  
Secretaria de Ciência e Tecnologia/CE

Universidade Federal do Paraná  
Tecpar - Instituto de Tecnologia do Paraná  
Cerbio - Centro Brasileiro de Referência em Biocombustíveis/PR  
Secretaria da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior/PR

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação/RJ  
Pesagro - RJ

Universidade de São Paulo - Ribeirão Preto  
Ladatel - Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas/RP-SP

Ecomat - Ecológica Mato Grosso Indústria e Comércio Ltda.

Maquigeral - Indústria e Comércio de Máquinas Ltda.

Expresso Guanabara S/A



Professor Expedito Parente, com trabalhadores do Nutec/Tecbio na unidade de biodiesel em Fortaleza  
Embarque da unidade de biodiesel de Fortaleza para Brasília, no Búfalo da FAB





Desembarque miniusina de biodiesel em Brasília

Unidade de transesterificação do Nutec/Tecbio instalada na Câmara dos Deputados





Miniusina produzindo biodiesel para o gerador da Maquigeral

Grupo gerador de energia da Maquigeral, sendo abastecido com biodiesel





Estande com produtos da Ecomat

Amostras de biodiesel obtidas a partir de diferentes oleaginosas





Unidade de craqueamento da Embrapa/Universidade de Brasília



Estandes dos expositores presentes ao evento promovido pelo Conselho de Altos Estudos: Ecomat, Embrapa, Petrobras e UFRJ/SECTI-RJ/Rio Biodiesel



Vans, tratores e veículos movidos a biodiesel





Apresentação da miniusina de biodiesel ao Presidente João Paulo, Ministra Dilma, parlamentares e autoridades





A Ministra Dilma Rousseff, o Presidente João Paulo, parlamentares e autoridades examinam amostras de biodiesel de diversas oleaginosas





Professor Expedito Parente, autor da primeira patente mundial do biodiesel, explicando o funcionamento da unidade de biodiesel produzida pelo Nutec/Tecbio à Ministra das Minas e Energia, Dilma Rousseff

# 8.

## Videoconferência: Propostas e Contribuições Apresentadas ao Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica

- 8.1 Francelino Grando
- 8.2 Irma Passoni
- 8.3 Expedito Parente Júnior e  
Paulo de Tarso Castelo Branco
- 8.4 José Domingos Fontana
- 8.5 Carlos Nagib Khalil
- 8.6 L. A. Horta Nogueira
- 8.7 Instituto Volta ao Campo
- 8.8 Eudoro Santana
- 8.9 Maria das Graças Silva Foster  
Marcelo de Sousa Murta
- 8.10 José Nilton de Souza Vieira
- 8.11 Paulo Porto Lima
- 8.12 Expedito José de Sá Parente



## 8.1 PROF. FRANCELINO GRANDÓ

### Políticas públicas do Programa Nacional do Biodiesel

Prof. Francelino Grandó  
Secretário de Política de Informática e Tecnologia  
Ministério da Ciência e Tecnologia

Boa tarde a todos. Eu tive a oportunidade de desejar bom dia quando estava representando o Ministro Roberto Amaral na instalação da videoconferência.

Quero saudar muito especialmente o grande batalhador, Deputado Ariosto Holanda, e dizer publicamente o que eu comentava quando ele foi saudado e referenciado na mesa, ou seja, que havia uma outra característica que na hora não foi mencionada e que precisava ser sempre reconhecida. Além da competência, da experiência e da dedicação pública, quero somar a capacidade que o Deputado Ariosto Holanda tem de compreender as necessidades do seu povo e que, certamente, também o motiva a estar movimentando o Brasil, do mesmo jeito que trabalhou para estarmos todos juntos hoje, num dia com esse rendimento e com essa qualidade. Meu amigo, Sr. Rafael Lucchesi, Presidente da região Nordeste do Fórum de Secretários Estaduais de Ciência e Tecnologia, é um grande batalhador, um grande parceiro que o Ministério de Ciência e Tecnologia tem na gestão do Ministro Roberto Amaral.

Indo diretamente ao tema, gostaria de fazer uma série de considerações que acredito serem mais adequadas porque são complementares a todas as exposições que já foram feitas nesta videoconferência. Vou procurar não ser repetitivo, trazendo posições que são claras para o Ministério de Ciência e Tecnologia. No primeiro momento, a posição política do Ministro Roberto Amaral e, no segundo, o detalhamento técnico que nós entendemos ser aquele de responsabilidade do Ministério de Ciência e Tecnologia. Nós acreditamos, com muita convicção, que o Programa do Biodiesel será o grande programa transformador, um grande programa do governo do Presidente Lula.

Cumprindo, com muita satisfação e orgulho, determinação do Ministro Roberto Amaral, trago para este debate a afirmação de que, para o Ministério de Ciência



e Tecnologia, o Programa de Biodiesel é, e deve ser, um programa de geração de emprego e renda e de inclusão social. É certo e seguro que os reflexos econômicos são extraordinários, é certo e seguro que a diminuição da dependência da importação de um combustível fóssil é extremamente relevante, é certo e seguro que o impacto positivo sobre o meio ambiente, sobretudo nas áreas metropolitanas, é extraordinário. Todos esses aspectos são relevantes, mas o mais importante é ser o biodiesel uma alternativa transformadora, de geração de oportunidades, de renda, de emprego para populações brasileiras mais necessitadas. Em suma, é compatível com o objetivo maior do governo do Presidente Lula, que é a construção do cidadão por meio da geração de uma alternativa de renda digna.

Todo esse processo deve ser sustentável, pois é assim que nós podemos construir a cidadania brasileira, especialmente para essas enormes parcelas de brasileiros que são, injusta e perversamente, excluídos da nossa coletividade. Por isso, o foco fundamental é que o Ministério se engaje, com muito entusiasmo, para ir além do exercício das suas competências, de forma a estimular, fomentar e consolidar essas tecnologias.

O Ministério conduziu, desde a gestão passada, o Programa Nacional de Biodiesel. Foi muito importante o que foi feito, embora seja preciso manifestar, honestamente, neste momento, uma avaliação: houve uma condução pouco abrangente pelo Ministério de Ciência e Tecnologia. Mas por quê? Porque foi privilegiada uma única alternativa: a rota tecnológica de produção de biodiesel pela transesterificação etílica do óleo de soja. É muito importante, é indispensável, o domínio dessa tecnologia, mas ela não é única, e ninguém pode dizer sequer que seja a mais importante. Todas as diversas rotas tecnológicas são importantes. Mas, dada a diversidade continental do Brasil, certamente para cada região, nós teremos uma que seja mais vantajosa do que as demais. E é assim que o Ministério precisa cumprir a sua função de promover a investigação, de fomentar o desenvolvimento tecnológico, de fomentar a inovação no setor produtivo e de consolidar tecnologias.

Estamos felizes e orgulhosos de termos conduzido, na função de coordenação, até junho, o Programa Nacional de Biocombustíveis. A partir de então, com a constituição do Grupo de Trabalho Interministerial, espelho daquele que fora montado ad hoc no MCT, compreendo ser mais relevante a condução geral pelo Ministério de Minas e Energia, com a devida participação do Ministério de Agricultura, fundamental para que haja uma estrutura de produção agrícola.

O Ministério de Desenvolvimento de Indústria e Comércio é muito relevante. Por quê? Porque nós estamos gerando novas oportunidades de fabricação, de desenvolvimento e de venda de bens de capital. As fronteiras tecnológicas foram superadas sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, graças, sobretudo, ao papel ímpar que diversos cidadãos brasileiros desempenharam com patriotismo e competência. Nunca é demais ressaltar que nós temos aqui presente uma imagem emblemática desses brasileiros, que é o Professor Expedito Parente. Esses grandes brasileiros, que, ao longo de décadas, como é o caso do nosso Professor, vieram avançando, sem apoio, na direção desse grande sonho. Agora, nós já ultrapassamos, felizmente, essas fronteiras.

Acredito que, quando o Presidente da República constituiu o grupo interministerial, passamos a ter a oportunidade de oferecer um estudo consolidado de todo o trabalho que havia sido feito e dos trabalhos que foram acrescentados



pelos diversos Ministérios envolvidos. Esse relatório está pronto e deve ser divulgado para os diversos organismos, ou seja, para a Câmara de Política de Infra-estrutura, para o Conselho Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social e evidentemente para o Parlamento, visando ao debate amplo pela sociedade.

Não quero ser indiscreto, mas gostaria de aproveitar este momento muito peculiar para comentar algumas das conclusões que são oferecidas ao Presidente da República. A primeira é que deve ser adotado imediatamente um Programa Nacional de Biodiesel como política pública essencial do governo. A segunda é que há importantes investigações tecnológicas a serem feitas e que caberá ao Ministério da Ciência e Tecnologia o monitoramento e avaliação permanente de diversas experiências que precisam ir para campo, nas várias regiões do País, em diversas condições climáticas e utilizando diversas oleaginosas. É necessário testar inclusive o uso de 100% de óleo vegetal, o que é muito adequado para grandes motores, sobretudo para os estacionários. A geração de energia, a movimentação de equipamentos como barças e chatas, ou outras aplicações motrizes que exigem muita força, são exemplos de possibilidades para o uso do B100. É também necessário considerar rotas tecnológicas que não foram suficientemente exploradas, especialmente o craqueamento.

Nós vimos isso aqui na nossa tendinha, Deputado, que é como eu chamo essa tenda milagrosa, a experiência da Universidade de Brasília e da Embrapa, na qual já foi investido bastante conhecimento, mas que ainda não está suficientemente consolidada. Parece-nos que esta é uma tarefa que cabe ao Ministério de Ciência e Tecnologia. É preciso investigar mais, colocar um foco muito mais direcionado, por exemplo, nessa rota tecnológica. Outra, certamente, é a utilização do metanol, das mais diversas origens, incluindo as formas como pode ser adicionado. Isso também não está suficientemente claro.

E eu me horrorizo, e falo com a responsabilidade de usar expressão tão forte, eu me horrorizo com algumas perspectivas de importação tecnológica. No relatório, eu tive o cuidado de propor a subtração de referências à importação de tecnologia Alemã ou Americana ou, pasmem, até Argentina. Nós temos capacidade para ensinar, sem sermos arrogantes, e não podemos ser submissos. Deus nos deu as condições para explorarmos o biodiesel. Além do solo, do clima, da extensão, da insolação, deu-nos também a capacidade e a criatividade. O sistema público de pesquisa custou o sacrifício de gerações brasileiras, consumindo um enorme investimento, que agora está produzindo resultados. Nós produzimos hoje 1,4% de todos os ensaios científicos e tecnológicos relevantes da grande produção científica do mundo, o que é superior e desproporcional a nossa participação, com 1%, no comércio global, apesar de toda participação dos grãos, que o solo brasileiro generosamente nos dá, e do atual estágio tecnológico brasileiro. Portanto, é perverso considerarmos a hipótese de mera importação tecnológica.

Estamos fazendo comparações? Claro, não estamos isolados no mundo, a ciência é assim. Mas é preciso insistir e mostrar o compromisso do Ministério de Ciência e Tecnologia. Devemos insistir na destinação de recursos públicos para o fortalecimento das instituições de pesquisa associadas em rede, coordenadas de maneira a evitar a duplicação de esforços para o desenvolvimento de tecnologias que ainda não estão consolidadas e para o monitoramento e avaliação da execução dos programas. É por isso que nós



todos sugerimos - e novamente aqui sobressai o papel muito relevante do Deputado Ariosto Holanda -, que a lei que trata do Fundo Setorial do Petróleo – CT- Petro, recebesse o acréscimo de uma função específica, que é a investigação de fontes de combustíveis alternativos. Da mesma forma, no caso do Fundo Setorial de Energia – CT-Energ, é preciso que haja investigação de fontes de energia renovável, de maneira que nós possamos aproveitar esses recursos, que não são enormes, mas podem cumprir, se bem aplicados, o papel fundamental de coordenação dos esforços científicos e tecnológicos em torno dos eixos das políticas públicas. Dentro do eixo fundamental da política de Ciência e Tecnologia do governo do Presidente Lula, que é executado da maneira que muito dos senhores sabem e de que o Secretário e o Deputado aqui presentes são grandes testemunhas. Esta maneira rigorosa com que o Ministro Roberto Amaral executa o programa de governo do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, que é a desconcentração das ações de Ciência e Tecnologia. Fazendo isso nós já estaremos mudando a história do País.

O Ministro Roberto Amaral já assinou, na segunda-feira passada, convênios com vinte Estados brasileiros, repassando recursos da ordem de R\$ 80 milhões. São recursos significativos para uma contrapartida de 1 para 1, o que significa, portanto, a mobilização de R\$ 160 milhões, distribuídos pelos Estado da Federação.

Na semana anterior, tinha assinado convênios com dez Secretários do Nordeste, para a implantação de um Centro de Vocação Tecnológica, uma das grandes criações do Secretário Ariosto Holanda, que prevê, em cada um dos Estados do Nordeste, embriões da rede de Ciência e Tecnologia desconcentrada.

Portanto, é compatível com este eixo da execução da política de Ciência e Tecnologia que nós estejamos induzindo, acompanhando, coordenando e estimulando a convergência dos programas estaduais nesta fase. São fundamentais as ações que nós estamos realizando hoje em Brasília. Mas sabemos todos que aqui em Brasília não é onde nós faremos o Programa Nacional de Biodiesel - ele será feito nos Estados brasileiros. E para isso, é indispensável o concurso das instituições estaduais, seja na área de gestão, seja na área de pesquisa, de modo que haja a devida capilaridade e que as pesquisas transcorram exatamente conforme as capacidades e as necessidades regionais e locais. Dessa forma, comporemos um riquíssimo mosaico de experiências e de replicação dos recursos públicos que são investidos e, sobretudo, conseguiremos um programa que seja uma evolução em relação às experiências do Proálcool.

Devido ao adiantado horário, vou concluir e imagino que teremos alguns minutos para perguntas e respostas, de modo a estabelecer um diálogo neste plenário.

Retorno, então, em conclusão, ao pressuposto do início. O programa tem capacidade, como foi amplamente demonstrado aqui, desde o discurso da Ministra Dilma Rousseff, que apresentou a capacidade técnica, a objetividade e capacidade de operação de uma alternativa concreta. A Ministra Dilma Rousseff estabeleceu um rumo tangível, estabeleceu metas, arbitrou uma opção concreta que deve ser não a única, senão a primeira que gere exatamente a massa crítica e, portanto, a viabilidade e a credibilidade do programa em todo o País. Sendo assim, é preciso que outras experiências sejam fomentadas.

É preciso utilizar de maneira construtiva e articulada os recursos federais. Precisamos do concurso dos Estados para chegarmos lá, o que é necessário e



fundamental para o envolvimento das populações, para o entendimento de quais são os distintos potenciais e capacidades. As opções deverão ser feitas sempre regionalmente. Por isso o dendê será o melhor, certamente, em algum lugar, a mamona será, indiscutivelmente, melhor em outro lugar e a soja será a mais importante em outra região do País. Talvez a colza não porque a Alemanha faça, mas porque no Rio Grande do Sul pode haver condições adequadas específicas para que a colza seja a oleaginosa mais indicada para a produção do biocombustível. E integrando assim os esforços, investigando as rotas tecnológicas que ainda não estão suficientemente consolidadas para a ampliação das oportunidades, com a capilaridade da ação dos Estados, nós temos condição de efetivamente contribuir, mobilizando o Ministério de Ciência e Tecnologia naquilo que lhe compete institucionalmente, ou seja, executar um programa transformador da realidade brasileira, com o necessário aporte científico e tecnológico.

Neste momento, na prática, nós pleiteamos e obtivemos, junto ao Fundo Setorial de Energia, R\$ 4 milhões para execução em 2003. Eu sei que as Assembléias Legislativas estão nos assistindo e que todos sabem como são escassos os recursos disponíveis. Nós pensamos em todos os Estados brasileiros sob o critério do melhor resultado, que deve privilegiar os programas que estiverem mais avançados.

Então, se nós pensamos que o Estado da Bahia nos aporta aqui 1000 litros de biodiesel de mamona, que o Estado do Maranhão nos aporta aqui 1000 litros de babaçu, que o Estado do Paraná está aqui com o Golf, que o Estado do Rio de Janeiro com a Van, entre outras iniciativas, que o Estado do Ceará está aqui com a planta produtora, então nós precisamos, neste momento, com esses poucos recursos de 2003, aplicar nos programas que estão mais adiantados para uma execução imediata em 2003 e um resultado mais conseqüente e de curto prazo.

Em relação aos Senhores Secretários de todos os Estados, que têm a justa posição de cobrar do Ministério a parte dos seus respectivos programas estaduais, fica aqui a nossa mensagem. Vamos gerar em todos os Estados programas consistentes, conseqüentes e articulados. No exercício de 2004, certamente o Ministério poderá, com recursos dos fundos setoriais, aportar mais recursos públicos em todos os programas estaduais, de maneira a exercer o seu papel de coordenação e de articulação, para que os esforços sejam coerentes com o grande objetivo nacional de transformação deste País com geração de emprego, de renda e de cidadania. Quero concluir parabenizando novamente o Deputado Ariosto Holanda, na qualidade de Relator do Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara Federal.

## 8.2 IRMA PASSONI

### Desenvolvimento regional e geração de trabalho e renda

Irma Passoni

Gerente Executiva do Instituto de Tecnologia Social

Gostaria de agradecer o convite para a participação do ITS – Instituto de Tecnologia Social nesse evento. Aceitei com satisfação, por se tratar de uma atividade sugerida pelo Conselho de Altos Estudos do Legislativo, portanto uma política pública, preocupada com o desenvolvimento regional e a geração de trabalho e renda, e envolvendo entidades não governamentais.

A questão que coloco inicialmente é: O Biodiesel poderá promover o desenvolvimento regional, com a consequente geração de trabalho e renda?

A resposta possível, neste momento, é que depende da condução do processo. Creio que a pré-condição para que esse projeto seja um fator de Inclusão Social, tema desta videoconferência, é a análise profunda dos impactos do Biodiesel nas comunidades, a fim de garantir o desenvolvimento sustentado e o envolvimento de entidades sociais, com atuação local, no processo.

Observo que as comunidades locais, os pequenos agricultores, os sindicatos rurais não estão informados sobre esse programa e, portanto, é necessária e urgente a realização de um amplo debate que envolva todos os atores que podem participar da implantação do Projeto Biodiesel. E, seguramente, as Ongs são instituições que não podem ficar à margem desse debate.

Tenho a firme convicção, fundada em anos de trabalho junto às comunidades, que a atuação de muitas Ongs pode ser tomada como geração e aplicação de conhecimento científico e tecnológico. Tais entidades, portanto, funcionam como agentes de CT&I, atuam em processos de capacitação, de pesquisa científica, de desenvolvimento/aperfeiçoamento de tecnologia e de disseminação do conhecimento. É importante destacar também a sua atuação em políticas públicas como canal para promoção da universalização do conhecimento por elas gerado.

Dados mais precisos sobre essa relação entre Ongs e CT&I podem ser

---

<sup>1</sup> “Diretório da Pesquisa Privada - Ongs e CT&I”, coordenada pelo Dr. João Furtado e realizada pela Equipe GEOPI/DPCT/Unicamp e Instituto de Tecnologia Social (ITS).

---



encontrados no relatório “Uma pesquisa sobre a atuação em Ciência, Tecnologia & Inovação das Ongs” – em vias de publicação<sup>1</sup>.

Um ponto forte da atuação das Ongs, observado na pesquisa, é a intensa capacidade de articulação em redes para interação com outras Ongs, com a comunidade local, Fóruns e Conselhos (nacionais, estaduais ou municipais), Unidades de Conservação, Universidades e Centros de Pesquisa, Sindicatos Rurais, Igrejas e Empresas.

Muitas Ongs da região Nordeste realizam atividades de pesquisa científica voltada para a conservação ambiental. Sem dúvida, os resultados de suas ações, em termos de produção de metodologias ou novos métodos de pesquisa, vêm ganhando espaço e reconhecimento em publicações científicas e decorrem de uma estratégia de pesquisa cooperativa com as universidades e institutos de pesquisa, destacando-se no desenvolvimento e transferência de tecnologia destinada à produção agroecológica e orgânica.

Em sua atuação diretamente com as comunidades, as ONGs realizam:

Capacitação de agricultores familiares;  
Resgate de variedades nativas;  
Desenvolvimento de processos e produtos;  
Beneficiamento, industrialização, financiamento;  
Comercialização;  
Marketing (certificação).

As Ongs que participam da “Articulação Nacional em Tecnologia Social” apresentam as seguintes demandas, que reproduzo por fazerem parte do escopo de precondições que identifiquei para que a implementação do projeto Biodiesel realize seu objetivo de gerar trabalho e renda, de modo justo:

1. Aprofundamento, compreensão e criação de uma linguagem comum sobre as questões e conceitos que envolvem o Programa Biodiesel;
2. Serem consideradas, ao lado de outras instituições da sociedade civil organizada, como detentoras de competências específicas e úteis no Projeto Biodiesel com desenvolvimento local sustentável;
3. Incorporação do binômio menor impacto ambiental e maior alcance social para nortear a noção de mérito tecnológico e estratégico do Projeto Biodiesel, contando para isso com a efetiva participação das Ongs;
4. Que suas pesquisas sejam apoiadas e que se estabeleça, na forma de cooperação técnico-científica, parcerias com Ongs junto ao Projeto Biodiesel, com o objetivo principal de transferência de tecnologias para as comunidades locais;
5. Definição das entidades sociais no que se refere às condições de desenvolvimento do Programa Biodiesel e garantia de Políticas Públicas para a participação das comunidades organizadas;
6. Divulgar informações e realizar capacitação nos temas: elaboração de projetos, participação em licitações, participação nos projetos induzidos pelo Estado e acesso aos fundos setoriais;
7. Estudar formas de organização e produção local (cooperativas, microempresas, agricultura familiar) idôneas para a gestão dos empreendimentos relacionados ao Projeto Biodiesel;
8. Identificar e qualificar as unidades produtoras de óleo desativadas nos



vários Estados do Nordeste.

Finalmente, quero apenas registrar que o desenvolvimento e a ampliação do estoque de conhecimento científico sobre a biodiversidade brasileira se relacionam com a questão do desenvolvimento da pesquisa aplicada voltada para a exploração econômica deste capital natural. Mas, para que seja realizada de forma sustentável, essa atividade deve ser precedida e acompanhada de um levantamento minucioso das espécies e do conhecimento das comunidades tradicionais que sempre usaram e conviveram com essa biodiversidade.

*“Tecnologia Social: Aproximar as soluções dos problemas, gerando riquezas com e para a sociedade”.*



## 8.3 EXPEDITO PARENTE JR. PAULO DE TARSO CASTELO BRANCO

# Análise comparativa entre etanol e metanol visando sua utilização como coadjuvante químico na produção do biodiesel

Expedito Parente Jr.

Engenheiro Químico da TECBIO – Tecnologias Bioenergéticas Ltda.

Paulo de Tarso Castelo Branco

Consultor da TECBIO – Tecnologias Bioenergéticas Ltda.

## 1. Conceitos Fundamentais

Na análise desse documento, é considerado BIODIESEL um combustível sucedâneo do óleo diesel do petróleo, constituído de uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos, obtida da reação de (trans)esterificação entre qualquer fonte de ácidos graxos<sup>1</sup> (e.g. óleos e gorduras vegetais ou animais) e um monoálcool de cadeia curta (metanol ou etanol). Serão denominados biodiesel metílico (BdM) aquele produzido com o uso do metanol e biodiesel etílico (BdE) o produzido com etanol.

## 2. Introdução

A quase a totalidade do biodiesel produzido no mundo é do tipo metílico, por razões que serão expostas oportunamente neste documento. Porém, devido à grande vocação agrícola brasileira e à já existente e consolidada indústria do etanol no Brasil, é mais do que natural o fortalecimento da idéia de substituição do metanol pelo etanol para produção do biodiesel.

Este documento tem como objetivo comparar, de forma absolutamente imparcial, o uso do metanol com o do etanol, balanceando as vantagens e desvantagens de cada aplicação, considerando os aspectos técnicos, econômicos e socioambientais.

Este texto foi elaborado com base em uma experiência de mais de 25 anos

<sup>1</sup> Também aparece como fonte de ácidos graxos, rejeitos com elevado teor de óleos e gorduras como óleo de fritura, “nata” sobrenadante de esgotos, e ácidos graxos residuais.



da equipe da TECBIO em torno do biodiesel e considerando estudos em centenas de trabalhos técnicos e científicos realizados e publicados em todo o mundo.

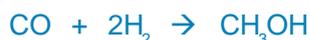
A comparação será feita fixando todas as variáveis, exceto o álcool transesterificante utilizado, ou seja, metanol ou etanol.

Antes, será feito um comentário acerca das propriedades específicas desses dois tipos de álcool.

## Metanol

Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), ou álcool metílico, é o primeiro álcool da série alifática de monoálcoois. Era inicialmente produzido a partir da destilação da madeira e, por isso, originalmente denominado de “álcool de madeira”. Entretanto, outras rotas tecnológicas de produção do metanol foram desenvolvidas e, pouco a pouco, a via renovável de produção deste álcool foi abandonada por razões técnico-econômicas.

Atualmente, o metanol é industrialmente produzido através da redução catalítica do monóxido e dióxido de carbono, segundo as reações a seguir:



A matéria-prima desses reagentes é o gás natural, abundante e barato para a maioria dos países.

O metanol é um líquido incolor, de baixa viscosidade e com cheiro característico. Quimicamente, é uma substância inflamável à temperatura ambiente, tóxica, não somente pela inalação, mas também através da ingestão e pelo contato prolongado com a pele. Um aspecto curioso e preocupante é que o metanol, quando em combustão, produz uma chama transparente, dificultando o alerta em caso de acidente.

Possui aplicações como solvente, anticoagulante, agente de limpeza e combustível. É utilizado industrialmente em diversas sínteses químicas, mas principalmente na fabricação do formaldeído.

## Etanol

Vulgarmente chamado de “álcool”, o etanol ou álcool etílico é uma substância limpa, sem cor, de cheiro agradável, fortemente penetrante. Diluído em água, apresenta um sabor adocicado. Na forma concentrada, é um poderoso combustível, perfeitamente miscível em água, assim como em glicerina, gasolina, etc.

O etanol combustível é composto, aqui no Brasil, de 96% de etanol e 4% de água, e aparece na nossa gasolina como substituto do chumbo, formando o chamado gasool.

Em princípio, o álcool etílico pode ser obtido, por via fermentativa, a partir de qualquer vegetal rico em açúcar, como a cana-de-açúcar e a beterraba; a partir do amido, extraído do arroz e do milho; e a partir da celulose, extraída da madeira. Entretanto, por questões técnico-econômicas, a quase totalidade do etanol produzido no Brasil provém da cana-de-açúcar.

Além disso, o etanol também pode ser obtido através da hidratação, direta ou indireta, do eteno (produto do petróleo). Essa rota tecnológica só é importante em países com baixa disponibilidade de terras adaptáveis à cana-de-açúcar.



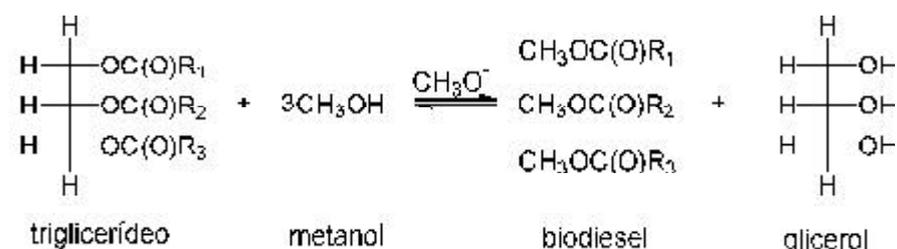
São inúmeras as aplicações do álcool etílico. É utilizado como matéria-prima ou como insumo do processo de fabricação de outras substâncias ou produtos; pode ser empregado como combustível, além de ter larga aplicação na fabricação de bebidas.

### 3. Aspectos Técnicos

#### Cinética e Rendimento da Reação

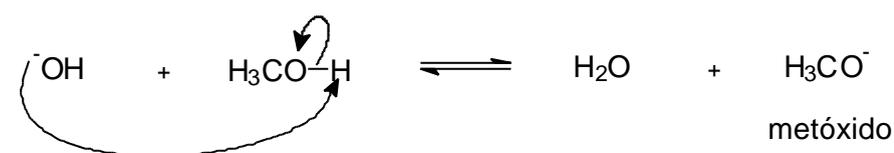
O Biodiesel é predominantemente produzido através da reação de transesterificação entre um óleo vegetal e metanol, na presença de um catalisador alcalino (solução metanólica de hidróxido de sódio ou potássio). Como co-produto dessa reação, aparece a glicerina (também chamada de glicerol), segundo a equação química abaixo:

#### Equação Química 1



Porém, para que essa reação química ocorra, é fundamental o controle da reação de formação do catalisador<sup>2</sup>:

#### Equação Química 2



Na equação química 2, o elétron do ânion hidróxido ataca o hidrogênio da hidroxila do metanol, quebrando a ligação O-H, produzindo água e o ânion metóxido. O metóxido, por sua vez, é o catalisador propriamente dito de produção dos ésteres lineares (biodiesel). Seu elétron em excesso ataca as moléculas do óleo vegetal, deslocando a glicerina. Paralelamente, a hidroxila em equilíbrio e o metóxido competem entre si, forçando uma reação indesejada de saponificação.

Substituindo o metanol por etanol, na reação de formação do catalisador (nesse caso, o ânion etóxido), a ligação O-H do etanol é mais forte do que

<sup>1</sup> Substância que tem como função acelerar a reação química.



aquela do metanol, uma vez que o efeito indutivo de repulsão de elétrons do grupamento etila é maior que o metila. Isso faz com que a disponibilidade de catalisador para a reação na rota etílica seja bem menor do que na rota metílica. Em outras palavras, considerando as mesmas condições operacionais, a reação de produção de biodiesel pela rota etílica é muito mais lenta que pela rota metílica.

Quanto ao rendimento da reação, a rota etílica também leva desvantagem frente à rota metílica. Isso ocorre porque o etanol é um agente solubilizante entre o biodiesel e a glicerina mais forte que o metanol, desfavorecendo a reação direta da "Equação Química 1" (Princípio de Le Chatelier<sup>3</sup>).

Vale ressaltar que qualquer esforço de aperfeiçoar a rota etílica de produção de biodiesel, muito provavelmente, refletirá melhorias também na rota metílica, não eliminando, assim, a vantagem técnica do metanol frente ao etanol.

### Estequiometria da Reação

Com o intuito de somente analisar a estequiometria da transesterificação, será considerado arbitrariamente que óleo vegetal seja uma substância pura, composta exclusivamente do triglicerídeo de ácido ricinoléico (presente predominantemente no óleo de mamona).

Dessa forma, a reação de transesterificação metílica de óleo vegetal pode ser representada simplificada da seguinte maneira:



Considerando as massas molares de tais substâncias, o consumo de metanol é cerca de 10% da massa de óleo vegetal processada.

Fazendo uma análise análoga com a rota etílica:



Com isso, o consumo de etanol é cerca de 15% em relação ao peso da matéria-prima (50% maior que na rota metílica).

### Dificuldades de separação

O etanol é um agente solubilizante entre os monoésteres (biodiesel) e glicerina mais forte que o metanol. Além disso, o álcool etílico tem um poder dispersante mais fraco que o metanol. Industrialmente, isso representa maiores custos e investimentos para a etapa de purificação no processo produtivo do biodiesel.

### Desidratação do álcool

A presença de água no meio reacional de produção de biodiesel desfavorece a formação do catalisador (Equação Química 2) e acelera a reação de saponificação, indesejada para o processo. Por isso, o álcool utilizado na produção do biodiesel tem de ser isento de água. Assim, o álcool colocado em

<sup>3</sup> O Princípio de Le Chatelier afirma, dentre outras coisas, que, quando a concentração de produto aumenta em uma fase homogênea em equilíbrio químico, esse equilíbrio é deslocado no sentido de consumo dos produtos.



excesso na reação química, depois de recuperado, tem de ser desidratado, antes de ser reciclado.

O etanol possui a característica peculiar de formação de azeótropo, quando misturado em água a concentrações maiores que 95%, que impossibilita sua desidratação por destilação simples e torna necessária uma etapa de destilação extrativa.

### Propriedades Físico-Químicas

A viscosidade do BdE é ligeiramente maior que do BdM, porém não chega a ser suficientemente maior ao ponto de prejudicar sua performance nos motores. Ao contrário, o BdE possui uma lubrificidade maior que BdM, agindo positivamente sobre a durabilidade do motor.

Apesar do incremento na viscosidade, os pontos de névoa e de entupimento do BdE são ligeiramente menores que do BdM, uma vantagem em aplicações em regiões com invernos rigorosos.

Por outro lado, o BdE possui uma menor estabilidade à oxidação, degradando-se mais facilmente, podendo prejudicar sua performance no motor.

### Performance do combustível

Teste em motores demonstram que o BdM possui performances (torque, potência, consumo) ligeiramente melhores que BdE. O BdE possui uma tendência maior de formação de resíduos de carbono nos bicos injetores, se comparado com o BdM.

Por outro lado, o BdE gera significativamente menos opacidade na fumaça que o BdM. Além disso, a temperatura de combustão do BdE é um pouco menor que do BdM, significando, entre outras coisas, redução nas emissões de NOx.

É importante destacar que as pequenas diferenças entre as propriedades físico-químicas e as performances do BdM e BdE tornam-se absolutamente imperceptíveis quando se pensa em misturas com diesel mineral em ordens de concentração como as apregoadas pelo governo federal para os próximos vários anos (B2, B5 ...).

## 4. Aspectos Econômicos<sup>4</sup>

O metanol é produzido internacional e predominantemente em plantas industriais de elevada capacidade, a partir do gás natural, abundante e barato.

Entretanto, no Brasil, a produção de gás natural ainda não atende sequer a sua demanda como combustível (menos poluente que os combustíveis fósseis líquidos), o que deu origem a contratos de importação do mesmo, a custo final que inviabiliza sua utilização na produção de metanol. Como ordem de grandeza, no ano de 2002, o Brasil importou 5.269 milhões de m<sup>3</sup> de GN (1/3 da produção nacional).

A política brasileira de preço de GN, como matéria-prima petroquímica, inferior ao praticado no uso alternativo como combustível, não foi suficiente para viabilizar a implantação de grandes plantas industriais de metanol competitivas internacionalmente.

<sup>4</sup> Os números dos Aspectos Econômicos foram fornecidos pela ABIQUIM – Associação Brasileira das Indústrias Químicas.



Em consequência, a capacidade instalada do metanol nacional restringe-se a 257 mil t/ano, constituída pela PROSINT (RJ), METANOR (BA) e ULTRAFERTIL (esta de reduzida capacidade de pureza) – além do metanol recuperado na produção de poliéster (em SP).

A demanda nacional de metanol na indústria química vem sendo parcialmente atendida por importações, grande parte sem imposto de importação. Tais importações geram poder de barganha para empresas químicas brasileiras, consumidoras do produto, nos acordos de comércio internacional (com o Chile, por exemplo), e totalizaram 261,3 mil toneladas e US\$ 36,0 milhões (FOB) no ano de 2002.

Por outro lado, a Indústria do Etanol encontra-se consolidada no Brasil, ultrapassando os volumes de produção previstos pelos mais otimistas, e com perspectivas de grande crescimento para os próximos anos, devido ao potencial de exportação para os países desenvolvidos, especialmente os europeus, compulsoriamente determinados a aumentarem a participação da energia renovável em sua matriz.

Porém, um dado determinante joga a favor do metanol: historicamente, o metanol, mesmo o importado, sempre foi mais barato que o etanol no Brasil.

Além do menor preço do metanol, a menor demanda energética e menor investimento em equipamentos da rota metílica para a produção de biodiesel, frente à rota etílica, torna o BdM mais barato que o BdE. A importância dessa informação ganha ainda mais relevância porque a viabilidade econômica desse biocombustível sempre esteve em pauta de discussão.

## 5. Aspectos Socioambientais

Sem sombra de dúvidas, sob os aspectos socioambientais, a rota etílica leva vantagem frente à metílica, uma vez que o metanol é tradicionalmente produzido a partir de uma fonte fóssil e é mais tóxico e inflamável que o etanol.

Na Europa, praticamente todo o biodiesel produzido decorre da rota metílica, porque não há disponibilidade de terras adequadas para o plantio de cana-de-açúcar ou outras matérias-primas fermentescíveis.

## 6. Conclusões

Com base nos argumentos citados, a equipe da TECBIO não cria restrições sobre a natureza do álcool transesterificante utilizado e considera que a melhor escolha (metanol e/ou etanol) depende da análise de cada caso específico. Acreditamos que, se a cadeia produtiva do biodiesel avançar sem interferências de reservas de mercado, naturalmente a tendência será a utilização da rota metílica como a forma mais barata de se fazer biodiesel.



## 8.4 JOSÉ DOMINGOS FONTANA

### Biodiesel: processos de produção e auto-suficiência energética para pequenas comunidades

José Domingos Fontana

Doutor em Ciência Químicas, Professor Titular da UFPR,  
Diretor Técnico do TECPAR e Coordenador do CERBIO

*Senhores deputados do Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara dos Deputados, autoridades já nominadas, demais convidados. Agradeço o honroso convite a mim formulado na condição de docente da Universidade Federal do Paraná, onde com muito orgulho cumpro as minhas tarefas como pesquisador 1-A do CNPq, para proferir uma palestra sobre processos de produção do biodiesel.*

*Antes de mais nada quero expressar meu apoio ao justo reconhecimento aqui já expresso, ao pioneirismo cearense do professor Expedito Parente da Universidade Federal do Ceará, e a seus pares, nas pesquisas do Biodiesel, realizadas no início da década de 80.*

*Seguindo-lhe os passos, o Paraná desenvolveu experiências bem sucedidas com biodiesel a partir da borra de ácidos graxos do óleo do caroço de algodão, realizadas na Cooperativa de cafeicultores de Maringá - Pr (COCAMAR).*

*O trabalho foi realizado pelos químicos Richard Fontana e Germano Ottmann, a partir de 1983, com destaque para os ensaios mecânicos realizados no Centro de Engenharia Mecânica da UFPR em 1984, pelos professores José Carlos Laurindo e Edilson Bernardim, ambos do TECPAR/CERBIO, presentes nessa solenidade.*

*Presente, encontra-se também, um ex-aluno, professor Luiz Pereira Ramos da UFPR, químico especialista na síntese do biodiesel, que pelo trabalho que desenvolve é merecedor de financiamento, para realização de suas pesquisas, por parte das agências de fomento.*



## 1. O que é biodiesel e diesel dos pontos de vista histórico, físico, químico e ambiental

### Rudolf Diesel (1895 -> ....)

Historicamente, o primeiro “bio”-diesel foi **óleo de amendoim** como tal ou seja uma mistura de triglicerídios (dentre outros tri-ésteres assemelhados naturais de ácidos graxos com o tri-álcool glicerina), combustível com o qual R. Diesel (*para espanto do mundo!*) abasteceu o motor de sua invenção, na feira de Paris, em 1900, motor este que, contrariamente à vontade do inventor, seria depois, por mais de oito ou nove décadas, exclusivizado para uso com **diesel de petróleo** dado o gigantesco avanço que progressivamente experimentou a indústria do petróleo.

### J. D. Fontana , 2003

O **biodiesel**, um **neo-combustível**, é um mono-éster de álcoois mais simples do que a glicerina tais como **etanol C-2** (alternativamente também metanol C-1 ou propanol C-3) quimicamente unido a ácidos graxos de cadeia longa (C-12 a C-22) oriundos de triglicerídios ou triacilgliceróis de sementes e frutos vegetais ou de tecidos animais oleaginosos **saturados** (babaçu e dendê; banha de porco, sebo bovino) ou alternativamente **insaturados** (soja, algodão, amendoim, girassol, colza, nabo forrageiro) ou ainda **insaturado-hidroxilado** (mamona). Estes biodíseis tais como aqueles **metílicos de óleo de semente de colza** já estão sendo empregados há quase 10 anos nos países mais desenvolvidos na forma pura (B100; Alemanha) ou em misturas variadas com óleo diesel (B5 na França, Itália, Suécia; B20 no Paraná desde 1983, com “pico” a partir de 1998) para garantir, mais do que lucro para o macro-empresariado, o **BONUS DE EXCELÊNCIA** que é uma atmosfera (mais) livre de monóxido de carbono, dióxido de enxofre e hidrocarbonetos poliaromáticos cancerígenos (como o benzo-pireno) que TODOS RESPIRAMOS a partir da emissão veicular do transporte pesado (ônibus e caminhões) movimentado a diesel.

**A figura 1** compara a as estruturas químicas de um biodiesel (linoleato de etila, obtido da soja) com a variedade de compostos muito nocivos que estão presentes no diesel de petróleo. Frise-se que o diesel contém ainda enxofre, que na combustão gera o respectivo óxido (anidrido sulfuroso), o qual hidratado pela umidade do ar ou pela chuva, gera ácido sulfúrico ou chuva ácida, destruidora de florestas e outros bens.

**A figura 2** é auto-explicativa do que vai ao ar quando um veículo pesado usado ou mais antigo queima, pela ordem, diesel, etanol de cana e biodiesel. Pele, olhos e o que é ainda pior, os pulmões são os alvos da fumaça negra ou fuligem do primeiro combustível mencionado, o diesel, indubitavelmente o mais poluente dos 3 modelos de matriz energética combustível ora mencionados. Tal qual o etanol adicionado à gasolina na proporção de 20 a 25%, o biodiesel adicionado ao diesel nesta mesma faixa de proporção (misturas binárias ditas B-20 e B-25, respectivamente), acarreta o mesmo efeito benéfico, ou seja, cerca



## 2. Rotas de produção do biodiesel

Os 3 ingredientes básicos para a síntese de biodiesel são a fonte oleaginosa (óleo vegetal “degomado”, isto é, livre de lecitina e outros fosfolípidios ou gordura animal; ilustrados na **fig. 4-A**), o álcool simples de eleição (etanol) em um excesso de até 50% (para mais facilmente “empurrar” a reação no sentido do produto, o biodiesel) e um catalisador (soda, NaOH, ou potassa, KOH) previamente dissolvido no álcool para gerar sua forma reativa, o etóxido de sódio ou potássio.

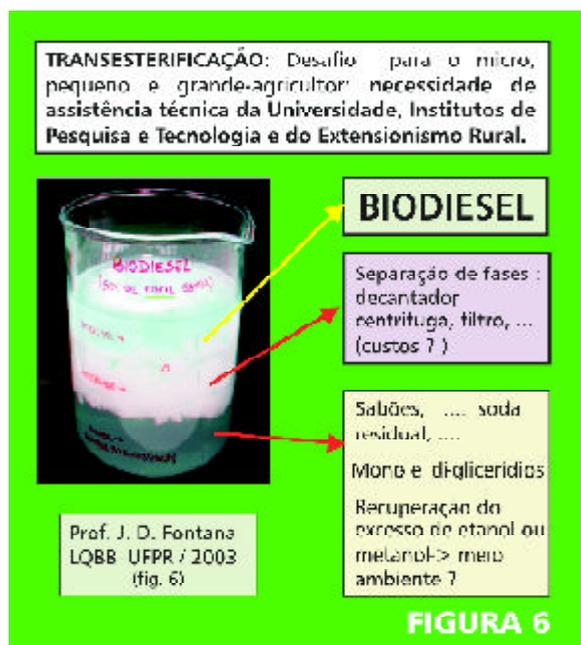


Este é o método de transesterificação alcalina ou básica (**fig. 4-B**). Uma receita-padrão (seg. a Universidade de Idaho, USA) preconiza para 1 litro de óleo vegetal o uso de 0,28 litros de etanol (ou 0,42 litros lançando mão do excesso) e 10 a 12 g de potassa (é mais solúvel no álcool do que a soda) se deixado em contato com suave agitação por cerca de 2 h à temperatura ambiente, tempo que pode ser abreviado quando se eleva a temperatura até 45°C. Um exemplo de reator (Prof. Adolfo, UESC-BA) é mostrado na **figura 5**.





Se durante a reação se aplica agitação enérgica ou se exagera na proporção de catalisador (o que favorece a formação de sabões - sais sódicos ou potássicos dos ácidos graxos - ao invés de biodiesel) a reação resulta em emulsão de difícil separação que requer centrifugação para a separação das fases; é a complicação ilustrada na a **figura. 6**.



A transesterificação também pode ser feita utilizando-se catalisador ácido (sulfúrico, fosfórico), a qual não gera sabões mas pode gerar ácidos graxos livres (corrosivos a altas temperaturas).

Uma outra concepção completamente diferente de produção de *neo-combustíveis* é a decomposição térmica de óleos e gorduras. Diferentes frações podem ser coletadas num reator com saídas em distintos "degraus" e um dos produtos desta pirólise (*gr., quebra pelo calor*) é o próprio cetano, um componente limpo do

diesel. É o que explora a EMBRAPA em parceria com a UnB.

Um empresário de porte não poderá deixar de considerar o aproveitamento de um subproduto nobre e de alto valor agregado: a glicerina ou glicerol quando se transesterifica óleos vegetais ou gorduras. Purificada (*por re- ou bi-destilação*) alcança valor de mercado superior ao biodiesel em vista de aplicações nos setores farmacêutico e químico.

{3. Barry Judd, November 2002, New Zealand; (*w*)3 .[google.com.br / Toc27991551](http://google.com.br/Toc27991551); Hope, R.H, Information Officer, Royal Society of Chemistry. Personal communication, June 2002. Brunskill, A. "World Oleochemicals and Oil Prices – Cause or Effect". Asean Oleochemicals Manufacturers Group. 2001. (*w*)3.[aomg.org](http://aomg.org)}.

### 3. Dispositivos legais ditados pela ANP - Agência Nacional do Petróleo

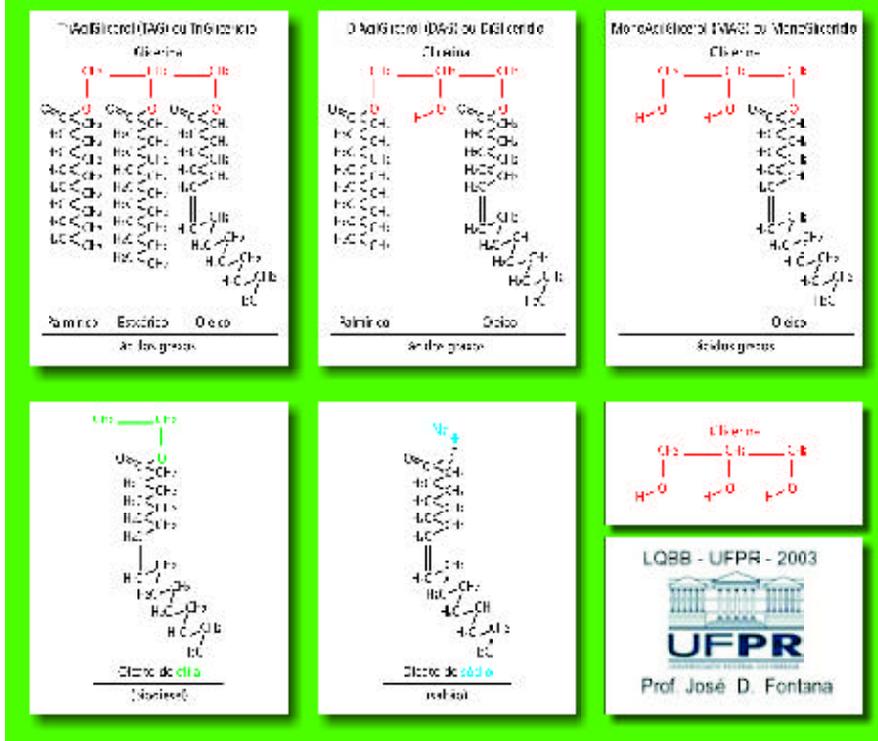
(*dura lex, sed lex*)

A Portaria ANP 255, de 15 de setembro de 2003, estabelece as especificações do biodiesel puro a ser adicionado ao óleo diesel automotivo para testes em frotas cativas ou para uso em processo industrial específico nos termos da Portaria ANP 240, de 25 de agosto de 2003. Algumas propriedades (como as da Tabela 1)) são preponderantes : o biodiesel tem cetanagem superior ao diesel salvo se

estiver fraudado com outros componentes de menor combustibilidade; o índice de acidez está correlacionado à corrosividade e ambos agravados quando se tem um teor inaceitável de ácidos graxos livres ou outros ácidos contaminantes (*e.g.*, da transesterificação ácida); a glicerina livre ou mesmo combinada (caso de DAGs e MAGs; **fig. 7**) significa lavagem deficiente do biodiesel ou processo de transesterificação não otimizado; sódio ou potássio são medidas para os

**FIGURA 7**

Reagente oleaginoso (TAG), Produtos Desejados (Biodiesel e glicerina livre) e Subprodutos Perniciosos (DAGs, MAGs, sabões) na transesterificação alcalina



respectivos sabões ou para lavagem deficiente dos sais quando a variante de transesterificação contempla uma etapa intermediária de neutralização do álcali ou do ácido empregados como catalisadores; fósforo é indicativo de que a *degomagem* (eliminação de fosfolípidios do óleo vegetal) foi imperfeita. Alguns parâmetros desta Portaria foram flexibilizados. Assim, **anotar** (ao invés de estabelecer faixa ou limite mais rígido) a viscosidade ou o índice de iodo permite incluir o biodiesel de mamona (oriundo de um óleo vegetal mais viscoso) e acolher biodieseis de todas oleaginosas produtoras de óleos mais insaturados, já que este último índice é uma medida direta do grau de insaturação ou desidrogenação dos ácidos graxos nativos. A Portaria todavia não induz, de imediato, a adoção de **B-100** (uso de biodiesel **puro** em motor a diesel), mas simplesmente estabelece que propriedades os biodieseis devem satisfazer para serem misturados ao diesel até um limite máximo de 25% (**B-25**).

Tabela 1 - Portaria ANP 255 (15.09.2003 - D.O.U. 16-09-2003):  
Especificação Preliminar do Biodiesel B100

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	LIMITES	MÉTODOS		
			ABNT NBR	ASTM D	ISO
Ponto de fulgor, mín.	°C	100,0	17598 -	93 -	- ISO/CD 3679
Água e sedimentos, máx.	% volume	0,050	-	2709	-
Viscosidade a 40°C,	mm <sup>2</sup> /s	Anotar (1)	10441	445	EN ISO 3104
Cinzas sulfatadas, máx.	% massa	0,020	9842	874	ISO 3887
Enxofre total, máx.	% massa	0,001	- -	6483 -	- EN ISO 14586
Corrosividade ao cobre, 3h a 50°C, máx.	-	1	17359	130	EN ISO 2160
Número de Cetano, mín.	-	45	-	613	EN ISO 5185
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	°C	(2)	14747	6371	-
Resíduo de carbono, máx.	% massa	0,05	- -	4530, 189	EN ISO 10370, -
Índice de acidez, máx.	mg KOH/g	0,80	17778 -	654 -	- pr EN 14104
Glicerina livre, máx.	% massa	0,02	- -	6587 -	- pr EN 14105 pr EN 14106
Glicerina total, máx.	% massa	0,38	- -	6584 -	- pr EN 14106
Aspecto	-	LII (3)	-	-	-
Destilação; 95% vol. recuperado, máx.	°C	360 (4)	-	1160	-
Massa específica a 20°C	kg/m <sup>3</sup>	Anotar (5)	7148, 17065	1208, 1052	-, -
Metanol ou Etanol, máx.	% massa	0,5	-	-	pr EN 14110
Índice de iodo, máx.	% massa	Anotar	-	-	pr EN 14111
Monoglicéridos, máx.	% massa	1,00	- -	6584 -	- pr EN 14105
Diglicéridos, máx.	% massa	0,25	- -	6584 -	- pr EN 14105
Triglicéridos, máx.	% massa	0,25	- -	6584 -	- pr EN 14105
Sódio + Potássio, máx.	mg/kg	10	- -	- -	pr EN 14108 pr EN 14109
Fósforo, máx.	mg/kg	10	-	4951	pr EN 14107
Estabilidade à oxidação a 110°C, mín.	h	6	-	-	pr EN 14112

## Notas:

(1) (2) (5) : A mistura biodiesel - óleo diesel utilizada deverá obedecer aos limites estabelecidos respectivamente para Viscosidade a 40°C, Ponto de entupimento de filtro a frio e Massa específica a 20°C constantes da Portaria ANP que especifica óleo diesel automotivo, em vigor.

(3) LI - Límpido e isento de impurezas

(4) Temperatura equivalente na pressão atmosférica.

Atender, portanto, a estes requisitos definidos pelos grandes fabricantes e





Quando se tem em conta a diretriz desta vídeoconferência (**Inclusão Social e auto-suficiência energética de pequenas comunidades**) estas normas da ANP têm, inevitavelmente, um efeito restritivo. Somando-se os cuidados e exigências que requer a transesterificação com as especificações da ANP cria-se, para o pequeno agricultor, uma quase impossibilidade de operar sua própria fabriquetinha de biodiesel, mesmo que este disponha de grãos oleaginosos e provisão próxima de etanol anidro. Há ainda um diferencial enorme a ser considerado: o homem do campo pode não visar qualquer ação de comercialização mas simplesmente o suprimento de sua necessidade de combustível (*caso do trator, do pequeno caminhão de transporte ou mesmo de um motor estacionário que possa gerar eletricidade em função desta não estar disponível a partir de um sistema de eletrificação rural*). E o que deve determinar a decisão: o dispositivo legal ou o atendimento da necessidade básica? Faculta ainda a ANP um expediente ágil de autorização para o uso genérico de biocombustíveis desde que a produção não ultrapasse 2 toneladas mês (cerca de 80 litros / dia útil). Obviamente, o risco do uso corre por conta do interessado. Isto, combinado a alguma assistência por parte da Universidade Pública, e/ou do extensionsista de uma EMATER com relação aos cuidados para se manipular o reagente cáustico (soda ou potassa) ou moderar a agitação no reator (evitando emulsões) e o emprego de etanol confiavelmente anidro, permitiria uma decantação facilitada e a coleta dos subprodutos por gravidade (escoamento na parte afunilada da base do reator) ou do produto (biodiesel, menos denso) por sifonagem a partir da parte superior. Uma mangueira lateralizada e semi-transparente permitiria monitorar esta operação de boa separação de fases com uma certa segurança (o que a *TECBIO do Ceará mostrou na "Tenda do Biodiesel" nesta semana em Brasília*). **A inclusão social é uma tarefa difícil; a auto-inclusão social é que pode assumir contornos de impossibilidade.** O espírito que o CAEAT/ Câmara de Deputados imprime a este evento é exatamente a primeira destas duas situações.

## 4. Mecanismos para a inclusão social no agronegócio de biodiesel

Para o pequeno agricultor, postas as restrições anteriores, sobram outros mecanismos de participação no negócio de biodiesel: cultivar as plantas de maior teor de óleo (e.g., amendoim = 50%; mamona = 48%; girassol = 44% do grão ou semente, superiores à soja, com apenas 18%) ou aquelas de maior produtividade por hectare plantado (e.g., dendê, 4.500 litros óleo / ha, apesar de apenas 22% de óleo na amêndoa; dados de José R.R. Peres, EMBRAPA, Brasília) ou ainda optar pela(s) planta(s) cuja colheita seja facilitada ou independente de excessiva mecanização.

Há dois bens imediatos na colheita: **o óleo em si** e o resíduo de sua extração, a **torta** ou **farelo**. Segundo comunicação pessoal do Eng. Quím. Germano Ottmann da COAMO, Campo de Mourão-PR, a quase totalidade do óleo vegetal extraído no País é feita pelo sistema organossolvente a quente (*hexano, um derivado de petróleo!*), obviamente impraticável para o pequeno agricultor. Resta então a alternativa do método de prensagem, que não oferece os riscos da inflamabilidade do hexano, e já mundialmente consagrada para o mais nobre

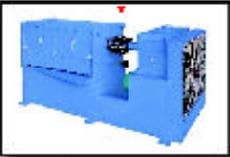
dos óleos: o de oliva (então dito, virgem). A **fig.10** é ilustrativa para esta possibilidade.

Como o processo de inclusão social é multifacetado, uma idéia simplificada dos papéis que cabe aos distintos co-atores consta da **figura 11**.

Nenhum cidadão ou agricultor é micro ou pequeno se é capaz de se organizar na forma de uma média ou grande comunidade democrática  
Prof. José Domingos Fontana - 2003

**FIGURA 10**  
**Prensas para oleaginosas**

8h cia = 320 kg x 25 cias =

<p>40kg / h 320kg / dia; 8 ton / mes</p> 	<p>100kg / h 800kg / dia; 20 ton / mes</p> 	<p>300kg / h 2,4 ton / dia; 60 ton / mes</p> 
<p>(*) Preço estimado R\$ 4.000,00 R\$ 1.000,00 / 4 mãos agr. R\$ 500,00 / 8 mãos agr. R\$ 200,00 / 16 mãos agr.</p>	<p>*5 microagricultores?</p>	<p>*92 microagricultores?</p>

(com a ajuda de FICT/PR, att. Eng. Agr. A. Marzani e C.B. Serrat FMA/PR Maringá PR; e título de exemplificação da carne a duplicidade de produtos - óleo vegetal + torta, para co-viabilizar novos negócios potencializando ou mesmo garantindo a inclusão social).

**INCLUSÃO é mais fácil do que AUTO-INCLUSÃO SOCIAL**  
Prof. José Domingos Fontana

**FIGURA 11**  
**? Papéis dos:**

1. Ministérios MCTMME\*, MMA\*, MAPA, MDIC, MDA, ...
2. S. BB, BNDES, Bancos Estaduais Estaduais \*\*?
3. LMBIRAPA, LMATLR, Universidades, CNPq, FINEP, Fundos Setoriais, ...
4. Institutos de Pesquisa e Tecnologia + Secretarias Estaduais de Agricultura e órgãos Subordinados
5. Senado, Câmara Federal, Assembleias Legislativas Estaduais, ...\*\*\*

(\*) ANP, IBAMA, ... - Flexibilização diferenciada das normas e exigências (especificações simplificadas) para pequenos agricultores e empreendedores cujo volume operacional de insumos e bens não exceda 2 toneladas/mês percupta? (auto sustentabilidade bioenergética?)

(\*\*) Financiamento diferenciado: mecanismos inovadores de indução do "escambo ecológico" (grãos e torta versus vale-biodiesel?)

(\*\*\*) Leis "enxutas", ágeis e efetivamente passíveis de obediência.

Até mesmo como uma homenagem a um jovem profissional extensionista daquela terra roxa e produtiva de Maringá-PR, vale enfatizar estas idéias na forma eloquente em que ele se apresentou durante o 1o. Seminário de Biodiesel do Estado do Paraná ("Biodiesel-PR-1"), que organizamos em Londrina, nas



**Os pequenos produtores poderão... FIGURA 12**

**Aumento do valor intrínseco**

1. Vender os grãos que tradicionalmente produzem as indústrias;
2. Produzir matérias-primas alternativas: girassol, nabo, canola, colza, algodão, amendoim, mamona, pinhão manso, ... (80% da comunidade de agronegócios no PR e de micro e pequenos agricultores);
3. Produzir essas matérias primas alternativas e vender o óleo às indústrias e aproveitar os subprodutos (torta);
4. Produzir e utilizar os óleos como combustíveis, adaptando seus motores e as máquinas (a maioria dos tratores tem muitos anos de vida!), vender excedentes e substituir insumos.

**...agregar renda, reduzir custos, e criar empregos e (auto)-incluir-se socialmente**

Prof. José Domingos Fontana - Eng. Agr. E.D. Serra to "MATPR-PR - 2003

  
SECRETARIA DA AGRICULTURA  
E DO ABASTECIMENTO



dependências da UEL - uma universidade pública estadual, em 12 e 13 de agosto de 2003. É o que se retrata na **figura 12**. Ali também deu-se um alerta por parte do Sr. Secretário de Informática e Política Tecnológica do MCT, o Prof. Francelino Grando : *"cuidar que a soja, que se destina a tantos fins industriais, não seja "canibalizada" pelo desvio em favor do biodiesel"*. Ali também aconteceu o anúncio da COAMO, maior cooperativa sojícola da América Latina (Campo do Mourão-PR), na voz de seu Diretor Industrial, Germano Ottmann : *em 2004 vem à luz uma planta totalmente automatizada de biodiesel*.

## 5. Economicidade de processo; redução ou isenção de tributos

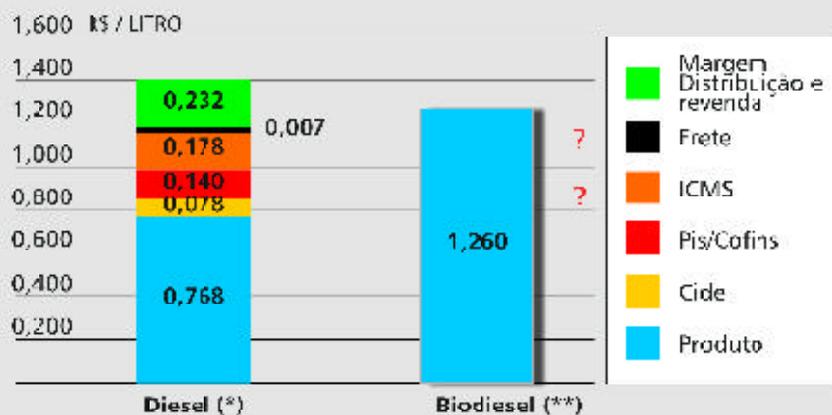
Acham-se em fase de conclusão os estudos de viabilidade / competitividade econômica, sócio-ambiental e técnica para o biodiesel brasileiro que é conduzido pelo CERBIO (Centro Brasileiro de Referência em Biocombustíveis) / TECPAR em parceria com o MCT e co-participação mais ativa da Fundação Vanzolini, do CENBIO, da UESC da Bahia e do INT-RJ, dentre outras fontes de sistematização de dados e valores.

Por ora, antecipo algumas projeções e dados disponíveis como na **figura 13**, embora seguramente um "guardião" da ANP, o Prof. Luiz A. Horta Nogueira, quando se mencionar qualquer mecanismo de supressão de impostos ou taxas sobre o biodiesel, certamente trará, nesta videoconferência, o vigor de sua argumentação contra concessão à renúncia fiscal.

Peço vênha ao ilustre colega docente de Itajubá-MG para alinhar dois argumentos pró-viabilização do biodiesel ainda que a custo de precificação politicamente determinada ou mesmo imposta:

a) a experiência de países mais desenvolvidos que tem gozado de progressivo respaldo popular (casos da Alemanha, USA, França, dentre outros) (**v. fig. 14**)

### Comparação do preço do Diesel x custo do Biodiesel



?(\*\*) próximo futuro impacto de outras oleaginosas? (J.D.Fontana, 2003)

**FIGURA 13** Fonte: Ricardo G. Dorneles (MME); "BIODIESEL - PR - 1" Londrina - PR

b) o que a química e a biologia nos conta no comparativo entre diesel e biodiesel e suas respectivas emissões veiculares a partir de motores do ciclo Diesel (v. figs. 1 e 2) e a saúde pública (além do aspecto ambiental como um todo) como um bem maior a se sobrepor sobre quaisquer outros benefícios materiais ou pecuniários.

Esta vídeo-conferência parlamentar para a qual foram convocadas pessoas com lastro no pioneirismo do biodiesel brasileiro (caso do precursor nacional Prof. Expedito Parente da Tecbio-CE e do criativo Eng. Químico Carlos Nagib Khalil do Cenpes-Petrobrás para ficar em dois exemplos que precedem e seguem

### Sustentabilidade Fiscal do Biodiesel



**Alemanha: 21 junho de 2002**

Diesel (fortemente taxado) = 0,75 euros / L  
Biodiesel (isento) 0,72 euros / L



**USA: Abril de 2003**

1 centavo de dólar de redução percentual aplicável ao diesel para cada ponto percentual de biodiesel adicionado ao diesel, até um limite de 20% de biodiesel ao diesel ou seja, a B-20

Sen. Charles Grassley (R-IA) and Senator Blanche Lincoln (D-AR)



**? IPI, PIS, CONFINS, ICMS, CIDE, ...?**

**FIGURA 14**



esta apresentação da sessão matinal deste dia histórico de 5 de novembro de 2003) também acomoda no movimentado espaço da “Tenda do Biodiesel” vocações pró-biodiesel mais jovens, o que é bom nesta corrente brasileira pró-biodiesel. Ali também se encontra o Golf 1.9 da Audi-VW cedido pela UFPR ao CERBIO/TECPAR com > 35.000 Km rodados e um desempenho de 11-12 Km / litro na cidade e 15-16 Km / L na estrada. Abastecido com B-20 (20% de biodiesel etílico de soja da ECOMAT-MT em 80% de diesel metropolitano da REPAR-PETROBRÁS do Paraná.

Peço vênica para levantar, pelo critério de mérito, uma menção à ECOMAT-Cuiabá-MT, na pessoa de seu criador, o Sr. João Nicolau Petroni, até porque sua crença no biodiesel já o levou a estruturar uma unidade fabril projetada para 1.200 ton / mês de biodiesel etílico de soja (v. fig. 15) e diferente não poderia ser, dado o Mato Grosso ter tomado, há 2 anos, a dianteira do Paraná, então maior produtor de soja do Brasil e por ele ser um dos grandes produtores de etanol de cana desta Nação. Tem a ECOMAT, generosamente e enquanto o mercado nacional não decola, suprido gratuitamente o TECPAR (desde 1997-1998) com todo produto que é necessário à pesquisa de uso e monitoramento de biodiesel.

## 7. Sumário das vantagens do biodiesel

Convicto de que no próximo lustro o Brasil não apenas terá o biodiesel nacionalmente consolidado e sim converter-se-á na grande **“loja de biodiesel para o mundo”** (*dos 180 países com assento na ONU uma minoria é produtora de petróleo e hoje, o clube dos usuários de biodiesel conta-se com os dedos de uma ou duas mãos*) vale a pena sumarizar algumas das **vantagens da utilização do biodiesel** (v. **figura 16**), reforçando a tese de que *“saúde e ambiente limpo são supra-precificáveis”*.

Por conta da extrema generosidade do CAEAT - Câmara Federal (*e nas pessoas dos Deps. Ariosto Holanda - relator do projeto “Biodiesel e Inclusão Social” e Luiz Piahuyilino - Presidente do CAEAT reitero agradecimentos a todos demais*) estendi esta apresentação além do tempo inicialmente sugerido e mesmo assim não encontrei tempo para citar todas personagens do biodiesel brasileiro, com as quais me desculpo. Fica para elas as 4 imagens finais: a primeira para bem dimensionar o número mínimo de partícipes nesta jornada nacional ora ilustrado pelo *banner* que ornou o “Biodiesel-PR-1” -1o. Seminário de Biodiesel do Estado do Paraná (**figura 17**) e as demais como motivações bem positivas do que roda mundo afora (**figuras 18 e 19**) e na cabeça deste expositor (**figura 20**), irmão que é de um dos pioneiros no biodiesel no Paraná (1983 -> ...) conforme citado no introdução desta palestra.



A criatividade brasileira pode fazer igual ou melhor!  
Prof. José D. Fontana - 1992 - 2004/2005 - 2006



(\*) Prof. Tit. José Domingos Fontana; Brasília, 5 de novembro de 2003  
Docente Voluntário e Orientador nas Pós-Graduações de Farmácia, Bioquímica/Biologia

PS.: No interregno de tempo entre esta conferência e sua edição para texto fluído a pedido da CAEAT, deu-se a assinatura do Decreto 2101, de 10 de Novembro de 2003, pelo Governador Roberto Requião, criando o “PR-Bioenergia” - Programa Paranaense de Bioenergia, cujo foco inicial está voltado para o biodiesel. Os termos do decreto são também calcados em inclusão social e na criação de um Comitê Gestor de Bioenergia com múltiplos assentos para vários segmentos inter-atores no cenário paranaense. Um ato executivo socialmente bem direcionado e democrático na sua forma de atuação para o benefício de toda população do Paraná.



## 8.5 CARLOS NAGIB KHALIL

### Economicidade e sustentabilidade do processo de produção de biodiesel a partir da semente de mamona

Carlos Nagib Khalil

Engenheiro e pesquisador do Centro de Pesquisas da Petrobras

#### 1. Introdução

“A sustentabilidade total de um determinado processo produtivo é o resultado do somatório das sustentabilidades a nível ambiental, social e econômico”

Os processos atuais de produção de biodiesel a partir de diversas biomassas e notadamente a partir de óleos vegetais apresentam estágios bem diferenciados quanto aos seus diversos níveis de sustentabilidade:

**Elevada no nível ambiental**

**Moderada no nível social**

**Baixa no nível econômico**

**Ambiental:** A transformação prévia do elemento químico carbono (C) da sua forma original de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) para a forma de biomassa (carboidratos), por meio da fotossíntese, e desta para a forma de biocombustível (ésteres etílicos), através do processo de transesterificação, é, sem dúvida, o grande fator de sustentabilidade ambiental do biodiesel. Acrescentam-se a esse fator as reduções significativas de emissões nocivas ao meio ambiente, tais como: óxido sulfuroso; hidrocarbonetos aromáticos; monóxido de carbono e materiais particulados.

**Social:** A contribuição social decorrente da implantação de um programa de substituição parcial de diesel de petróleo por biodiesel seria uma mescla dos benefícios advindos das questões ambientais (qualidade do ar = qualidade de vida) e das questões econômicas (geração de produto = geração de emprego). No entanto, devido a uma ainda discreta participação do biodiesel na matriz



energética (fator ambiental) e à elevada mecanização da agricultura produtora das oleaginosas clássicas (fator econômico) seu impacto “Social” seria apenas moderado.

**Econômico:** O fator da sustentabilidade total do biodiesel que mais carece de otimização em sua cadeia produtiva está no nível econômico, já que seu processo produtivo baseia-se na transformação de um insumo básico - óleo vegetal -, que apresenta, invariavelmente, um custo de produção maior que o produto final desejado - biodiesel. Soma-se ainda uma questão ética quanto ao “desvio” de aplicação dessa matéria-prima, tipicamente da área de “alimentos”, para a área de “energia”?

## 2. Desenvolvimento do processo de produção de biodiesel: Cenpes/Petrobras

Transesterificação Direta – Uma rota de “tecnologia alternativa” para a produção sustentável de um “combustível alternativo”

A presente proposta propõe uma nova rota de produção de biodiesel tanto no aspecto da seleção de matéria-prima (opção por sementes de oleaginosas de alto teor de óleo e de aplicação preferencialmente não-comestível) quanto no processamento industrial (transesterificação direta com a eliminação das etapas de extração e refino do óleo vegetal). Soma-se ainda uma destinação criteriosa dos diversos co-produtos gerados no processo (valoração através de procedimento de reutilização, reciclagem e reposição).

A produção da oleaginosa escolhida (mamona) deverá ser uma atividade sustentada prioritariamente pela agricultura familiar, visando uma ampla geração de empregos em zonas rurais mais desfavorecidas do País.

## 3. Objetivo

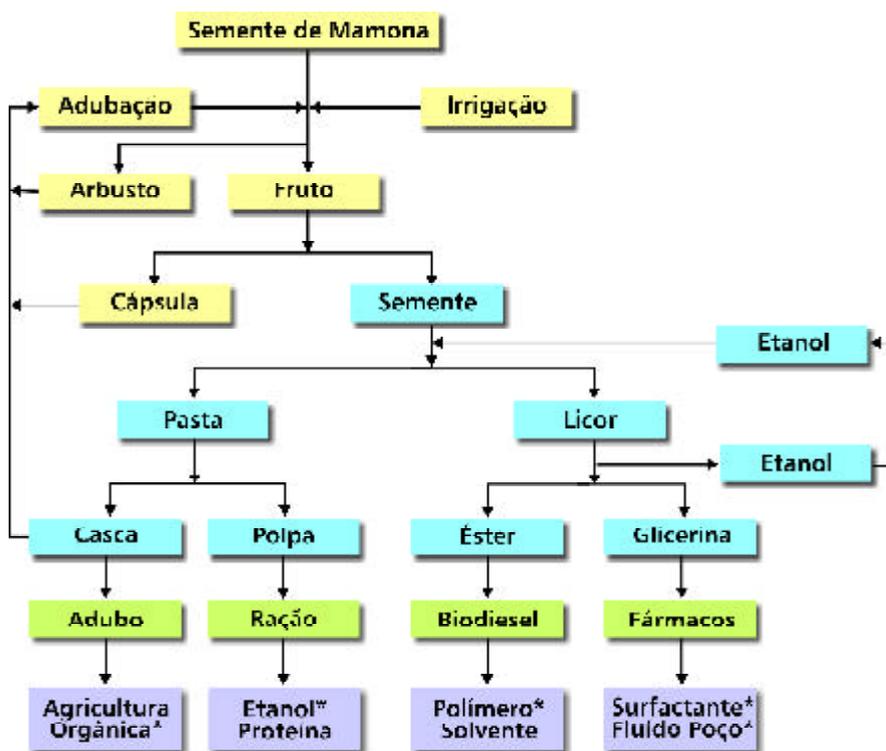
Com o conjunto de posturas e premissas descritas acima, busca-se nesse estudo a avaliação do processo de produção de biodiesel a partir de sementes de mamona (Patente Cenpes) no sentido de alavancar a “sustentabilidade total” no nível ambiental e, sobretudo, nos níveis social e econômico, viabilizando a imediata implantação um Programa Nacional de Biodiesel.

## 4. Metodologia

Neste breve estudo, baseado em resultados recentes de laboratório e dados econômicos atuais, são apresentados cenários para produção agrícola da oleaginosa (mamona), para produção industrial do biodiesel e para o reaproveitamento de insumos e de co-produtos do processo. Nesses cenários são apresentadas estimativas de “produtividade” e “economicidade” da cadeia produtiva completa: produção agrícola da mamona, produção industrial de biodiesel e aproveitamento de insumos e co-produtos.

## 5. Resultados

Fluxograma do processo de produção de biodiesel da mamona



(\*) Alternativas de aplicação em fase inicial de avaliação e ainda dependente de desenvolvimento do processo produtivo.

### 5.1 Cenário para a produção agrícola da mamona

Considerando que a primeira etapa da produção agrícola de mamona será realizada em escala piloto na região do semi-árido nordestino, tem-se o seguinte cenário:

- Áreas de plantio próximas aos campos produtores de petróleo
- Sementes de cultivares de mamona adequadas à região (Embrapa)
- Irrigação extensiva com água pré-tratada, produzida de petróleo
- Sistema de irrigação com uso de fita exsudante ou sistema de gotejamento
- Monocultura em regime adensado e colheita manual e bianual
- Aproveitamento total da cápsula do fruto seco e dos restos agrícolas

### 5.2 Produtividade da cultura da mamona

A estimativa da produtividade de uma cultura de mamona no cenário descrito acima é, segundo técnicos da EMBRAPA/Algodão, de até 3 mil Kg/ha/ano de sementes de mamona, além de 2 mil kg de cápsula (casca do fruto seco) e de 15 mil Kg de restos agrícolas (arbustos / folhagens) por hectare cultivado. O custo anual de produção de mamona, nessas condições, incluindo mão-de-obra,



sementes, adubo e embalagem, está estimado em R\$ 600 ha/ano. A cotação da saca de 60 Kg de mamona acompanha nitidamente, nos últimos três anos, a cotação da soja em grão, e diariamente é publicada no jornal Gazeta Mercantil, como *Commodity* agrícola. Em Fevereiro de 2003, a cotação do produto no Mercado de Irecê-BA está na faixa de R\$ 48,00 por saca. Subtraindo-se da receita do produto o custo de produção agrícola por hectare plantado, tem-se um retorno significativo de R\$ 1.800,00 por ha/ano, cuja atratividade econômica estaria próxima da observada na cultura da soja nas regiões Sul e Centro-Oeste.

### 5.3 Cenário para a produção industrial de biodiesel

Considera-se que a primeira produção industrial do biodiesel de mamona será realizada nas instalações da Petrobras localizadas na área da UN-RNCE, cujas principais características são:

- a) Emprego de facilidades industriais já existentes na instalação anfitriã (E&P)
- b) Uso de secadores solares para as etapas de secagem do fruto, semente e polpa
- c) Processo misto de produção, com etapas em "Batelada" e etapas "Contínuas".
- d) Aproveitamento de fonte local de águas termais nas etapas com demanda térmica.
- e) Reciclagem direta do álcool etílico recuperado no processo.

### 5.4 Atratividade econômica do biodiesel

A planta piloto está sendo dimensionada para processar 500 Kg de sementes por batelada e realizar até 20 bateladas por dia, tendo uma capacidade de processamento diário de 10 toneladas. Estima-se, portanto, uma produção diária de biodiesel puro (ésteres etílicos de mamona) de 5600 litros. Paralelamente serão produzidos como co-produtos: 500 Kg de glicerina (bruta); 2000 Kg de casca (da semente de mamona); 3000 Kg de polpa (albúmem isento de óleo).

Considerando-se os custos de produção do biodiesel nas condições citadas, temos como base de cálculo os seguintes valores dos insumos:

10 000 Kg Semente .....	R\$ 8 000
50 L Etanol .....	R\$ 750
50 Kg Catalisador .....	R\$ 100
10% Processo .....	R\$ 900
	<b>R\$ 9 750</b>

Tem-se, portanto, um custo global de R\$ 9 750 para cada 10 toneladas de sementes processadas por dia. Estimando-se os valores médios de mercado de cada co-produto produzido no processo, teremos a seguinte receita:

500 Kg	Glicerina*	R\$ 1 000
3 000 Kg	polpa**	R\$ 2 250
2 000 Kg	casca***	R\$ 1 000
		<b>R\$ 4 250</b>

\* Preço de glicerina grau técnico R\$ 2,00/Kg  
 \*\* Preço de ração animal protéica R\$0,75/Kg  
 \*\*\* Preço de fertilizante tipo NPK R\$0,50/Kg



Logo, chegamos à seguinte estimativa de custo de produção de biodiesel a partir das sementes de mamona, assumindo um cenário otimista de premiação plena dos co-produtos na sua forma bruta:

**5 600 L Biodiesel ..... R\$ 5 500**  
**ou seja ..... R\$ 0,964 / Litro**

A cotação dos três co-produtos do processo é ainda provisória e foram assumidos, nesta avaliação preliminar, valores inferiores aos esperados para produtos resultantes de processos de acabamento (refino; pelletização; destoxificação e esterificação). Paralelamente, as atividades agrícolas decorrentes da cultura da mamona gerariam, segundo técnicos da Embrapa (PB), emprego para um trabalhador a cada dois hectares cultivados. Como o processamento diário de 10 toneladas requer uma colheita diária de 2 hectares, seria necessária a contratação direta de pelo menos 360 trabalhadores rurais ao longo do ano.

## 6. Conclusão

Dependendo da condução de um programa de agricultura para a mamona e da destinação dos co-produtos gerados no processo de transesterificação direta de suas sementes com etanol, pode-se atingir a desejável sustentabilidade total do processo, habilitado a ser classificado como "Resíduo Zero". Ganhos na área ambiental, já consolidados internacionalmente, seriam somados aos ganhos sociais, para um país com vocação agrícola e carência de empregos, e ganhos econômicos saudáveis para a manutenção de um programa de geração de combustível e energia "alternativa"

Um dia o petróleo foi considerado uma forma de energia "alternativa" ao carvão.



## 8.6 L.A. HORTA NOGUEIRA

### Barreiras a superar

L. A.Horta Nogueira

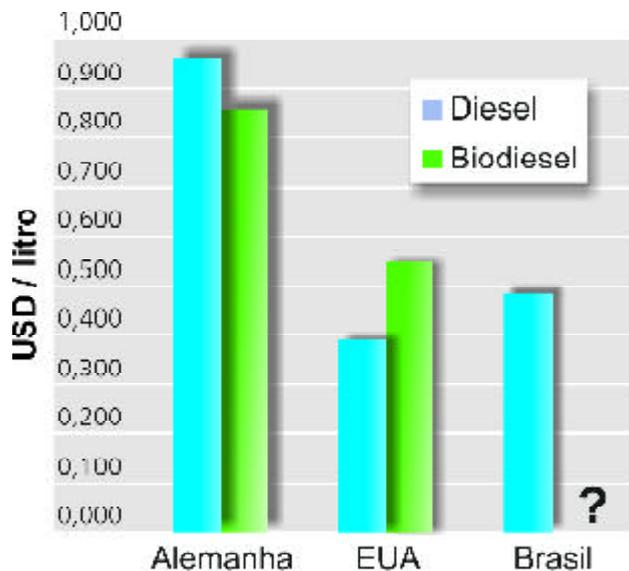
Doutor em Engenharia Mecânica, exerceu o cargo de Diretor-Geral da ANP até dezembro de 2003

Inicialmente, é imprescindível uma definição técnica deste novo combustível: em todo o mundo, se define o biodiesel como o resultado da transesterificação em meio alcóolico de óleos vegetais, com a retirada da glicerina formada, para que se possa utilizar esses produtos da fotossíntese em motores de alto desempenho. Tal tecnologia tem evoluído bastante, sobretudo na Europa e nos Estados Unidos. No Brasil, por conta de nossas evidentes potencialidades, vem se desenvolvendo uma ampla discussão a respeito, envolvendo a sociedade, o Governo e o Legislativo, e aguarda-se para breve a definição de metas e um cronograma para implementar progressivamente o biodiesel em nossa matriz energética.

Alguns passos importantes já foram dados, tais como a constituição de um comitê de alto nível junto à Casa Civil e a definição, pela ANP, de uma especificação preliminar de qualidade que assegure que os motores Diesel operem adequadamente com esse biocombustível, protegendo o consumidor e o meio ambiente. Entretanto, existem pendências e questões relevantes a serem enfrentadas e esclarecidas, sobretudo quanto à economicidade e aos requisitos de produtividade.

No âmbito econômico, é essencial ter claro que, sob os custos atualmente praticados, o biodiesel ainda é mais caro que o diesel derivado de petróleo, e suas vantagens, seja ambientais, seja de dinamização das atividades agroindustriais e de redução da dependência de importação de diesel, necessitam ser adequadamente ponderadas frente a eventual renúncia fiscal ou subsídio aplicado à cadeia produtiva. Neste sentido, é interessante observar os casos americano e alemão, mostrados na **Figura 1**.

Nos Estados Unidos, ainda que custe para o consumidor mais que o diesel comum, o biodiesel vem obtendo algum espaço por suas vantagens de segurança de suprimento e menores emissões. Na Alemanha, devido à tributação elevada, o diesel fóssil custa quase três reais por litro, e o biodiesel tornou-se competitivo apenas pela redução dos impostos. As condições brasileiras, onde os impostos cobrados sobre o diesel não são tão altos,



Fontes: ANP out 2003 (Brasil)  
IWR Biodieselpreisindex jun 2003 (Alemanha)  
DTN Alternative Fuels Index out 2003 (EUA)

aproximam-se da situação americana.

Outro aspecto econômico crucial refere-se ao custo de oportunidade dos óleos vegetais a serem utilizados para produzir o biocombustível, que chega a ser, como no caso da mamona, cerca de quatro vezes o custo do diesel de petróleo (200 US\$/t), como mostrado na **Figura 2**. É difícil justificar a queima de um produto tão valioso frente ao que se pretende substituir. Se o objetivo central for gerar empregos rurais, criar uma atividade produtora para pequenas propriedades, aí então, com mais razão, cabe produzir e vender o óleo vegetal como tal, para fins alimentícios ou industriais, porque usá-lo em motores seria desvalorizar um produto nobre e de preço remunerador. Como exemplo, 1 hectare cultivado de mamona geraria cerca de 2.050 reais, caso seja vendida sua produção como óleo vegetal (cotado a 800 US\$/t), ou 1.400 reais, se se converter esse óleo em biodiesel, cotado ao custo médio do diesel. Antes de lançar programas de uso massivo de biodiesel, é inescapável discutir a quem, com o quê e como pagar esses diferenciais. Não obstante, existem alguns contextos onde o alto custo do suprimento energético convencional e a disponibilidade de matérias-primas de baixo preço apontam para a viabilidade do biodiesel. Certamente é por aí que se deve começar.

É correto lembrar que o álcool de cana reduziu seus preços de forma expressiva ao longo das últimas décadas e apenas nos últimos anos passou a ser efetivamente competitivo com a gasolina, mas que tal curva de aprendizagem está ainda bem no início para o biodiesel. Um claro sintoma do quanto ainda falta estudar é a ausência de dados consistentes sobre o balanço energético do biodiesel. No caso do álcool brasileiro, para cada unidade de energia consumida, são produzidas cerca de dez unidades de energia renovável. Quanto de energia se consome para produzir o biodiesel? Com o álcool, estamos produzindo ao



## Custos Comparativos



redor de 6,5 mil litros de combustível por hectare. Para o biodiesel, nos melhores casos, estima-se uma produção de aproximadamente mil litros por hectare, em terras brasileiras. Nos países temperados, a produtividade é de apenas 600 litros na mesma área.

A conclusão é de que, certamente, precisamos avançar: o biodiesel deverá estar presente no futuro energético do Brasil. As condições atuais impõem prudência, o que, de forma alguma, quer dizer inércia.



## 8.7 INSTITUTO VOLTA AO CAMPO

### Combustíveis renováveis: emprego e renda no campo

José Clastode Martelli

Professor universitário e presidente do Instituto Volta ao Campo

Mario Sérgio Trento

Engenheiro agrônomo e co-gestor do Programa Biodiesel

#### Introdução

Grandes mudanças na estrutura produtiva, graças à automação e aos novos paradigmas tecnológicos, afetam o mundo do trabalho e a classe trabalhadora. O homem é substituído pelas máquinas e com isso desaparece a classe trabalhadora tradicional.

O desemprego torna-se estrutural, e a absorção da força de trabalho fica à mercê do mercado. Jovens e idosos são excluídos, desaparece o trabalho permanente e a subcontratação generaliza-se, impondo flagrante regressão dos direitos adquiridos. A terceirização, o subcontrato do trabalho assalariado e o aumento do setor de serviços tornam-se a expressão deste momento histórico.

No Brasil, as políticas públicas de geração de emprego e renda produzem um déficit público crônico, com resultados tímidos e gastos elevados.

Com a transformação da cadeia produtiva, o desemprego chega à zona rural e o êxodo intensifica-se, aumentando o exército de desempregados e o inchaço das áreas urbanas, com danos à saúde e à qualidade de vida dos cidadãos, que por sua vez acabam onerando os cofres públicos de forma significativa.

Diante desses fatos e através de alguns dados, podemos vislumbrar saídas para evitar o êxodo rural, assim como as migrações que rotineiramente ocorrem neste País. Sugestões que podem contribuir para o aumento da renda rural, sem depender de programas voltados para exportação de produtos agrícolas *in natura* ou semi-acabados.

O texto de Mauro Eduardo Del Grossi, e José Graziano da Silva "Ocupação e Renda nas Famílias Rurais"; Brasil, 1992-1998, expressa muito bem o que vem ocorrendo no Brasil:

"Até recentemente assumia-se que o emprego rural e o agrícola estavam em declínio. Chegou-se até mesmo a postular que, quanto menor a população rural,



mais desenvolvida seria a região. Os países da OCDE, depois de assistirem impassíveis, durante décadas, ao esvaziamento de seus campos e à brutal concentração de sua população em grandes metrópoles, a partir de meados dos anos 80, passaram a desenhar políticas específicas para evitar o que se convencionou chamar de “desertificação” de seus territórios. No caso dos países latino-americanos, entretanto, o êxodo rural e o esvaziamento das pequenas e médias cidades continuam sendo aceitos como uma trajetória inexorável”.

Na segunda metade da década de 70, do século passado, o Governo Federal iniciou o Proálcool, que tinha como intenção converter para uso de álcool a frota brasileira de veículos, em um determinado prazo, visando a não dependência externa de petróleo. Tudo isso aconteceu devido a uma grande crise, ocorrida na primeira metade da mesma década, quando houve uma acentuada alta no preço do petróleo no mercado mundial.

Em 1986, 99% dos veículos produzidos eram a álcool, mas, no início da década de 90, aquele programa praticamente foi abortado, havendo um desabastecimento de álcool no mercado. Isso, entre outros fatores, desacreditou o programa, fazendo com que o consumidor, ao adquirir um veículo novo, preferisse os movidos a gasolina.

Não iremos nos aprofundar nos motivos que levaram ao enfraquecimento daquele programa. As questões que surgirem ao longo de nossa exposição serão elucidadas a seu tempo.

## O Problema da Pesquisa

As possíveis injustiças e deficiências nas políticas públicas direcionadas à geração de emprego e renda e que atingiram a produção agrícola nos impulsionam a analisar o uso de combustíveis alternativos como instrumento para a fixação do homem no campo.

## Justificativa

Os dados de 2001 relativos à população economicamente ativa (PEA) do Brasil são preocupantes. Segundo a Pesquisa Mensal de Empregos, realizada pelo IBGE nas seis principais regiões metropolitanas do País, enquanto 17,182 milhões de pessoas estavam ocupadas, naquelas cidades, outras 14,126 milhões estavam em idade de trabalho, mas não estavam procurando emprego. O total de pessoas em idade ativa e sem emprego era de 1,1 milhão.

Nessa perspectiva, o presente estudo pretende contribuir com algumas informações para a produção de conhecimento, no que se refere a combustíveis alternativos e que possivelmente poderiam estar contribuindo para a reversão do êxodo rural e conseqüentemente para a diminuição do inchaço das grandes metrópoles. Estima-se que, para cada posto de geração de renda no campo, cinco seriam gerados na cidade.

A análise das alternativas revela que é necessário contar com a contribuição de diversos fatores, tais como: assistência técnica multidisciplinar, crédito agrícola em quantidade e, no período correto, crédito disponível para aquisição de máquinas agrícolas usadas nas usinas de beneficiamento da mamona, girassol e cana-de-açúcar (álcool), etc.



## Objetivo

Este trabalho tem por objetivo analisar a situação de três cadeias produtivas da agroindústria (combustíveis renováveis) no que diz respeito às possibilidades de geração de emprego e renda e também de produção das divisas necessárias ao fortalecimento do balanço de pagamentos do País, condição indispensável à independência nacional frente ao capital externo especulativo.

## Revisão de Literatura e Considerações Analíticas

Como já citado, caso o Brasil adotasse a tecnologia existente de combustíveis renováveis e alternativos para a frota de veículos (base: a frota existente em maio de 2002), nessa única ação estaria a chave para resolver graves problemas que afetam nossa população, nosso País e até mesmo o ambiente. São eles: desemprego, altos custos de implantação de políticas de saúde pública, endividamento externo para arcar com custos da dívida externa, segurança alimentar da população de baixa renda, déficit em transações correntes, baixa condição socioeconômica da população, alto grau de poluição.

## Indicadores

Iniciaremos citando os dados abaixo, que embasarão o desenvolvimento deste trabalho:

Consumo anual de derivados de petróleo no Brasil.....	165 bilhões de litros
Produção anual de derivados de petróleo no Brasil.....	142 bilhões de litros
Parcela do diesel consumido no Brasil que é importado.....	37 %
Consumo anual de diesel no Brasil .....	36 bilhões de litros
Produtividade (utilizando-se de baixa tecnologia) de óleo de mamona em 1 hectare da cultura .....	1.000 litros
Área máxima de mamona cultivada por um trabalhador .....	4,0 ha
Absorção de CO2 por quilo de mamona: .....	8 Kg
Liberação de CO2 na queima do diesel.....	2 Kg
Mistura de até 20% de óleo de mamona ao diesel, sem perda de consumo ou aumento de despesa de manutenção.	
Utilização da casca de mamona, após retirada do óleo, como adubação nitrogenada ou alimentação bovina.	
Produtividade (baixa tecnologia) de óleo de girassol.....	500 litros por hectare
Sobra de torta, após retirada do óleo, em 1 ha.....	1.000 kg
Custo de 1 litro de óleo de girassol, considerando a torta, vendida ou utilizada na própria	



fazenda ( fonte: IAC ).....	R\$ 0,63
Produção de Álcool anidro e hidratado na safra 2001/2002 no Brasil ....	11,26 bilhões de litros
Número de empregos existentes atualmente dentro da cadeia produtiva na cana-de-açúcar (álcool e açúcar).....	1.000.000
Número de empregos gerados a cada 11.260 litros produzidos na cadeia produtiva do álcool combustível (dados da UNICA – União da Agroindústria Açucareira de SP).....	1
Déficit em transações correntes (maio/2001 a abril/2002).....	US\$ 19,38 bilhões
População Economicamente Ativa (PEA) do Brasil em agosto 2001.....	83 milhões
Porcentagem da PEA no Brasil (agosto/2001), desempregada .....	6,4 %
Dívida externa brasileira (fevereiro de 2002).....	US\$ 208,9 bilhões
Número de técnicos de diversas empresas pesquisando uma mistura ideal que se torne um biodiesel, com culturas de soja, dendê, babaçu, girassol e o álcool anidro .....	160
Rendimento de motores com combustão a diesel, quando queimam o óleo de girassol cru, em relação ao combustível fóssil .....	10% superior
Déficit em transações correntes (maio-2002 ).....	3,79 % do PIB
Produção nacional anual de gasolina comum .....	13 bilhões de litros
Consumo nacional anual de gasolina comum .....	20 bilhões de litros (Somando-se como base a produção de álcool anidro).
Produção nacional de álcool anidro entre maio 2001 e abril 2002.....	6,4 bilhões de litros.
Consumo de veículos leves em relação a um similar à gasolina.....	35% superior
Utilização do produto álcool anidro como mistura à gasolina	
Utilização do produto álcool hidratado como combustível	
Custo diretos de produção do girassol.....	R\$ 414,00/ha
Custo diretos de produção da mamona .....	R\$ 250,00/ha (exceto mão-de-obra)
Custo diretos de produção da cana-de-açúcar .....	R\$ 1.350,00/ha
Preço estimado do barril de petróleo .....	US\$ 30,00

## Desenvolvimento

Caso a frota nacional de veículos leves fosse toda movida a álcool, seria necessária a produção de mais 31,5 bilhões de litros do combustível (cálculo já retirado a produção de álcool anidro, o qual seria convertido para hidratado). Com a geração de 1 emprego em toda a cadeia produtiva, para cada 11.260 litros de álcool produzido, seriam gerados mais 2.797.000 empregos diretos.

Os cálculos acima foram feitos com base na mistura atual de álcool anidro à gasolina, na proporção de 24%, e na produção de álcool hidratado como combustível para os carros a álcool.



## “Carro a álcool?”

Por Joelmir Beting

*“A maior garantia de que não haverá desabastecimento do álcool é o forte empenho do setor pelo relançamento do carro a álcool.*

.....

*“O rebrotar do interesse do mercado pelo carro a álcool tem a ver com as recentes estrepolias do petróleo alheio, com a síndrome ainda latente do apagão e com o buraco negro cavado na política nacional de combustíveis - Petrobrás ensaiando brandir aí pelas esquinas a variação diária dos preços da ilustre mercadoria.*

*Pelo sim, pelo não, o ministro do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Sérgio Amaral, abriu anteontem com a cadeia produtiva do carro a álcool - destilarias e montadoras - uma primeira rodada de negociação para o relançamento incentivado desse mercado - de resto, único no mundo.*

.....

*“Garantia de suprimento? O presidente da União da Agroindústria Canvieira de São Paulo pondera o seguinte: 1) a capacidade instalada por ano-safra já é de 16 bilhões de litros e acomodaria um aumento imediato de demanda da ordem de 5,5 bilhões; 2) na hipótese de uma reestréia vitoriosa do carro a álcool, a oferta do álcool hidratado poderia ser igualmente dilatada pela redução equivalente do álcool anidro (o da mistura carburante).*

*“O que o ministro Sérgio Amaral questiona, no ponto-chave da garantia de suprimento (cuja ruptura banuiu do mercado o carro a álcool), é a oscilação de mercado dos usineiros na direção do açúcar, quando este sobe de cotação lá fora.*

*Ele chega mesmo a condicionar a reabilitação incentivada do carro a álcool a uma sobretaxa regulatória na exportação de açúcar.*

.....

*“E o que dizer da coogeração de energia a partir do bagaço de cana? Opção retomada in extremis no apagão institucional da crise de energia. Matéria finalmente regulada, há três semanas, pela lei 10.438. Está criado, com 20 anos de atraso, o Programa de Incentivos a Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa).*

*Maurílio Biagi Filho, do grupo Santa Elisa, lembra que um Proálcool em 2002 daria de 10x1 no Proálcool de 1977. Simplesmente porque, de lá para cá, o setor returbinou a produtividade dos canaviais e das destilarias, enobreceu rejeitos (vinhoto na adubação e bagaço na coogeração), modernizou as relações de trabalho e assumiu práticas de sustentabilidade econômica e ambiental.”*

Folha de S.Paulo, 25/5



## Troca de Líder

*“Após reinar absoluto na produção mundial de álcool nas últimas décadas, o Brasil poderá perder o posto nos próximos anos se não reagir a tempo. O novo candidato a assumir a liderança mundial na produção será os Estados Unidos.*

*“Enquanto a produção brasileira parou no tempo, e está por volta de 11,5 bilhões de litros por ano, a dos EUA apresenta ritmo de crescimento contínuo mês a mês. Neste ano, os produtores norte-americanos deverão colocar 8,3 bilhões de litros no mercado.*

*“Segundo a RFA (Renewable Fuels Association), a capacidade instalada norte-americana já é de 8,9 bilhões de litros por ano. “Os EUA já têm 61 plantas de produção de álcool instaladas e outras 14 estão em construção. No mês passado, a produção diária aumentou para 127 mil barris, 19% a mais do que em abril de 2001.*

*“O Brasil provavelmente perderá a liderança de produção na hora errada. Vários países da Ásia, assim como outros da Europa, desenvolvem programas de utilização do álcool como combustível. A demanda mundial pelo produto deverá crescer. “Os EUA poderão assumir o posto de maior exportador para esses países.*

*“Vários países desenvolvem programas de substituição de derivados de petróleo por álcool. Na América Latina, México, Colômbia e Argentina já têm programas específicos. Já na Ásia, China, Japão, Tailândia e Índia também começam o processo de substituição.”*

Folha de S.Paulo, 25/5

Admitindo que um agricultor consiga cultivar quatro hectares de mamona, que esta área produza 4.000 litros de óleo por safra, que este óleo será misturado na proporção de 20% ao diesel e que 50 % da frota estará rodando com esta mistura, chegaremos a um número de 900.000 empregos diretos gerados nessa cadeia produtiva.

*“Agora, a Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará ( Nutec), instituição vinculada à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Ceará, descobriu que o óleo de mamona é um biodiesel excelente para complemento ao diesel mineral. O presidente da Nutec, Arquimedes Bastos Pereira, explica que a Petrobras está interessada em usar o produto como aditivo. “Essa é a tendência da empresa, de adicionar o óleo diesel vegetal em todo o diesel produzido no País”, afirma.*

.....

*“A mamoneira também é um excelente purificador de ar, absorvendo mais gás carbônico ( CO2 ) que outros vegetais. A mamona absorve 8 quilos de CO2 para 1 litro de diesel. Na queima, são produzido apenas 2 quilos de CO2, afirma o diretor da Nutec. O diretor de desenvolvimento de pesquisa do Núcleo, Eliel Paranhos, diz que além de ser um combustível limpo, a cultura é capaz de promover a maior reforma agrária do mundo.”*

Jornal Gazeta Mercantil; página 9;

04 de setembro de 2001



Em outra suposição, se admitirmos que um trabalhador (seja rural ou na agroindústria), em toda cadeia produtiva da cultura do girassol, em médias e grandes propriedades, com tecnologia adequada, consiga produzir o equivalente a 30.000 litros de óleo de girassol por safra e que os outros 50% da frota de veículos com combustão a diesel utilizem o óleo de girassol como combustível, chegaremos a outro grande número: 600.000 empregos diretos gerados em toda cadeia produtiva do óleo de girassol, utilizado como biodiesel.

*“Nos primeiros testes, foi utilizada uma mistura de 20% de óleo de girassol no diesel para abastecer um trator. Funcionou bem, e a mistura foi aumentada para 50%. “ Como a máquina continuava operando bem, fomos tirando o diesel e deixando só o óleo vegetal”, contou Cáceres. O coordenador da frota, Luiz Sidney Frazon, disse que a mesma experiência foi feita com um caminhão. Os motores foram inspecionados e não apresentaram problemas. Os 50 caminhões da fazenda fazem a distribuição das mesmas sementes produzidas pela secretaria e alguns deles pegaram estrada com o novo combustível. Rodaram sem nenhuma falha, disse Frazon.”*

Jornal ‘O Estado de São Paulo’; Suplemento Agrícola; página 6; 13 de março de 2002

Quanto ao uso desses combustíveis alternativos, já experimentados, mostra-se perfeitamente possível a utilização dos mesmos em escala comercial, mas há ainda um grupo de 160 técnicos, de empresas do setor sucroalcooleiro, indústrias de óleo, Petrobras e centros de pesquisa, pesquisando uma mistura ideal de vários tipos de óleo ( babaçu, girassol, dendê, soja e álcool anidro ), no sentido de colocar em prática o chamado BIODIESEL.

Abaixo citamos um exemplo real que existe em Cássia, Sudoeste do Estado de Minas Gerais, informado em um artigo constante do informativo “Crediminas em Notícia” de julho de 2002: “Minas sai na frente com indústria pioneira na fabricação de biodiesel”, páginas 10 e 11.

Em uma pequena fábrica, o Senhor Artur Augusto, engenheiro electricista, desenvolveu uma fórmula de biodiesel que utiliza prensa a frio de grãos (soja e girassol, podendo utilizar qualquer ácido graxo, desde sebo de vaca até óleo de coco), onde o óleo, adicionado ao etanol, torna-se uma mistura estável, o que, em nenhum local do planeta, alguém havia conseguido. No mesmo artigo, o Senhor Artur demonstra como fez com que o produtores rurais acreditassem no novo combustível:

Convidou diversos especialistas para palestrarem aos produtores, os quais mostraram que, além de um combustível seguro, eles estariam recuperando solos com uso de determinadas culturas, durante a safrinha.

- **O resíduo de alguns grãos, como o girassol, serve para alimentação animal.**
- **O consumo de biodiesel é 10% inferior ao do diesel comum.**
- **O custo de aquisição é menor que o diesel comum.**
- **O produtor paga o combustível ou a torta (alimentação animal) com grãos, não sendo necessário envolver nenhum tipo de moeda.**
- **A vida útil do motor aumenta.**



- **A emissão de gases poluentes é infinitamente menor.**
- **O poder de lubrificação do motor do biodiesel é muito superior ao diesel convencional.**
- **O biodiesel dá mais potência ao motor.**

Devido a essa fábrica em Cássia, onde se produz cerca de 1,1 milhão de litros de biodiesel por ano, foram gerados 370 empregos diretos no campo. Caso levemos em consideração um estudo da Secretaria de Estado da Agricultura de São Paulo, segundo o qual para cada emprego gerado no campo outros cinco são desencadeados na área urbana, então esta fábrica foi responsável por 2220 empregos, em um município de cerca de 20.000 habitantes. Ou seja, essa pequena fábrica empregou cerca de 10% da população do município.

Ele cita também que, “no primeiro ano de implantação de usinas de biodiesel no Estados Unidos, foram criados 1,4 milhão de empregos”.

Ainda na visão do Engenheiro, “os municípios que consolidarem este tipo de produto conseguirão diversos ganhos: criação de empregos, menor evasão de recursos, pois estes serão gerados e consumidos no mesmo e aumento de arrecadação”. Isso prova que não é necessária a construção de grandes fábricas para produção desse tipo de combustível, auxiliando enormemente a distribuição de renda neste País.

Para a realização dessa produção, é necessária a participação dos seguintes fatores: Assistência Técnica Multidisciplinar, Crédito Agrícola em quantidade e no período correto, decisão política de colocar em prática as políticas públicas neste sentido, crédito de investimento disponível para aquisição de maquinário agrícola, crédito para investimento em usinas de beneficiamento da mamona, girassol e álcool.

Quanto à quantidade de equipes multidisciplinares necessárias ao atendimento aos pequenos produtores de mamona, serão três mil equipes, pois estamos admitindo que cada propriedade estará produzindo em uma média de 12 hectares. Cada equipe (descrição anexa) custará cerca de R\$ 183.840,00 anuais, com custo anual total de R\$ 551.520.000,00 e 36 mil empregos diretos gerados (durante os primeiros quatro anos). Como os custos de Assistência Técnica ao cultivo da cana-de-açúcar e girassol já estão embutidos nos custos citados dentro das cadeias produtivas das mesmas, esses custos não estarão considerados nas três mil equipes citadas para a cadeia produtiva da mamona.

Para o custeio anual de cultivo de girassol, serão necessários 36 milhões de hectares e R\$ 15 bilhões, admitindo ainda que 80% deste valor seja financiado pelas empresas fabricantes de insumos, a exemplo do que acontece com a soja e o milho. O Governo Federal teria que tornar disponíveis apenas R\$ 3 bilhões para o custeio desta cultura (fora os insumos).

Para o custeio anual de cultivo da mamona, serão necessários 3,6 milhões de hectares e R\$ 900 milhões, sendo que 100% desse valor deverá ser financiado pelo Governo Federal, pois é uma cultura para pequenos proprietários rurais. No orçamento de 2002, o PRONAF dispõe de 4,2 bilhões de reais.

Para o custeio anual de cultivo de cana-de-açúcar, serão necessários 7,1 milhões de hectares e R\$ 9,5 bilhões. Admitindo ainda que 80% desse valor seja financiado pelas empresas fabricantes de insumos, o Governo Federal teria que tornar disponíveis UR\$ 1,9 bilhões para o custeio desta cultura. O crédito rural atualmente disponibilizado é superior a esse valor, sendo necessário apenas redirecioná-lo.



Os valores para investimento em usinas de álcool e beneficiamento de matéria-prima para extração de óleos diversos deverão ser levantados em um outro trabalho, como também os valores que deverão estar disponíveis para aquisição de maquinário agrícola. Tanto esses últimos como o das usinas poderão ser beneficiados com recursos do BNDES, recursos esses já orçados e disponíveis.

Todo este processo, sem dúvida alguma, iria contribuir para incorporar ao mercado de trabalho, com baixos custos de capacitação, mão-de-obra desqualificada, que representa grande parte da população desempregada.

Vale ressaltar que as usinas de cana-de-açúcar, além de produzirem o álcool, estarão utilizando o resíduo sólido (bagaço) do processo produtivo na co-geração de energia elétrica, como já ocorre com as usinas existentes no País. Além da geração de energia para utilização própria, há sobras que podem ser adicionadas à rede de abastecimento existente, diminuindo-se a dependência de energia elétrica gerada a partir de energia hidráulica e térmica (combustíveis fósseis).

O aproveitamento dos resíduos das fabricações de óleos e álcool permitirá que a torta de girassol sirva para alimentação animal, diminuindo a dependência de ração a base de milho (produto mais nobre), nos casos de bovinos confinados. É possível também utilizá-los para adubação verde (torta de mamona).

Em continuidade ao assunto produção de álcool, segundo o ex-Ministro da República Alcides Tápias, "O Congresso Nacional dos Estados Unidos da América aprovou, em abril de 2002, a adição de álcool anidro à gasolina, que vai ser introduzida gradualmente em todos os 50 estados da federação. - Só Japão, Califórnia e a Costa Leste do EUA vão necessitar de 7 bilhões de litros de álcool por ano". Isso quer dizer que, caso o Brasil exporte quatro bilhões desse total, serão gerados mais 350 mil empregos diretos na cadeia produtiva da cana-de-açúcar e mais 2 bilhões de reais ou 800 milhões de dólares de divisas para o País.

Ainda em relação ao assunto geração de emprego e renda, estima-se que, para cada posto gerado no campo, outros cinco são gerados na cidade (Secretaria de Estado da Agricultura de São Paulo). Admitindo-se que, dos mais de quatro e meio milhões de postos de trabalho gerados com estas três cadeias produtivas, três milhões cento e cinquenta mil sejam efetivamente para trabalhadores rurais, então outros quinze e meio milhões de empregos na área urbana estariam sendo gerados (descontando-se o 1,5 milhão das cadeias produtivas do girassol e do álcool), ou seja, no total, mais de quinze e meio milhões de empregos estariam sendo gerados pelo incentivo dessas três cadeias produtivas.

Se levarmos em consideração os dados de agosto de 2001, da Pesquisa Mensal de Emprego, temos que a População Economicamente Ativa (PEA) das seis principais regiões metropolitanas do País era de 18,308 milhões de pessoas, e que 17,182 milhões estavam ocupadas, enquanto outras 14,126 milhões estavam em idade de trabalho e não estavam procurando emprego. Com o incentivo proposto às três cadeias produtivas mencionadas acima, estaríamos acabando com o desemprego aberto e incorporando ao mercado de trabalho mais de 15,5 milhões de pessoas.

Com o salário médio da população tendendo a aumentar, a arrecadação de impostos com certeza crescerá e, por consequência, a qualidade de vida da população em geral melhorará sensivelmente.

Outro item que devemos citar é o de transações correntes no balanço externo



de pagamentos, que, em abril de 200,2 estava com déficit de quase 20 bilhões de dólares. Caso essas ações fossem implementadas, e supondo que exportássemos somente petróleo bruto e deixássemos de importar este mesmo óleo, efetivamente deixaríamos de utilizar toda a gasolina (3 bilhões de dólares) e 60 % do diesel (3,24 bilhões de dólares). Há ainda a glicerina, que também pode ser retirada do óleo de girassol, e que em diversos processos pode ser utilizada em lugar da parafina retirada do petróleo (estimamos mais 4 bilhões de dólares).

Logo, deixaríamos de importar 3,150 bilhões de dólares em petróleo por ano, e passaríamos a exportar cerca de 10 bilhões dólares (somente em óleo bruto). Como diversos países estão interessados em utilizar o álcool como combustível, até como mistura à gasolina comum, temos potencial de exportar pelo menos quinze milhões de barris de álcool (supondo preços de petróleo de 30 dólares o barril), sem contar com a exportação para Japão e EUA: seriam mais 450 milhões dólares. Haveria ainda redução de custos, pois deixaríamos de importar matéria-prima de fertilizantes nitrogenados e potássicos, e possibilidade de aumentar a exportação de carne, em função da utilização de ração à base de torta de girassol e/ou de mamona, com custos bem mais baixos que países concorrentes. Ou seja, somente com substituição de importações e aumento nessas exportações de petróleo e derivados, baixaríamos o déficit em transações correntes de cerca de 20 bilhões de dólares para cerca de 6 bilhões.

Outro ponto a levarmos em consideração é o aumento do PIB. Nesse caso, estaremos somente pensando nas três cadeias citadas e na média de salário dos 20 milhões de trabalhadores que estariam sendo inseridos no mercado de trabalho, envolvidos neste processo.

Remuneração média de 20 milhões de trabalhadores, (R\$ 8.400,00 anuais)	R\$ 168 bilhões.
Álcool produzido neste processo (R\$ 0,90 o litro na bomba):	R\$ 28,35 bilhões.
Óleo de Girassol (R\$ 1,00 o litro na bomba):	R\$ 18,00 bilhões.
Óleo de Mamona (R\$ 1,00 o litro na bomba):	R\$ 3,6 bilhões.
Aumento nas exportações de petróleo (US\$ 10 bilhões de dólares):	R\$ 24,5 bilhões.
Exportações de álcool anidro para a costa leste dos EUA, Califórnia e Japão:	R\$ 2,0 bilhões.
<b>Total de aumento no PIB =</b>	<b>R\$ 244,45 bilhões ou US\$ 100 bilhões.</b>

## CONCLUSÕES

### a) Medidas a serem adotadas

- Conversão da frota Brasileira de veículos leves para combustível álcool.
- Conversão de 50 % da frota brasileira diesel para queimar óleo de girassol.
- Adicionamento de 20% de óleo de mamona ao óleo diesel, para rodar em 50% da frota diesel do País.
- Destinação de 900 milhões de reais para créditos PRONAF.
- Destinação de 4,9 bilhões de reais para créditos agrícolas comuns, valor inferior ao atualmente disponível. O restante do custeio será disponibilizado pelas empresas fabricantes de insumos.
- Destinação de 550 milhões de reais para custear assistência técnica



multidisciplinar.

- Destinação de recursos para investimento em novas usinas de açúcar e álcool e usinas produtoras de óleos vegetais (BNDES – 35 bilhões de reais).
- Destinação de recursos FINAME para investimento em maquinário agrícola.
- Destinação de recursos para capacitação de pequenos produtores rurais.
- Exportação de 4 bilhões de litros de álcool anidro.
- Destinação de mais 46,7 milhões de hectares para o cultivo destas três culturas, sendo distribuídos nas cinco regiões do País.

## b) Resultados esperados

- 4,683 milhões de empregos diretos gerados.
- 15,5 milhões de empregos indiretos gerados.
- Redução do déficit em transações correntes no balanço externo de pagamentos de 20 bilhões de dólares para 6 bilhões de dólares.
- 245 bilhões de reais de aumento no PIB brasileiro, o que equivale a 100 bilhões de dólares.
- Situação de pleno emprego no Brasil, sendo incorporada ao mercado de trabalho 100% da parcela de população em idade ativa que não procura emprego atualmente e 100% da atual PEA. Ainda faltaria mão-de-obra para ocupar todos os espaços de trabalho gerados, ou seja, haveria imigração de mão-de-obra dos países vizinhos, levando todos os países da América do Sul a melhorarem o padrão de vida de suas populações.
- Grande incorporação de CO<sub>2</sub> do ar à matéria orgânica e aos solos, diminuindo efeitos deletérios do chamado efeito estufa.
- Fertilização de solos, com adubação orgânica, substituindo boa parcela de importações de matéria-prima de fertilizantes nitrogenados e potássicos.
- Aumento do salário médio da população brasileira.
- Diminuição da poluição ambiental derivada da utilização de combustíveis de origem mineral, devido a substituição por combustíveis “limpos”, de origem vegetal.
- Redução, ou melhor, reversão do êxodo rural, significando diminuição do inchaço nas grandes metrópoles.
- Repovoamento de pequenas e médias cidades do interior do Brasil.
- Menores custos com implantação de redes de tratamento de esgotos e equipamentos públicos de saúde e atendimento público.
- Menores custos com urbanização.
- Diminuição do preço médio do custo de moradia, pois haveria ocupação de pequenas e médias cidades, onde o custo de mão de obra é menor que em grandes centros.



## REFERÊNCIAS

- BETING, J. Carro a Álcool? **Folha de São Paulo**, São Paulo, 25 maio 2001.
- BRANDÃO JUNIOR, Nilson. Desemprego caiu 6,4 % em junho para 6,2 % no mês passado. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 24 ago. 2001.
- CARDOSO, José Eduardo. **Projeto de lei para redução da poluição do ar do município de São Paulo**, 2001.
- DEL GROSSI, M. E. ; SILVA, J. G. Ocupação e renda nas famílias rurais no Brasil: 1992-97. In: CAMPANHOLA, Clayton; SILVA, José Graziano da. **O novo rural brasileiro: políticas públicas**. Jaguariúna: Embrapa, 2000. 4 v. v. 1, p. 67-78.
- DESEMPREGO recua ao nível de 97. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 24 ago. 2001.
- FONTES, R. Pequena, mas com grande potencial. **Gazeta Mercantil**, Fortaleza, 04 set. 2001.
- ROSA, A. Frota verde. **Gazeta Mercantil**, Curitiba, 10-12 jul, p. D3, 1998.
- SEMINÁRIO DESAFIOS DA POBREZA RURAL NO BRASIL, 2001, Brasília. **Anais...** Brasília, IPEA/NEAD/Banco Mundial, 2001.
- SOFIA, J. Contas externas registram melhor resultado desde 97. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 24 maio 2002. Caderno Dinheiro, p. B3.
- STEFANO, Fabiane. A volta do Projeto PROÁLCOOL. **Isto é Dinheiro**, São Paulo, n. 248, p. 28-31, 28 maio 2002.
- TOMAZELA, J. M.. Óleo de girassol move motor de trator. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 13 mar. 2002. Suplemento Agrícola, p. 6-7.
- TROCA de lider. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 25 maio 2001.

## SITES CONSULTADOS

[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)  
[www.fiep.com.br/consecana/anexoii.htm](http://www.fiep.com.br/consecana/anexoii.htm)  
[www.canaoeste.cpm.br](http://www.canaoeste.cpm.br)  
[www2.petrobras.com.br/portugues/index.asp](http://www2.petrobras.com.br/portugues/index.asp)  
[www.mj.gov.br/](http://www.mj.gov.br/)  
[www.denatran.gov.br](http://www.denatran.gov.br)  
[www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)  
[www.agroportal.sp.gov.br](http://www.agroportal.sp.gov.br)



## 8.8 EUDORO SANTANA

### Biodiesel: sustentabilidade do semi-árido nordestino

Eudoro Santana

Engenheiro Civil e Diretor Geral do DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

Eu queria cumprimentar a todos na pessoa do companheiro Deputado Federal Ariosto Holanda, que me fez o convite, em nome da Câmara Federal, para participar deste evento. Ele, que é um companheiro cearense com quem temos compartilhado o sonho da construção desse novo Brasil. É por isso que estamos aqui para participar da vídeoconferência que aborda o tema “Biodiesel e a Inclusão Social”.

Aqui represento o DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, que é uma instituição nacional com atuação no Nordeste, mais especificamente no semi-árido, vinculada ao Ministério da Integração Nacional. O DNOCS é uma instituição quase centenária, tendo completado, em outubro passado, 94 anos. Talvez a instituição que mais conheça o Nordeste semi-árido e que, nos últimos tempos, foi ameaçada de extinção por governos que fizeram o mesmo com tantas outras instituições importantes. O DNOCS, poderíamos dizer, renasce no governo Lula com outra feição, resgatando as suas origens com base nas idéias do Engenheiro Arrojado Lisboa, primeiro Inspetor do ainda IOCS, e que tinha, exatamente, essa visão de convivência com o semi-árido.

E a nossa intervenção aqui, hoje, vem nessa direção. Isto porque, no nosso País, vez por outra, surgem projetos, surgem programas que se transformam logo em grandes plataformas para discursos bombásticos de uso eleitoral e demagógico, sempre “em defesa dos pobres e dos excluídos”, para depois se desviarem ou se esvaírem por falta de recursos. Citaria como exemplo o discurso que advogava a tese de que a solução, ou melhor, a “redenção” do semi-árido seria a construção de barragens para acumular água ou, mais recentemente, que a salvação do Nordeste é a transposição do Rio São Francisco, coisas dessa natureza. Nessas soluções mágicas, ao longo da História, se perde a visão de que a solução para o semi-árido se reporta a uma série de intervenções de políticas públicas substanciadas em um programa de convivência com o semi-árido no qual a gestão dos recursos hídricos, pensada e executada de forma descentralizada e participativa, tenha um papel fundamental. Por isso o novo



DNOCS do governo Lula abraça hoje essa tese, que deu suporte à sua criação, que é a da *convivência*.

Uma outra grande afirmação se produziu no início da nova República, quando se lançou o programa para irrigar 1 milhão de hectares no Nordeste, e todos sabem qual foi o resultado: não chegou a 10%. Por outro lado, todos nós sabemos que a agricultura de “sequeiro”, do ponto de vista social, ainda é a grande fonte de renda e de vida para a região. Não há dúvida que a irrigação, especialmente a grande irrigação, que só acontece onde tem água e solo, do ponto de vista econômico, é muito importante. Mas, do ponto de vista social, da ocupação de mão-de-obra, fica longe do conjunto da agricultura de sequeiro, essa sim, se apoiada em pesquisa, com transferência de tecnologia, com assistência técnica e crédito, será base importante para a *convivência*.

Quero dizer, portanto, que esse é o nosso caminho, a opção do próprio Ministério da Integração, que acaba de criar, no PPA, o Programa Conviver, que nós esperamos possa ser o embrião de um grande Programa de Governo que perpassa todos os ministérios e que possa se constituir no Programa Nacional de Convivência com o Semi-árido. Um programa como esse deve ter a sua base na educação, na ciência, na tecnologia, na apicultura, etc.

Nós somos perdulários no uso dos nossos recursos hídricos, com um desperdício muito grande não só no consumo humano, mas principalmente na agricultura, que é onde mais se desperdiça água. Estudos realizados nos últimos tempos mostram que nós poderíamos produzir três vezes mais na agricultura irrigada, com a mesma água que hoje usamos. Isso reflete a falta de uma gestão de recursos hídricos dentro dessa visão da *convivência*.

A idéia inicial do biodiesel nasceu no Ceará pelas mãos do companheiro Expedito Parente – a quem deixo minha homenagem -, juntamente com outros técnicos ligados à Universidade, há mais de 25 anos. É essa tecnologia que, hoje, a Câmara Federal apresenta neste projeto. E nós lamentamos que só depois de um quarto de século essa idéia volte a ser considerada, isto depois que a Europa resolveu produzir e misturar o biodiesel ao diesel mineral, inclusive para melhorar a qualidade desse combustível.

É, portanto, uma velha história que hoje se renova com muita pompa, agora com a participação importante do Parlamento Nacional e, particularmente, com a presença, no Executivo Nacional, de um nordestino, retirante, trabalhador, que tem compromisso, como tem afirmado nos seus pronunciamentos, com a inclusão social. E é com a visão de que o biodiesel, no caso do Nordeste, possa ser produzido a partir da mamona (uma cultura conhecida e já adaptada ao semi-árido, a ponto de ser considerada uma xerófila) que o DNOCS deseja participar ativamente desse Programa. O biodiesel, a partir da mamona, faz parte de uma das cadeias produtivas do semi-árido ao lado da caprinocultura, da apicultura, da piscicultura, da fruticultura, etc.

A mamona é, portanto, a base de uma das cadeias produtivas do semi-árido, onde já tem uma história, uma tradição e uma convivência com o meio. O Nordeste já foi um grande produtor de mamona, chegando a responder por 90% da produção nacional. Depois a produção foi caindo, embora já se note hoje uma pequena recuperação. A Bahia foi o Estado da mamona nordestina.

Portanto, sendo a mamona, do ponto de vista cultural, a base de uma cadeia que já teve presença importante na agricultura de sequeiro, embora com produtividades baixas, de 750 Kg/ha, hoje, com tecnologia e manejo adequado,



com sementes melhoradas geneticamente, a sua produtividade pode ser facilmente triplicada. Sendo uma planta de características do semi-árido, exige pouca água, e o seu ciclo produtivo pode ser completo com 500mm a 700mm de chuva.

É uma cultura que, nessas nossas condições, tem viabilidade para dar sustentabilidade aos assentamentos rurais no semi-árido. Vi a Ministra Dilma Rousseff falar desse projeto com grande entusiasmo. Embora eu também seja um entusiasta, não posso deixar de registrar um certo temor de que esse projeto venha a se transformar em um novo PROALCOOL.

Penso que, nesse caso do biodiesel a partir da mamona, estamos diante de uma opção certamente viável, por ser uma cultura já tradicional do conhecimento do homem do semi-árido e por exigir altitudes superiores a 300m acima do nível do mar, muito calor e muito sol na sua fase de maturação, dentro, portanto, das condições das terras da região.

Outro aspecto é que esse programa pode favorecer o uso de estruturas produtivas existentes no Nordeste. Todos sabem que o semi-árido já foi grande produtor de algodão e que lá funcionavam centenas de indústrias de beneficiamento desse produto. Quase todas dotadas de unidades de produção de óleo a partir do caroço do algodão. Grande parte dessas estruturas ainda se encontram lá e podem ser usadas para esmagar a baga da mamona e obter o óleo necessário para a produção do biodiesel.

Por outro lado, um programa como esse precisa ter territórios apropriados e com gente organizada para produzir a mamona. E o Nordeste tem milhares de famílias assentadas em projetos de Reforma Agrária, dispendo de infra-estrutura, habitação, energia, água e, especialmente, organização, portanto com todas as condições de implementarem um projeto dessa natureza.

A maioria desses assentamentos do semi-árido não tem sustentabilidade. Toda vez que vem uma seca, os assentamentos também ficam dependentes da esmola do governo para se manterem vivos. O biodiesel poderia, por exemplo, produzido a partir da mamona consorciada com o feijão, contribuir para a sustentabilidade desses assentamentos, ao lado da piscicultura, da apicultura, da caprinocultura e da pequena irrigação.

Portanto, eu penso que, se o Governo Federal fizer aquilo que disse a Ministra Dilma Vana Rousseff, grandes assentamentos de famílias passariam a produzir matéria-prima para o biodiesel. Deve-se utilizar as famílias já assentadas pela Reforma Agrária, para tornar esses assentamentos viáveis do ponto de vista econômico, dando apoio técnico, financeiro e especialmente na comercialização do produto.

Vimos aqui desfilar vários professores e especialistas que apresentaram os aspectos científicos, técnicos, ambientais, econômicos e sociais desse programa. Vimos, inclusive, o aspecto da economia de divisas, pois, como foi dito, o Brasil é um importador de diesel e um exportador de gasolina, uma vez que o nosso refino é dimensionado pela demanda do diesel. É ele que determina o volume de petróleo que necessitamos refinar. Sou um petroleiro. Embora tenha sido reintegrado à empresa depois de muitos anos fora dela, já que fui cassado durante a ditadura, estou afastado em função dos quatro mandatos de parlamentar que exerci e, agora, porque assumi a Direção Geral do DNOCS. Mas conheço muito bem essa realidade.

Do ponto de vista ambiental, isso já foi muito bem colocado: além de oferecer



uma grande capacidade de lubricidade, o biodiesel não tem enxofre, e, por isso mesmo, ao ser adicionado ao diesel mineral, diminui a poluição provocada por aquele combustível, em razão de seu grande percentual de enxofre. Em vários países do mundo, há programas dessa natureza, inclusive com estabelecimento de prazos para adição gradativa do biodiesel ao diesel mineral.

À medida que é retirado o enxofre do diesel mineral, diminui-se a sua capacidade de lubrificação. Com a nova mistura, o percentual de enxofre pode cair, pois o biodiesel garante a lubricidade necessária.

Do ponto de vista social, não há dúvida de que, como falei há pouco, um programa como esse pode contribuir para a sustentabilidade dos assentamentos rurais no semi-árido.

Eu queria lembrar aqui, e peço vênia para fazê-lo, que quando se criou o Programa do Álcool, que foi um alarde nacional, dizia-se que seria a salvação da chamada Zona da Mata do Nordeste, tradicional produtora de cana. E se tratava de um programa que, do ponto de vista da mudança do combustível, era muito mais complexo, sendo necessárias até modificações nos motores dos carros. Por outro lado, iria substituir um combustível que o Brasil já produzia de sobra, pois já exportava o excesso da produção, a gasolina.

Mas do ponto de vista social, dizia-se que seria o maior programa social, graças à criação de milhões de empregos e ao uso de minidestilarias para serem usadas pelos pequenos produtores da agricultura familiar. A idéia, na época, o Deputado Ariosto lembra bem, era instalar pequenas destilarias. Mas o que nós vimos é que o PROALCOOL se transformou num programa para as grandes empresas de equipamentos, para beneficiar os grandes usineiros.

O resultado foi o aumento ainda maior da exclusão social; de um lado, pelo aumento dos bóias-frias usados no corte da cana e, por outro, em função da invasão das áreas antes produtoras de grãos, direcionadas para a produção de álcool. Foi a época em que mais cresceu o tráfico de trabalhadores e o trabalho escravo. Entendo, portanto, que é fundamental fazermos uma reflexão sobre isso para que amanhã um programa dessa natureza não venha mais uma vez beneficiar os grandes, em detrimento daqueles com quem o Presidente Lula tem compromisso, que é a grande massa de excluídos.

Concluindo, quero dizer que nós, que acreditamos no Projeto do Brasil de todas as cores, pensamos que esse programa pode ser um grande programa social de sustentabilidade econômica, já que, ao invés de esmola, ampliará o emprego, e especialmente a ocupação no campo. Mas isso só poderá acontecer se o programa tiver esse objetivo de inclusão social, ou seja, se o seu formato, especialmente para o Nordeste, estiver centrado na implantação de pequenas unidades de biodiesel, inseridas em áreas do semi-árido próximas aos assentamentos da Reforma Agrária do INCRA e nas áreas de sequeiro dos programas de irrigação do DNOCS. Nessas pequenas unidades, podemos usar grande parte dos equipamentos para produção de óleo vegetal que hoje temos ociosos no Nordeste.

Sem mais nos alongar, queremos dizer que o DNOCS quer participar desse projeto. E por quê? Porque o DNOCS conhece o semi-árido, conhece a sua história, conhece o seu povo, conhece a sua cultura e tem milhares de hectares de terras em áreas de sequeiro, próximo às suas 320 barragens ou na periferia dos seus 38 perímetros irrigados, hoje cedidas a pequenos agricultores. Além disso, o DNOCS pode incentivar, nos seus perímetros irrigados, a multiplicação



das sementes genéticas produzidas pela Embrapa-CMDA ou, até, da produção de mudas em tubetes.

Nesse sentido, nós estamos colocando à disposição dos empresários algumas áreas da melhor qualidade no Projeto de Irrigação Platôs de Guadalupe, no Estado do Piauí, para a produção de semente qualificada. Com semente selecionada, a partir da semente básica da Embrapa, podemos alcançar produtividade acima de 2,2 t/ha em áreas de sequeiro. Outra contribuição é produzir mudas sob a forma de tubetes para plantar no campo, depois de que o solo já tiver umidade suficiente. Esse processo, evidentemente, precisa ser testado e comparado com o processo tradicional, que planta a baga diretamente no solo, o que certamente tem um risco bem maior, pois basta um veranico para que o plantio seja perdido.

Já estamos trabalhando na formatação de um projeto piloto de 450 ha para cada Estado, em áreas do INCRA e do DNOCS, onde a posse da terra já existe e os que a detêm já estão organizados. Serão dez unidades piloto nos dez Estados do semi-árido brasileiro.

Esperamos contar, para a execução desse projeto, com todos os ministérios envolvidos nesse processo do biodiesel: Ministério da Integração, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério da Agricultura, Ministério das Minas e Energia.

Termino agradecendo o convite da Câmara Federal, através do seu Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica, e reafirmando a minha esperança de que esse programa do biodiesel possa contribuir para a inclusão social, em especial no Nordeste semi-árido.







## 8.9 MARIA DAS GRAÇAS FOSTER MARCELO DE SOUSA MURTA

### Pré-estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de um pólo para produção de biodiesel no semi-árido nordestino

Maria das Graças Foster

Engenheira, Secretária de Petróleo e Gás Natural, e Combustíveis Renováveis - MME

Marcelo de Sousa Murta

Engenheiro, Coordenador Geral da Secretaria de Petróleo e Gás Natural, e Combustíveis Renováveis- MME

#### 1. O biodiesel e os combustíveis do Brasil

Antes de iniciarmos a discussão sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, faz-se oportuno resgatar algumas informações sobre a disponibilidade dos combustíveis de origem fóssil e renovável em uso em nosso País. Isto feito, ficarão apontadas as motivações que levam o Brasil a debruçar-se, a exemplo de países da Europa e do Estados Unidos, no exercício das ações que levarão à ampliação da utilização de combustíveis renováveis em seu território tropical, de natureza hídrica e com 90 milhões de hectares de terras agricultáveis.

Nesse sentido, iniciemos por apresentar dados sobre as reservas totais de petróleo no Brasil, que, ao final do ano 2002, atingiram 13 bilhões de barris, enquanto as reservas provadas corresponderam a 9,8 bilhões de barris. Sobre estas sabemos que 91% localizam-se em reservatórios situados sob lâminas d'água que podem atingir até 2.300 metros de profundidade. As demais reservas encontram-se nas jazidas terrestres, muitas vezes localizadas em ambientes de difícil acesso como aqueles na Região Amazônica.

As reservas de gás natural, por sua vez, atingiram a marca de 26,4 trilhões de pés cúbicos (tcf), já considerando as descobertas na Bacia de Santos, realizadas em 2003, de 14,8 (tcf). Se somarmos a esse volume a importação de 32,5 milhões m<sup>3</sup> de gás natural contratados diariamente da Bolívia e



Argentina, depreendemos que o Brasil poderia estar consumindo, caso dispusesse de infra-estrutura de transporte e distribuição suficientes, 138 milhões de metros cúbicos por dia de gás natural e não os 33 milhões de metros cúbicos que consome hoje.

A intensificação na busca de soluções para a superação dos desafios tem se dado não apenas nas atividades de Exploração & Produção e de Gás & Energia, mas também nas atividades de Refino, o que tem propiciado ao Brasil reduzir o volume de importações de petróleo e derivados, estes últimos com produção da ordem de 1.660 mil barris por dia em 2003. Em decorrência, nesse mesmo ano, fez-se evidente a tendência declinante da dependência externa do País, a qual situou-se em 11% (no balanço de petróleo e derivados). A expectativa é que a auto-suficiência na produção de petróleo seja alcançada em 2006 e que seja mantida ao longo dos anos seguintes, já que apenas 3% das bacias sedimentares brasileiras encontram-se hoje sob atividade exploratória. Ou seja, dos 6,4 milhões de Km<sup>2</sup> de bacia, apenas 162 mil encontram-se sob contrato de concessão.

O aporte de capital intensivo nas atividades de exploração & produção bem como na ampliação do parque de refino brasileiro, hoje com 13 refinarias, permitiu que a produção nacional de óleo diesel crescesse 10% em 2003, superando 600 mil barris por dia. Isso contribuiu para reduzir as importações daquele derivado e para diminuir a necessidade de importação de 16%, em 2002, para 10%, em 2003.

Em relação aos combustíveis renováveis, registrou-se na safra de 2003/2004 uma produção de 14 milhões de m<sup>3</sup> de álcool (61% de anidro e 39% de hidratado), em todo o Brasil. A área plantada totalizou 5,5 milhões de hectares de cana-de-açúcar. Esses volumes levaram o Brasil à liderança mundial como produtor de álcool e como usuário do combustível não só puro, na forma hidratada, mas também misturado à gasolina, na forma anidra, em teores que variam de 22 a 25%.

Como se verifica, o Brasil, a um passo da auto-suficiência de petróleo, dispõe hoje de uma gama de combustíveis para sustentar o desenvolvimento de sua economia. Entretanto, a despeito da situação relativamente confortável no que se refere ao abastecimento nacional, sem dependência externa, o Ministério de Minas Energia reconhece a importância estratégica de se ampliar a utilização de combustíveis de natureza renovável, em especial quando esses potencializam ganhos não apenas de natureza ambiental, mas sobretudo sociais, já que permitem a utilização da agricultura familiar no plantio de uma gama expressiva de oleaginosas, como será mostrado a seguir.

## 2. O Ministério de Minas e Energia e a diversificação da bolsa de combustíveis

O Ministério de Minas e Energia tem entre suas missões planejar e promover políticas e diretrizes para os setores de petróleo, gás natural e combustíveis renováveis. Nesse sentido, monitora, influi ou atua diretamente na implantação de programas setoriais que visem garantir o adequado abastecimento do País, diversificando sua matriz energética e considerando, para tal, combustíveis de natureza fóssil e renovável.

Nesse sentido, para ampliar as alternativas de atendimento ao mercado,



considerando preço, qualidade e oferta de combustíveis, o MME, através de sua Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis, em atuação articulada junto aos demais Ministérios e Secretarias Estaduais, pôs-se a traçar, em junho de 2003, as linhas mestras do **PROGRAMA BIODIESEL – O COMBUSTÍVEL VERDE**, com os seguintes objetivos.

- Diversificação da bolsa de combustíveis fósseis e renováveis - álcool e biodiesel;
- Redução das importações de diesel de petróleo;
- Criação de emprego e renda no Brasil: fixação das famílias no campo, ampliando de forma sustentável a agricultura local;
- Utilização de terras inadequadas para o plantio de gêneros alimentícios;
- Disponibilização de um combustível ambientalmente correto.

Mais tarde, as atividades do referido programa, somadas a tantas outras em curso no Brasil, levaram a Casa Civil da Presidência da República a constituir o **GRUPO DE TRABALHO INTERMINISTERIAL - BIODIESEL** para tratar das questões relacionadas à utilização do Biodiesel no Brasil.

Em decorrência dos levantamentos feitos sob a coordenação da Casa Civil, no âmbito do Decreto de 02 de julho de 2003, com vinculação à Câmara de Políticas de Infra-estrutura do Conselho do Governo, foi elaborado o Relatório Final, aprovado pelo Presidente da República, o qual recomendava a utilização do biodiesel.

Em 23 de dezembro de 2003, foi assinado novo Decreto Presidencial com vistas ao desenvolvimento das ações que propiciassem a produção e o uso do biodiesel no Brasil. Para a condução dos trabalhos, foram criados uma **COMISSÃO EXECUTIVA INTERMINISTERIAL E UM GRUPO GESTOR**. Esse último, coordenado pela Secretária de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis do Ministério de Minas e Energia, tem a função de executar as ações relativas à gestão operacional e administrativa voltadas para o cumprimento das estratégias e diretrizes estabelecidas pela Comissão Executiva Interministerial.

A seguir relatamos algumas das ações desenvolvidas pelo MME no que se refere à avaliação da atratividade de introdução do biodiesel no mercado de biodiesel, ao longo do 2º semestre de 2003, ainda no âmbito do PROGRAMA BIODIESEL – O COMBUSTÍVEL VERDE. Vale ressaltar que os estudos preliminares feitos à época focaram mais intensamente a produção do biodiesel através da mamona plantada no semi-árido nordestino. Ou seja, não estão inseridas no presente texto os desdobramentos decorrentes das ações do Decreto Presidencial de 23 de dezembro de 2003.

### 3. Desafios sociais do Projeto Biodiesel no semi-árido nordestino

Como é sabido, a Região Nordeste caracteriza-se por ser uma das regiões com maiores níveis de carência de recursos e de desenvolvimento social e econômico. Portanto, implantar um projeto auto-sustentável, produzindo biodiesel em uma região de atividade econômica incipiente, de clima nem sempre favorável ao cultivo de gêneros alimentícios, que gere renda, que combata a exclusão social, a miséria e o analfabetismo constitui-se, por si só, em um desafio para nossa



capacidade de criar soluções economicamente viáveis e socialmente justas.

Nesse sentido, o Projeto Biodiesel, focado nas oportunidades do semi-árido nordestino, passou a constituir tema de grande prioridade no Ministério de Minas e Energia. Portanto, passamos a investigar as potencialidades da produção do biodiesel a partir de diferentes oleaginosas, compatíveis com as características de clima, solo e nível pluviométrico da região.

## 4. Capacidade de produção de oleaginosas

Segundo dados de 2003, publicados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), registra-se potencial de cultivo de 90 milhões de hectares, distribuídos em todas as regiões do Brasil. De forma muitíssimo simplificada, na região Norte do País identifica-se expressivo potencial de cultivo de soja, dendê e babaçu. Na região Centro-Oeste, tem-se a soja, a mamona, o algodão e o girassol. Na região Sudeste, os dados explicitam como sendo a soja, mamona, algodão e girassol as oleaginosas mais adequadas às condições de clima e solo. Finalmente, no Nordeste, babaçu, soja, mamona, palma e algodão constam como sendo as oleaginosas mais adequadas ao plantio.

À luz das informações aqui registradas, do esforço tecnológico ao longo de vários anos empreendido por pesquisadores do TECBIO – TECNOLOGIAS BIOENERGÉTICAS LTDA, localizado em Fortaleza, Ceará, bem como das oportunidades de se explorar as especificidades da região nordestina, o MME entendeu que, em uma primeira etapa do PROGRAMA BIODIESEL – O COMBUSTÍVEL VERDE, seria adequado verificar a atratividade técnica e econômica de se produzir biodiesel através da mamona, a partir da rota etílica, considerando não só o mercado interno, mas também a exportação do biodiesel de mamona.

## 5. Estudo preliminar de viabilidade técnica e econômica

Em consonância com as diretrizes governamentais para o desenvolvimento de programas com foco na inclusão social, geração de emprego e renda, o MME elaborou um Estudo de Pré-Viabilidade Técnica e Econômica da Produção do Biodiesel no Semi-Árido Nordestino. Para tal, utilizou como premissa o cultivo da mamona. O objetivo do estudo foi obter, ainda que de forma incipiente, o custo de produção de biodiesel por litro, comparando, em relação ao diesel, seu custo de oportunidade nos mercados interno e externo. O trabalho contemplou, à época, o traçado de cenários, a quantificação de produção em plantas de processo, o cálculo da área a ser cultivada e, finalmente, a avaliação econômica propriamente dita.



## 6. Estimando o mercado interno

Como premissa de mercado para produção de biodiesel no Brasil, tomou-se como base a meta de utilização adotada na Europa através da Diretiva 2003/30/CE, firmada em 08 de maio de 2003. A Diretiva prevê uma escala de substituição do diesel e gasolina por biocombustíveis e combustíveis renováveis de 2% em 2005 e 5,75% em 2010. No estudo em questão, foi adotada a seguinte rampa de crescimento:

Anos	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Meta de Substituição de diesel no Brasil	2,00%	2,75%	3,50%	4,25%	5,00%	5,00%

Considerando o mercado realizado em 2002, de 32,3 milhões toneladas, a massa de combustível a ser substituída seria de:

Anos	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Meta de produção de biodiesel no Brasil (milhões t/ano)	0,647	0,889	1,132	1,374	1,617	1,617

Da meta total de substituição, adotou-se hipoteticamente que a produção de biodiesel, tendo como base o óleo de mamona, poderia ser de 50%, resultando nas seguintes metas de produção:

Anos	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Meta de produção de biodiesel utilizando óleo de mamona (milhões t/ano)	0,323	0,445	0,566	0,687	0,808	0,808

## 7. Mercado para exportação de biodiesel

Como premissa para estimativa do mercado focado na exportação do biodiesel de mamona, foi considerado, a título de exemplo apenas, o potencial de exportação para o mercado europeu, mais especificamente para o mercado alemão. Como premissa para o mercado estimado, a estimativa desse mercado foi computada como a diferença entre a meta a ser atendida pela Diretiva Européia e a capacidade de produção atual da Alemanha, resultando na seguinte demanda:

Anos	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Exportação para a Alemanha (milhões t/ano)	0	0	0	0,221	0,456	0,691

## 8. Totalização das oportunidades

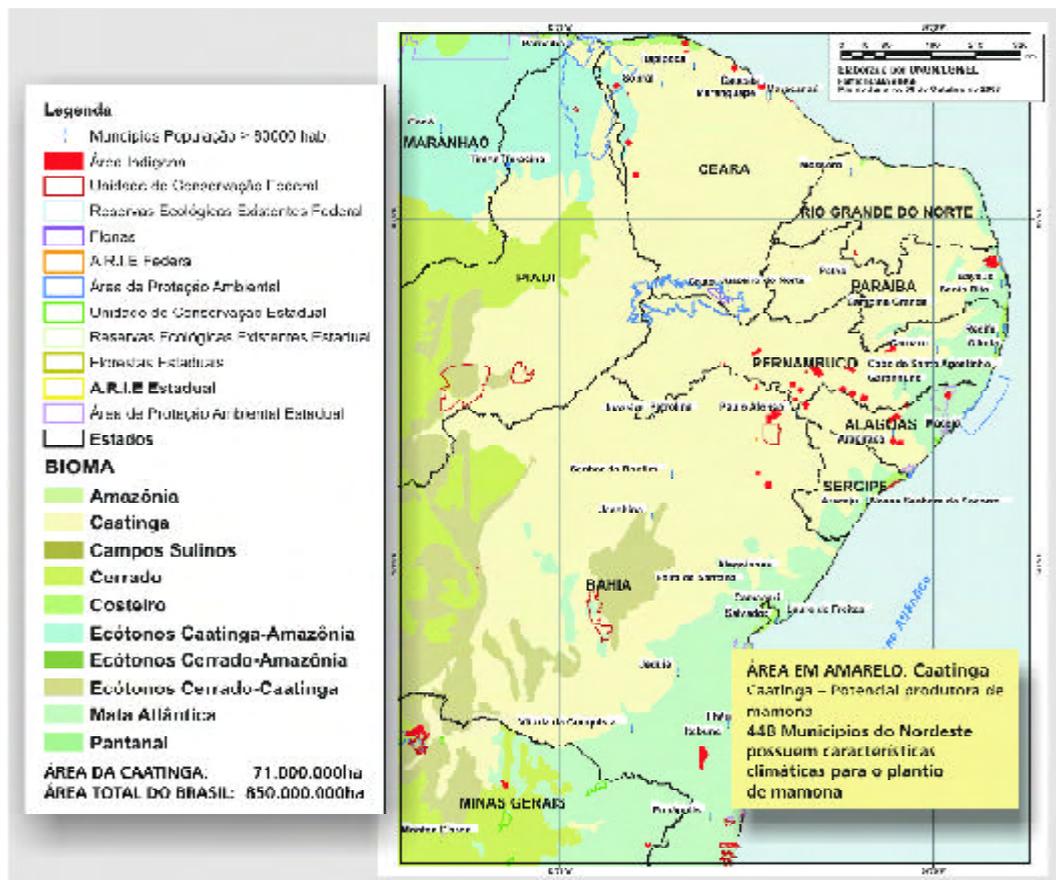
O mercado total projetado é a soma dos mercados interno e externo, não tendo sido considerado o crescimento vegetativo do mercado.

Anos	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Mercado total de biodiesel produzido de óleo de mamona (milhões t/ano)	0,323	0,445	0,566	0,908	1,261	1,499

## 9. Produção de matérias-primas

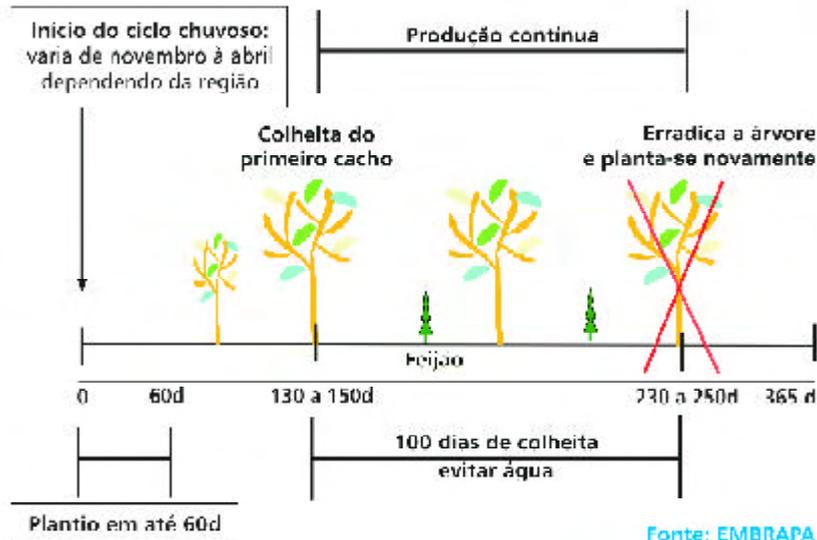
### Mamona

A Embrapa, em mapeamento de setembro de 2003, identificou 448 municípios aptos para o cultivo da mamona na região Nordeste. Foram selecionados municípios que apresentam temperatura média do ar entre 20°C e 30°C, precipitação pluvial no período chuvoso superior a 500mm e altitude entre 300m e 1500m. Foram identificados nove municípios no Estado de Alagoas, 189 na Bahia, 74 no Ceará, doze no Maranhão, 48 na Paraíba, 45 em Pernambuco, 42 no Piauí, 26 no Rio Grande do Norte e três em Sergipe. Em decorrência, apresentamos, no mapa e gráfico abaixo, possíveis localizações do plantio da mamona bem como esquema simplificado do ciclo de vida da mamona, plantada em simbiose com o feijão.





## Ciclo de vida da mamona



### Produção de etanol: reação de transesterificação

A cana-de-açúcar é cultivada no Nordeste, em especial nos Estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco e Ceará. Neste estudo, também a título de exercício, admitiu-se ser necessária a ampliação da produção de álcool etílico para atendimento ao novo mercado, qual seja: produção de biodiesel através da transesterificação do óleo de mamona por rota etílica.

### Biodiesel na Alemanha

A Alemanha tem uma capacidade nominal de produção de biodiesel de 1,1 milhões de toneladas, a partir de 16 plantas, com capacidades instaladas que variam de 150 mil a 5 mil toneladas por ano. Em 2002 essas plantas produziram 550 mil toneladas do combustível.

O mercado de biodiesel na Alemanha está dividido em grandes consumidores (65% do mercado), dentre eles as frotas de táxis e ônibus, e pequenos consumidores (os demais 35%), que entram no mercado através dos postos revendedores. Ao final de 2003, os dados de literatura indicavam a existência de 1700 postos revendedores. Ou seja, 10% dos postos da Alemanha dispõem de bomba de biodiesel – B100.

Adicionalmente, informamos que a Alemanha é um País fortemente dependente do suprimento externo de petróleo, haja vista sua produção interna e sua demanda. No ano de 2002, o consumo de derivados foi de 2,71 milhões barris por dia contra uma capacidade de refino de 2,28 milhões barris por dia. No que se refere ao consumo de diesel de petróleo, o consumo em 2002 foi de 31,3 milhões de barris por dia.

## Produção de óleo de mamona

Como premissas para produção do óleo de mamona foram utilizadas as seguintes dados:

Produtividade (kg de mamona produzida por hectare) = 1000 kg / ha;

Teor de óleo da mamona = 50%;

Produção de óleo por ano e por hectare = 0,5 t / ha / ano;

Empregos gerados por hectare = 0,5;

Composição média do biodiesel= 90% óleo de mamona e 10% álcool etílico;

Custo de Produção do consórcio mamona com feijão= R\$ 546/ha;

Esses dados processados resultaram nos seguintes custos de produção de óleo e da área plantada.

CUSTO DE PRODUÇÃO DO ÓLEO						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Custo de produção anual (milhões R\$/a)	331,72	535,81	685,57	1.100,42	1.531,69	1.816,07
Produção de óleo (t/a)	291.024,0	400.158,0	509.292,0	817.551,0	1.137.930,0	1.349.235,0
Produção feijão anual (t/a)	291.024,0	400.158,0	509.292,0	817.551,0	1.137.930,0	1.349.235,0
Receita da venda do feijão (mil R\$/a)	203.716,80	280.110,80	356.504,40	572.285,70	796.572,00	944.484,50

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Área Plantada - Mamona (ha)	582,048	800,316	1.018,584	1.635,102	2.275,820	2.698,470

## Investimentos em plantas de biodiesel

Como base para cálculo, foi considerada no estudo a aquisição de treze plantas de processamento de biodiesel. Foi considerado o custo de uma planta de grande porte da Empresa Lurgi (da Alemanha).

Investimento nas Plantas de Biodiesel						
	tpd	ipe	Investimento (milhões US\$)			
Planta de Médio Porte	200	80000	10			
Planta de Grande Porte	400	120000	15			
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Número de plantas de grande porte	3	4	5	8	11	13
Investimentos em plantas (milhões US\$)	45,0	60,0	75,0	120,0	165,0	195,0

## Localização da área de cultivo e das localizações das plantas de biodiesel

A título de exemplo, somente para proceder aos cálculos necessários à conclusão deste estudo simplificado, registramos no mapa a seguir algumas regiões apontadas pela literatura como propícias à produção de biodiesel, seja pelas condições de clima e solo, seja pela proximidade destas às rodovias e portos visando à redução dos custos de frete. Essa última premissa estaria vinculada à facilidade de se exportar biodiesel para outros países.

## Resultados do pré-avte

O resultado do custo anual do plantio da mamona e da cana-de-açúcar, juntamente com os investimentos em plantas de processamento, foram inseridos em uma planilha e descontados em um fluxo de caixa de 20 anos, com uma taxa de desconto de 13%. Dadas essas premissas, encontrou-se um custo de biodiesel de R\$ 1,025 por litro. Esse custo, embora ligeiramente maior do que o diesel produzido na refinaria, indica competitividade promissora para o biodiesel,



visto que não foram avaliados a economicidade dos co-produtos do processo, que são o feijão e a torta decorrente da fase de esmagamento da mamona, produzidos no plantio, e a glicerina, produzida no processo de transesterificação. Também não foram considerados os impostos e os custos dos fretes desde as áreas de plantio até a planta de produção do biodiesel.

Mercado de biodiesel	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Mercado de óleo diesel nacional (milhões t/a)	32,3	32,5	32,2	32,3	32,3	32,3
Meta de substituição do diesel no Brasil	2,00%	2,75%	3,50%	4,25%	5,00%	5,00%
Meta de produção de biodiesel (t/a)	0,147	0,898	1,132	1,374	1,617	1,617
Percentual de participação da mamona na produção de biodiesel	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Mercado brasileiro de diesel (milhões t/a)	0,321	1,445	0,968	0,187	0,900	0,300
Mercado Alemão de diesel (milhões t/a)	31,5	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3
Meta de substituição de diesel na EU	2,00%	2,75%	3,50%	4,25%	5,00%	5,75%
Capacidade de produção Alemanha (2009) (milhões t/a)	1,109	1,109	1,109	1,109	1,109	1,109
Déficit Alemão baseado na capacidade de produção atual (milhões t/a)	0,000	0,000	0,000	0,221	0,466	0,661
Mercado total (milhões t/a)	0,323	0,445	0,968	0,908	1,264	1,409

Hectares plantados	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Hectares plantados de mamona (mil)	682,0	800,3	1.018,6	1.134,1	2.270,9	2.688,8
Hectares plantados para produção de álcool (mil)	7,6	10,5	13,3	21,4	25,8	35,4
Total (mil ha)	599,7	810,8	1.031,9	1.655,5	2.305,7	2.733,8

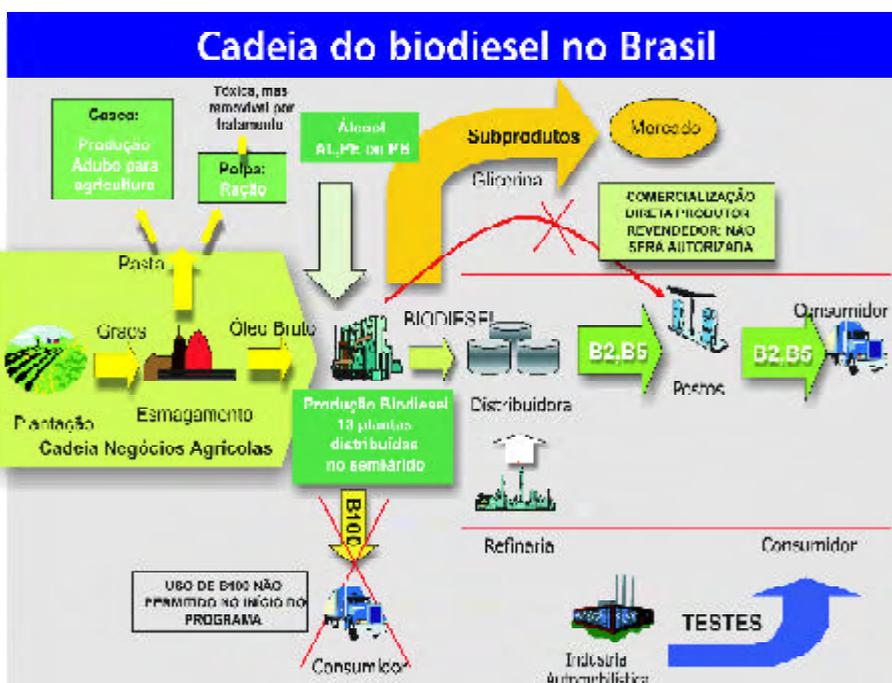
Investimentos	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Investimento em plantas biodiesel (milhões US\$)	45,0	15,0	15,0	45,0	45,0	30,0
Investimento em usinas de álcool (milhões US\$)	16,7	0,0	0,0	16,7	0,0	0,0
Total - 13 plantas e 2 usinas (milhões US\$)	61,7	15,0	15,0	61,7	45,0	30,0

Custos operacionais	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Planta de mamona (milhões R\$)	397,7	538,6	626,6	1.000,4	1.531,7	1.376,7
Planta de cana (milhões R\$)	22,9	31,6	40,6	34,2	32,5	106,1
Operação na Planta (milhões R\$)	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
Total (milhões R\$)	435,1	590,6	746,1	1.135,2	1.641,7	1.342,7

Custo do Biodiesel - (R\$/l) - sem impostos	1,025
---	-------

### Cadeia de produção de biodiesel

A cadeia de produção do biodiesel mais adequada ao Brasil demandará amplas discussões no intuito de maximizar o atendimento dos interesses sociais, econômicos, técnicos e ambientais. Na fase inicial do PROGRAMA BIODIESEL – COMBUSTÍVEL VERDE, o MME entendeu como prudente não considerar a comercialização direta do biodiesel pelo produtor, mas sim por intermédio de um distribuidor de derivados, que ficaria responsável pela mistura e venda para o revendedor. Esse procedimento visa não provocar mudanças significativas na cadeia de comercialização de combustíveis líquidos instalada no Brasil. Além do que, a abertura irrestrita da comercialização desse novo combustível, misturado ao diesel, poderia suscitar práticas de adulteração, hoje presentes no mercado.



### Custo de exportação do biodiesel

Com base nos custos de frete estimados através de custos de transporte de álcool, e adotando a premissa de que as margens de distribuição e revenda adotadas na Alemanha são similares às brasileiras, o custo para venda do biodiesel na Alemanha foi contabilizado em R\$ 1,43 por litro, competitivo com o preço praticado em setembro de 2003 na Alemanha, qual seja: R\$ 2,14 por litro (0,64 Euros/litro).

## 10. Metas que o MME considera plausíveis

Os quadros a seguir apresentam os números apontados no estudo de pré- viabilidade, que pelo alto significado para a Região Nordeste e para o Brasil, em especial pelo número de empregos gerados, constituem-se em metas com significativos impactos sociais, sobretudo no Semi-Árido Nordestino.





Nesse sentido, em dezembro de 2003, contratou através da BR Distribuidora, a UFRJ/COPPE, Engenharia de Produção, mais especificamente o grupo de trabalho liderado pelo Prof<sup>o</sup> Dr Carlos Alberto Nunes Cosenza, para o projeto intitulado – “Estudo de Localização de Pólos de Produção de Biodiesel no Semi-Árido Nordestino”.

Colaboração na elaboração do presente texto:

Eng<sup>o</sup> Ricardo de Gusmão Dornelles e Ricardo Borges Gomide da Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis do Ministério de Minas e Energia.

Literatura Consultada:

DIRECTIVA 2003/30/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 8 de Maio de 2003, relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Departamento de Açúcar e do Alcool – Estimativa de Custo de Produção de Oleaginosas.

Zoneamento e Época de Plantio da Mamoneira para o Nordeste Brasileiro, Beltrão, N. E. M.; Araújo, A. E.; José Américo Bordini do Amaral, J. <sup>a</sup> B.; Liv Soares Severino, L. S.; Cardoso, G. D. & Pereira, J. R; Embrapa Algodão – PB.

Plano de Desenvolvimento para a Ricinocultura do Estado da Paraíba – Primeira Aproximação; Beltrão, N. E. M.; Embrapa Algodão – PB.

Biodiesel – Uma Aventura Tecnológica num País Engraçado, Parente, E. J. S.; Editora Gráfica – CE.



## 8.10 JOSÉ NILTON DE SOUZA VIEIRA

### O biodiesel e o desafio da inclusão social

José Nilton de Souza Vieira

Economista, Coordenador Geral de Acompanhamento e Avaliação do Departamento do Açúcar e do Alcool do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Em meio a um contexto de franca expansão do complexo agroindustrial brasileiro, uma nova e importante oportunidade de negócios começa a se apresentar. A motivação vem da crescente preocupação com a poluição ambiental, que trouxe para os debates uma velha alternativa, há muito abandonada pela indústria automotiva: a utilização de óleos vegetais como combustível para motores do chamado “ciclo diesel”<sup>1</sup>.

Se, no passado, os baixos custos do petróleo inviabilizavam a concorrência dos combustíveis de biomassa, hoje o panorama é bem diferente. O óleo mineral encontra preços de equilíbrio em patamares significativamente mais elevados. Do outro lado, a própria modernização tecnológica porque passou a agricultura em todo o mundo, combinada com o atrativo da renovabilidade, tem conferido grande status a algumas matérias-primas de características energéticas.

O caso mais notável é o da cana-de-açúcar, permitindo que o álcool brasileiro tenha custos competitivos com a gasolina. Adicionalmente, a otimização do processo de queima do bagaço, até recentemente tratado como simples resíduo, não apenas permite a geração de energia elétrica que atende às necessidades da usina, como também vem se transformando numa fonte adicional de receitas, a partir da comercialização dos excedentes.

Não custa lembrar que o álcool vem prestando um excepcional serviço à nossa matriz energética, há mais de duas décadas. Entretanto, a redução da dependência em relação ao óleo diesel continua sendo um grande desafio. E esforços já vêm sendo feitos no sentido de superá-lo. Destaque-se a busca da maior utilização dos modais alternativos de transporte, especialmente hidrovias, e, mais recentemente, os estudos para aditivação do diesel mineral, segundo duas opções: etanol ou o próprio óleo vegetal processado, chamado de biodiesel.

É dentro dessa segunda alternativa que será feita uma breve abordagem, especialmente em relação aos efeitos esperados para o setor agrícola. Buscando

<sup>1</sup> Como é amplamente conhecido, os primeiros testes do engenheiro Rudolf Diesel, no final do século XIX e início do século XX, utilizavam o óleo de amendoim como combustível. A descoberta de grandes reservas de petróleo, tornando esse combustível muito barato, levou ao abandono das pesquisas com os óleos vegetais.



subsidiar as análises, serão estabelecidos dois cortes. O primeiro, de cunho geográfico, objetiva demonstrar a grande vocação do Brasil para se consolidar definitivamente como uma referência em produção, utilização e exportação de energia renovável. As restrições à produção doméstica, especialmente no Japão e entre os membros da Comunidade Européia, deverão impulsionar o surgimento de um mercado internacional em breve.

O segundo corte, por sua vez, busca abordar o processo de desenvolvimento da nossa agricultura dentro de uma perspectiva histórica, o que é fundamental para a compreensão dos limites ao processo de inclusão social que se deseja implementar a partir do fomento à produção de matérias-primas para a produção de biodiesel em estabelecimentos de agricultura familiar. É importante considerar que, à medida que esse novo produto se transformar num grande negócio, o mercado tenderá a excluir os produtores menos competitivos.

## Biomassa: uma vocação natural da agricultura brasileira

Um dos postulados agrônômicos básicos afirma que a energia de biomassa é fruto da combinação de três recursos naturais: luz, calor e umidade. Como sabemos, os dois primeiros têm a mesma fonte, o sol. É também notório que a luz solar atinge a Terra com maior intensidade nas regiões tropicais (entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, situados 30° ao norte e 30° ao sul da linha do Equador, respectivamente), onde são registradas as maiores taxas de luminosidade e as mais elevadas temperaturas médias anuais.

Dentro dessa faixa tropical, existem quatro grandes blocos continentais de terras. O maior deles é o continente africano, que apresenta sérias restrições quanto à disponibilidade de recursos hídricos. Essa restrição também aparece em boa parte do território australiano, o menor dos blocos e que tem a maior parte de seu território situada abaixo da região tropical. Os outros dois blocos são a porção sul do continente asiático e uma parcela considerável da América Latina.

Em relação ao continente asiático, embora predomine o clima tropical úmido, é a região que concentra a maior densidade populacional do mundo. Logo, além de haver o choque entre a produção de energia de biomassa e a segurança alimentar, o aumento da renda per capita desses países deverá estimular o aumento do consumo local de energia, resultando em menores excedentes exportáveis. Com isso, a América Latina pode ser vista como a região com maior potencial para a produção e exportação de energia renovável, seja o álcool, seja o biodiesel. E, naturalmente, dentro da América Latina, está o Brasil, congregando uma expressiva parcela dessas terras.

Ressalte-se que a maior parte das terras brasileiras encontra-se acima do Trópico de Capricórnio, tendo uma alta taxa de luminosidade média anual. Adicionalmente, com exceção do sertão nordestino, a regularidade das chuvas é outro fator extremamente positivo para o desenvolvimento da agricultura, inclusive lavouras de ciclo mais longo, como a cana-de-açúcar, cujo cultivo é impraticável em regiões sujeitas a geadas e nevascas.

Conjugado com essa privilegiada combinação de solo e climas está um altíssimo padrão tecnológico, que vem permitindo elevado crescimento na produção agrícola, com incrementos apenas marginais na área plantada. Da mesma forma,



tem havido uma verdadeira revolução no manejo da pecuária de corte, especialmente nos Estados das regiões Sudeste e Centro-Oeste, permitindo a liberação de áreas de pastagens para a exploração agrícola.

Os números da última safra apontam para uma área plantada de aproximadamente 63 milhões de hectares, sendo 43 milhões de hectares de lavouras anuais, 15 milhões de hectares de lavouras permanentes e 5 milhões de hectares de reflorestamento, especialmente para as indústrias de papel e celulose e siderúrgica (carvão vegetal). A essa área já explorada pela agricultura soma-se um potencial de aproximadamente 150 milhões de hectares, sendo 90 milhões de hectares referentes a novas fronteiras agrícolas e 60 milhões referentes a terras de pastagens que podem ser convertidas para a exploração agrícola no curto prazo (essas terras montam a 220 milhões de hectares).

Os dados mostram que o Brasil explora menos de um terço da sua área agricultável, constituindo a maior fronteira para a expansão agrícola em todo o mundo. Adicionalmente, o manejo sustentável da floresta amazônica, onde existem aproximadamente cem variedades de palmáceas já catalogadas, poderá permitir forte incremento na produção de óleos vegetais, em regime de extrativismo, de forma a suprir a demanda regional por óleo diesel, especialmente como combustível para geradores de eletricidade.

Nessa mesma região amazônica, existem estudos indicando que há aproximadamente 3 milhões de hectares já desmatados, nas imediações das cidades, que podem ser incorporados ao cultivo da palma. Abre-se a possibilidade do desenvolvimento de uma lavoura permanente, intensiva em mão-de-obra, com alto rendimento de óleo por hectare. O pleno aproveitamento desse potencial permitiria uma produção superior a 15 milhões de toneladas de óleo vegetal, representando quase a metade do nosso consumo atual de óleo diesel.

A grande diversidade de opções, especialmente a palma na Região Norte, a soja, o girassol e o amendoim nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, e a mamona, que, além de ser a melhor alternativa para o semi-árido nordestino, apresenta-se também como alternativa para as demais regiões do País, deixam a certeza de que o biodiesel tem condições de não apenas ocupar um papel de destaque em nossa matriz energética, como também de se transformar em novo produto de nossa pauta de exportações.

## O biodiesel: nova oportunidade de negócios

Hoje, quase trinta anos após o início da implementação do Programa Nacional do Álcool, responsável por uma verdadeira revolução no complexo agroindustrial sucroalcooleiro, estamos diante de uma nova empreitada, que poderá assumir dimensões até maiores do que aquela que a precedeu: um programa nacional para a produção de biodiesel. A incorporação do diesel vegetal à matriz energética, seja em misturas (discute-se algo entre 5 e 20% numa fase inicial), seja o biodiesel puro (conhecido como B-100), começa a se transformar em realidade.

Os estudos preliminares já apontam para grandes vantagens da mistura do biodiesel ao diesel de petróleo. Do ponto de vista ambiental, o produto renovável contribui para uma sensível redução nas emissões de poluentes, especialmente os óxidos de enxofre, uma vez que a maior viscosidade do óleo vegetal permite o



natural aumento da lubricidade dos motores. Essa vantagem é ainda mais evidente quando se trata do biodiesel de mamona, que, no entanto, apresenta obstáculos à mistura em proporções mais elevadas (superiores a 20%).

Em relação aos aspectos econômicos, os custos de produção do biodiesel a partir de matérias-primas como o girassol, a palma ou a mamona, estão situados em patamares muito próximos aos atuais preços internacionais para o óleo diesel derivado de petróleo. O próprio regime tributário, conferindo vantagens ao combustível renovável, pode compensar eventuais diferenças de custos, especialmente em situação de flutuação dos preços<sup>2</sup>.

Uma observação importante diz respeito ao fato de os preços internacionais dos óleos vegetais virem se mantendo em patamares muito superiores aos dos combustíveis, embora seus custos de produção sejam competitivos. Logo, dependendo de como se dará o processo de produção do biodiesel, o parâmetro mais relevante para se chegar ao seu preço é o custo de oportunidade da utilização das matérias-primas. Esse custo de oportunidade, por exemplo, sugere pouca competitividade da soja, cujos preços atuais absorveram os efeitos da queda na atual safra americana.

Dessa forma, o programa deve ser pensado respeitando-se as peculiaridades regionais. Em localidades distantes das refinarias de petróleo, por exemplo, o biodiesel pode apresentar custos bastante atraentes. É o caso do norte do Mato Grosso, onde a própria carência de infra-estrutura de transportes, encarecendo tanto a chegada do combustível fóssil quanto o escoamento da produção agrícola, pode permitir a viabilização de níveis mais elevados de mistura, inclusive a partir do óleo de soja.

Esse potencial é ainda mais evidente na região amazônica, seja para abastecer os barcos, seja para geradores de eletricidade. Em muitas comunidades, mais distantes dos rios navegáveis, o custo de transporte chega a ser superior ao próprio valor do óleo diesel. Com isso, se o objetivo é a redução da dependência em relação ao combustível fóssil, o programa deve ser desenhado para respeitar todas essas especificidades.

## Exclusão social: o resultado da expansão desordenada

O maior desafio do atual Governo, na agricultura, sem dúvidas, é dar curso a um efetivo programa de reversão do processo de expulsão por que vem passando um maciço contingente de agricultores e trabalhadores rurais nas últimas décadas. O êxito nessa empreitada está condicionado a uma boa compreensão de como se deu o processo e, acima de tudo, ao respeito a alguns princípios fundamentais que determinam o atual padrão de exploração econômica dos estabelecimentos rurais, baseado na agricultura tecnificada. É dentro desse contexto que o programa de biodiesel deve ser pensado como vetor de inclusão social.

---

<sup>2</sup> Cabe lembrar que embora a Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico sobre Combustíveis, criada pela Lei nº 10.336/02 não tenha contemplado a possibilidade da incorporação do biodiesel à nossa matriz energética (faz referências apenas aos derivados de petróleo, o gás natural e o álcool combustível), pelo seu caráter de imposto regulatório, ela pode perfeitamente ter suas alíquotas definidas com o propósito de assegurar a viabilidade da utilização do combustível renovável, especialmente em situações de queda nos preços internacionais do petróleo.



A análise do processo de evolução da agricultura brasileira nas últimas décadas merece uma atenção especial, e uma comparação com a agricultura americana pode ser muito útil. Embora sejam países de dimensões continentais, com uma área agricultável total muito parecida, é fácil constatar grande diferença entre os impactos do progresso técnico, especialmente a mecanização da atividade agrícola, sobre a estrutura fundiária e sobre as relações sociais de produção na agricultura desses dois países.

Enquanto nos Estados Unidos a fronteira agrícola já havia sido aberta no final do século XIX, no Brasil, o processo de interiorização começou apenas na segunda metade do século passado. Diferentemente daqui, a estrutura fundiária americana já estava consolidada quando houve a intensificação do processo de mecanização na agricultura, a partir dos anos de 1960. Com isso, houve apenas um processo marginal de acomodação, decorrente do novo padrão tecnológico.

No Brasil, por outro lado, até os anos de 1950, a fronteira agrícola era limitada a uma faixa de aproximadamente 500 quilômetros do litoral, desde o Rio Grande do Sul até o Estado do Ceará. A maior penetração no interior se concentrava no norte de São Paulo e Triângulo Mineiro, além do semi-árido nordestino. A incorporação do novo padrão tecnológico ocorreu paralelamente ao processo de interiorização da agricultura.

Daí uma curiosidade que precisa ser estudada com maior rigor científico: grande parte das terras localizadas nessa faixa próxima ao litoral é caracterizada pelo relevo montanhoso, o que ofereceu forte restrição à incorporação da mecanização. As exceções estavam nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo, por onde se difundiu essa agricultura em grande escala.

A revolução tecnológica na agricultura começou justamente por ocasião do processo de substituição de importações, que promoveu rápida concentração industrial em São Paulo, atraindo populações que ficaram ociosas no interior do Estado para a ocupação dos postos de trabalho gerados na capital e região metropolitana. Nos dois Estados do Sul, porém, a ociosidade da força de trabalho familiar, resultante da mecanização das atividades nos estabelecimentos rurais, impulsionou um grande fluxo migratório para o norte, abrindo as fronteiras nos Estados do antigo Mato Grosso e Goiás.

Uma outra importante região de terras planas é o semi-árido nordestino. Entretanto, as adversidades climáticas sempre fizeram da atividade agrícola um investimento de risco, inibindo a estruturação de grandes empreendimentos. Em função disso, nessa região predominou o padrão de exploração baseado nos estabelecimentos de agricultura familiar e em culturas mais resistentes ao clima hostil.

A maior parte dessa área tradicionalmente ocupada pela agricultura, no entanto, tinha na topografia um fator restritivo à absorção do novo padrão tecnológico. A abertura das novas fronteiras, com custos de produção significativamente menores, trouxe sensível redução nos preços de equilíbrio e a inviabilização econômica de grande parcela desses estabelecimentos tradicionais. A exceção talvez tenha sido a cotonicultura do nordeste, quase dizimada anos mais tarde pelo bicudo, porém antes da expansão da cultura no Centro-Oeste.

A interiorização da agricultura foi acompanhada por um crônico processo de estagnação econômica de boa parte de uma faixa que vai desde a Zona da Mata Mineira e os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo até a Zona da Mata Nordestina. Daí é interessante observar que, nessas regiões que não tiveram contato



com o novo padrão de produção, a alternativa da população foi migrar para os centros urbanos. A ausência de um processo de aprendizado pode explicar a inexpressiva participação de migrantes dessas áreas na ocupação das novas fronteiras agrícolas.

A estagnação econômica dessa região tornou-se visível a partir do aumento do desemprego e da redução do nível de exploração dos estabelecimentos rurais, dando suporte ao fortalecimento dos movimentos em defesa da reforma agrária. Entretanto, o latifúndio improdutivo e o desemprego no meio rural foram apenas conseqüências de um rápido processo de incorporação de novas áreas, mais apropriadas à agricultura em larga escala, numa situação paradoxal ao que a teoria econômica clássica poderia sugerir<sup>3</sup>.

Esse processo foi corroborado pela miopia das autoridades governamentais, que apenas computavam o ritmo de crescimento da produção agrícola, sem atentar para um verdadeiro estado de convulsão social que estava se instalando. Os dados estatísticos, coletados pelo IBGE, apenas registravam transformações, como o acelerado processo de urbanização, sem permitir o estabelecimento de uma relação de causalidade e, muito menos, o dimensionamento de suas implicações.

É dentro desse contexto, em que o processo de exclusão do meio rural teve como uma das causas a incorporação de um grande contingente de terras, muito mais apropriadas ao novo padrão tecnológico, e onde menos de um terço dessas terras agricultáveis já está sendo racionalmente explorada, que deve ser pensada a busca de alternativas para as regiões estagnadas.

## Biodiesel: uma alternativa com restrições

Um dos fatores de propulsão de um programa nacional para a produção de biodiesel é o fato dele se apresentar como importante vetor de inclusão social, especialmente porque estudos preliminares sugerem a viabilidade econômica da produção da mamona em pequenas propriedades, justamente na região mais carente de oportunidades de investimentos: o semi-árido nordestino.

Por ser uma lavoura pouco exigente em relação a solo e clima, pode permitir a incorporação de um grande número de estabelecimentos de agricultura familiar naquela região, a custos de implantação relativamente baixos. Adicionalmente, o plantio consorciado com o feijão pode gerar uma renda complementar que, além de assegurar a viabilização econômica dos empreendimentos, permitirá sensível redução no custo de produção do combustível.

Juntamente com a mamona, um conjunto de outras oleaginosas, que podem ser cultivadas eficientemente pela agricultura familiar, como as palmáceas e produtos menos tradicionais como o nabo forrageiro e o pinhão manso, vem trazendo expectativas muito otimistas não apenas em relação ao potencial para a produção do biodiesel, mas também em relação à participação da agricultura familiar nesse novo negócio.

---

<sup>3</sup> Segundo a Teoria da Renda da Terra, desenvolvida pelo economista inglês David Ricardo ainda no início do século XIX, o processo de ocupação das fronteiras agrícolas tende a começar pelas terras mais nobres. Tal teoria consiste no princípio de que com o crescimento da demanda por alimentos, e a conseqüente necessidade de aumento da produção, começam a ser utilizadas terras de qualidade inferior, implicando aumento no custo de produção dos alimentos. Logo, os proprietários das terras melhores passam a ter um ganho extra, referente à diferença entre os custos de produção nessas terras e os novos preços de mercado dos alimentos, determinados pelos custos de produção nas terras menos produtivas.

---



Entretanto, algumas restrições precisam ser observadas. A maior delas diz respeito ao fato de que, ao se tornar um bom de negócio, a produção de biodiesel deve atrair grandes investimentos. Logo, os estabelecimentos de agricultura familiar precisam estar suficientemente estruturados para suportar um ambiente de competição. A própria experiência do Proalcool, onde fracassaram os projetos de implantação de microdestilarias, precisa ser melhor estudada.

Outro fator a ser considerado é que, embora haja a necessidade de produzir alternativas econômicas para as regiões em processo de estagnação, ainda há uma grande extensão de terras a serem incorporadas à agricultura nas novas fronteiras agrícolas. Essas terras oferecem condições de competitividade mais favoráveis. Logo, por mais legítimo e necessário, o propósito de promover a recuperação de regiões como o semi-árido terá como obstáculo a maior atratividade de outras regiões.

É importante salientar que um programa de biodiesel deve estar calcado num tripé de sustentabilidade: econômica, social e ambiental. Se, do ponto de vista ambiental, os benefícios são evidentes, o mesmo não pode ser dito em relação aos aspectos econômicos e sociais. Daí pode resultar que o privilégio à competitividade econômica, de modo a evitar a majoração nos custos de transportes, pode restringir o potencial de inclusão social.

Além disso, uma maior capilaridade da base produtiva agrícola, inclusive com especial enfoque nas regiões carentes de oportunidades de investimentos, pode representar a necessidade de políticas compensatórias, como os subsídios diretos à produção ou a renúncia fiscal. Nesse caso, haverá perdas líquidas de receitas para os Governos Federal e Estaduais.

Desse modo, deve-se buscar a compatibilização entre essas variáveis, de forma a assegurar a maximização do aproveitamento do potencial produtivo, especialmente considerando a possibilidade concreta da constituição de um mercado internacional para esse novo produto. Convém lembrar que, se por um lado, o semi-árido não consegue competir com regiões de maior regularidade climática, por outro lado, biodiesel de mamona produzido naquela região, conforme estudos preliminares, pode chegar à Europa com custos bem inferiores aos preços praticados naquele continente.

## Conclusões

O Brasil tem uma grande extensão de terras agricultáveis, combinada com diferentes padrões climáticos, o que lhe confere perfeitas condições para ser referência na produção e exportação de energia de biomassa. O êxito com o álcool leva à certeza de que o biodiesel também pode ser produzido competitivamente, especialmente considerando os patamares atuais de preço do petróleo. Entretanto, algumas restrições precisam ser respeitadas.

A primeira diz respeito à questão do uso racional do solo. É fundamental que um programa de produção e consumo de biocombustíveis seja sustentado por um tripé de equilíbrio entre a agricultura alimentar, a agricultura energética e o respeito ao meio ambiente. A incorporação de novas áreas e a reconversão de áreas tradicionais devem ser criteriosamente geridas, com foco no atendimento das diferentes demandas, mas preservando e respeitando a biodiversidade.

Dentro dessa perspectiva, vem um segundo aspecto fundamental. Ao imaginar que o biodiesel, em breve, se consolidará como um novo negócio, é preciso que



sejam respeitados os limites à inserção de estabelecimentos rurais na atividade primária. Sua sobrevivência estará condicionada a determinado padrão mínimo de eficiência e competitividade, o que envolve não apenas o manejo adequado, mas também o respeito a variáveis de ordem técnica, especialmente a vocação produtiva de cada estabelecimento.

Com isso, tão importante quanto vislumbrar o programa de produção de biodiesel como um vetor de inclusão social é reconhecer que haverá limites técnicos para esse processo. Há que se considerar a hipótese de que esses limites sejam maiores, de modo que não será economicamente viável envolver na atividade o desejado contingente de estabelecimentos e, principalmente, de força de trabalho. A sustentabilidade dos projetos implica a obediência a essas restrições.

Por último, outro grande desafio, que extrapola o programa em si, diz respeito à necessidade de um processo de redistribuição de renda, com aumento do poder aquisitivo da população, especialmente urbana. Como sabemos, há um grande conjunto de países investindo na produção e consumo de biocombustíveis, com foco no cumprimento dos compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Kyoto.

Esse crescimento da demanda não alimentar tende a promover a recuperação dos preços das commodities agrícolas, cuja consequência direta é a elevação do custo da cesta básica. Considerado o atual padrão de rendimentos de grande parcela da nossa força de trabalho, especialmente aqueles em situação de desemprego ou subemprego, a esperada recuperação dos preços dos alimentos deverá ser acompanhada por um processo de recomposição das perdas salariais e redistribuição da força de trabalho.

Cabe salientar que, ao longo da última década, o problema da redução da participação da massa salarial em relação ao PIB só não assumiu dimensões maiores porque, paralelamente, também ocorreu um processo de redução nos preços relativos das commodities agrícolas e, conseqüentemente, da cesta básica. Com o esperado aumento da demanda, especialmente pelas matérias-primas energéticas, esse processo tende a se reverter.

Enfim, os desafios são grandes, mas as oportunidades também o são. Com certeza, em se tratando de volumes de produção, a agricultura tem perfeitas condições para oferecer rápidas respostas à demanda. Entretanto, como o propósito do programa de biodiesel é buscar a sustentabilidade econômica, social e ambiental, o processo deve ser conduzido de forma a respeitar as restrições acima mencionadas



## 8.11 PAULO PORTO LIMA

### O biodiesel e o transporte de passageiros no Brasil

Paulo Porto Lima

Administrador e empresário do setor de transportes urbano e rodoviário.

Boa tarde, senhores. Agradeço ao Deputado Ariosto Holanda o convite para participar deste seminário. Vou falar na condição de operador de transporte público, urbano e rodoviário, enfocando principalmente os estados do Rio de Janeiro e do Ceará.

Como o biodiesel usado no transporte público pode contribuir para enfrentarmos o grande problema presente nos grandes centros urbanos? O setor vive crise generalizada pelo seu alto custo operacional. Hoje, um dos grandes problemas dos gestores públicos é encontrar um meio de baixar o custo operacional e fazer com que grande parte da população volte a ter acesso ao transporte público. Essa parte da população não tem renda suficiente para pagar a tarifa praticada atualmente.

Traçarei um breve panorama da importância do transporte público de passageiros no Brasil. Atualmente, 60 milhões de passageiros utilizam ônibus no País diariamente. Esses veículos ocupam apenas 20% das vias públicas e transportam 80% da população – o inverso do que ocorre com os carros. A atividade gera 600 mil empregos diretos. Há 100 mil ônibus urbanos em operação no Brasil, que consomem 3,2 bilhões de litros de óleo diesel por ano. O óleo diesel pesa 28% no custo da operação do transporte público urbano. Esse número, há cerca de 10 anos, estava por volta de 12%. A folha de pagamento da mão-de-obra é o principal custo da operação.

O aumento do preço do óleo diesel, de janeiro de 2002 a janeiro de 2003, foi de 84,57%, fato muito influenciado pelo ato terrorista de 11 de setembro. O transporte público urbano — serviço de caráter essencial, conforme diz a Constituição — é oferecido a toda a população, principalmente a de baixa renda, mas está sujeito às oscilações do mercado externo, ao seu humor em relação ao preço do óleo diesel. Esse fato cria enormes dificuldades para a gestão dos preços das tarifas.

Além do preço do óleo diesel, há outros componentes, que não se enquadram no foco desta palestra. Mas devemos mencionar os preços praticados pelo transporte público no momento. Os empresários de aviação estão unidos. Há



inclusive forte movimento na Câmara dos Deputados com o objetivo de influenciar as discussões sobre a questão tributária. Pretendem que a tarifa seja desonerada. Se o for, certamente os preços serão mais acessíveis.

Calcula-se que cerca de 25% da demanda por transporte não está plenamente atendida. Pesquisas do IPEA e CNT mostram que, entre os usuários de transporte, 27,5%, ou seja, 55 milhões de pessoas estão excluídas do acesso ao transporte público.

Qual a alternativa para quem não pode andar de ônibus? Pesquisas realizadas pelos institutos revelam que poucos andam de bicicleta. A grande maioria está andando a pé. Dessa forma, das 204 milhões de viagens diárias no Brasil, em distâncias acima de 500 metros, 43,6% são feitas a pé, pela parcela da população que não tem acesso ao vale-transporte — vivem na informalidade — nem recurso para pagar o preço do transporte público. Essas coisas acontecem em quase todos grandes centros urbanos do País. Isso também foi objeto de diversas matérias jornalísticas. As mais recentes, na *Folha de S. Paulo* e na revista *ISTOÉ*.

No Rio de Janeiro, pesquisa feita pelo Departamento de Sociologia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro aponta que, de cada quatro moradores das ruas, um tem casa para morar, mas não vai embora no fim do dia porque não tem dinheiro para pagar o transporte. Ele vai para casa apenas no final de semana e retorna ao trabalho na segunda-feira. São ambulantes, camelôs que trabalham nas ruas, guardam o seu local de trabalho, dormem por lá mesmo e na sexta-feira voltam para ter o convívio familiar. Essas pessoas são os excluídos do transporte, da cidadania. O transporte promove o acesso a todos os serviços públicos essenciais, como saúde, educação e lazer.

Em Fortaleza, estamos envolvidos com um projeto para tentar viabilizar a utilização plena do transporte público. Segundo informação do próprio Prof. Expedito, coordenador do projeto, por ônibus, o consumo anual de óleo diesel pode gerar 40 empregos rurais. Se acrescentarmos 20% de mistura ao óleo diesel consumido exclusivamente pelo transporte urbano, poderíamos gerar 800 mil empregos, quase 10% do que foi prometido pelos nossos candidatos à Presidência.

O transporte está se apresentando como a grande possibilidade para que nós, usando uma metáfora ligada ao transporte, possamos sair do imobilismo. De qualquer forma, percebo que já está havendo um grande movimento, um engajamento que não era do meu conhecimento. Percebo que o biodiesel caminha para a viabilidade, pois há diversos setores governamentais no projeto. O transporte público, com certeza, vai ser o grande beneficiado, com reflexos diretos na qualidade de vida da população hoje excluída da cidadania plena.

Muito obrigado.





## 8.12 EXPEDITO JOSÉ DE SÁ PARENTE

### Biodiesel no plural: oportunidades e ameaças para um programa nacional

Expedito José de Sá Parente

Engenheiro Químico – Professor Universitário – Pesquisador  
Diretor da TECBIO – Tecnologias Bioenergéticas Ltda.

#### Petróleo versus biomassa

Do confronto entre o que poderia ser chamado de “O Maravilhoso Mundo do Petróleo” e “O Precário Universo da Biomassa” poderiam ser extraídos as constatações apresentadas no Quadro 1 mostrado a seguir:

#### Quadro 1

Os Universos Energéticos do Petróleo e da Biomassa

Transportabilidade excelente em razão de sua elevada densidade energética (10.000 kcal/kg) e por ser um líquido bombeável.	Transportabilidade difícil por possuir uma baixa densidade energética (<2.500 kcal/kg), por ser sólido (não bombeável) e de difícil manuseio.
Foram investidos trilhões de dólares em todos os elos de sua cadeia produtiva.	Os elos de suas cadeias produtivas são carentes de investimentos, apresentando deficiências.
Os pesados e continuados investimentos tecnológicos geraram fortes paradigmas, especialmente quanto aos usos dos combustíveis.	Envolvidos na condição de “combustíveis alternativos”, os biocombustíveis carregam em si as implicações inerentes ao “novo”.
Não é renovável, contribui para o aumento do efeito estufa e para a poluição da atmosfera.	É renovável, diminui o efeito estufa, não polui e pode gerar muitos empregos.



Essas comparações podem servir como critérios para a orientação necessária ao planejamento dos programas de produção e consumo dos biocombustíveis. Portanto, os atributos ambientais e sociais dos biocombustíveis devem ser valorizados e considerados nas análises de viabilidade dos programas para produção e uso dos combustíveis de biomassa. Outrossim, a conceituação dos projetos, para a qual definem-se as dimensões e as localizações das unidades produtivas, deve ser coerente com a minimização dos transportes das matérias-primas e dos produtos. Enfim, torna-se necessária a obediência das vocações agrícolas regionais quanto à eleição das matérias-primas que deverão ser contempladas para a sustentação dos projetos.

Todas as frações do petróleo utilizadas como combustíveis têm os seus sucedâneos oriundos da biomassa. O **Quadro 2**, mostrado a seguir, apresenta tais correspondências:

### Quadro 2

Petrocombustíveis versus Biocombustíveis

COMBUSTÍVEIS DO PETRÓLEO		COMBUSTÍVEIS DA BIOMASSA
Gás Natural	Gás do Petróleo	Biogás Pirogás (*)
	Gasolina	Álcool Pirogasolina
	Querosene	Bioquerosene (Prosene)
	Óleo Diesel	Biodiesel e Pirodiesel
	Óleo Diesel	Resíduos Celulósicos, Lenha

(\*) Os designados pirocombustíveis são os combustíveis originários da biomassa obtidos por pirólise catalítica. Tais produtos energéticos estão em fase de desenvolvimentos e proposições.

## Biodiesel e bioquerosene

Estes dois biocombustíveis, sucedâneos do óleo diesel mineral e do querosene de aviação, respectivamente, foram concebidos originalmente no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, em 1978 (Biodiesel) e 1980 (querosene de aviação), originando a primeira patente mundial no domínio dos referidos combustíveis, requerida em 1980 no INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial sob o número PI – 80 07957. A patente foi devidamente homologada em 1983, cujos privilégios caíram em domínio público em 1993, por falta de uso.

A patente contempla a rota metílica e etílica, envolvendo, inclusive, a conversão do óleo vegetal em biodiesel no próprio grão oleaginoso, isto é, por rota direta, de maneira similar ao que a Petrobras está pesquisando nos dias atuais.

Após os teste iniciais do biodiesel, foram produzidos e testados cerca de



300.000 litros do então novo combustível, distribuído em cotas para todas as empresas fabricantes de motores de ignição por compressão (Ciclo Diesel) no Brasil, mediante convênio celebrado com a ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotivos.

Indagado sobre o tipo de biodiesel a ser testado, a comissão da ANFAVEA elegeu o biodiesel metílico, alegando as seguintes razões:

- O biodiesel metílico teria um custo de produção significativamente inferior ao custo do biodiesel etílico;
- O biodiesel metílico é mais estável que o biodiesel etílico, cuja decomposição oxidativa ou por hidrólise gera ácidos graxos, que seriam danosos aos motores e seus periféricos;
- Não haveria subtração do etanol do seu mercado automotivo, já consagrado como biocombustível de motores de ignição a vela (Ciclo Otto).

Ainda nos anos 1980 o CTA – Centro Técnico Aeroespacial, do Ministério da Aeronáutica, homologou o Bioquerosene com a designação de PROSENE, sendo realizado o primeiro voo no trecho São José dos Campos – Brasília, em 23 de Outubro de 1983, no Dia do Aviador.

O palestrante, autor da patente, no exercício persistente de sua responsabilidade, investido como missionário tecnológico do biodiesel, confessa que tal desígnio tem sido a parte mais incômoda de sua vida. Os inúmeros e variados dissabores sofridos, e até mesmo os inimigos gratuitos, jamais imaginados, somente têm sido suportados pela consciência do valor social e ambiental que pode resultar da utilização correta e bem intencionada de seu invento.

Com o aval do sucesso europeu, o ressurgimento da idéia do biodiesel no Brasil, dentro de um novo cenário, motivou a criação da TECBIO – Tecnologias Bioenergéticas Ltda., que está assumindo a missão de impulsionar o biodiesel, contando com a experiência acumulada em quase 25 anos.

## Matérias-primas e coadjuvantes

### Conceito de Biodiesel

Em face de uma série de confusões que têm ocorrido sobre os padrões de identidade do verdadeiro biodiesel com outros biocombustíveis que têm sido propostos como sucedâneos do petrodiesel, a ASTM – American Society of Testing Materials, normatizou a definição para o biodiesel.

Outrossim, uma expansão da definição americana torna-se necessária para incluir o etanol como agente de conversão das matérias graxas em biodiesel, tornando o biodiesel definido realmente no plural. Portanto, respeitando os padrões de identidade e o seu pluralismo, é recomendável definir o biodiesel da maneira seguinte:

“É um combustível *renovável, biodegradável e ambientalmente correto*, sucedâneo do óleo diesel mineral, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de qualquer triglicerídio com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol”.

### Fontes de Obtenção: Matérias-primas

Muitíssimas são as matérias-primas que podem ser utilizadas na produção de biodiesel, as quais podem ser enquadradas nos seguintes grupos de matérias graxas:

**Óleos Vegetais:**

Óleos de dendê, de mamona, de amendoim, de soja, de girassol, de babaçu, de colza e de numerosas palmeiras nativas brasileiras, em especial da Amazônia.

**Gorduras de Animais:**

Sebo, óleos de peixes e outras gorduras de animais.

**Óleos e Gorduras Residuais:**

Óleos residuais de frituras, matérias graxas de esgotos urbanos e outros óleos e gorduras residuais, especialmente de indústrias alimentícias e de curtumes.

## Coadjuvantes

Os coadjuvantes ou materiais secundários da reação química de transesterificação, que converte as matérias graxas em biodiesel são:

- Um álcool de baixo peso molecular, podendo ser utilizado o álcool etílico anidro (etanol), ou o álcool metílico (metanol) originalmente conhecido como álcool de madeira.

- Um álcali forte, podendo ser o hidróxido de sódio ou o hidróxido de potássio, que, quando associado ao álcool etílico ou metílico, forma o etóxido ou metóxido de sódio ou de potássio, respectivamente, resultando nos verdadeiros catalisadores da reação química que produz o biocombustível.

## Transesterificação Etilica ou Metilica

Quando se fala em "biodiesel no plural" pretende-se contemplar o biodiesel sem amarras, em sua mais ampla variedade de formas, valendo assim o uso de qualquer matéria-prima e o emprego de qualquer material secundário tecnicamente capaz de coadjuvar a reação de transesterificação.

Dessa forma, vale o uso de qualquer óleo em condições de pureza adequada para a conversão, o álcool etílico ou o álcool metílico como agente de transesterificação, e o hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio como coadjuvante de catálise.

Ambos têm suas vantagens e desvantagens, que merecem ser avaliadas caso a caso, por meio de estudos técnicos, cujo aprofundamento foge ao escopo desta palestra. No entanto, é preciso ressaltar que o álcool metílico pode ser obtido também da biomassa, fazendo jus a sua designação original de "álcool de madeira".

## Catálise Coadjuvada com Hidróxido de Sódio ou de Potássio

Perseguindo a idéia de biodiesel no plural, e de forma análoga ao caso das questões envolvidas na seleção e uso do álcool como agente de transesterificação, o confronto entre os usos do hidróxido de sódio ou do hidróxido de potássio como coadjuvante da catálise passa pela questão das quantidades demandadas e dos seus preços.

O hidróxido de sódio é mais barato e é utilizado em menores quantidades. No entanto, uma vantagem significativa do emprego do hidróxido de potássio reside na possibilidade da destinação final dos resíduos do processo de purificação da glicerina, direcionados para o fertilizante PK, o que não é possível na opção do hidróxido de sódio.



## Uso do biodiesel

Pelas suas características químicas, físicas e físico-químicas, o biodiesel pode ser usado puro ou misturado com outros combustíveis, em especial com o diesel mineral, sendo importante fazer-se os destaques para os usos nas seguintes modalidades:

### Biodiesel Puro

O biodiesel, desde que adequadamente produzido, pode ser utilizado puro em qualquer motor diesel, sem nenhuma alteração ou regulagem especial. No entanto, é preciso observar que o biodiesel, quando puro, pode dissolver certas categorias de plásticos, algumas vezes empregados na confecção de acessórios periféricos do motor, como tanques, torçais, filtros, etc.

O desempenho do motor movido a biodiesel chega a superar o próprio desempenho do motor a petrodiesel, fato explicado pelo destacado valor do seu índice de cetano, índice que sinaliza a combustibilidade num motor diesel.

Além de sua superior qualidade termodinâmica como combustível, o biodiesel não emite poluentes químicos nem fuligem e contribui para a diminuição do efeito estufa, quando se considera o seu ciclo integral de produção. Além das vantagens ambientais, é oportuno destacar que o biodiesel não é corrosivo e possui uma lubricidade muito superior à do petrodiesel, resultando numa maior vida útil do motor e de seus periféricos.

### Mistura Biodiesel – Petrodiesel

O biodiesel é solúvel no óleo diesel em qualquer proporção, razão pela qual é permissível o uso de misturas petrodiesel-biodiesel.

A mistura designada convencionalmente por B5, a qual contém 5% de biodiesel e 95% de petrodiesel, tem sido propugnada para a iniciação do programa brasileiro de biodiesel no nível dos postos de abastecimento para o grande público.

Apesar de que a concentração ideal para a mistura, quando se deseja otimizar da qualidade das emissões, deva situar-se numa faixa de biodiesel entre 20% – 30%, ou seja, B-20 e B-30, a prática inicial com a mistura B-5, além de representar uma oportunidade para experimentar todos os elos das cadeias produtivas do biodiesel, deverá ser compatível com as limitações dos volumes preliminarmente ofertados.

### Mistura Biodiesel – Diesel Mineral Dessulfurado

É bem sabido que a eliminação do enxofre naturalmente contido no diesel de origem mineral se faz eliminando-se as cadeias das mercaptanas, substâncias ricas em enxofre e responsáveis pela lubricidade do combustível. É sabido também que a reconstituição necessária da lubricidade do óleo diesel dessulfurado pode ser feita associando-se ao petrocombustível uma certa quantidade de biodiesel numa proporção entre 5% e 8%. Este tem sido o artifício que as empresas refinadoras de petróleo têm considerado como o caminho ideal para a solução da lubricidade requerida, especialmente pelos motores modernos.

O protocolo acertado pelos países europeus para a utilização, como meta,



de um óleo diesel sem enxofre deverá constituir um forte estímulo para as exportações brasileiras de biodiesel para a Europa, em especial o biodiesel de mamona, cuja lubrificidade é cerca de 30% maior que a lubrificidade do biodiesel originário das demais matérias-primas.

### Mistura Biodiesel – Etanol – Petrodiesel

Uma alternativa adicional para o uso do biodiesel tem sido proposta pelos produtores de álcool da região sul do Brasil. A proposta refere-se ao uso de uma mistura ternária Biodiesel – Etanol – Diesel, em proporções ajustadas de modo que o combustível resultante não perca a cetanagem nem a lubrificidade, fatores decorrentes da introdução do álcool etílico anidro.

De fato, o álcool etílico possui uma baixíssima lubrificidade e um índice de cetano incompatível com as necessidades dos motores diesel. Associando tais propriedades ao baixo valor do seu calor de combustão, necessário se faz averiguar a competitividade dessa mistura, considerando os custos e os desempenhos ou benefícios.

## Feições regionais da produção do biodiesel

O Brasil, país de dimensões continentais, com as mais distintas condições edafo-climáticas, possui um enorme potencial - o maior do mundo - para a produção de biodiesel. Os recentes estudos realizados nos Estados Unidos revelam que o Brasil, sem sacrificar o seu potencial agrícola de produção de alimentos, tem condições de abastecer com biodiesel pelo menos 60% do consumo mundial atual de petrodiesel.

Para entender a grandeza desse potencial divulgado pelo National Biodiesel Board, torna-se importante dividir o Brasil em três grandes regiões com vocações e motivações distintas: o cone sul brasileiro (as regiões Sul, Centro-Sul e Centro-Oeste), a região nordeste, e a região amazônica.

### Biodiesel no Cone Sul

#### **Potencialidades:**

A vocação agrícola incide sobre as culturas temporárias, mecanizáveis, como a soja, o girassol, o amendoim, o nabo forrageiro e outras com menores participações.

#### **Motivações:**

Situação mercadológica do óleo de soja, que vem apresentando uma queda permanente em seus preços devido à excessiva oferta, comandada pela crescente demanda por seu excelente farelo.

- Preocupação com a redução das emissões poluentes nos grandes centros urbanos.

#### **Uma Visão de Futuro:**

É bastante provável que o advento do óleo energético deva resultar no seguinte cenário:

- Apesar de o óleo de soja representar atualmente quase 90% do óleo vegetal extraído no Brasil, quando se fala num amplo programa brasileiro de biodiesel, a implementação desse majestoso projeto exige a utilização de numerosos novos hectares, valendo a participação de outras culturas, inclusive mais produtivas.



Dessa forma, é fácil prever-se uma ampliação extraordinária das fronteiras agrícolas das espécies oleaginosas de ciclo curto que apresentem as melhores vocações para a região.

- Uma redistribuição das áreas plantadas de amendoim, soja e girassol, com incrementos diferenciados em favor do amendoim por ser mais energético.

- Considerando o baixo custo de produção e os benefícios para o solo, o nabo forrageiro deverá entrar firme no cardápio das oleaginosas cultivadas para fins de biodiesel. Pode-se prever o ingresso, embora moderado, da mamona, especialmente em consórcios, conforme as experiências positivas realizadas em Varginha.

- O óleo de girassol pela sua maior preferência para a alimentação, deverá consagrar-se como especialidade alimentícia, com seu farelo destinado ao mercado de rações para animais ruminantes.

## Biodiesel na Amazônia

### Potencialidades:

A Amazônia tem apresentado excelentes resultados na produção de oleaginosas de palmeiras, das quais se destaca o dendzeiro, que, apesar de ser uma cultura importada, mostra excelentes resultados. Inúmeras palmeiras nativas podem ser cogitadas também para a produção de biodiesel. Estudos recentes sinalizam para algumas palmeiras nativas com grandes potencialidades, podendo até mesmo superar a marca de produtividade do dendzeiro (cinco toneladas anuais de óleo por hectare).

### Motivações:

A maior parte da energia utilizada na região amazônica é oriunda do óleo diesel, cujo custo de transporte para localidades remotas é excessivamente elevado, pois chega a valer até quatro vezes o valor original do combustível. Um fato que demonstra o valor do óleo diesel nas regiões remotas da Amazônia, consideradas verdadeiras ilhas energéticas, tem sido a prática freqüente da troca de feijão por óleo diesel na razão de três por um.

### Uma Visão de Futuro:

Constitui idéia externada pela ELETROBRAS a implantação de um amplo programa de geração de eletricidade na região amazônica a partir de biodiesel obtido preferencialmente do extrativismo de plantas nativas. Tais projetos, que poderão ser implementados em parcerias com os governos estaduais, com as prefeituras, com as associações comunitárias, e, sobretudo, com as concessionárias de eletricidade, poderiam gerar bioeletricidade para as pequenas comunidades remotas não atendidas com a eletricidade convencional, num programa que poderia ser designado de "ESCURIDÃO ZERO" fazendo parte do atual esforço de Universalização da Energia.

Simultaneamente ao esforço da universalização da energia priorizando as pequenas comunidades remotas, a Amazônia poderia constituir o celeiro da produção de biodiesel no mundo, bastando para isto o uso das áreas desflorestadas, transformando-as em florestas energéticas permanentes, implantadas de forma sustentável.

É fácil demonstrar que esse mega projeto poderia gerar não somente a substituição de mais da metade do consumo mundial de óleo diesel mineral, como afastar a permanente ameaça de eliminação da função vital da Amazônia como o "Pulmão Verde da Terra".



## Biodiesel no Nordeste

### Potencialidades:

A ricinocultura (agricultura da mamona) constitui o verdadeiro caminho e vocação para o semi-árido por ser uma cultura resistente às condições hídricas da região, por ter alta produtividade e prestar-se à agricultura familiar.

Além da mamona, algumas regiões nordestinas apresentam vocações para culturas temporárias (soja, amendoim e girassol) que poderiam ser exploradas para a produção de biodiesel. Como cultura permanente, o babaçu, com 17 milhões de hectares nativos, poderia ser incluído no cardápio das oleaginosas para fins energéticos, desde que o seu agronegócio contemple o aproveitamento integral do coco, com a capacidade para produzir, além do óleo, materiais construtivos em substituição a madeiras, rações, carvão vegetal e derivados, e metanol, entre outros produtos com amplos mercados.

Estudos recentes apontam para o pinhão manso como uma excelente alternativa para o semi-árido, especialmente onde não existam as condições adequadas para a cultura produtiva de mamona. A cultura do dendzeiro, irrigado por gotejamento, apresenta-se como uma das extraordinárias oportunidades para a produção adensada de biodiesel nos Estados do Piauí e Maranhão.

### Motivações:

A grande e forte motivação para um programa de biodiesel no Nordeste reside na miséria, isto é, na possibilidade de erradicar ou minorar a miséria do campo através da ocupação, com renda digna, de trabalhadores residentes em assentamentos familiares.

### Uma Visão de Futuro:

Um programa de biodiesel dimensionado para contemplar a erradicação da miséria poderia ocupar com renda digna mais de 2 milhões de famílias, promovendo assim a inclusão social de todos os miseráveis crônicos do semi-árido nordestino. A torta resultante do processo de produção, considerada um dos mais eficazes biofertilizantes conhecidos, poderia viabilizar um grandioso programa de fruticultura, em condições potenciais de suplantar os próprios números californianos, já que os solos nordestinos são pobres em nitrogênio.

Da folha da mamoneira é possível a produção da seda através da criação do bicho-da-seda, atividade que poderá ocupar enormes contingentes de mulheres, a exemplo do que acontece na Índia, na China e em outros países asiáticos. No entanto, tal oportunidade carece de desenvolvimentos tecnológicos, os quais recomenda-se que sejam estimulados com urgência.

É oportuno salientar que a lavoura de mamona tem a capacidade excepcional de seqüestrar mais de oito toneladas de CO<sub>2</sub> por hectare, valendo dinheiro em certificados de créditos de carbono, artifício contemplado no programa mundial de combate ao efeito estufa (Tratado de Kyoto).



## Aspectos econômicos e de mercado

### Hierarquia Mercadológica

Os mercados de óleos e gorduras vegetais e animais podem ser segmentados nos seguintes níveis hierárquicos:

**Mercado Farmacêutico**

**Mercado Químico**

**Mercado Alimentício**

**Mercado Energético**

O Quadro abaixo apresenta, para cada segmento de mercado, as suas características, com as ordens de grandezas relativas e as faixas de preços admissíveis.

As saturações se dão de cima para baixo, ou seja, do mercado farmacêutico em direção do mercado energético, justificando a classificação em forma hierárquica.

O óleo de mamona, por exemplo, satura o mercado farmacêutico, como fármaco, em algumas dezenas de toneladas, e, como matéria-prima para a indústria química, incluindo-se a área cosmética, com menos de 1.000.000 de toneladas anuais. O excedente do mercado químico, por não ser adequado ao mercado alimentício, transborda diretamente para o mercado energético. Os preços dos excedentes deverão ajustar-se automaticamente aos níveis admissíveis e compatíveis para a produção de biodiesel.

### Quadro 3

Características dos Segmentos dos Mercados Hierarquizados

Mercados	Características dos Mercados		
	Grandezas Relativas	Ordem de Grandeza, t/ano	Preços Admissíveis, US\$/t
Farmacêutico	muito pequeno	< 105	> 2.000
Químico	moderado	< 106	700 2.000
Alimentício	grande	<107	450 700
Energético	ilimitado	>107	<450

De modo geral e nessa ótica, é conveniente falar-se nos seguintes níveis de preços:

**Preços de Oportunidade**

**Preços Definidos pelos Custos**

**Preços Máximos Admissíveis do Mercado Energético**

**Preços Políticos**

Os preços de oportunidade são fundamentalmente comandados pela demanda do segmento de mercado mais valioso. Quando a oferta supera as necessidades de um determinado nicho de mercado, os preços diminuem, ajustando-se aos segmentos hierarquicamente inferiores, até atingir o que se poderia chamar de preços definidos pelos custos de produção, que correspondem



aos patamares inferiores dos custos viáveis para um determinado óleo ou gordura. Por outro lado, o preço máximo admissível para um determinado óleo ou gordura, com vista ao mercado energético, isto é, para a produção econômica de biodiesel, deverá ser igual ou superior ao preço definido pelos custos de produção. Denomina-se preço político um preço definido por critérios fundamentalmente políticos, não se levando em conta nem as implicações de mercado e nem tampouco as questões de custos de produção. Este tipo de preço normalmente tem sido estabelecido com base nas externalidades envolvidas.

Os preços máximos admissíveis das matérias-primas para o mercado energético bem como a imposição de preços políticos serão abordados a seguir.

### Estudos Econômicos Comparativos

É bem sabido que os preços do petróleo são preços políticos, isto é, os seus preços emergem de decisões políticas, sem a orientação convencional do mercado. Isto quer dizer que o petróleo, a qualquer momento, poderá ter seus preços duplicados, triplicados ou até mesmo quadruplicados, sem aviso prévio, conforme já aconteceu na década de 1970. De outro modo, os preços do petróleo poderão permanecer inalterados ou com ligeiras alterações por períodos prolongados, sem a influência até mesmo da inflação internacional, o que tem acontecido nas últimas décadas.

Nesse contexto, torna-se extremamente difícil fazer-se uma análise econômica comparativa, com efeitos orientativos duradouros e responsáveis, entre os derivados do petróleo e os seus respectivos sucedâneos. Os riscos de obsolescência dos resultados são enormes.

Nesses termos, o que tem sido feito são análises comparativas estáticas, considerando os níveis de preços atuais, esquecendo-se de que os preços do petróleo são preços absolutamente políticos e que suas variações nas bolsas dizem respeito tão somente à qualidade dos produtos comercializados e a alguns interesses especiais momentâneos.

### Preços Máximos Admissíveis das Matérias-Primas

Nos dias de hoje (Novembro/2003), os níveis de preços do petróleo têm sido considerados ainda muito baixos diante das expectativas futuras, quando serão comandados pela escassez. O preço médio do óleo diesel brasileiro na bomba situa-se em R\$ 1,40 por litro, equivalendo a US\$ 0.50 por litro. Razões de meridiana clareza, mas que fogem ao escopo dessa exposição, fazem esses preços para o óleo diesel brasileiro estarem entre os mais baixos do mundo. O preço médio europeu situa-se em 0,84 euros por litro, equivalendo a US\$ 1,02 por litro, ambos para o consumidor, isto é, na bomba do posto de serviço. Nesta exposição, esses serão os valores considerados de referência para uma comparação econômica do biodiesel com o petrodiesel.

Variando os custos da matéria-prima (óleos vegetais) posta numa usina de biodiesel e considerando os parâmetros técnicos e econômicos para as apropriações convencionais de custos, torna-se possível chegar às seguintes conclusões:

- Para que o biodiesel seja competitivo com o petrodiesel num posto de serviço brasileiro, os preços máximos admissíveis para a matéria-prima (óleo vegetal) posta na usina de biodiesel são:



# Biodiesel Metílico < US\$ 400 / t (R\$ 1.160,00 / t)

# Biodiesel Etilico < US\$ 350 / t (R\$ 1.015,00 / t)

- Considerando-se a exportação para a Europa, e sem que se imponham gravames no país importador, os preços máximos admissíveis para a matéria-prima seriam:

# Biodiesel Metílico < US\$ 520 / t (R\$ 1.510,00 / t)

# Biodiesel Etilico < US\$ 470 / t (R\$ 1.360,00 / t)

Os resultados apresentados concernentes aos preços máximos admissíveis para a matéria-prima de modo a viabilizar a competitividade do biodiesel no Brasil e na Europa estão condicionados a uma completa desoneração dos impostos e tributos, a exemplo do que acontece na Europa e em outros países onde o biodiesel está sendo produzido regularmente.

### Situação de Competitividade Atual

Dos resultados obtidos sobre os preços máximos admissíveis da matéria-prima para a viabilização do biodiesel como um competidor do petrodiesel, têm-se as seguintes conclusões:

- Os preços praticados para os óleos vegetais brasileiros estão acima dos preços máximos admissíveis para que se possa produzir, para o consumidor final, um biodiesel economicamente competitivo com o petrodiesel, especialmente se elegida a rota etílica.

- O sebo e os óleos e gorduras residuais são as únicas matérias-primas economicamente viáveis para a produção competitiva do biodiesel, inclusive considerando a rota etílica.

- É possível viabilizar competitivamente a exportação de biodiesel nos níveis de preços atuais da maioria dos óleos vegetais, especialmente através da rota metílica, também porque esta classe de biodiesel é a utilizada na Europa.

- A questão da produção de bioeletricidade com base no biodiesel na Amazônia está completamente fora da presente análise face ao isolamento das comunidades nas assim chamadas "ilhas energéticas". Em tais situações, a produção de biodiesel, além de ser competitiva, se mostra conveniente e até mesmo imperativa.

- Incrementando-se a oferta de uma determinada matéria-prima, de modo que se possa operar com os níveis de preços com base nos custos de produção, a produção de biodiesel torna-se competitiva, especialmente quando há isenção dos impostos e tributos. Esta situação é possível com a maioria dos óleos vegetais.

- No caso do agronegócio energético da mamona, a demanda atual do mercado está insatisfeita, razão pela qual os preços praticados no mercado internacional estão muito acima dos preços máximos admissíveis para o mercado energético. Dessa forma, é recomendável exportar o óleo de mamona. No entanto, é recomendável preparar-se para uma rápida saturação, quando o preço deste óleo deverá nivelar-se ao preço admissível para a produção de biodiesel. Neste caso, a baga de mamona deverá ser comercializada na faixa entre 600,00 – 700,00 reais a tonelada (US\$ 210 / t) e o preço do óleo de mamona deverá situar-se abaixo dos US\$ 400 por tonelada (R\$ 1.160,00 / t).



- Considerando as externalidades da produção e consumo de biodiesel, é possível viabilizar esse biocombustível misturando-o ao petrodiesel e assumindo o pequeno ônus da elevação do preço final da mistura. Necessário e imprescindível se faz também desonerar a carga tributária de toda a cadeia produtiva do biodiesel.

## Oportunidades e ameaças

### Principais Ameaças

#### **Corporativismo**

O corporativismo relacionado não somente aos setores produtivos, mas também às instituições envolvidas no universo do biodiesel pode ser considerada uma ameaça ao planejamento e à implementação de um amplo programa de produção e consumo de biodiesel no Brasil.

Por incrível que possa parecer, os mitos que foram propositadamente gerados em relação ao óleo de mamona sustaram, por um longo período, os esforços em prol do biodiesel de mamona, resultando num atraso de quase dois anos nas pesquisas e desenvolvimento dessa categoria de biodiesel. A questão do uso do etanol versus uso do metanol tem ofuscado até mesmo os setores mais esclarecidos do governo com a falsa idéia de que o óleo de soja, pela magnitude de sua produção, constitui o único caminho para a viabilização do biodiesel.

Felizmente, os mitos estão sendo desmascarados, e a idéia de “biodiesel no plural” tem encontrado cada vez mais adeptos no mundo intelectual do biodiesel. Enfim, o mercado energético é ilimitado e oferece espaços para todos e para todas as matérias-primas e materiais auxiliares.

#### **Desequilíbrios nas Cadeias Produtivas**

É consensual que todo agronegócio possui uma cadeia produtiva e que todos os seus elos devem ser fortalecidos. É evidente que o elo mais fraco torna-se o mais importante sob o ponto de vista estratégico e de segurança do agronegócio.

Essa visão, infelizmente esquecida por muitos, especialmente aqueles que gozam de privilégios, pode arruinar, até de forma irreversível, os projetos, por mais bem intencionados e viáveis que possam se apresentar. As autoridades que tem o poder de manobra têm que permanecer em permanente alerta quanto ao equilíbrio das cadeias produtivas envolvendo a produção e consumo de biodiesel, promovendo os imediatos ajustes quando necessários.

Várias são as potenciais ameaças aos desequilíbrios das cadeias produtivas envolvendo o biodiesel. No entanto, o adentramento neste assunto poderá alongar em demasia a presente palestra.



### Produções e Usos Indevidos

É oportuno afirmar que “o biodiesel, *quando adequadamente produzido*, faz funcionar regularmente qualquer motor de combustão por compressão (Ciclo Diesel)”. O atributo “adequadamente produzido” envolve a obediência a especificações adequadas para o biocombustível.

Este é o grande desafio! O estabelecimento de especificações tecnicamente viáveis para uma gama muito grande de matérias-primas, condicionadas em dois grupos de produtos (biodiesel etílico e biodiesel metílico), com certeza constitui uma tarefa complexa e laboriosa.

### Fraudes e Adulterações

As incontáveis fraudes que atualmente têm ocorrido nos postos de serviços com os combustíveis oferecidos ao grande público consumidor representam uma forte ameaça ao biodiesel, em especial na condição de um combustível com todas as implicações inerentes ao novo.

O consumidor, quando observa falhas no motor após um abastecimento com um combustível tradicional, logo conclui que foi surpreendido com um combustível adulterado. No caso de ocorrer adulteração no biodiesel, as repercussões, quando frequentes, poderão comprometer todo o programa.

## Uso Responsável do Biodiesel

A consolidação da qualidade do biodiesel poderá naturalmente acontecer mediante o seu uso estratégico, de forma hierarquizada com relação aos seus atributos e às questões de segurança.

Estabelecidas as especificações requeridas para cada classe de biodiesel, antes do seu uso massificado, mesmo em misturas diluídas com o petrodiesel, parece ser oportuna e estratégica a adoção de um estágio probatório para avaliar-se, sobretudo, as consistências das especificações estabelecidas, tidas como preliminares. Daí é que surge a idéia do uso hierarquizado do biodiesel nos seguintes segmentos:

[Frotas de Ônibus Urbanos](#)

[Biodiesel para Geração de Eletricidade](#)

[Frotas Especiais Controláveis](#)

### Biodiesel em Ônibus Urbanos

Os ônibus metropolitanos são os principais responsáveis pela poluição urbana provocada pelas emissões veiculares. Em média, um ônibus no transporte de passageiros consome 110 litros de óleo diesel por dia, equivalendo a 40.000 litros anuais. A frota brasileira de ônibus urbanos supera as 100.000 unidades, das quais 15.000 trafegam nas cidades da região Nordeste, consumindo anualmente 4 bilhões de litros e 600 milhões de litros de óleo diesel, respectivamente. A parcela média do custo devido ao óleo diesel na formação do custo total dos transportes em ônibus urbanos é de 28%, com tendência histórica para atingir a marca dos 30% nos próximos cinco anos.

A exemplo da França, em que toda a frota de ônibus urbanos já consome biodiesel em misturas que vão de 8% a 30%, se, no Brasil, fossem adotadas as metas de substituição de 25% a médio prazo e de 100% a longo prazo, resultariam os cenários apresentados no Quadro 4, mostrado a seguir:

**Quadro 4**

## Substituição do Óleo Diesel por Biodiesel em Ônibus Metropolitanos

Parâmetros e Resultados	Região Nordeste: Frota de 15.000 Ônibus		Brasil: Frota de 100.000 Ônibus	
	Substituição Em 25%	Substituição Em 100%	Substituição Em 25%	Substituição Em 100%
- Consumo por ônibus	27,5 litros	110 litros	27,5 litros	110 litros
- Consumo da Frota:				
diário	10.000 litros	40.000 litros	10.000 litros	40.000 litros
anual	150.000 m <sup>3</sup>	600.000 m <sup>3</sup>	1.000.000 m <sup>3</sup>	4.000.000 m <sup>3</sup>
- Inclusão Social, famílias:				
agricultura familiar (mamona)	75.000	300.000	500.000	2.000.000
agricultura mecanizada (soja)	3.000	12.000	20.000	80.000

Uma condição adicional para o uso responsável do biodiesel em ônibus urbanos é que as empresas possuam sistemas próprios de abastecimentos com completo domínio sobre a qualidade do combustível. Ademais, as empresas de ônibus, por resolução do CREA, possuem engenheiro mecânico responsável pelo controle da frota, com assistência direta das empresas concessionárias e supervisão dos próprios fabricantes de motores.

**Bioeletricidade**

A geração de eletricidade utilizando o biodiesel como combustível dos grupos geradores, em substituição ao óleo diesel mineral, apresenta-se como uma excelente oportunidade para o uso prioritário e responsável do biodiesel. São identificadas as seguintes oportunidades:

- Geração de bioeletricidade na Amazônia, praticando a inclusão social, a universalização do uso da energia e a integração regional. A geração de bioeletricidade na região amazônica poderia dar preferência às reservas florestais extrativistas que já possuem um grau de organização social diferenciado.
- Geração de bioeletricidade no Nordeste, a qual poderia ser realizada nas pontas de linha, conferindo estabilidade na distribuição e conseqüente qualidade da energia elétrica ao nível do consumidor.

**Uso do Biodiesel em Frotas Especiais**

Várias são as frotas de veículos que poderiam ser enquadradas na condição de consumidores seguros e estratégicos. Entre as principais, destacam-se:

- [Frotas Oficiais do Governo Federal](#)
- [Frotas Oficiais dos Governos Estaduais](#)
- [Frotas Oficiais dos Municípios](#)

**A UNIDADE COMPACTA DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Desde o início desta semana, uma unidade compacta demonstrativa de produção de biodiesel encontra-se funcionando no pátio externo desta Casa, animando este evento. O biodiesel que está sendo produzido está sendo usado em sua forma pura (B-100) num ônibus com motor de última geração da marca Mercedes – Bens, da empresa GUANABARA, e também num grupo gerador de eletricidade de 120 KVA, sendo este equipamento cedido pela empresa MAQUIGERAL, ambos parceiros nesta empreitada.



Tal artefato produzido pela TECBIO – Tecnologias Bioenergéticas Ltda., empresa sediada em Fortaleza, Ceará, da qual o palestrante é um dos seus diretores, tem as seguintes características:

Capacidade Produtiva:

**Até 100 litros por hora operacional**

Matéria-prima:

**Qualquer óleo ou gordura vegetal ou animal**

Álcool Utilizado no Processo de Conversão:

**Álcool Etilico ou Álcool Metílico**

Coadjuvante da Catálise do Processo:

**Hidróxido de Sódio ou Hidróxido de Potássio**

Dimensões do Equipamento:

**Largura = 2,0 metros**

**Comprimento = 4,0 metros**

**Altura = 2,50 metros.**

Peso do Equipamento:

**1.950 kg**

Mão-de-obra Operacional:

**Um operador treinado**

É importante mencionar que a unidade de biodiesel em demonstração foi transportada por uma aeronave da Força Aérea Brasileira, gentilmente concedida pelo Ministro da Aeronáutica, a pedido do Ministro-Chefe da Casa Civil da Presidência da República. Com certeza este esforço excepcional não deverá resultar em vão.

Conforme apresentado, a unidade portátil em demonstração representa mais que uma materialização do conceito de “biodiesel no plural”, pois constitui, na melhor pedagogia, um ensinamento claro da possibilidade de se fazer funcionar uma unidade de biodiesel numa região remota, onde estão incluídas as chamadas “ilhas energéticas” da região amazônica, praticando-se, através da bioeletricidade, a inclusão social com integração nacional.

# 9.

Uma Contribuição do Instituto Nacional de  
Tecnologia - INT

Referências históricas sobre o uso de óleos  
vegetais como combustíveis





## UMA CONTRIBUIÇÃO DO INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA - INT

Trabalho dos pesquisadores : Hernani Lopes de Sá Filho, Bertha Rotenberg, Sheila Falcone de Albuquerque, Maria Cristina Gonçalves de Mendonça, Paulo Roberto da Silva Medeiros, publicado no Informativo INT, Rio de Janeiro 12 (22) 29 -40 , maio/agosto 1979

### Referências históricas sobre uso de óleos vegetais como combustíveis

*O motor Diesel pode ser alimentado com óleos vegetais e poderá ajudar consideravelmente o desenvolvimento da agricultura nos países onde ele funcionar. Isso parece um sonho do futuro, mas eu posso prever com inteira convicção que esse modo de emprego do motor diesel pode, num tempo dado, adquirir uma grande importância.*

*Rudolph Diesel (1)*

Referências à utilização de óleos vegetais são encontradas desde o princípio do século, sob dois pontos de vista: ou são óleos combustíveis, utilizáveis diretamente nos motores, ou são matérias-primas das quais, mediante técnicas apropriadas, se obtêm produtos comparáveis aos provenientes do petróleo. Diversas referências também existem, sobretudo em relação ao óleo de mamona empregado como lubrificante.

### Desempenho como combustível em motores diesel

As referências a este respeito remontam a 1911, quando o próprio Rudolph Diesel (1) e outros utilizaram óleo de amendoim para teste em motor.

Com o advento da Primeira Guerra Mundial, as experiências foram suspensas; porém, com o seu término, houve novo surto de trabalhos, sendo Mathot (2) o primeiro a reconhecer certas dificuldades resultantes do emprego de óleos vegetais em motores de combustão interna. Em suas experiências, valeu - se de motores de dois e quatro tempos, semidiesel e de compressão elevada. Quanto ao poder calorífico, verificou que os óleos vegetais estavam em pé de igualdade com os minerais, sendo, porém, a principal dificuldade o depósito de carbono e resíduos gordurosos. Contudo, segundo o pesquisador, tal problema poderia ser contornado mediante utilização de bons lubrificantes, desmontagem semanal



do vaporizador, filtração do óleo vegetal etc.

Na década de 1920, foram feitas experiências com óleo de palma, algodão e amendoim. Em 1923, Joaquim Bertino de Moraes Carvalho (3) fez uma conferência, no Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, sobre o emprego de óleos vegetais como combustíveis. Em 1925, Lumet (4) já comentava que, a partir dos testes feitos até aquela data, ficara demonstrado que os óleos vegetais poderiam ser queimados em motores ajustados para a perfeita combustão do gasóleo mineral.

Na década de 1930, segundo Gautier (5-6), experimentos mostraram que se poderiam usar *óleos deteriorados* ou contendo alto teor de ácidos gordurosos livres na proporção aproximada de 28%, durante o período de 97 horas, sem dano algum para o motor. Ainda na mesma década, há menção de testes com óleo de soja e girassol, e de continuação dos ensaios com óleo de palma e amendoim.

Realizando ensaios em motor Mercedes-Benz de 16 H.P. e 750 rpm, Schmidt (7-8) verificou algumas perturbações devidas à alta viscosidade dos óleos, cujo pré-aquecimento, no entanto, poderia ser a solução. Constatou também que a pulverização dos óleos era deficiente, concluindo pela necessidade de alterações na bomba de injeção de combustível, a fim de se conseguir uma atomização perfeita. Outra dificuldade relatada foi quanto à partida do motor.

Ponchon (9) e Manzella (10) fizeram estudos comparativos de óleos vegetais e minerais em motores diesel. O primeiro concluiu que mesmo os *óleos não refinados* poderiam ser usados em motores diesel, sem modificação alguma dos órgãos de injeção e sem necessidade de óleo especial para a partida do motor. O segundo concluiu que o óleo de amendoim, como combustível motor, não causava dificuldade ou prejuízo. Observou também que seu consumo, embora mais alto que o do mineral à carga normal, era menor sob carga reduzida, apesar de seu menor poder calorífico. Daí, concluiu que seu emprego parecia mais vantajoso em motores sob cargas variáveis, mas sua eficiência, em todos os casos, era maior que a do óleo mineral. O óleo de amendoim atua mais progressivamente e, em conseqüência, desenvolve menor pressão máxima.

E. Tatti e A. Sertori (11) relataram, em 1937, a utilização de óleo de amendoim em motores de automóveis, de alta compressão e alta velocidade. Constataram, entre outros fatos, que o óleo de amendoim tinha um ponto de ignição mais elevado que o óleo mineral, sendo assim inaplicável sem o pré-aquecimento e em lugares onde a temperatura do óleo ficasse abaixo de 10°C, pois sua alta viscosidade, a baixas temperaturas, dificultava-lhe a atomização. Outro empecilho foi que a oxidação do óleo injetado nas paredes frias do cilindro formavam, ali, um depósito. Para contornar todos esses problemas, foram dadas as seguintes sugestões: elevar a pressão de injeção, ajustar convenientemente a bomba injetora e readaptar as dimensões dos orifícios injetores (em caso de uso contínuo do óleo de amendoim nos motores diesel). Outro ponto negativo apontado por esses técnicos foi o cheiro ativo dos gases de exaustão e a inconveniência do uso desse óleo em veículos que trabalham em formação cerrada como, por exemplo, nos comboios militares.

Walton (12) verificou que os óleos de mais baixo índice de iodo depositavam menor quantidade de resíduos no motor.

A. B. D'Olliver (13) constatou que os óleos de soja, de amendoim e o gasóleo eram satisfatórios quanto ao rendimento, em motores de 2 cilindros a 4 tempos.



Lamb (14) foi contra o uso de óleos vegetais como combustíveis, devido a seu alto preço e problemas de oxidação formando compostos resinosos que impediam o bom funcionamento das válvulas e das molas de segmento do motor. Outra desvantagem apontada foi a presença de oxigênio combinado, diminuindo o poder calorífico. Não obstante, o autor ressaltou que tais desvantagens não se referiam a todos os óleos vegetais.

Já na década de 1940, referências sobre o emprego dos óleos de oliva, mamona, girassol (puro ou em mistura com petróleo), algodão e babaçu, mostraram o seguinte: os óleos de girassol e algodão não se atomizavam em seu estado natural, só se iniciando a ignição mediante acréscimo de pequenas quantidades de gás-óleo; o óleo de girassol entupia o atomizador, porém isso era contornável com adição de álcool.

Judge (15) defendeu o emprego de óleos vegetais nos motores diesel e, principalmente, dos óleos de amendoim, algodão, soja e palma. Constatou que a perda de eficiência era de 12 a 15% e que o óleo de palma era eficaz em motores Perkins, apresentando uma exaustão sem fumaça e um consumo de 180 g por cv/h. Fez ensaios com motor Gardner de 100 H.P. em um caminhão de 10 t e percurso de 3 mil milhas, concluindo que era necessário preaquecer o óleo vegetal e utilizar óleo diesel comum para dar a partida. Observou, por fim, que o consumo foi aproximadamente 10% superior ao do óleo mineral.

Após testes comparando óleos vegetais a óleos minerais, Hamabe e Nagao (16) concluíram, em 1941, que a potência e a eficiência térmica eram quase iguais, o consumo de combustível era maior, os choques eram menos frequentes e a partida, mais difícil. Tais testes foram feitos em motor diesel monocilíndrico de 10 a 12 H.P., 500 rpm, cilindro de 150 mm de diâmetro e 240 de curso, utilizando óleo de soja como combustível. Este óleo foi preaquecido a 70°C através de uma serpentina intercalada na água de refrigeração.

Em 1941, no *Instituto Nacional de Tecnologia*, foi realizada uma série de ensaios com motor de 18 H.P. e 900 rpm, nos quais se empregaram os óleos de algodão, babaçu, mamona, mamona misturada com álcool, e uma mistura de babaçu, mamona e álcool. As conclusões foram favoráveis ao uso de tais óleos em motores diesel. Sylvio F. de Abreu (17), no entanto, publicou um trabalho sobre a desvantagem do óleo de babaçu como combustível, devido a seu alto preço e emprego como óleo alimentício.

Em 1942, vinte e quatro óleos vegetais nativos da Índia foram ensaiados por Aggarwal, Chowdhury, Mukherji e Vérman (18). Eles observaram, então, os seguintes problemas: maior atraso de ignição com óleo de amendoim que com óleo diesel (o óleo de soja apresentou um atraso menor), e exaustão incompleta. Não obstante isso, eles julgaram que não se justifica a rejeição dos óleos vegetais como combustíveis. Concluíram, então, que com óleo vegetal seria possível alimentar o motor diesel, com eficiência talvez igual ou mesmo superior à do óleo mineral, bastando que para isso se adaptasse o motor ao modo específico de combustão dos óleos vegetais.

Em 1943, o Serviço da Produção Industrial da Coordenação de Mobilização Econômica encarregou, em São Paulo, uma Comissão Técnica a estudar o aproveitamento dos óleos vegetais como combustíveis (19). Testes foram feitos com óleo de algodão em motor Hércules instalado num caminhão que percorreu 1.200 km. Observou-se que o óleo havia deixado uma camada fina



de goma nas paredes da câmara de turbulência, enquanto nas paredes dos pistões e cilindros produzira uma fina camada de fuligem.

Uma segunda experiência foi feita com motor Perkins de 4 cilindros, 100 mm de diâmetro e preaquecimento do combustível de 60% a 160°C. Observou-se que a potência máxima do motor aumentava com maior aquecimento do óleo. Adaptaram-se os injetores ao óleo de algodão, colocando o motor num caminhão que percorreu 3.000 km. Após desmontagem do motor não se notou a presença de gomas, e as válvulas e mancais achavam-se em ótimo estado. O óleo lubrificante do Carter, entretanto, ao ser analisado, acusou um teor de 8% de óleo vegetal.

Concluindo, a Comissão opinou que, em motores de alta rotação e pequeno diâmetro de cilindros, o óleo vegetal deveria ser preaquecido, a fim de alcançar a viscosidade para qual são previstos os atomizadores, enquanto que a pressão de injeção deveria ser mantida igual ou superior à estabelecida para o uso do óleo diesel. As partidas e paradas do motor deveriam ser dadas com óleo mineral.

No Boletim do Instituto de Óleos (20), Rodolpho Otto sugeriu a utilização de óleos vegetais como combustíveis e relatou trabalhos efetuados com o DNER em 1943. Gualter Pacheco Borges (21) relatou ao 39º Congresso da Associação Química do Brasil um trabalho feito nos laboratórios do Ministério da Marinha sobre o aproveitamento de óleos brasileiros como combustíveis. Mensier (22), Baker e Sweigert (23) fizeram referências ao emprego de óleos vegetais diretamente em motores de injeção, assinalando as vantagens do óleo de amendoim.

No fim da década de 1940, o I.R.H.O. relatou trabalhos feitos com *óleo de pourghère* em motor diesel, sem tratamento prévio. Os resultados foram satisfatórios.

Na década de 1950, a literatura sobre óleos vegetais como combustíveis não foi farta. Entretanto, em seu trabalho, Mensier (24) estudou exatamente as condições técnicas do emprego dos óleos vegetais como combustíveis, quer diretamente nos motores, quer através de tratamentos especiais para obtenção de produtos comparáveis aos provenientes do petróleo. Ainda na mesma década, o "Journal de la S.I.A." (25) abordou utilização do óleo de *pourghère* em motores diesel, chegando a resultados favoráveis para os óleos vegetais.

Trabalhos recentes de técnicos brasileiros, já na década de 1970, referiam-se ao óleo de pinhão bravo, concluindo pela possibilidade de sua utilização como combustível. Com base nos resultados obtidos, os valores são semelhantes aos do óleo de *pourghère*.

A Mercedes Benz do Brasil realizou experimentos com óleo de algodão, amendoim, babaçu e soja em motores diesel de fabricação atual OM 314 e OM 352. Os ensaios foram efetuados em misturas com diesel e os resultados mostraram que os óleos vegetais como combustíveis são viáveis do ponto de vista da combustão no ciclo diesel. O índice de cetano é inferior ao do óleo diesel, porém as taxas de compressão são suficientes para todos os óleos ensaiados. Não houve modificação da bomba injetora devido ao poder lubrificante dos óleos vegetais e às viscosidades maiores que a do diesel. Foram, entretanto, observados os seguintes problemas: depósitos nas câmaras de combustão e adjacências, bicos injetores com tendência a entupimento, pulverização deteriorada por causa da formação de *trompette* de carvão.



Os problemas acima foram atribuídos ao alto índice de resíduos de carbono dos óleos vegetais. Nenhuma dificuldade de partida a frio foi constatada, observando-se a diminuição do nível de fumaça e aumento de depósito no motor.

Técnicos do INT / FTI estão verificando, num trabalho ainda em andamento, que é possível misturar-se até 20% de óleo vegetal com óleo diesel, sem que haja necessidade de adaptação do motor diesel convencional.

Percorrendo-se a literatura técnica que, há muitos anos, se dedica ao assunto, fica-se surpreso com a variedade de conclusões e conceitos emitidos pelos diversos especialistas no mundo inteiro. Constata-se, mesmo, verdadeiras contradições, que, entretanto, analisadas a fundo, explicam-se pelos diferentes estágios de perfeição dos motores, segundo as épocas em que foram feitos os ensaios ou, até, pela diversidade dos tipos de óleos utilizados.

### Transformação em produtos semelhantes aos do petróleo

A escassez de essências combustíveis para motores a explosão reavivou a necessidade de transformar em hidrocarbonetos leves os corpos ricos em hidrogênio e carbono não oxidados. De modo geral, a atenção logo se dirigiu para as sementes vegetais e seus óleos derivados, cujas riquezas em calorías e tendência natural à fragmentação os constituiriam em matéria inicial preferida.

As primeiras experiências demonstraram, que, em princípio, seria possível transformar óleos vegetais em produtos semelhantes aos do petróleo. Chegou-se mesmo a preconizar inúmeros processos baseados na destilação e fragmentação catalítica dos óleos vegetais. Entretanto, esses trabalhos ainda não lograram resultados devido ao fator preço, que impediu até agora sua utilização industrial. Em todo caso, ficou patente que, além do óleo vegetal propriamente dito, o sabão de ácidos gordurosos e os próprios ácidos gordurosos podiam ser submetidos a craqueamento, com a finalidade de se obterem hidrocarbonetos e outros produtos comparáveis aos obtidos com o craqueamento do petróleo.

Assim, muitos (26 a 48), foram os que craquearam óleos e gorduras vegetais e animais em hidrocarbonetos adequados como combustíveis de motores. Outros (49 a 63), também, investigaram o craqueamento térmico de sais de ácidos graxos, principalmente sais de cálcio. O craqueamento de ácidos gordurosos superiores foi também estudado (64 a 67). Num trabalho publicado em 1947, Chang e Wan (68) relataram estudos do craqueamento térmico de sabão de óleos vegetais. Esses pesquisadores também craqueavam termicamente os óleos vegetais, transformando-os em combustíveis para motores.

No Brasil, Rodolpho Otto (69) publicou no Informativo do Instituto de Óleos, em 1945, um trabalho com várias referências a estudos de destilação e fragmentação catalítica de óleos vegetais. No final da década de 1940 (70), Antonio Vivacqua fez experiências sobre o aproveitamento das oleaginosas como combustíveis: gasolina vegetal, querosene vegetal, óleo diesel vegetal e coque.

Além do craqueamento, os óleos vegetais podem sofrer outras transformações. Assim, por exemplo, mediante reação com um monoálcool (etanol ou metanol) podem ser transformados em produtos de ponto de fusão mais baixo.

Os processos de fabricação de ésteres metílicos de ácidos gordurosos são muito conhecidos, sendo já produzidos, inclusive, industrialmente.

Com a transformação do triglicerídeo em éster metílico ou etílico de ácidos



gordurosos, pode-se recuperar a glicerina, o que vem a ser economicamente vantajoso, pois grande parte da glicerina atualmente consumida no Brasil é importada. Em motores, a utilização desses ésteres apresenta outra vantagem, que é sua inteira miscibilidade com o gasóleo, permitindo uma troca de combustíveis sem precauções particulares.

Em artigo publicado em 1952 (71), Mensier fala sobre a obtenção, propriedades e utilização desses ésteres como combustíveis em motores. Com a etanolise do óleo de palma, segundo o artigo de Mensier, obtém-se um éster que não provoca corrosão nas alças da bomba de injeção, mesmo após 100 horas a 80°C. Ensaio feitos na rua durante um percurso de 20 mil km mostraram que, ao se trocar o gasóleo por óleo de palma etanolisado, não foi necessária a mudança do motor, sendo a partida a frio mais fácil e o funcionamento do motor, mais silencioso.

Com a substituição do gasóleo por esses ésteres, observou-se que a superfície do cilindro e os pistões mantiveram-se limpos, os depósitos formados na câmara de combustão foram menos espessos, a bomba de injeção ficou intacta e os injetores mostraram-se ligeiramente corroídos. Sem mudança da regulagem de injeção, o consumo aumentou 5,3% quanto ao peso e 3,2% quanto ao volume em relação ao que foi constatado por ocasião do emprego do gasóleo. Com a regulagem do sistema de injeção, melhores resultados poderiam ter sido alcançados.

Em relação ao óleo de palma metanolisado, as conclusões foram as seguintes:

- a viscosidade foi satisfatória, podendo o óleo ser empregado sem preaquecimento, mas numa temperatura ambiente não inferior a 15°C;
- as partidas foram tão fáceis quanto as verificadas com gasóleo;
- o escapamento foi desprovido de odor particular;
- o consumo foi inferior ao do gasóleo, levando-se em conta o poder calorífico;
- não se observou corrosão nos sistemas de injeção;
- com respeito a incrustamentos, o motor se apresentou, após 40 horas, num estado melhor que o verificado com o uso do gasóleo.

Portanto, a conclusão final foi que a esterificação dos óleos vegetais com metanol ou etanol constituía um processo tecnicamente satisfatório para a utilização como combustível nos motores.

## Utilização como lubrificantes

O óleo de rícino ou mamona destaca-se entre as outras oleaginosas por suas propriedades de alta viscosidade, densidade e adesividade. Sua utilização como lubrificante tem sido amplamente discutida, existindo inúmeros trabalhos que comprovam, neste sentido, sua eficiência.

Harris (72), em 1927, relatou suas propriedades e efeitos na lubrificação. Emile André (73), em 1930, chamou a atenção para esse óleo como um lubrificante capaz de substituir os provenientes do petróleo. Destacava, então, a facilidade para se determinar em laboratório as propriedades físicas e químicas de suas pequenas amostras.

Em 1933, Waldemar Raoul (74) referiu-se também à necessidade da substituição, por óleos vegetais, dos óleos minerais importados para lubrificação de motores e citava algumas propriedades do óleo de mamona,



bem como um processo de preparação de derivados solúveis em óleos minerais.

Em 1937, o Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (75) publicou importantes conclusões sobre o óleo de mamona como lubrificante. Apresentando seu comportamento favorável nos motores de explosão, mostrou que suas características eram superiores às dos óleos minerais e sua estabilidade comparava-se à dos lubrificantes encontrados no mercado daquela época.

Além desses pesquisadores, muitos outros dedicaram-se ao estudo do óleo de mamona (76 a 84). Trabalhos mais recentes (85) citam-no como um ótimo lubrificante para motores e turbinas de aviões e foguetes, superior mesmo a qualquer óleo mineral, pois não se solubiliza em contato com a gasolina ou o querosene utilizado nos jatos. Sendo o único óleo vegetal solúvel em álcool e possuindo a propriedade de conservar baixo, mais demoradamente, o índice de acidez, seu uso é indicado para freios de automóveis, caminhões, ônibus, tratores e até mesmo tanques de guerra.

Face à crise do petróleo, as pesquisas com os derivados do óleo de mamona foram aceleradas, para se verificar até onde e em que condições eles poderiam ser utilizados como substitutos de produtos petroquímicos. Como resultado surpreendente, sobretudo no campo dos lubrificantes sintéticos, foram obtidos produtos utilizáveis em mistura com óleos minerais, cuja eficiência tornou-se, desse modo, maior.

Entre os lubrificantes assim obtidos, destaca - se o bis (2-etil-hexil) sebacato usado satisfatoriamente em motores a jato, em um largo limite de temperatura e sob severas condições de operação. Concluiu-se também, no final dessas pesquisas, que os lubrificantes à base de óleo de mamona ofereciam aos motores garantia de desempenho durante 40 mil quilômetros de rodagem, ao passo que só uns poucos óleos minerais atingem cinco mil quilômetros.

Certas fontes admitem que os lubrificantes à base de mamona acabarão custando até quatro vezes mais do que os obtidos do petróleo, mas em contrapartida sua durabilidade será 12 vezes maior. Assim, o emprego do óleo de mamona como lubrificante de motor, em substituição aos óleos minerais derivados do petróleo, pode ser mais uma solução brasileira para problemas brasileiros, a exemplo do álcool combustível.

TABELA 1

	Algodão (1)	Amendoim	Babaçu (2)	Dendê/ Palma	Mamona (3)	Soja	Diesel
Enxofre (1%)	0,03	0,01	0,02	-	0,02	0,02	1
Índice Calorífico Superior (Kcal/kg)	9,365	9,404	9,070	9,723	8,946	9,432	10,125
Índice Específico (120°C)	0,9181	0,9139	0,9187	-	0,9862	0,9205	-
Índice de Fulgor (VA, 100)	308	316	238	>260	295	318	55min.
Índice de Combustão (1%)	348	344	304	-	315	348	-
Viscosidade Saybol (137,8°C) soja	180	183	147,5	-	1,425	-	-
Viscosidade kSt (137,80°C)	35,65	39,30	30,18	39,6	285,7	34,11	1,8 a 8
Índice de Cetano Calculado	39,5	39	38	42	-	39	-
Relação H/C	0,154	0,154	0,163	0,157	0,146	0,138	0,143
Índice de Névoa (1 <> 0)	9,0	10,0	26	-	(4)	13,0	-
Cor ASTM	1,5	0,5	1,0 a 1	-	0,51	1,0	3mélx.

(1) Óleo clarificado (2) Óleo cru (3) Óleo tipo 1 (4) A amostra resfriada até 24°C manteve-se límpida

Fontes: Petrobrás / Mercedes Benz / Conselho Nacional de Petróleo / INT / Rev. Bras. Quim. 13 16; 1942



	Gasolina	Etanol	Diesel	Dendê
Temperatura de ignição (°C)	280	392	338	315
Flash point (°C)	-45	10	66	162
Poder calorífico (BTU/lb)	20.000	12.780	19.200	16.610
Ponto de fusão (°C)	-	-130	-20	25
Peso específico (15°C)	0,74	0,79	0,90	0,90

## Referências

1. Termodinâmica de Chalkley, Prefácio de Rudolph Diesel. (1911).
2. Comunicação de R.E. Mathot à Associação para o Aperfeiçoamento do Material Colonial da Bélgica, em 14 de Janeiro de 1920.
3. JOAQUIM BERTINO DE MORAES CARVALHO, A Industria de Óleos Vegetais e seus problemas (1936). pág. 85.
4. LUMET, CHALEUR et Industrie 5 (1925), pág. 614.
5. GAUTHIER, Technique Moderne 23, (1931), pág. 251.
6. ———, Revue des Combustibles Liquides 11 (1933), pág. 19.
7. SCHMIDT, Automobiltechnische Zeitschrift 36, (1933), pág. 212.
8. ———, Tropicplanzer 35 (1932), pág. 386.
9. PONCHON, Combustibles Liquides et Lubrifiants. (1934).
10. MANZELLA, Energia Térmica 3, (1935), pág. 69.
11. E. TATTI e A. SERTORI, Energia Térmica 7, (1937), pág. 59.
12. WALTON, Gas and Oil Power 33 (1937), pág. 167.
13. A. B. D'OLLIVIER, Revue des Combustibles Liquides 17, (1939), pág. 225.
14. LAMB, The Running and Maintenance of the Marine Diesel Engine (1939).
15. JUDGE, High Speed Diesel Engines (1941).
16. HAMABE E NAGAO, Chemical Abstracts 35, (1941), pág. 4178.
17. SYLVIO F. DE ABREU, O coco babaçu e o problema do combustível (1940).
18. AGGARWAL, CHOWDHURY, MUKHERJI E VERMAN, BULL. Of Indian Industrial Research 19 (1952).
19. Bol. nº. 1 do Setor da Produção Industrial da Coordenação da Mobilização Econômica. A Comissão era assim constituída: Felix Hegg, Jean Peter, F. J. Maffei, Horus Serra, W. H. Gregson, F. J. W. Holt, Merino Bergaghi, Durval Muylaert, Bernardo Lutz, Leonidas Marques e Carlos Lang.
20. RODOLPHO OTTO, Bol. nº 1 do Instituto de Óleos (1944).
21. GUALTER PACHECO BORGES, Anais Associação Química do Brasil 3, (1944), pág. 206.
22. MENSIER, France Énergetique 9-10 (1945), pág. 277.
23. BAKER E SWEIGERT, Proceedings of the 19<sup>th</sup> National Oil and Gas Power Conference Held at Cleveland, Ohio (1947) – ASME.
24. MENSIER, Oléagineux 7, nº 1 (1952).
25. Utilisation des Huiles Végétales dans les Moteurs Diesel, Journal de la S.I.A. – Aout (1955), pág. 368.
26. GALLO, CORRELLI, Atti Congr. naz. Chim. pura applicata (1923), pág. 257.
27. BOUFFORT, FR. Patent 844, 105 – July 19 (1939).



28. MAILHE, BULL. Soc. Chim 31, 249-52 (1922).
  29. ———, Bull. Soc. Chim. 31, 567-70 (1922).
  30. ———, Chaleur & Ind. 5, 3-5 (1924).
  31. ———, Compt. rend., 173, 358-9 (1921).
  32. ———, Compt. rend., 173, 658-60 (1921).
  33. KOBAYASHI, J. CHEM. Ind. (Japan), 24, 1-26 (1921).
  34. ———, J. CHEM. Ind. (Japan), 24, 1421-4 (1921).
  35. ———, J. CHEM. Ind. (Japan), 24, 1399-1420 (1921).
  36. KOO E CHENG, Chinese Ind., 1, 2021-39 (1935).
  37. Ind. Research (China), 4, 466-79 (1935).
  38. KOO E CHENG, J. CHEM. Eng. (China), 3, 348-53 (1936).
  39. PRING, J. CHINESE CHEM. Soc. 3, 95-102 (1935).
  40. ———, J. CHINESE CHEM. Soc. 3, 281-7 (1935).
  41. Lo, Science (China) 24, 127-38 (1940).
  42. OBERHAUSEN, J. Chinese Chem. Soc., 4, 57-71 (1936).
  43. Lo, Science (China) 5, 44-50 (1937).
  44. EGLOFF, Ind. Eng. Chem. 24, 440-1 (1932).
  45. ———, J. Soc. Chem. Ind., 133-41 (1932).
  46. ———, Ind. Eng. Chem., 24, 426-7 (1932).
  47. GOMEZ, Ion, 2, 197-205 (1942).
  48. OBERHAUSEN, FR. Oct. 7, Patent 682, 850 (1929).
  49. INOWYE, J. CHEM. Soc. Japan, 42, 1065-72 (1921).
  50. SATO, J. CHEM. Ind. (Japan), 25, 13-24 (1922).
  51. ———, J. CHEM. Ind. (Japan), 26, 297-304 (1923).
  52. ———, J. CHEM. Ind. (Japan), 30, 242-5 (1927).
  53. ———, J. CHEM. Ind. (Japan), 30, 245-52 (1927).
  54. ———, J. CHEM. Ind. (Japan), 29, 109-15 (1926).
  55. BEUER E WEINMANN, Monatsh., 67, 42-50 (1935).
  55. ARNOUX, ANN. Musée Colonial Marseille, 9, n° 1, 1-13 (1941).
  56. CHENG, CHEM & MET. Eng., 52, 99 (1945).
  57. DELABY E CHARONNAT, Compt. rend., 191, 1011-12 (1930).
  58. MELIS, Atti Congr. naz. Chim. ind. 238-40 (1924).
  59. GRUN E WIRTH, Ber., 53B, 1301-12 (1920).
  60. PICTET, BULL. Soc. Chim., 27, 641-56 (1920).
  61. PICTET E POTOK, Helv. Chim. Acta, 2, 501-10 (1919).
  62. HSIEN-LIANG HSU, Osburn e Grove, Ind. Eng. Chem., 42, 10, 2141-45 (1950).
  63. MAILHE, Compt. rend., 174, 873-4 (1922).
  64. ———, Mat. Grasses, 14, 6223-5, 6247-8 (1938).
  66. PETROV, BER., 64B, 1827-34 (1931).
  67. ZELINSKII E LEVINE, J. Applied Chem. (U.S.S.R.), 6, 20-30 (1923).
  68. CHANG E WAN, Ind. Eng. Chem. 39, 12, 1543-48 (1947).
  69. RODOLPHO OTTO, Bol. n° 3 do Instituto de Óleos (1945).
  70. ANTONIO VIVACQUA, Bol. n° 7 do Instituto de Óleos (1949).
  71. MENSIER, Oléagineux, 7, 2 – 69-74 (1952).
  72. HARRIS, Oil and Fat. Ind., 4, 11-14, 37 (1927).
  73. ÉMILE ANDRÉ, Bull. Mat. Grasses Inst. Colonial Marseille 15, 297-301 (1931).
  74. WALDEMAR RAOUL, Rev. Chem. Ind., 2, 16-304-6 (1933).
  75. Bol. Inst. Pesqu. Tec. São Paulo 17, 143-62 (1937).
  76. AGNÉS E CASELLANOS, Rev. Aeronaut. 2, 2, 650-4 (1941).
  77. ROSSETTI, OLII MINERALI, GRASSI E SAPONI, Colori e Vernice, 20, 10, 109-12 (1940).
  78. DODGE, Pat. U.S.A. 1 477.635.
-



79. GILBERT, Pat. U.S.A. 2'361.022.
80. EVANS E ELLIOT, Pat. U.S.A. 2'692.858.
81. MELAMID, Pat. Brit. 308.502, Apr. 27 (1928).
82. FARBENIND A.G., Pat. Brit. 354.783, May 9 (1930).
83. DODDS, Pat. Brit. 815.802, July 1 (1959).
84. MARUTA, Pat. Japonesa 172.139, Jan. 9 (1946).
85. DIRG. IND. 15, 9 (1974).

## ÓLEOS VEGETAIS

( Inf. INT, Rio de Janeiro, n. 32, set/dez 1984)

As primeiras experiências com óleos vegetais em motor de ciclo Diesel, de que se tem notícia, começaram em 1900. O próprio engenheiro Rudolph Diesel testou, então, com sucesso, o funcionamento de seu engenho utilizando diversos produtos de origem vegetal: óleo de rícino, óleo de coco, óleo de semente de algodão e óleo de amendoim.

Também, não é fato novo a preocupação com a escassez de petróleo. Em 1925, Ernesto Lopes da Fonseca Costa, Diretor da Estação Experimental de Combustíveis e Minérios (que deu origem ao atual Instituto Nacional de Tecnologia), já chamava a atenção para o fato de que, segundo geólogos e especialistas, as reservas de petróleo até ali conhecidas estariam esgotadas em cerca de 80 anos, uma vez que o crescimento do consumo não acompanhava sua respectiva produção.

Em função de semelhante futuro, neste mesmo ano, Fonseca Costa dirigiu uma das primeiras experiências do álcool como combustível automotor. Alguns anos mais tarde, em 1942 - em plena Segunda Guerra Mundial-, o INT publicava resultados dos estudos dos óleos de semente de algodão, de coco babaçu e de mamona, puros e em misturas com álcool, concluindo: *"Em condições anormais, quando é deficiente ou falta o óleo Diesel mineral, podem-se empregar substitutos de origem vegetal, abundantes em nosso País" (1).*

Porém, com a descoberta de grandes reservas de petróleo e sua conseqüente maior oferta, todas as pesquisas no campo das fontes alternativas renováveis foram desaceleradas, só sendo retomadas na década de 70, quando a OPEP, em fins de 1973, resolveu quadruplicar os preços do petróleo, alterando na base as economias industriais.



Surgiu então o questionamento técnico quanto às melhores formas de utilização dos óleos vegetais para fins energéticos, uma vez que os modernos motores Diesel já não são adequados ao uso do óleo vegetal, não transformado, como combustível.

Inicialmente julgou-se que os óleos vegetais constituiriam uma alternativa, caso sua utilização viesse associada a modificações nos motores do ciclo Diesel. Pensou-se, ainda, que estes óleos poderiam se tornar promissora matéria-prima para, através de transformações químicas, se obter um combustível equivalente ao óleo Diesel. Como opção intermediária, pensou-se também na utilização dos óleos vegetais não transformados, mas em mistura com óleo Diesel, sem que fossem necessárias modificações nos motores.

O presente trabalho relata as experiências hoje existentes quanto às diversas formas de utilização dos óleos vegetais para fins combustíveis, e tece algumas considerações a respeito das conseqüentes implicações do aumento da produção desses óleos.

## Formas de utilização de óleos vegetais como combustível

### Óleos vegetais craqueados

Os óleos vegetais *in natura* ou saponificados podem sofrer transformações térmicas e catalíticas gerando misturas de hidrocarbonetos a partir das quais se obtêm a "gasolina vegetal", o "Diesel vegetal" e o "querosene vegetal" (Inclusive querosene de avião, como foi demonstrado pela FAB em 23/10/84, quando um Bandeirante sobrevoou Brasília alimentado com prosene)

Estas transformações permitem, em princípio, o uso da tecnologia atual de refino do petróleo, sem alterações consideráveis.

As transformações catalíticas são mais promissoras do que as térmicas, em conseqüência do progresso realizado em catálise nos últimos anos e que propicia sensíveis melhorias no rendimento destas transformações.

### Óleos vegetais etanolizados ou metanolizados

Existem quatro tipos de reações estreitamente ligadas, envolvendo adição ou troca de radicais alquila no resíduo carboxila de ácidos gordurosos. Estas reações são esterificação, alcoólise, acidólise e interesterificação.

Dos quatro tipos de reações apresentadas, a alcoólise é a mais comum. É uma reação reversível que envolve a substituição do grupamento alquila de um éster por outro, através da interação de um éster e um álcool. E, geralmente, designada pelo nome do álcool substituinte, seguido da terminação *ise*: etanólise, metanólise, propanólise, glicerólise, etc.

Quanto à realização de óleos vegetais alcoolizados (etanolisados ou metanolizados) em substituição ao óleo Diesel, verifica-se que suas características físico-químicas estão mais próximas das do óleo Diesel do que aquelas observadas nos óleos vegetais puros. Além disso, o combustível assim produzido tem características combustíveis independentes da espécie vegetal utilizada. Este fator é importante, pois requer uma única regulagem do motor Diesel de injeção direta ou indireta, para operar com ésteres obtidos a partir de diferentes tipos de óleos vegetais (2).



## Óleos vegetais puros ou em misturas

A importância dos estudos de aplicação de óleos vegetais puros e em misturas para fins energéticos está relacionada com a perspectiva de não se onerar o combustível com custos adicionais de processos de transformação química dos óleos vegetais.

Embora estudos anteriores com o emprego de óleo vegetal puro tenham apresentado resultados satisfatórios, a experiência hoje nos diz que, dada a evolução dos motores de ciclo Diesel, tornou-se inviável a utilização de óleos vegetais puros como combustível.

Como opção, têm-se desenvolvido pesquisas de misturas combustíveis binária - Diesel e óleo vegetal - e ternária - Diesel, Óleo vegetal e álcool.

## Craqueamento de óleos vegetais

Com resultados satisfatórios, já foram realizadas várias experiências de craqueamento térmico e catalítico de óleos vegetais ou de seus sabões. Contudo, nessas experiências evidenciam-se várias falhas, visto que foram empregados catalisadores de famílias muito diferentes, implicando mecanismos também diferentes das transformações obtidas. Na realidade, tais mecanismos não são conhecidos em sua intimidade. Em conseqüência, os produtos obtidos são múltiplos e, para serem aproveitados, requerem às vezes, após craqueamento, novos tratamentos de destilação, purificação e outros.

“Uma simples regulagem é suficiente para o motor Diesel operar com ésteres de óleo vegetal”.

Recentemente, foi desenvolvido um processo de craqueamento térmico de óleos vegetais, na Universidade Federal do Ceará, a partir do qual são geradas frações equivalentes a aproximadamente uma tonelada de “petróleo vegetal”, com recuperação de glicerina como produto lateral. Estas frações são: Diesel (600 litros), gasolina (200 litros), leves (150 litros), pesados (50 quilos). Cabe ressaltar que, através da modificação das condições de craqueamento, podem ser alterados os percentuais dos produtos e a natureza das frações, o que demonstra a flexibilidade do processo no que concerne à substituição dos derivados de petróleo (3).

O Instituto Militar de Engenharia - IME realizou experiências de craqueamento de óleo de soja comercial. Em alguns casos este óleo foi pré-hidrogenado. Vapores de óleo de soja cru e pré - hidrogenado foram levados à presença de sólidos ácido ( $Al_2O_3$ ) e básico ( $MgO$ ) em um reator tubular de vidro a  $300^\circ C$ ,  $400^\circ C$  e  $500^\circ C$ . O craqueamento catalítico de óleos vegetais pré-hidrogenados, embora apresentando rendimentos menores que os do óleo cru, permite a obtenção de quantidades razoáveis de hidrocarbonetos e impede a formação de compostos carbonílicos próximos da gasolina e óleo Diesel minerais (4).

O Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia - CEPED está desenvolvendo catalisadores à base de argilas para utilização nos estudos do craqueamento catalítico de óleos vegetais. O processo de craqueamento em desenvolvimento no CEPED envolve uma descarboxilação prévia ao craqueamento catalítico (3). Deste processo são derivados gases e frações equivalentes aos produtos leves, médios e pesados de petróleo, nas seguintes proporções: em relação ao volume total do óleo produzido: leves (6-9%), médios (70-80%) e pesados (7-9,2%).



O Instituto Nacional de Tecnologia e a Fundação de Tecnologia Industrial (MIC) não realizaram trabalhos experimentais de craqueamento e sim um levantamento do estado da arte dessa possibilidade de utilização de óleos vegetais como alternativa energética aos derivados do petróleo (5).

### Alcoólise de óleos vegetais

Dentre as experiências realizadas no passado relativas ao emprego de óleos vegetais etanolizados ou metanolizados em substituição ao óleo Diesel, destacam-se as de Mensier em 1952 (6). Dessas experiências concluiu-se que a etanólise ou metanólise de óleos vegetais constituíam um processo tecnicamente satisfatório, pois o produto poderia ser utilizado como combustível nos motores, apresentando um desempenho comparável ao do óleo Diesel.

Ainda quanto à utilização de óleos vegetais etanolizados ou metanolizados em substituição ao óleo Diesel, diversas experiências estão sendo realizadas dentro do programa denominado OVEG-I (Programa de Óleos Vegetais Secretaria de Tecnologia Industrial), onde tem sido constatado que o uso de óleos metanolizados ou etanolizados puros, em motores do ciclo Diesel, acarreta sérios problemas de diluição dos óleos lubrificantes. Também, segundo estudos do OVEG-I, tem sido observado que, quanto maior o teor de ácido linoleico no óleo a ser etanolizado, maior o grau provável de diluição do óleo lubrificante (7).

Em 1982, durante a primeira fase do projeto "Etanólise de Óleos Vegetais" (8), o Instituto Nacional de Tecnologia dirigiu as pesquisas para a busca das condições de reação mais adequadas à obtenção de um melhor rendimento em éster etílico para fins carburantes. Nesse estudo, utilizou-se óleo de soja como matéria-prima e os hidróxidos de sódio e potássio como catalisadores. Estudou-se a etanólise em diferentes temperaturas, variando-se o tempo de reação, a quantidade de catalisador e o excesso de álcool.

As condições experimentais são mostradas na Tabela 1:

**TABELA 1**  
Condições Experimentais de Etanólise

Catalisador	Excesso de Etanol (%)	Temperatura (°C)	Tempo (minuto)	Catalisador (% sobre peso óleo)
KOH	60;100	28 ± 0,5; 40	2; 5; 10	0,4; 0,6
NaOH	60	40	15; 20; 30	
	100	28 ± 0; 5; 40; 60	60; 120	0,8; 1,0

Do estudo preliminar desenvolvido pode-se tirar algumas conclusões:

1)As temperaturas inferiores (28,5 °C) parecem favorecer a etanólise catalisada por KOH, em detrimento das mais elevadas (40°C). Isto está de acordo com os trabalhos desenvolvidos por File e Gros (9).

2)O aumento no rendimento da etanólise após 60 minutos de reação é praticamente desprezível.

3)Aumentando-se o excesso de etanol, eleva-se o rendimento da etanólise, pois sendo esta uma reação reversível, o excesso de etanol desloca o equilíbrio na direção do produto.

4)O rendimento em éster é proporcional ao aumento do teor de catalisador

5)Nas reações em que se utilizou hidróxido de sódio como catalisador, houve



separação de glicerina a partir do teor de 0,6%, o mesmo não acontecendo nos casos em que se utilizou hidróxido de potássio.

6) Nas temperaturas e excessos de etanol estudados a etanólise com hidróxido de sódio apresentou rendimentos superiores aos obtidos com hidróxido de potássio

## Utilização de óleos vegetais não transformados

Em 1942, foram realizadas, no Instituto Nacional de Tecnologia, as primeiras experiências com óleos vegetais puros e em misturas com álcool, em substituição ao Diesel. Nessas experiências, foi constatada a viabilidade do emprego desses óleos no motor MAH 200, monocilindro, com taxa de compressão 20.5: 1, conforme mostra a Tabela 2. Na época, concluiu-se: *“Em condições anormais, quando é deficiente ou falta o óleo Diesel mineral, podem-se empregar substitutos de origem vegetal, abundantes em nosso país”* (1).

Com a retomada das pesquisas pelo INT na década de 70, foi verificada, através de análises de laboratório, a inviabilidade do uso de óleos vegetais puros em motores do ciclo Diesel. Iniciou-se, então, estudo de misturas binárias Diesel / óleo vegetal.

Observou-se, porém, resíduo de carbono e viscosidade das misturas muito acima dos valores detectados no óleo Diesel puro, fato que, nos modernos motores do ciclo Diesel, acarreta problemas na atomização do combustível, com conseqüente formação de depósitos.

O estudo das misturas ternárias, no INT, com álcool em sua composição, vem se processando de forma a adequar as características das misturas vegetal / Diesel àquelas hoje observadas no óleo mineral puro (11).

Em função das melhorias nas suas qualidades combustíveis, com sensível decréscimo da viscosidade e do resíduo de carbono em relação às misturas binárias, as misturas Diesel + óleo vegetal (soja, dendê ou amendoim) + álcool apresentaram resultados de ensaio de desempenho em motor, bastante satisfatórios.

No CTA, esses ensaios foram realizados em dinamômetro, com motor MWM de quatro cilindros e injeção direta.

Na CTC, foram feitos em campo, com motor OM 352 de seis cilindros e injeção direta. Verificou-se então que, tanto nos ensaios do CTA como nos da CTC, não houve qualquer alteração na partida dos motores, nem foram detectadas relevantes variações de potência e consumo, em relação ao emprego do óleo Diesel puro. Os resultados acham-se na Tabela 3 (10). Tais resultados podem ser atribuídos à presença de radicais OH que ativam a combustão e melhoram o rendimento térmico, compensando assim a redução do poder calorífico devido à presença do oxigênio.

Também testada em trator, rodando com motor Perkins 0-4203, na Volkswagen do Brasil, a mistura 20% soja + 7% álcool + 73% Diesel mostrou resultados satisfatórios até em torno de 1.000 horas de teste. A partir daí o motor começou a apresentar nível de carbonização acima do que se observa com o óleo Diesel, sendo também iniciado o processo de oxidação e diluição do óleo lubrificante.



**TABELA 2**  
Resultados Experimentais INT – 1942.

	Características combustíveis			Desempenho do motor (em Dinamômetro) <i>(Variação porcentual em relação ao Diesel)</i>	
	Viscosidade Cinemática a 37,8°C	Resíduo de Carbono (%)	Poder calorífico (kJ/g)	Potência (%)	Consumo (%)
Diesel	4,55	0,01	131,700	-	-
Óleo de algodão	53,68	0,2	9,500	0,0	+ 8,8
Óleo de tabacu	40,72	0,15	9,100	+ 2,3	+ 18,9
Óleo de mamona (pré-aquecido)	302,2	0,12	8,870	0,0	+ 18,5
Mamona (50%) + Álcool (50%)	7,37	0,05	7,535	0,0	+ 33,2
Saçaçu (50%) + Mamona (15%) + Álcool (28%)	10,62	0,6	6,255	- 2,3	+ 25,3

## Comentários

O craqueamento térmico direto do óleo vegetal sob pressão é um processo oneroso, mesmo feita uma separação prévia da glicerina, pois envolve condições severas de temperatura e pressão. A pirólise direta dos grãos oleaginosos evita os gastos com a extração do óleo, mas também parece não ser viável.

As transformações catalíticas são mais promissoras do que as transformações térmicas, devido a maiores rendimentos provenientes do progresso realizado em catálise nos últimos anos. Entretanto, em virtude dos catalisadores onerarem os custos, é de extrema importância o desenvolvimento de catalisadores mais econômicos.

Na alcoólise de óleos vegetais a fabricação do éster metílico é mais simples do que a do éster etílico e, por isso, menos dispendiosa (3). Entretanto, sendo o Brasil produtor de etanol, é válido investir no óleo etanolizado, através do desenvolvimento de processos menos complexos.

O desenvolvimento de catalisadores sólidos para a etanolise ou metanolise simplificaria bastante o processo, visto que tais catalisadores poderiam ser eliminados com uma simples operação de filtração. Uma outra opção seria a utilização de catalisadores que não precisassem ser eliminados do meio reacional.



**TABELA 3**  
Resultado Experimentais INT – 1982.

	Ensaio de Dinamômetro)		Ensaio de Campo		
	Potência (%)	Consumo (%)	Km rodados	Varição no Consumo (%)	Duração (horas)
Soja (20%) + Alcool (7%) + Diesel (73%)	-1,9	+2,1	15.000	+5,9	751
Amend. ref. (20%) + Alcool (7%) + Diesel (73%)	-7,9	+2,4	18.780	+7,2	313
Amend. cruza (20%) + Alcool (7%) + Diesel (73%)	-7,4	+4,7	16.250	+9,6	271
Dendê (20%) + Alcool (7%) + Diesel (73%)	-4,3	+2,7	10.500	+8,5	175

O óleo etanolizado é sujeito a uma decomposição térmica, regenerando os ácidos graxos e produzindo o eteno. Neste caso, surge um problema: quando o eteno não é totalmente queimado no motor, poderá sofrer polimerização, o que causará incrustações com conseqüentes entupimentos. Isto não ocorre no óleo metanolizado (3).

Os triglicerídeos etanolizados ou metanolizados são mais instáveis que os óleos vegetais, sendo, portanto sujeitos a hidrólise, com aumento do índice de acidez que causa problemas de armazenagem e transporte (3). Este efeito poderia ser neutralizado pelo uso de antioxidantes.

Apesar da recuperação da glicerina, subproduto da alcoólise, trazer benefícios ao cálculo do custo final dos óleos vegetais, a sua produção em larga escala poderá não encontrar mercado consumidor. Em vista disso, é de extrema importância o investimento em pesquisas no campo da glicerolquímica.

Da alcoólise dos óleos vegetais obtém-se um combustível com densidade, viscosidade, resíduo de carbono, ponto de névoa e número de cetano mais adequados do que os dos óleos vegetais não transformados ao uso em motores Diesel.

Apesar dessas qualidades combustíveis, tem-se observado que o uso de 100% de éster em motor ciclo Diesel acarreta altos níveis de diluição dos óleos lubrificantes, problema que pode ser contornado pelo uso de misturas Diesel/éster ou por modificações mecânicas no motor.

Os resultados das misturas óleo vegetal-Diesel-álcool mostram que esta alternativa é bastante promissora, merecendo estudos mais profundos no sentido de pequenas alterações no sistema de injeção de combustíveis dos motores, ensaios em motores de longa duração e ensaios de desempenho em outros motores de frota nacional. A grande vantagem do uso de misturas combustíveis está no fato de que, com o seu emprego, evitam-se os custos adicionais de transformação dos óleos vegetais. Acredita-se que, se implantado um programa de óleos vegetais como combustíveis para uma efetiva substituição do Diesel, as misturas poderão ser o primeiro passo.



## Implicações da utilização de óleos vegetais para fins combustíveis.

### Excedentes de subprodutos

Dentro de um programa de óleos vegetais para fins combustíveis, é de extrema importância um estudo do destino a ser dado aos grandes volumes de subprodutos gerados, visto que o mercado tradicional destes subprodutos certamente não absorverá os excedentes produzidos. Portanto, objetivando viabilizar a utilização de óleos vegetais para fins energéticos, é fundamental o desenvolvimento de pesquisas direcionadas para a descoberta de novos mercados para os referidos subprodutos.

Como é do conhecimento geral, a industrialização de óleos vegetais gera três subprodutos principais: as gomas resultantes da degomagem, as borras oriundas da etapa de neutralização e o condensado proveniente da desodorização. Aqui não estão incluídos a torta e o farelo, pois não são considerados subprodutos, e sim co-produtos.

Em relação aos co-produtos no caso de a soja ser utilizada num programa energético -, existe o inconveniente mercadológico, ou seja, a baixa relação óleo / farelo tornará inevitável a geração simultânea de enormes quantidades de farelo. Esse adicional, em função do estágio em que se encontra o mercado internacional, tenderia a ser colocado no mercado externo a preços cadentes, o que prejudicaria e mesmo comprometeria a rentabilidade do complexo soja. A avaliação do potencial de absorção destas quantidades adicionais de farelo pelo mercado interno é essencial. Hoje, no entanto, tal mercado é relativamente pequeno, mas, dinamizado, poderá ampliar consideravelmente a demanda de farelos protéicos.

A goma do óleo de soja, com tratamento relativamente simples e pouco oneroso, origina a lecitina comercial, que já é produzida no país. A lecitina pura pode ser extraída da lecitina comercial, da qual representa 16 a 20%, e, atendendo ao interesse da química fina em matérias-primas naturais, pode ser utilizada na produção de colina.

A colina é um produto de grande importância na nutrição, tem papel preponderante no metabolismo das gorduras no ser humano e hoje em dia é importada. Além da colina, outros fosfatídeos valiosos e de mercado garantido podem ser extraídos da lecitina comercial, tais como o inositol e a betaina, que atualmente também são importados.

As borras resultantes da neutralização podem ser empregadas diretamente na fabricação de sabões. No Brasil, são comercializadas também sob a forma de "óleo ácido", após tratamento ácido para liberação dos ácidos graxos e separação da água nelas contida. Este "óleo ácido" é matéria-prima bastante procurada como fonte de ácidos graxos de custo menos elevado. Além do material graxo, existem nas borras os insaponificáveis que, no caso do óleo de soja, correspondem a 3%. Estes insaponificáveis são na sua maior parte esteróides.

Os esteróides são compostos básicos para a síntese de diversos hormônios como progesterona, androsterona, testosterona, pregnenolona, desoxicorticosterona e cortisona; também podem ser usados na síntese da vitamina D, em substituição ao colesterol. As 50.000 toneladas /ano de borra de soja produzidas no Brasil poderiam vir a fornecer 1.000 toneladas /ano de



esteróides, o que seria importante para a indústria de fármacos, economizando divisas uma vez que estes hormônios são importados.

O condensado (ou destilado) de desodorização contém tocoferóis e esteróides que são matérias-primas valiosas para a produção de vitamina E, drogas esteroidais, produtos também importados pelo país.

No Brasil, o condensado é utilizado na fabricação de sabão, mas em fábricas menores é rejeitado. No caso de óleos vegetais para fins combustíveis, provavelmente não haverá necessidade da etapa de desodorização, não gerando, por conseguinte, quantidades consideráveis de condensado.

## Conclusão

As diversas experiências com óleos vegetais para fins carburantes têm comprovado a viabilidade técnica de sua utilização, pois as modificações nos motores, necessárias a um melhor desempenho, são de pequeno porte. Assim, pesquisas tecnológicas devem ser incentivadas para se encontrar a forma de utilização mais conveniente dos óleos vegetais como substitutos do óleo Diesel. Além disso, para se obter resultados comparáveis, deve-se buscar a uniformização de procedimentos de pesquisa e avaliação adotados pelas várias entidades envolvidas.

Existe, contudo, o problema da não disponibilidade de matérias-primas oleaginosas, que acarreta preços mais elevados para os óleos vegetais. Assim, para que um programa de óleos vegetais para fins carburantes seja implementado, há necessidade de uma decisão governamental no sentido de investir no aumento da produção agrícola, associado a um incremento de pesquisas visando maior conhecimento das culturas selecionadas. É necessário, ainda equacionar o problema relativo ao grande excedente de co-produtos e subprodutos gerados por um programa de tal envergadura.

O desenvolvimento de uma "oleoquímica", que poderá substituir muitos produtos de fonte petroquímica, poderá complementar o referido programa.

## Referências

ANJOS, J. R. S. et al. Degradação catalítica de óleos vegetais. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 139-147, abr./jun. 1981.

BARRETO, A. J. B. ; SÁ FILHO, H. L. Emprego de óleos vegetais não modificados em substituição ao óleo diesel. **Informativo do INT**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 28, p. 24-38, jan./abr. 1982.

ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIA DE ÓLEOS VEGETAIS COMBUSTÍVEIS, 1., São Paulo, 1980. **Anais...** Energia: fontes alternativas. São Paulo, v. 2, n. 11, p. 7-95, nov./dez. 1980.

FEUGE, R. O. ; GROS, A. T. Modification of vegetable oils. VII. alkali catalysed interesterification of peanut oil with ethanol. **Journal of the American Oil Chemists**, Illinois, v. 26, n. 3, p. 97-102, mar. 1949.

FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL. **Estudo de óleos vegetais com substituto de derivados de petróleo**. Rio de Janeiro: 1982. (Relatório final de projeto).



INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA. Divisão de Produtos Naturais. **Etanólise de óleos vegetais**. Rio de Janeiro: 1983. (Relatório final de projeto).

MENSIER, P. H. L'emploi des huiles végétales comme combustible dans les moteurs. **Oleagineux**, Paris, v. 7, n. 2, p. 9-13, fev. 1952.

ONIGA, T. ; BARRETO, A. J. B. Novos óleos vegetais brasileiros. **Informativo do INT**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 21, p. 3-6, jan./abr. 1979.

SÁ FILHO, H. L. et al. Diagnóstico da viabilidade técnica de utilização dos óleos vegetais brasileiros como combustíveis/lubrificantes. **Informativo do INT**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 22, p. 29-40, maio/ago. 1979.

SALAMA, C. **Estudo da viabilidade de utilização de óleos vegetais em substituição ao óleo diesel**. 1982. 329 p. (Mestrado)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1982.

SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA, 11., 1983, Brasília. **Anais...** Encontro dos Centros de Apoio Tecnológico. Brasília, 1983.

---

# 10.

Conclusões



## 10. CONCLUSÕES

Existe um consenso nacional sobre a importância de se incentivar a produção de biodiesel pela rota etílica, tanto pelos benefícios sociais quanto pelos benefícios ambientais decorrentes da sua mistura ao óleo diesel de petróleo.

Para aumentar os benefícios sociais, as oleaginosas para produção de biodiesel devem ser preferencialmente cultivadas em pequenas propriedades rurais, e o combustível produzido em cooperativas de pequenos agricultores.

Deve ser privilegiada a produção de biodiesel nas regiões mais carentes: Norte, Nordeste e Centro-Oeste e, no caso do biodiesel ser produzido em cooperativas de pequenos agricultores, deve haver isenção tributária em toda a cadeia de produção.

A mamona e o dendê são as matérias-primas mais indicadas para a produção de biodiesel no Brasil. A mamona pelo grande potencial de inclusão social no semi-árido brasileiro e o dendê pela sua alta produtividade.

O óleo de soja, pelo seu baixo custo de produção, também pode ser utilizado como matéria-prima, desde que adotado um modelo de produção sustentado por pequenos produtores. Caso contrário, poder-se-ia caminhar para um processo socialmente excludente, como o PROALCOOL.

A abertura de linhas de crédito específicas em bancos oficiais é indispensável para o sucesso do programa. Essas linhas de crédito devem ser tanto para o plantio das oleaginosas quanto para as instalações das cooperativas de pequenos agricultores.

A obrigação legal de que o óleo diesel seja aditivado com 2% de biodiesel é plenamente justificável dos pontos de vista técnico, ambiental e econômico. Mesmo admitindo-se um custo de produção do biodiesel três vezes maior que o óleo diesel de petróleo, o aumento final para o consumidor seria de apenas R\$0,02 para se ter um "óleo aditivado".

# 11.

Proposição Legislativa e Justificação



## PROPOSIÇÃO LEGISLATIVA

### PROJETO DE LEI Nº 3.368, DE 2004

*(Do Srs. Membros do Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica Ariosto Holanda, Luiz Piauhyllino, Félix Mendonça, Gilmar Machado, João Paulo Gomes da Silva, José Ivo Sartori, José Linhares, Luiz Carreira, Luiza Erundina, Marcondes Gadelha, Telma de Souza e Luiz Bittencourt)*

*Dispõe sobre a obrigatoriedade da adição de dois por cento de biodiesel ao óleo diesel, sobre o cultivo de oleaginosas a serem utilizadas na fabricação de biodiesel e sobre a sua produção e comercialização.*

O Congresso Nacional decreta:

Art. 1º É fixado em dois por cento o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em todo o território nacional.

§ 1º Para fins desta Lei, biodiesel é um aditivo para motores de combustão interna com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos de plantas agrícolas ou de gorduras animais e que atenda à especificação técnica da Agência Nacional do Petróleo – ANP.

§ 2º O Poder Executivo pode elevar o percentual definido no *caput* deste artigo para, no máximo, cinco por cento.

§ 3º É admitida a variação de dois décimos por cento, para mais ou para menos, na aferição dos percentuais de que trata este artigo.

§ 4º A ANP, em razão do percentual de adição do biodiesel ao óleo diesel, deve estabelecer novo teor máximo de enxofre para esse combustível.

Art. 2º As unidades familiares que cultivem oleaginosas com capacidade de produção de até cem toneladas por ano de óleo vegetal e que se enquadrem no critério de agricultura familiar podem formar cooperativas ou associações de pequenos agricultores.

Art. 3º A atividade de produção incentivada nesta Lei consiste na fabricação de biodiesel em cooperativas ou associações de pequenos agricultores definidos no art. 2º, com capacidade de produção de até cinqüenta mil litros por dia, em estabelecimento denominado cooperativa ou associação de pequenos agricultores para produção de biodiesel.

Parágrafo único. As cooperativas ou associações de pequenos agricultores para a produção de biodiesel, mencionadas no *caput* deste artigo, somente podem entrar em operação mediante prévia autorização da ANP e do órgão competente integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.

Art. 4º Não incide tributos federais sobre toda a cadeia de produção e comercialização de biodiesel produzido pelas cooperativas ou associações de pequenos agricultores definidas no art. 3º.

Art. 5º Pelo menos cinqüenta por cento do biodiesel necessário ao atendimento dos percentuais estabelecidos no art. 1º tem que ser produzido por



cooperativas ou associações de pequenos agricultores para produção de biodiesel, conforme art. 3º, instaladas nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste.

Art. 6º A atividade de produção e comercialização de biodiesel puro pode ser exercida por cooperativa ou associação de pequenos agricultores constituída sob as leis brasileiras que atender, em caráter permanente, aos seguintes requisitos:

I – possuir registro de cooperativa ou associação de pequenos agricultores para produção de biodiesel expedido pela ANP; e

II – dispor de instalações de processamento, tancagem para armazenamento e equipamento medidor de biodiesel.

Art. 7º A construção das instalações e a tancagem da cooperativa ou associação de produtores deve observar as normas técnicas e os regulamentos aplicáveis.

Parágrafo único. A construção a que se refere este artigo prescinde de autorização da ANP.

Art. 8º O Banco do Brasil S.A., o Banco do Nordeste do Brasil S.A. e o Banco da Amazônia S.A. devem criar linhas de crédito específicas para o cultivo de oleaginosas pelas unidades familiares definidas no art. 2º.

Art. 9º O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES deve criar linha de crédito específica para o financiamento das instalações das cooperativas ou associações de pequenos agricultores definidas no art. 3º.

Art. 10. O prazo para aplicação do disposto no art. 1º é de 2 anos após a publicação desta Lei.

Art. 11. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

## JUSTIFICAÇÃO

Num momento em que o todo o País dá mostras de sua preocupação com a inclusão social, com a melhoria da qualidade de vida de seus cidadãos e com a conservação do meio ambiente, faz-se mister adaptar as atividades econômicas brasileiras a essa nova realidade.

Os combustíveis dito convencionais, de origem fóssil, contribuem significativamente para o aumento da poluição do meio ambiente. Os derivados de petróleo e o carvão alimentam grandes setores da economia atual, como a própria geração de energia, a produção industrial e o transporte, totalizando aproximadamente noventa por cento da energia comercial utilizada no mundo. A queima desses combustíveis lança na atmosfera mais de seis bilhões de toneladas de dióxido de carbono por ano.

O óleo diesel é, atualmente, o derivado de petróleo mais consumido no Brasil e, considerando o perfil de produção das refinarias brasileiras, uma fração crescente desse produto vem sendo importada. Nossa importação anual de óleo diesel é de cerca de quarenta milhões de barris, gerando uma despesa de cerca de 1,2 bilhão de dólares na nossa balança de pagamentos. Tendo-se em conta o potencial agrícola brasileiro e os condicionantes ambientais mundiais, torna-se oportuno discutir a produção de fontes alternativas de energia, ecologicamente



sustentáveis, para esse derivado de petróleo.

No Brasil, o biodiesel, apesar da grande solução que pode representar como aditivo para o óleo diesel, ainda não passa de uma auspiciosa promessa. Em países como Alemanha, França e Estados Unidos, o biodiesel já é uma realidade.

Biodiesel é uma denominação genérica de combustíveis para motores de combustão interna com ignição por compressão, derivados de fontes renováveis, como óleos de dendê, soja, palma e mamona. O Brasil foi pioneiro em pesquisas sobre biodiesel com os trabalhos do professor Expedito Parente, da Universidade Federal do Ceará. O professor Expedito é autor da patente PI – 8007957, primeira patente, em termos mundiais, do biodiesel e do querosene vegetal de aviação, já de domínio público.

Comparado ao óleo diesel derivado de petróleo, o biodiesel puro reduz em até setenta e oito por cento as emissões de gás carbônico, considerando-se a reabsorção pelas plantas. Além disso, reduz em noventa por cento as emissões de fumaça e praticamente elimina as emissões de óxido de enxofre. O biodiesel pode ser usado em qualquer motor de ciclo Diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação.

O biodiesel pode ser considerado um excelente aditivo verde para o óleo diesel, pois ele pode desempenhar o papel que o enxofre desempenha no aumento da lubricidade do óleo diesel. O biodiesel pode viabilizar a utilização de óleos diesel com baixíssimo teor de enxofre.

As propriedades lubrificantes do óleo diesel são importantes para os equipamentos de injeção do combustível, tais como injetores e bombas. Combustíveis de baixa lubricidade aumentam o desgaste e reduzem a vida útil dos componentes. Esse problema será ainda maior quando as especificações estabelecerem reduções adicionais do teor de enxofre do óleo diesel.

Testes comprovam que a adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel será suficiente para atingir a lubricidade hoje existente. Acrescente-se que se mais biodiesel for adicionado, não haverá nenhuma consequência adversa para os motores.

Os Deputados Membros do Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica da Câmara dos Deputados, após terem debatido amplamente a questão, inclusive com a colaboração de pesquisadores e especialistas nas diversas áreas que abrangem o tema, apresentam agora este Projeto de Lei, certos de que ele poderá trazer grandes contribuições não apenas para a matriz energética do país, mas também para seu desenvolvimento social.

O projeto de lei em comento estabelece a obrigatoriedade da adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel. Dispõe, ainda, que haverá total isenção de tributos federais no caso do biodiesel ser fabricado a partir de oleaginosas cultivadas por unidades familiares, que cultivem plantas com capacidade de produzir até 100 toneladas por ano de óleo vegetal, agrupados em cooperativas ou associações de pequenos agricultores para produção de biodiesel, com capacidade de produção de até 50.000 litros por dia. Essa renúncia fiscal é tão pequena que está dentro da margem de incerteza da previsão de receitas e despesas do orçamento da União.

É criada, ainda, uma reserva de mercado, pois as empresas distribuidoras de combustível terão que comprar 50% do biodiesel, para atender o percentual de mistura com o óleo diesel exigido pelo presente Projeto, de pequenos produtores das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Ressalte-se que a Constituição



Federal permite, até mesmo, a concessão de incentivos fiscais diferenciados destinados a promover o equilíbrio do desenvolvimento sócioeconômico entre as diferentes regiões do País.

O projeto prevê também a criação, pelo Banco do Brasil, pelo Banco do Nordeste do Brasil e pelo Banco da Amazônia de uma linha de crédito específica para o financiamento do plantio de oleaginosas por unidades familiares e de uma linha de crédito, pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, para instalação de cooperativas de pequenos agricultores. Nada mais justo que haja financiamento governamental, visto o grande alcance social do projeto e as altas taxas de juro praticadas pelo sistema financeiro nacional.

A Lei nº 9.847, de 1999, estabelece, em seu art. 1º, que a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis será realizada pela ANP ou mediante convênios por ela celebrados e que esse abastecimento abrange as atividades de distribuição, revenda e comercialização.

Acrescente-se que o art. 8º dessa lei, que dispõe sobre a finalidade da ANP, restringe-se às atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo. Depreende-se, então, que as atividades de regulação, contratação e fiscalização da produção de biocombustíveis está por exigir uma lei específica.

O projeto de lei ora proposto ensejará uma nova norma regulamentar da ANP para regular as atividades referentes ao biodiesel e às cooperativas de pequenos agricultores. A criação, regulação e fiscalização desse novo ente, a cooperativa de pequenos agricultores, não é tarefa fácil. Entretanto, a ANP, consciente de sua nobre função de agência estatal, definirá com rigor e precisão as medidas a serem adotadas para garantir um fornecimento de qualidade por parte dessas cooperativas.

Este projeto pode significar a criação de emprego e renda para milhares de excluídos das regiões mais carentes do País, a sustentabilidade da agricultura familiar e do pequeno agronegócio local para fins energéticos, além da melhoria do meio ambiente.

Sala das Sessões, em

de 2004.

Deputado Ariosto Holanda (PSDB-CE)  
Deputado Luiz Piauhyllino (PTB-PE)  
Deputado Félix Mendonça (PFL-BA)  
Deputado Gilmar Machado (PT-MG)  
Deputado João Paulo Gomes da Silva (PL-MG)  
Deputado José Ivo Sartori (PMDB-RS)  
Deputado José Linhares (PP-CE)  
Deputado Luiz Carreira (PFL-BA)  
Deputada Luiza Erundina (PSB-SP)  
Deputado Marcondes Gadelha (PTB-PB)  
Deputada Telma de Souza (PT-SP)  
Deputado Luiz Bittencourt (PMDB-GO)

