

UMA PROPOSTA DE MODELO PARA AVALIAR A VIABILIDADE DO BIODIESEL NO BRASIL

Omar Benedetti^{*}
Juan Algorta Plá^{**}
Régis Rathmann^{***}
Antonio Domingos Padula^{****}

RESUMO

O crescimento das sociedades, com sua industrialização desenfreada, fruto da associação entre industrialização e crescimento econômico, tem mostrado sua face destruidora. A busca por alternativas renováveis introduz o biodiesel como provável substituto do petróleo. O objetivo deste trabalho é avaliar quais são os elementos determinantes da viabilidade econômica do programa brasileiro de produção de biodiesel. A partir da revisão bibliográfica e tendo como ferramenta as técnicas de pesquisa operacional será proposto um modelo que tente captar as modificações nas variáveis pré-escolhidas na tentativa de avaliar alguns cenários. Quais são os limites de viabilidade do biodiesel? Que variáveis são importantes de ser avaliadas? Será que o biodiesel é uma alternativa a ser introduzida na matriz energética? Quais as atuais necessidades do programa? Qual a atual situação no Brasil e no mundo?

Palavras-chave: cadeia produtiva, biodiesel, combustíveis.

1 INTRODUÇÃO

Um dos desafios que se colocam para as atuais gerações é como promover o crescimento e desenvolvimento econômico sem destruir ainda mais o meio ambiente. Durante os últimos duzentos anos o homem preocupou-se apenas em promover a industrialização como forma de melhorar o padrão de vida da humanidade. É inegável que o padrão de vida de algumas sociedades tenha melhorado, no entanto essa situação não é a realidade no mundo todo.

^{*} Formando da Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Endereço: Av. João Pereira de Vargas, 476 - Centro. Sapucaia do Sul, RS CEP 93220-190. Telefone(s): (51) 34747106. E-mail: benedetti@pop.com.br

^{**} Professor Doutor. Departamento de Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Endereço: Av. João Pessoa, 52, 3º. andar RS: 90040-000. Telefone(s): (51) 3316 3324. E-mail: algorta@ufrgs.br

^{***} Formando Faculdade de Ciências Econômicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Endereço: Rua Riachuelo, n. 745 / 301, Centro. Porto Alegre, RS CEP 90010-270. Telefone(s): (51) 30617956 - 81487008. E-mail: regisrat@pop.com.br

^{****} Professor Doutor Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Endereço: Rua Whashington Luis, 855 - Porto Alegre, RS CEP 90010-000. Telefone(s): (51) 3316-3815. E-mail: adpadula@ea.ufrgs.br

Até há bem pouco tempo, era consenso que a industrialização traria apenas benefícios para todos. Os possíveis impactos negativos sobre o meio ambiente advindos da atividade industrial não eram considerados prioritários.

Desde a descoberta de petróleo (Titusville, Lousiana em 1859), seu uso disseminou-se pelo planeta, tornando-o imprescindível para as sociedades industrializadas. Existia a crença de que o petróleo nunca iria acabar, fato que está sendo contestado já há algum tempo e vem sendo objeto de estudos de muitos cientistas. Seu fim estimado dificilmente será alcançado, pois seu custo se tornará proibitivo, ou seja, deixará de ser competitivo em relação a outras fontes de energia.

Emerge das discussões científicas o conceito de agroenergia, ou bioenergia, que, em síntese, representa a capacidade que sistemas agroindustriais têm de prover energia de forma renovável. Assim como o petróleo se difundiu por se tornar um insumo barato, condição necessária para o crescimento econômico, a biomassa provavelmente se tornará a matéria-prima base de todo o sistema produtivo. Podemos tomar como evidência dessa afirmação o caso do etanol no Brasil, cujos custos de produção, quando de sua implantação, eram muito elevados em relação ao petróleo. Hoje mais de vinte anos depois, a produção de álcool encontra-se numa boa fase, sendo competitiva em relação aos combustíveis fósseis.

O Programa Brasileiro de Produção de Biodiesel insere-se em toda essa problemática. As diretrizes básicas do programa têm o objetivo de tornar o Brasil um *player* importante no jogo internacional de produção de combustíveis renováveis, dado que possuímos vantagens comparativas em relação aos outros países. Temos disponibilidade de terras para a expansão da agricultura, água e “insolação” suficientes para praticar uma agricultura de produção de energia de forma competitiva. Contudo, precisamos acertar os rumos e ter sempre em mente que do equilíbrio do meio ambiente depende nossa sobrevivência como espécie.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste artigo é propor uma metodologia de análise que possa responder aos limites da viabilidade do biodiesel no Brasil. Busca-se entender como se comportam principalmente o preço de venda do biodiesel e seu custo de produção diante de variações do câmbio e do barril de petróleo. A hipótese básica é de que o câmbio valorizado é um fator determinante para a viabilidade do biodiesel no Brasil, juntamente com o aumento na cotação do barril de petróleo.

Os objetivos específicos compreendem: propor um modelo matemático de avaliação da viabilidade financeira do biodiesel com base em sua cadeia produtiva; propor cenários de análise dos preços do biodiesel brasileiro frente a variações no câmbio e nos preços do petróleo, com base no modelo matemático e no valor de indiferença do produtor.

1.2 Justificativa da pesquisa

O programa brasileiro de produção de biodiesel vem aos poucos tomando forma e introduzindo no Brasil a produção de biodiesel. Com a publicação do marco regulatório em janeiro de 2005 surgiram muitas dúvidas por parte dos agentes envolvidos com a produção de oleaginosas, os produtores de cana-de-açúcar, bancos comerciais e de fomento. Essas dúvidas, em sua maioria, referem-se à viabilidade do biodiesel, tanto a viabilidade econômica quanto a técnica. Existem muitos estudos sobre biodiesel no Brasil, no entanto tratam de questões particulares, geralmente de ordem tecnológica. Falta completar as análises levando-se em conta as repercussões no programa de biodiesel das variações nos cenários da economia.

A disponibilidade de fonte de energia barata é uma das condições para o prosseguimento do desenvolvimento do Brasil. Nossas vantagens comparativas, no que tange à qualidade do solo, da água e dos períodos de insolação, colocam-nos como um dos principais *players* em matéria de energias renováveis. Além da diversidade de oleaginosas de que dispomos, algumas já estão em fase avançada de estudos para serem incorporadas ao programa de produção de biodiesel.

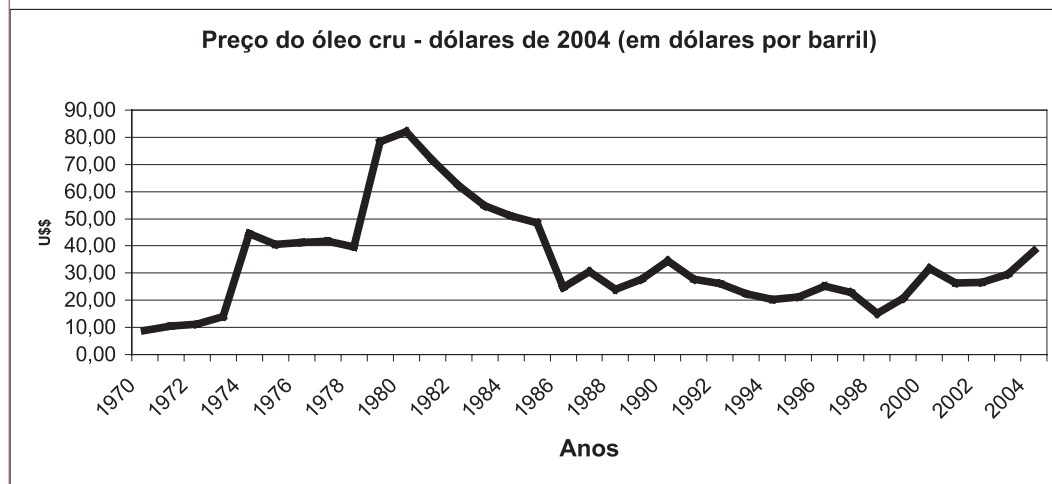
2 A QUESTÃO ENERGÉTICA: PROBLEMÁTICA, CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA ATUAL SITUAÇÃO DO PETRÓLEO E DOS BIOCOMBUSTÍVEIS

2.1 Panorama mundial e brasileiro do petróleo

O petróleo, como matéria-prima de um sem-número de empresas e fornecedor de energia para movimentar portos, aeroportos e rodovias, demanda dos governos políticas energéticas específicas voltadas à melhoria da extração e ao uso dos produtos e subprodutos associados com sua produção. Embora necessário, freqüentemente, o petróleo é fonte de crises mundiais, dado seu uso disseminado pelo planeta. Por ser um insumo que tem a maior parte da oferta nas mãos de alguns produtores, fica fácil promover aumentos repentinos de preços.

Variações nos preços do petróleo têm impacto na balança de comércio dos países, principalmente aqueles dependentes de importação para suprir suas necessidades energéticas. Essas variações têm reflexos na taxa de câmbio dos países. Normalmente, países importadores de petróleo experimentam deterioração em seu balanço de pagamentos, resultando em importações mais caras e em exportações desvalorizadas. As saídas adotadas pelos países para compensar os efeitos das variações nos preços do petróleo, em termos de política econômica e energética, são inflação alta, desemprego alto e taxa de câmbio desvalorizada.

As variações bruscas nos preços do petróleo afetam a atividade econômica negativamente, seja no lado real, seja no lado financeiro. No lado financeiro, são afetados os fluxos de capital dos países importadores para os exportadores (IEA, 2005). Os valores colocados abaixo estão em moeda constante de 2004, o que facilita a análise. A maior variação observada está entre 1978 e 1982, anos da chamada “crise do petróleo”, que foi basicamente um controle sobre a oferta de petróleo no mundo, que fez disparar seu preço no mercado internacional. Nesse período acontecem a guerra israelense (Yom Kippur) e a revolução iraniana. Recentemente, ocorreram novos aumentos do petróleo em razão da crise asiática e da crise russa.



Fonte: Statistical Review BP. 2005.

Gráfico 1 - Variação dos preços do óleo cru

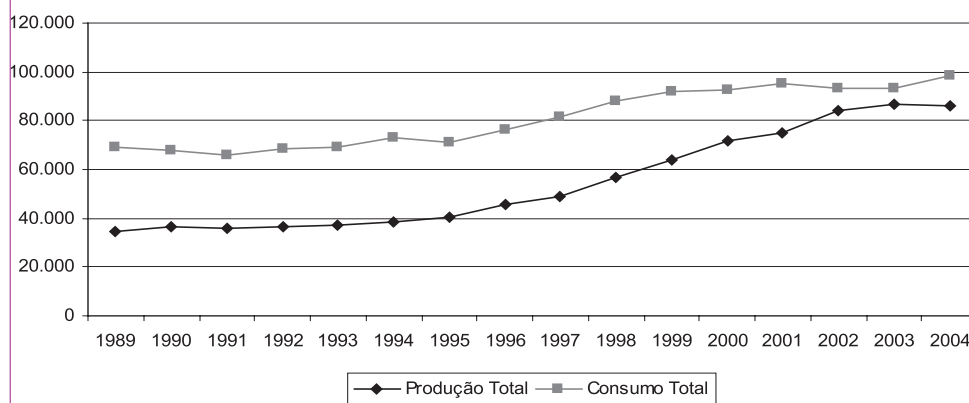
Um dos problemas frequentemente associados com a produção de petróleo é a emissão de CO_2 , considerado o principal causador do efeito estufa. Vemos na Tabela 1 a variação de emissões de CO_2 para alguns anos. Percebe-se que, apesar dos esforços em substituir o petróleo como fonte de energia e se aumentar a eficiência das máquinas, a variação na emissão foi positiva para a maioria dos países listados.

Tabela 1 - Emissões de CO₂ - 1990/2001

Emissões de CO ₂ - Combustíveis Fósseis - Estimativa - Mt de CO2					
Tempo/país	1990	1995	2000	2001	Varição 2001/1990
Argentina	104,24	116,16	135,42	121,79	16,84%
Brasil	201,01	250,04	308,32	315,12	56,77%
Canadá	421,34	452,39	516,37	513,04	21,76%
Chile	30,64	39,76	52,37	49,24	60,70%
China	2.389,29	3.023,98	3.176,11	3.126,88	30,87%
França	363,89	344,15	354,09	372,93	2,48%
Alemanha	968,74	872,86	839,72	861,74	-11,05%

Fonte: IEA, 2005.

O consumo de petróleo tem se mantido em alta em todo o mundo, como reflexo do aumento da atividade econômica, que necessita cada vez mais de energia. Esse padrão intensivo em petróleo tem seu fim estimado por alguns cientistas em cinquenta anos. As reservas provadas mundiais têm se mantido na casa de 1 bilhão de barris (BEN, 2005). Além de as reservas serem finitas, o preço de extração de petróleo tem se tornado cada vez mais caro e as empresas estão sendo estimuladas a utilizar outras fontes de energia (EDIN, 1997). Os maiores importadores de petróleo são os Estados Unidos, que detêm, sozinhos, 25% do total de importações; Arábia Saudita, Rússia e Estados Unidos detêm 33% do total produzido, segundo dados da International Energy Association de 2005. O *déficit* entre oferta e demanda de petróleo no mundo é muito pequeno; em 2002 ocorreu a maior diferença, que chegou a 17 milhões de toneladas, a qual, no entanto, foi atípica, pois geralmente a oferta é maior que o consumo. No Brasil vem diminuindo nossa dependência externa, como podemos ver no Gráfico 2:



Fonte: BEN, 2005.

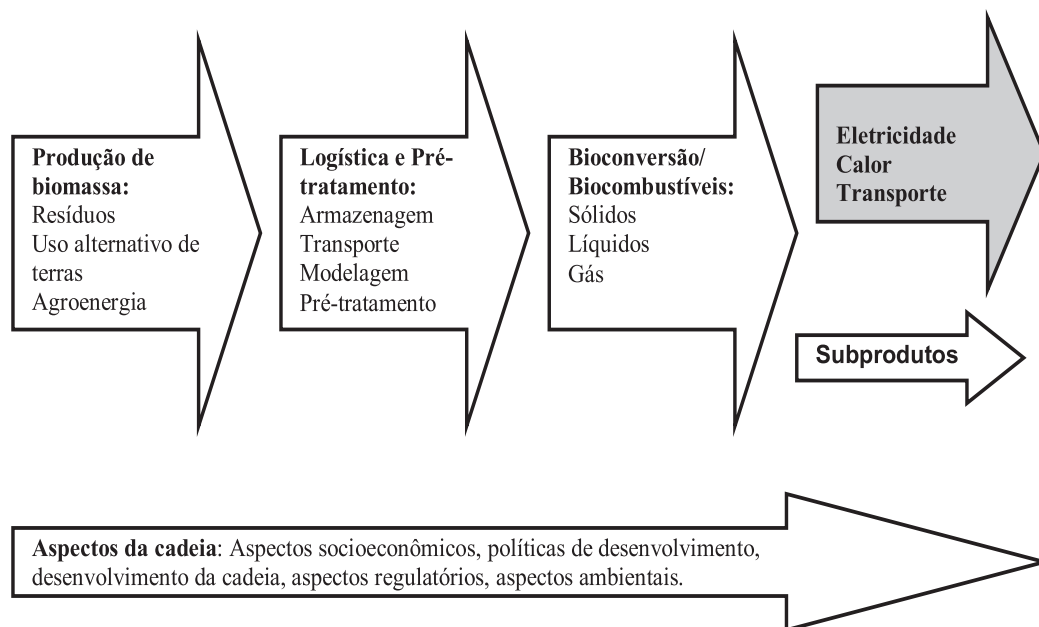
Gráfico 2 - Evolução da produção e consumo de petróleo no Brasil

O combustível mais utilizado no Brasil é o diesel, que representa, em média, 55% do consumo total de combustível. Dos dados para o diesel no Brasil, vê-se que, em 2004, sem o consumo pelo setor rodoviário foi de aproximadamente 75%.

Se analisado como se distribui o consumo energético no Brasil, ver-se-á que a indústria e o setor de transporte consomem a maior parte da energia produzida no Brasil, a qual compreende todas as formas, tanto renováveis quanto não renováveis. Em média, o consumo total de energia pelas residências é de 13% do total produzido; na indústria esse valor sobe para 35%.

2.2 Transição para um novo paradigma: o uso de biomassa

Do ponto de vista energético, biomassa é toda matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, por meio da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos (ATLAS, 2002). Em termos gerais, pode-se dividir o atual estágio da problemática da bioenergia, entendida aqui como a energia provida de forma renovável pela agricultura, nas seguintes dimensões:



Fonte: Wageningen University. Bioenergy Site, 2005.

Figura 1 - Representação da problemática da bioenergia

A idéia de produzir combustíveis renováveis vem acompanhando a humanidade já há algum tempo. Desde os trabalhos de Rudolf Diesel, que iniciou seus testes com óleo de amendoim, diversos cientistas têm se dedicado à tarefa de melhorar a produção e o uso de biomassa para fins energéticos.

Na Figura 1 podemos ter uma noção dos caminhos e dos desafios que a utilização de biomassa terá nos próximos anos. A médio e longo prazo, a exaustão de fontes não renováveis e as pressões ambientalistas acarretarão maior aproveitamento energético da biomassa. Mesmo atualmente, a biomassa vem sendo mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração e no suprimento de eletricidade de comunidades isoladas da rede elétrica.

Embora grande parte da biomassa seja de difícil contabilização, em razão do uso não comercial (lenha), estima-se que, atualmente, representa cerca de 14% de todo o consumo mundial de energia primária. Esse índice é superior ao do carvão mineral e similar ao do gás natural e ao da eletricidade; nos países em desenvolvimento, essa parcela aumenta para 34%, chegando a 60% na África.

2.3 O que é biodiesel

Biodiesel é o nome de um combustível alternativo de queima limpa, produzido de recursos renováveis. O biodiesel não contém petróleo, mas pode ser adicionado a ele formando uma mistura; pode ser usado num motor de ignição a compressão (diesel) sem necessidade de modificação. O biodiesel é simples de ser usado, biodegradável, não tóxico e essencialmente livre de compostos sulfurados e aromáticos (PARENTE, 2003).

O biodiesel é fabricado através de um processo químico chamado “transesterificação”, na qual a glicerina é separada da gordura ou do óleo vegetal. O processo gera dois produtos: ésteres (o nome químico do biodiesel) e glicerina-produto valorizado no mercado de sabões (PARENTE, 2003). O biodiesel de qualidade deve ser produzido seguindo especificações industriais restritas, em nível internacional tem-se a ASTM D6751; no Brasil, recentemente, a Agência Nacional do Petróleo (ANP) emitiu a portaria nº 255, especificando as características do produto. Nos EUA o biodiesel é o único combustível alternativo a obter completa aprovação no Clean Air Act de 1990 e autorizado pela Agência Ambiental Americana (EPA) para venda e distribuição. Os óleos vegetais puros não estão autorizados a serem utilizados como óleo combustível.

A lei que regulamenta o biodiesel no Brasil é a de nº 11097, de janeiro de 2005, na qual estão especificadas todas as regras para sua produção e comercialização de biodiesel.

2.3.1 Definição brasileira

A ANP, pela portaria nº. 255/2003, definiu o significado do combustível. Estuda-se a viabilidade de usar essa definição para outros fins genéricos. Sinteticamente temos: “Biodiesel é definido como um combustível composto de mono-alquilésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais e designado B100.”

2.3.2 Definição americana

Biodiesel é definido como um mono-álquil-éster derivado de óleo vegetal ou gordura animal conforme especificação ASTM D6751 para uso em motores diesel; refere-se ao combustível puro ou misturado com diesel, denotado “BXX”, em que o XX representa a percentagem de biodiesel nessa mistura (ie: B20 é 20% biodiesel, 80% diesel).

2.3.3 Especificação do biodiesel

A especificação do biodiesel destina-se a garantir a sua qualidade e é pressuposto para se ter um produto adequado ao uso. O biodiesel terá qualidade quando for adequado ao uso a que se propõe.

As especificações de normas visam a dois grupos de cuidados: os que pertencem ao que se denomina “padrão de identidade” e do que se denomina “padrão de qualidade”. As normas que se direcionam para o padrão de qualidade dizem respeito ao uso do produto e as que dizem respeito ao padrão de identidade procuram assegurar que o produto não seja adulterado.

A especificação do biodiesel no Brasil ficou a cargo da Agência Nacional do Petróleo. Até o momento foram editadas duas portarias sobre o biodiesel: a portaria nº 240, que trata do uso de combustíveis não especificados, ou seja, aqueles cujas características não estão definidas por dispositivos legais expedidos pela ANP; a portaria nº 255, trata da especificação técnica do biodiesel puro a ser adicionado ao óleo diesel automotivo para testes em frotas cativas ou para uso em processo industrial específico. O assunto ainda carece de modelo detalhado sobre a regulação da produção, da comercialização e do uso do biodiesel (ANP, 2005).

Nos EUA, a American Society for Testing and Materials (ASTM) especifica as características mínimas para o biodiesel. No caso do diesel (e biodiesel), a responsabilidade é do comitê D02 para petróleos e lubrificantes. As normas de combustíveis são os valores mínimos aceitáveis; para o diesel, a norma ASTM é a D975. Em dezembro de 2001, ASTM aprovou a norma para biodiesel, a qual cobre o biodiesel puro. O biodiesel puro é autorizado caso a caso com os fabricantes de motores. A maior experiência americana é com a utilização do B20. A aprovação da norma e revisões técnicas necessárias passou por uma discussão entre os fabricantes de motores e principais consumidores envolvidos.

2.4 Programa brasileiro de produção de biodiesel

O biodiesel passou a fazer parte oficialmente da matriz energética brasileira a partir da lei nº 11097, de 13 de janeiro de 2005, que o instituiu no Brasil. Em 1980 foi lançado pela Universidade do Ceará, em conjunto com o professor Expedito Parente, o que foi denominado na época de “prodiesel”. Esse projeto esteve “congelado” por razões de desinteresse da Petrobras, segundo o professor Parente. Em 2002 surgiram novamente as discussões para se implantar a produção de um substituto para o petróleo. Segundo estudos da IEA, existem reservas para, no mínimo, cinquenta anos, posição corroborada por outros órgãos, como o United States Geological Survey. Todavia, esses estudos também indicam que os preços baixos de obtenção de energia renovável irão tornar o petróleo não viável no médio prazo, o que nos leva a considerar que o petróleo não irá realmente acabar.

A mistura aprovada para ser utilizada facultativamente até 2008 é de 2%; a partir de 2008 essa mistura ao diesel será obrigatória, passando a ser facultativa a mistura de 5%. O governo, como forma de antecipar investimentos e promover o aparecimento de novas iniciativas de produção de biodiesel realizou recentemente um leilão de biodiesel, em que foram comercializados setenta milhões de litros para serem entregues a partir de 2006.

No Brasil os estudos acerca de combustíveis alternativos iniciaram na década de 1970, com a experiência do Proálcool, o qual foi implementado em razão do choque do petróleo (PLA, 2002). A idéia de utilizar o biodiesel no Brasil surgiu na Universidade do Ceará, nos últimos anos da década de 70. O uso do biodiesel como combustível poderá se tornar um apoio às políticas governamentais na área social e ambiental, tendo em vista a contribuição que este combustível poderá representar para a atividade econômica do país. Dentre elas pode-se destacar (MCT, 2005):

- criação de emprego e geração de renda no campo;
- redução dos índices de emissões de gases causadores do efeito estufa;
- redução da emissão de poluentes locais com melhorias na qualidade de vida e da saúde pública;
- possibilidade de utilização dos créditos de carbono vinculados ao mecanismo de desenvolvimento limpo decorrentes do Protocolo de Quioto;
- uso de terras inadequadas para a produção de alimentos;
- diversificação da matriz energética.

Em oposição a essas vantagens, a viabilidade econômica para o uso comercial do biodiesel ainda requer análises mais aprofundadas, que deverão envolver, além das variáveis meramente econômicas, a mensuração das vantagens indiretas com a utilização de um combustível de origem renovável e a maior utilização de mão-de-obra na cadeia produtiva, promovendo, assim, a inclusão social dos brasileiros menos favorecidos (MCT, 2005), além da possibilidade de o país se beneficiar dos créditos de

carbono, advindos dos projetos de produção de combustíveis renováveis, dentre outras ações.

O desenvolvimento de um projeto dessa envergadura requer análises detalhadas e integradas das condições necessárias para sua implantação, em especial as relacionadas com as garantias de oferta regular e qualidade do produto e suas conseqüências para os usuários, logística de produção e distribuição.

A exemplo do que ocorreu com o programa de produção de etanol, existe a possibilidade de uma redução dos custos de produção de biodiesel pelo aproveitamento dos subprodutos e otimização das cadeias de fornecimento de insumos, ou seja, com o aprendizado e a organização da cadeia produtiva do biodiesel novas possibilidades surgirão para contribuir para sua viabilização.

Dentro do projeto brasileiro de biodiesel existem estudos que visam apoiar e difundir novas tecnologias. Dentre as principais diretrizes do programa estão:

- sustentabilidade da matriz energética: desenvolver tecnologias ambientalmente corretas;
- sustentabilidade e autonomia energética comunitária: propiciar às comunidades isoladas, agricultores e assentamentos disporem de energia elétrica;
- conquista e manutenção da liderança do Brasil como *biotrader*.

As propostas envolvem a formação de equipes multidisciplinares, parcerias organizacionais e a mobilização das competências para atuar no programa resolvendo seus principais entraves (PLANO, 2005).

Especificamente em relação ao biodiesel, a atuação na cadeia produtiva visa, preliminarmente, dentre outras ações:

- propiciar o adensamento energético da matéria-prima, tendo como referencial 2.000 kg/ha de óleo para curto prazo e de 5.000 kg/ha para longo prazo;
- aprimorar as atuais rotas de produção de biodiesel, com valorização do etanol como insumo, e desenvolvimento de novas rotas;
- desenvolver tecnologias para racionalização do uso de energia na propriedade e substituir fontes de carbono fóssil por fontes renováveis.

Em síntese, o programa brasileiro de biodiesel tem programas, metas e ações bem definidas para os próximos anos. Embora planejar não seja a garantia de execução, já é um passo na direção de tornar o Brasil um *player* importante no cenário mundial.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 *Commodity system approach* e sistemas locais de produção

As modificações do cenário mundial, a formação de blocos econômicos e a abertura dos mercados nacionais vêm exigindo uma reestruturação na maneira pela qual os diversos setores econômicos organizam suas atividades produtivas. As agroindústrias passam

a atuar não como empresas isoladas, mas como elos pertencentes a uma cadeia. Para apreender essas transformações várias abordagens foram desenvolvidas, destacando-se entre elas, a Commodity System Approach, a abordagem de *filière*, a economia dos custos de transações, os sistemas locais de produção. Enfim, são muitas as teorias que, com diferentes enfoques, tentam entender e analisar as cadeias agroindustriais e seus mecanismos de coordenação.

3.1.1 Commodity system approach

O conceito de *commodity system approach* foi desenvolvido, inicialmente, por Davis e Goldberg em 1957. Em seu livro *Agribusiness coordination*, Goldberg (1968) apresenta uma análise sobre os sistemas do trigo, da soja e da laranja, discutindo algumas de suas hipóteses, dentre as quais, a adequação entre políticas públicas e privadas para o agronegócio.

De maneira geral, Goldberg diz que homens de negócio, governo e outros envolvidos em agronegócio estão constantemente incumbidos da tarefa de formular estratégias empresariais e políticas públicas voltadas para atender às necessidades de seus países e do mercado mundial. O conceito central do estudo, segundo Goldberg, é que, quando executivos, públicos e privados, desenvolvem estratégias e políticas públicas, precisam estar completamente atentos para o conjunto e entender as interações entre as partes.

Um sistema de produção agroindustrial envolve os participantes ligados à produção, ao processamento e venda de um produto agrícola, o que inclui produtores agrícolas, fornecedores de produtos, operadores de armazéns de estocagem, processadoras, atacadistas e retalhistas envolvidos no fluxo da *commodity*, que inicia nos *inputs* iniciais até o consumidor final. Esse sistema também inclui instituições que coordenam os sucessivos estágios do fluxo do produto, tais como o governo, os mercados futuros, as associações de comércio. Essa coordenação entre os atores é importante pelas características agrônômicas das indústrias envolvidas nesse arranjo, que são diferentes de outros sistemas.

O fenômeno da sazonalidade da produção, combinado com o consumo o ano inteiro de produtos alimentícios, resulta, na maioria das vezes, em descompassos entre a demanda e a oferta de produtos agrícolas. Essa coordenação proposta pode ajudar na solução de problemas, fornecendo capital humano especializado e recursos para ajudar a melhorar a oferta; promover o equilíbrio dos preços para viabilizar os negócios; eliminar operações ao longo do fluxo que sejam ineficientes, e desenvolver uma comunicação formal e informal dos agentes envolvidos (GOLDBERG, 1968 - tradução nossa).

3.1.2 Aglomerados, arranjos produtivos e sistemas locais de produção

A organização dos “arranjos produtivos locais” ou de “sistemas locais de produção” com o objetivo de produzir biodiesel pode ser entendida a partir dos estudos de Alfred

Marshall, que sistematizou o que ficou conhecido como “momentos marshallianos” que se referem ao desenvolvimento das aglomerações produtivas em novas categorias. O primeiro momento é o da aglomeração, que, uma vez constituída, tende a se desenvolver, deixando de ser uma mera aglomeração, e passa a ser um arranjo produtivo local (APL). Quando o arranjo produtivo toma consciência de si e coordena racionalmente o seu desenvolvimento, transforma-se em sistema local de produção (SLP) (PAIVA, 2004).

Nos APLs as empresas passam a operar como uma unidade econômica, mas com administração descentralizada. Quando um arranjo passa a ter estruturas de governança, deixa de ser um mero arranjo produtivo e passa a ser um sistema local de produção (SLP), a exemplo do que foi exposto acima.

As empresas que operam nos “arranjos/sistemas” não precisam de grande integração vertical (a linha de produção pode ser curta) nem de grande integração horizontal (a linha de produção pode ser pouco diversificada). Nesses arranjos/sistemas as empresas podem se beneficiar da maior “escala” definida pelo coletivo de empresas.

Nos termos de Marshall, “[...] a utilização econômica de máquinas de alto preço pode muitas vezes ser realizada numa região em que exista uma grande produção conjunta da mesma espécie, ainda que nenhuma das fábricas tenha um capital individual muito grande [...] podem empregar continuamente máquinas muito especializadas, conseguindo utilizá-las de forma rentável [...]” (MARSHALL, 1982).

Além de promover ganhos para todas as empresas que pertencem ao seu arranjo produtivo, o biodiesel traz uma nova fronteira em termos de diversificação agrícola e energética, pois pode ser utilizado em qualquer motor do ciclo diesel. O Brasil, em razão do seu tamanho e diversidade de climas, solos e flora, tem mais de duzentos espécies de oleaginosas para serem utilizadas na produção de biodiesel, vantagem comparativa que não é detida por nenhum outro país do mundo. Especificamente para a região do semi-árido, a mamona é considerada a alternativa mais viável, pois as condições de clima não favorecem outras culturas (BELTRÃO, 2005).

3.2 Inovação e custos de transação

A importância estratégica do esforço próprio de um país no investimento em ciência e tecnologia (C&T) para seu desenvolvimento econômico é um consenso (raro) entre economistas e pesquisadores da área.

Na inovação em sentido amplo (que pode ir além de novos produtos e processos de produção), a internalização às empresas e, dessa forma, à economia é vista como um elo de ligação essencial entre esforços de C&T e desenvolvimento econômico. Alguns enfoques centram-se mais no nível “macro”, no sentido de abranger conjuntos de empresas, redes, setores e instituições públicas e mesmo o ambiente econômico, político e institucional, e seus impactos sobre a competitividade setorial e o crescimento econômico. Outros focalizam o nível “micro” das empresas, suas estratégias inovativas e recursos, seus investimentos em P&D e vantagens competitivas.

Em qualquer caso admite-se que num contexto econômico de mercado, as estratégias competitivas privadas, especialmente as estratégias inovativas, são um nexos crucial para que políticas de C&T possam ter impactos econômicos significativos, *v.g.* sobre investimentos, competitividade no nível setorial, crescimento econômico e – talvez o mais difícil de alcançar – a sustentabilidade deste, que, de forma sintética, é condição necessária (ainda que talvez insuficiente) para caracterizar uma economia como plenamente desenvolvida.

Em linhas gerais, atribuem-se o sucesso relativo de determinados países – com destaque para Alemanha e Japão – ao caráter “dinâmico” de seus sistemas nacionais de inovação e das políticas e instituições correlatas, no sentido de captarem as especificidades dos investimentos em P&D e em ativos tecnológicos intangíveis, especialmente os que envolvem aprendizado e capacitação da força de trabalho, *vis-à-vis* investimentos convencionais.

3.3 Economia dos custos de transação

A teoria do custos de transação iniciou-se com Ronald Coase em seu livro de 1937 intitulado *The nature of the firm*. Até o lançamento da obra, a teoria econômica tratava apenas de custos de produção, deixando-se de lado os custos envolvidos nas transações.

Custos de transação são os custos que os agentes enfrentam toda vez que recorrem ao mercado. De maneira mais formal, custos de transação são os custos de negociar, redigir e garantir o cumprimento de um contrato. A forma de análise básica é o contrato. Os contratos envolvem custos pela inexistência das simetrias de informação, os agentes não conhecem todas as características relevantes envolvidas nas transações. (KUPFER, 2005). A teoria dos custos de transação elabora um conjunto de hipóteses que tornam esses custos significativos: racionalidade limitada, complexidade e incerteza, oportunismo e especificidade de ativos. Essas hipóteses são os fatores determinantes da existência dos custos de transação.

3.3.1 Racionalidade limitada, complexidade e incerteza

O ponto de partida da TCT é o comportamento humano e sua limitação quanto à racionalidade de seus atos. Existem contratos pela incapacidade humana de prever todas as circunstâncias futuras. Essa racionalidade limitada torna-se importante do ponto de vista analítico quando o ambiente que circunda as decisões é complexo e incerto. Em ambientes complexos, as decisões podem se tornar extremamente custosas, impedindo os agentes de especificar antecipadamente o que deveria ser feito a cada circunstância. Assimetrias de informação, enfim, são as diferenças nas informações que as partes envolvidas numa transação possuem, particularmente quando essa diferença afeta o resultado final da transação (KUPFER, 2005).

3.3.2 Oportunismo e especificidade de ativos

Racionalidade limitada, ambiente complexo e incerteza criam as condições adequadas para os agentes adotarem iniciativas oportunistas. Oportunismo é usado como sinônimo de transmissão de informação seletiva, distorcida e promessas “autodesacreditadas” sobre o comportamento futuro do próprio agente (o agente estabelece compromissos que ele sabe que não irá cumprir). Diversamente do conceito tradicional de oportunismo, na TCT oportunismo está essencialmente associado à manipulação de assimetrias de informação, visando à apropriação de fluxos de lucros (KUPFER, 2005).

A literatura econômica reconhece duas formas de oportunismo: *ex-ante* – chamado de “seleção adversa”, acontece quando uma empresa aceita um trabalho que ela sabe que não tem condições de cumprir; *ex-post* – conhecido como “problema moral” (*moral hazard*) que acontece quando há problemas na execução de uma transação contratada.

Existe uma última condição, que se soma às anteriores, para gerar problemas no funcionamento dos mercados, é designada como sendo a de “transações” que envolvem ativos específicos, isto é, transações que ocorrem em pequeno número. Neste tipo de transação apenas um número limitado de agentes está habilitado a participar; a especificidade de ativos reduz, simultaneamente, os produtores capazes de ofertá-lo e os demandantes interessados em adquiri-los.

O problema com a especificidade de ativos é que, uma vez que o investimento em um ativo específico tenha sido feito, comprador e vendedor passam a se relacionar de uma forma exclusiva ou quase exclusiva (HASENCLEVER, 2005).

4 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

4.1 Delimitação da pesquisa

O modelo proposto trata das etapas de produção agrícola, industrialização da oleaginosa, esterificação e mistura. Não estão sendo tratadas a distribuição e venda de combustíveis; os valores calculados para venda de combustível servem apenas como parâmetro de análise. Os dados industriais foram estimados com base nos estudos do Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, dados da IEA, da Embrapa – CNPA, da Conab e dos Estudos feitos pelo Ministério da Ciência e Tecnologia.

Nos custos agrícolas não estão incluídos o custo de oportunidade da terra. O custo de processamento para grandes plantas foi estabelecido em U\$\$ 80/t e, para médias e pequenas usinas, ficou em U\$\$ 160/t. A área inicial para a produção de soja foi arbitrada em 15% da área plantada em 2004; para a mamona a área disponível ficou

igual ao total plantado em 2004. A área limite para a mamona foi arbitrada em 25% (180 mil ha) de aumento para o estado da Bahia e de 115% (20 mil ha) para o estado de Pernambuco; para a soja o limite final foi estipulado em 20% da área plantada em 2004. A distribuidora encontra-se a 50 km da usina. Os valores foram reajustados para o ano de 2005.

4.2 Instrumentos de pesquisa

Um estudo de pesquisa operacional consiste, basicamente, em construir um modelo de um sistema real existente como meio de analisar e compreender o comportamento dessa situação com o objetivo de levá-lo a apresentar o desempenho que se deseja (ANDRADE, 1998). Mesmo uma situação real, que envolve um grande número de variáveis, tem seu comportamento influenciado por uma quantidade reduzida de variáveis principais.

O modelo proposto neste trabalho é um modelo de otimização (ANDRADE, 1998) que permitirá procurar a solução ótima, selecionada segundo os critérios adotados na pesquisa. Os modelos de otimização podem ser úteis, ao invés dos modelos de simulação, para procurar iterativamente uma solução ótima, ou próxima da ótima, quando:

- a) existirem muitas variáveis de decisão, ou quando as variáveis puderem assumir valores numa faixa ampla de viabilidade;
- b) existirem restrições nos recursos ou variáveis que tornem complexo o processo de escolha dos valores das variáveis;
- c) os sistemas forem tais que algumas variáveis devem ter seus valores calculados de forma precisa, para respeitar restrições ou evitar variações no resultado final (ANDRADE, 1998).

As fases de construção do modelo incluem: 1) a definição do problema a ser estudado; 2) a identificação das variáveis; 3) formulação da função-objetivo; 4) formulação das restrições; 5) escolha do método matemático a ser utilizado; 6) aplicação da solução; 7) avaliação da solução.

4.3 Apresentação do modelo

O modelo de estudo apresentado está baseado em dois trabalhos franceses e num americano que tratam da problemática do Biodiesel. Embora suas abordagens sejam um pouco diferentes, os elementos constituintes são os mesmos.

No trabalho de Rosakis (2001), o autor tem como objetivo determinar a alocação da produção agrícola e industrial e o papel do governo como financiador dos projetos de biodiesel na França. Sua abordagem utiliza-se de modelos microeconômicos, programação linear inteira de dois estágios e técnicas de otimização multicritério.

A necessidade de subsídios fica justificada, segundo o autor, pelos benefícios macroeconômicos do programa e pelas externalidades positivas geradas na produção

de biocombustíveis. Existe uma incerteza quanto ao comportamento futuro do câmbio e do petróleo, que pode inviabilizar os projetos de produção de biodiesel; a atuação do governo torna necessária para reduzir essas incertezas pela adoção de políticas de subsídios e pela regulação do mercado.

Já no modelo de Sourie e Rozakis (2005) os estudos visavam determinar: a) a oferta ótima de biomassa (cana e colza) sob determinada política agrícola e determinado ambiente agrícola; b) custo de oportunidade dos biocombustíveis, dependendo da oferta de sementes, custos industriais e a demanda por biocombustíveis; c) contribuição para a redução de emissões de CO₂.

A informação que precisa ser destacada é que o custo do diesel é de 0,145 €, com o câmbio de 0,87 €/U\$\$ e o barril de petróleo a U\$\$ 18,6. Para o câmbio de 1,03 €/U\$\$ e o preço do petróleo U\$\$ 28,11 (aumento de 50%) o preço do diesel fica em 0,26 €/l. O preço do éster fica em 0,14 €/l na primeira situação e em 0,25 €/l na segunda; nas duas situações o éster é mais competitivo do que o diesel.

Os dados desse modelo são uma primeira aproximação da proposta deste artigo que é estudar os determinantes da viabilidade do biodiesel. Fica demonstrado que desvalorizações cambiais e variações para cima no preço do petróleo levam a que o éster se torne competitivo. É preciso considerar que o diesel, na Europa, é mais tributado do que no Brasil; logo, as análises precisam levar em conta essa situação.

Com base nesses estudos, foi desenvolvido um modelo para o caso brasileiro, o qual foi resolvido em dois estágios no Microsoft Excel, isto é: primeiro o modelo procurou o preço mínimo das oleaginosas que igualava o lucro total ao custo total; esse valor foi colocado no segundo modelo, que, nesse caso, não encontrou os valores ótimos, indicando que o número de restrições extrapolava a capacidade de processamento. É preciso informar ao *software* um número muito grande de restrições, dado que existem cinco situações distintas de produção de óleo e cinco situações de produção de biodiesel.

As equações, apesar de aparentemente simples, são complexas e o programa Microsoft Excel não consegue suportar uma formulação não linear, isto é, valores que são função de outros valores, como, por exemplo, considerar que a oferta de oleaginosa é função do preço de venda e da quantidade de terra disponível. Essa situação já havia sido indicada por Bard (2000), o qual afirmava que existe uma relação não linear entre a área a ser alocada para produzir oleaginosas para a produção de “energia” e o preço da safra para fins de produção de energia.

Segundo o autor, os problemas aumentam muito e o modelo perde eficiência e não consegue chegar a respostas viáveis. A solução encontrada por Bard (2000) foi montar grades de valores iniciais com base nas informações disponíveis e resolver por simulações e interpolações. A procura por valores ótimos necessita de dados reais de produção de biocombustíveis, pois a estimação leva a conclusões instáveis, do ponto de vista matemático. Apenas para sumariar os valores encontrados pelo autor para o éster

são: o custo ficou em 0,28 €/l e a taxa de lucro, em 0,03 €/l (BARD, 2000).

Levando em conta as dificuldades apresentadas pelas variáveis envolvidas na modelagem, o modelo foi resolvido por simulações que estão no próximo tópico. O modelo geral foi chamado de “modelo de análise de viabilidade do biodiesel brasileiro” (MAVBB). Os dados para a soja foram retirados do Anuário Estatístico da FNP – Agriannual - 2004; para a mamona os dados foram obtidos junto à Embrapa-CNPA.

Enfim, o modelo MAVBB procura determinar qual o comportamento do preço do éster e do diesel perante as variações do câmbio e do petróleo. As principais perguntas são: Quais são os impactos na lucratividade dos projetos diante das variações do câmbio? Qual o ponto de viabilidade do biodiesel levando-se em conta o preço do petróleo? Quais são os preços mínimos pagos ao produtor?

A indicação para minimizar as duas funções se dá em razão da necessidade de serem buscadas os valores-limite, isto é, qual o menor preço que torna a produção de oleaginosas rentável? Ou, ainda, qual o máximo preço de custo de processamento que torna o lucro da indústria positivo.

Modelo proposto – MAVBB

Índices

- d Índice de oleaginosa
- d1 Soja em Passo Fundo
- d2 Soja em Goiás
- d3 Mamona adubada na Bahia
- d4 Mamona consorciada com feijão na Bahia
- d5 Soja em Mato Grosso

f Índice de fazendas produtoras

- f1 Fazenda no Rio Grande do Sul
- f2 Fazenda em Goiás
- f3 Fazenda em Bahia
- f4 Fazenda em PE
- f5 Fazenda em Mato Grosso

b Índice para biodiesel

- b1 Usina em Esteio
- b2 Usina em Goiânia
- b3 Usina em Salvador
- b4 Usina em Recife
- b5 Usina em Campo Grande

Parâmetros

$Y_{d,f}$ produtividade das oleaginosas d na fazenda f t/ha.

$X_{d,b}$ fator de conversão de 1 t de semente em biodiesel l/t
 $G_{d,b}$ custo de converter 1 t de sementes d em biodiesel b R\$/l
 $C_{d,f}$ custo de produção de oleaginosas R\$/ha.
 $S_{d,f}$ subsídios pago ao produtor rural da oleaginosa d R\$/ha na fazenda f
 $O_{d,b}$ quantidade de co-produtos associados à produção de 1 t de biodiesel
 $O'_{d,b}$ preços de vendas dos co-produtos associados à produção de biodiesel R\$/kg
 $A_{d,f}$ área-limite para produzir oleaginosas
 $Q_{d,b}$ quantidade de biodiesel produzido
 F_b custo total de frete da usina até a distribuidora
Variáveis
 $K_{d,f}$ área alocada para produzir oleaginosas d na fazenda f em ha
 $Q_{j,d}$ quantidade de oleaginosas que maximiza a margem bruta t/ha
 $P_{d,f}$ preço da oleaginosa d na fazenda f – preço pago ao produtor
 $J_{d,b}$ preço de venda do biodiesel b

Modelo Proposto

$$(1) \text{MINP} = \sum [P_{d,f} * Y_{d,f} + S_{d,f} - C_{d,f}] * K_{d,f}$$

$$(2) \text{MINZ} = \sum [(J_{d,b} * Q_{d,b}) + (O_{d,b} * O'_{d,b})] - [(G_{d,b} * (Q_{j,d} * X_{d,b}))] - [P_{d,f} * (Q_{j,d} * X_{d,b})] - \Sigma F_b$$

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados foram resumidos para facilitar a análise global. Os preços mínimos das oleaginosas foram estabelecidos com base nos dados do modelo MAVBB. As demais situações foram estimadas com base no comportamento do mercado de sementes. Tendo por hipótese que os preços do barril de petróleo também influenciam o preço final do biodiesel (SOURIE, 2001), foram feitas algumas simulações, com base nos dados do barril na Praça de Londres, além das variações na taxa de câmbio. Os códigos usados abaixo seguem o mesmo padrão do modelo colocado acima. Então, d1 representa soja no Rio Grande do Sul, por exemplo.

Com base na equação 1, o preço mínimo da soja d1 ficou em R\$ 23,40/sc; a média observada para os anos de 1994 a 2003 foi de R\$ 31,80/sc. Os valores observados na coluna simulação base são os valores que igualam a receita total e o custo total, podendo ser considerado o mínimo que o produtor precisa receber para continuar no negócio sem prejuízo, ou seja, o ponto de equilíbrio. Na segunda simulação, o preço da soja ficou em R\$ 32,40/sc. Para a mamona a saca de 60 Kg ficou em R\$ 28,80 (ponto de equilíbrio) e R\$ 46,20; foi observado que o preço mínimo para o mês de novembro foi de R\$ 34,56, com tendência de baixa no mercado interno.

Uma desvalorização de 59% na taxa de câmbio reduz o valor do ganho global do setor agrícola em mais de 1.600%, em razão do aumento nos custos das oleaginosas,

mesmo com o aumento da receita. Os dados do Agrianual já consideram o custo de frete da fazenda até o silo de armazenagem, chamado de “primeiro percurso”. Para a mamona não estão considerados os custos de frete. O custo de frete varia entre 2% e 2,5% do custo total da soja (AGRIANUAL, 2004).

Os preços de transferência, entendidos aqui como o preço pago ao produtor de sementes de oleaginosas, provêm da equação 1. Os custos são diferenciados por oleaginosas também em razão do custo de processamento, que, para d1, d2 e d5, ficou em U\$\$ 80/t e, para d2 e d3, foi de U\$\$ 160/t. O custo do álcool anidro ficou em R\$ 0,84/l, sem impostos. O volume de álcool requerido para atender as simulações é de 163 milhões de litros (15% de álcool na reação); a diferença entre a produção e o consumo de álcool para o ano de 2004 foi de 268 milhões de litros, o que nos dá certa margem de segurança para atender ao programa.

O preço do biodiesel (B2) sem impostos variou de R\$ 0,67/l com o petróleo a 30 U\$\$/b, chegando a R\$ 2,19/l com o petróleo a 65 U\$\$/b. O custo de industrialização também varia muito: o biodiesel produzido a partir da mamona é, em média, 40% a 50% mais caro do que o produzido com soja. Essa diferença já havia sido destacada e trata-se principalmente dos custos de processamento. Se o custo de processamento das oleaginosas em éster, na ordem em que foram apresentadas no modelo, variar de 0,39, 0,53, 0,68, 1,19 e 0,63 para 0,76, 0,75, 1,15, 1,45 e 0,86, o lucro global cair de mais de R\$ 2 bilhões para R\$ 256 milhões negativos. Isso demonstra que os valores considerados “limite” da lucratividade do negócio estão nesse intervalo de preços, ou seja, os valores mínimos encontram-se dentro desse intervalo de preços.

Apesar desse conjunto de restrições e simulações, existe a necessidade de dados mais robustos sobre produção de éster para se fazer análises mais detalhadas, fato que também foi apontado por Rozakis (2001). É necessário fazer uma distinção aqui entre o preço do éster, denominado de B100, e a mistura de diesel e éster (B2). O custo calculado do B100 é 30% mais caro, em média, para um petróleo de U\$\$ 30. Para o preço do barril de petróleo em U\$\$ 53,07, essa diferença se inverte e o petróleo passa a ser mais caro do que o éster. Obviamente não estão sendo considerados outros custos além de matéria-prima e custos de processamento.

Uma outra forma de se analisar a competitividade do biodiesel é por meio dos preços internacionais dos óleos. Não estamos tratando aqui de B100 e, sim, de B2; diferença que precisa ficar bem definida quando se realiza uma análise sobre a competitividade do biodiesel. A hipótese a ser verificada aqui, utilizando outra abordagem, é a de que variações nos preços relativos do câmbio e do barril (*shadow price*) conduzem a que o B2 entre em faixas de viabilidade, isto é, a necessidade de subsídios para viabilizar a produção fica reduzida ou desaparece..

O custo do diesel foi estimado em 0,09% do custo do barril em dólares (IEA, 2005). Os valores do custo do biodiesel incluem apenas a quantidade demandada internamente. A taxa de câmbio é a mesma para todas as simulações.

Os dados apresentados pelo modelo sugerem que o programa é sensível a variações na taxa de câmbio, o que leva à confirmação da hipótese de que um dos elementos viabilizadores do programa é a manutenção da taxa de câmbio apreciada. Outro elemento que torna o biodiesel viável é a variação do preço do barril de petróleo. Com preços cada vez mais altos de diesel, o biodiesel apresenta-se como uma alternativa viável do ponto de vista financeiro, já que sua viabilidade pode ser medida em razão de outros indicadores. Não há qualquer consideração sobre a política monetária e a manutenção da taxa de câmbio (artificialmente valorizada), mas valores de câmbio apreciados são viabilizadores do biodiesel. Os elementos para a formação da taxa de câmbio não estão sendo considerados aqui.

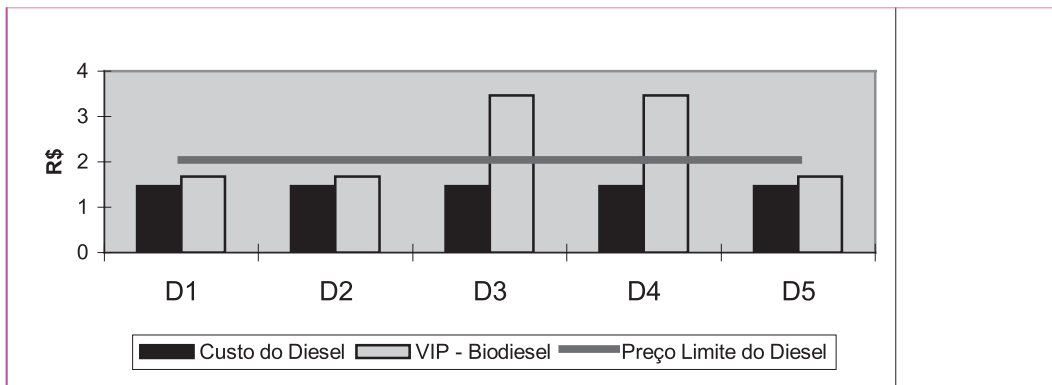
A análise de indiferença do produtor de biodiesel leva em consideração os preços internacionais do óleo de soja e da mamona. Existe certa instabilidade quanto ao comportamento futuro dos preços do óleo de ricino e de soja. O óleo de ricino já apresenta queda acumulada em 2005 de 22%, em virtude da possibilidade de aumento na oferta de mamona por parte da China, o que ainda não se confirmou.

O valor de indiferença para o produtor de biodiesel (VIP) é o custo de oportunidade do óleo no mercado internacional (cotação) somado ao custo de processamento do óleo para transformar em éster. Esse valor é comparado com o custo do diesel e o preço de revenda final, calculado pelo modelo MAVBB. A proposta aqui é a mesma de todo o trabalho.

Quadro 1 - Resumo das simulações de viabilidade do biodiesel

Descrição	Câmbio (R\$/U\$)	Petróleo (U\$/b)	Óleo de soja (U\$/t)	Óleo de mamona (U\$/t)
Simulação 1	2,881	53,07	468,1	1000
Simulação 2	3,5	65	512,3	880
Simulação 3	2,2	65	512,3	880
Simulação 4	2,2	30	468,1	880

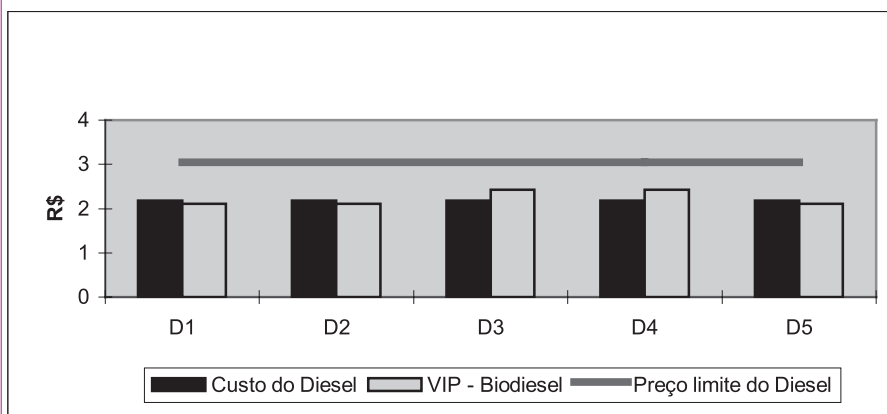
Fonte: FNP, 2005. Petrobras, 2005. BCB, 2005.



Fonte: Cálculos dos autores.

Gráfico 3 - Simulação 1 - Câmbio R\$ 2,881. Petróleo U\$\$ 53,07/b

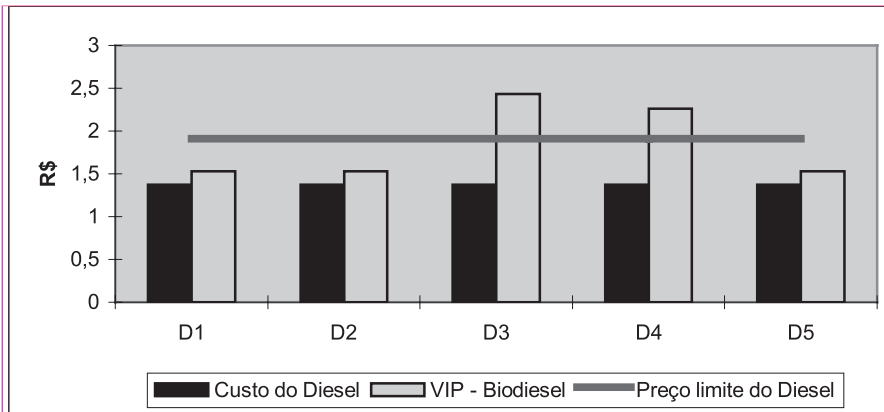
O biodiesel de soja, com essa configuração de preços, fica abaixo da linha, embora seu preço seja maior do que o diesel, sua competitividade não está comprometida, e a necessidade de subsídio é pequena.



Fonte: Cálculos dos autores.

Gráfico 4 - Simulação 3 - Câmbio R\$3,5. Petróleo U\$\$65/b

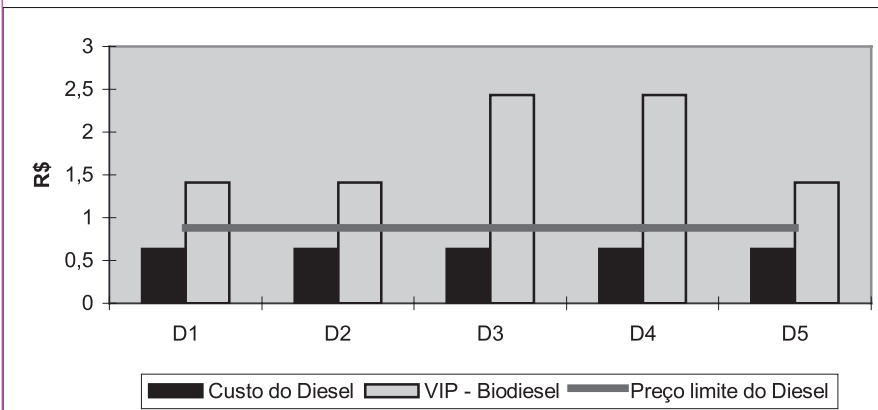
Com o câmbio desvalorizado e a cotação do barril de petróleo alta, tanto o biodiesel de soja quanto o de mamona entram na faixa de viabilidade. O biodiesel de soja torna-se inclusive, mais barato do que o diesel; já o biodiesel de mamona necessita de subsídios.



Fonte: Cálculos dos autores.

Gráfico 5 - Simulação 4 - Câmbio R\$ 2,20. Petrôleo U\$\$ 65/b

O gráfico acima tenta separar a influência do petróleo sobre a viabilidade do biodiesel. Com câmbio valorizado, o biodiesel de soja necessita de subsídios; no entanto, os preços ficam abaixo da linha-limite, que é o preço de venda do diesel para essa configuração de preços, o que, em tese, ainda é uma faixa de viabilidade para o biodiesel. Essa situação pode indicar que o petróleo é o principal fator determinante da viabilidade do biodiesel, dado que com o barril mais caro o biodiesel torna-se uma alternativa viável.



Fonte: Apêndice A. Cálculos do autor.

Gráfico 6 - Simulação 5 - Câmbio R\$ 2,20. Petrôleo U\$\$ 30/b

Com petróleo “barato” nenhum biodiesel é competitivo, ou seja, o custo de produção do diesel fica tão baixo que não vale a pena produzi-lo. Essa é a condição, como foi destacado antes, para a disseminação do petróleo como matéria-prima básica, seu baixo custo de obtenção. Contudo, desde que suas cotações começaram a sofrer bruscas movimentações essa situação começou a mudar.

A movimentação da linha horizontal, que corresponde ao preço de venda do diesel, calculado para as cinco situações, demonstra que o aumento dos preços do petróleo e as variações nos preços do câmbio se tornam viabilizadores do biodiesel. Mesmo a mamona, que tem um alto valor em seu óleo e custos de processamento maiores, em virtude do tamanho das plantas previstas, consegue ser viabilizada com os movimentos do câmbio e do petróleo. Essa situação ocorre quando o câmbio é alto e o preço é também alto, como no caso 3. A diferença entre o VIP e o custo do diesel representa a necessidade de subsídios.

Esses resultados não podem ser tomados de maneira absoluta, apenas apontam caminhos semelhantes aos do modelo proposto, e tornam-se um indicativo dos fatores que determinam a viabilidade ou não do biodiesel no Brasil. Existem outros elementos a serem considerados, tais como localização exata das plantas de biodiesel, da distribuição da plantação de oleaginosas e do centro consumidor, além das condições do mercado externo de óleos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De posse de todos os dados apresentados até o momento, pode-se dizer que as hipóteses que embasaram este trabalho foram confirmadas, ou seja, existe, sim, uma dependência entre a variação da taxa de câmbio, o preço do barril de petróleo e a viabilidade financeira do programa brasileiro de biodiesel. Isso se dá pela mudança em seus preços relativos, que tornam o biodiesel competitivo ou não, dependendo do cenário estipulado. As dificuldades de formulação do modelo, advindas das características das variáveis, não invalidam o que foi apresentado. As hipóteses foram demonstradas em três níveis de análise, que foram os modelos já desenvolvidos por Sourie, Rosakis e Bard, pelo modelo MAVBB e pela análise de indiferença do produtor. Outros elementos podem explicar a viabilidade, fato que também foi destacado no trabalho, no entanto é preciso restringir a análise a algumas variáveis para que se possam traçar alguns cenários.

Procurou-se, ao longo deste artigo, estabelecer a correlação entre a teoria e o que é observado no mercado de oleaginosas. O modelo MAVBB configura-se como um ponto de partida para futuros estudos. Com o surgimento de projetos de produção de biodiesel, novos dados poderão ser observados e, com isso, novos horizontes de análise surgirão para o biodiesel; a realidade produtiva revelará seus limites e suas configurações. O que interessa, neste momento, é estabelecer cenários que determinem quais os caminhos

que precisam ser tomados para tornar o biodiesel uma alternativa energética viável tanto do ponto de vista financeiro quanto econômico.

Em termos gerais, o sucesso desse projeto depende da estruturação da cadeia produtiva, coordenando as ações dos agentes privados e públicos, conforme foi destacado ao longo do trabalho. E depende também da cooperação do maior número possível de especialistas envolvidos nas diversas áreas que compõem o programa de produção de biodiesel, para poder solucionar os principais gargalos que hoje se apresentam, principalmente problemas de logística, fornecimento de insumos e formação de preços.

O Brasil apresenta vantagens comparativas com relação à produção de biodiesel. Nossa posição internacional como um “biotrade”, aliado a nossas condições edafoclimáticas e disponibilidade de oleaginosas nos permitem conquistar a liderança no mercado global de produção de biocombustíveis, no entanto de nada adianta possuir uma riqueza se não se sabe como usá-la.

7 REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. *Anuário da agricultura brasileira*. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2004.

ANDRADE, E. L. *Introdução à pesquisa operacional*. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília: Aneel, 2002. 153p.: il. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 5 out. 2005.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis. *Dados estatísticos*. Brasília, 2005. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 30 set. 2005 e 28 nov. 2005.

BARD, J. F. A Bilevel Programming approach to determining tax credits for biofuel production. Londres. Elseiver, 2000. *European Journal of Operational Research*, p. 30-46. Disponível em: <<https://www.elseiver.com/locate/orms>>. Acesso em: 5 ago. 2005.

BATALHA, M. O (Org.). *Gestão agroindustrial*. Grupo de estudos e pesquisas Agroindustriais. Coordenador : Mario Otavio Batalha. São Paulo: Atlas,1997.V1.

BEN. *Balanco energético nacional*. Disponível em: <<https://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 30 set. 2005.

BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 2004. Disponível em: <<https://www.bp.com>>. Acesso em: 5 nov. 2005.

COELHO, I. *Avaliação das exportações tradicionais baianas: caso de sisal e mamona*. Dissertação (Mestrado): UFB: Salvador, 1979.

- DAVIS, J. H.; Goldberg, R. A. *A concept of agribusiness*. New York: Alpine, 1957.
- EDIN, K. A. *The future of biofuels*. Energy Policy. Londres: Elsevier, 1997.
- EMBRAPA – CNPA. *Banco de Dados*. Campina Grande, jun. 2002. Disponível em: <<https://www.cnpa.embrapa.br>>. Acesso em: 15 ago. 2005.
- IEA. (International Energy Agency). *Energy Statistics 2005*. Disponível em: <<https://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>>. Acesso em: 6 out. 2005.
- KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). *Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.
- MARSHALL, A. *Princípios de economia*. 2. ed. Trad. por Rômulo Almeida e Ottolmy Satrauch. 3. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1985; (Coleção os Economistas, 2).
- MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. *Aspectos tecnológicos do biodiesel*. Grupo de Trabalho Interministerial – biodiesel. Brasília, 2005. Disponível em: <<https://www.biodiesel.gov.br>>. Acesso em: 14 set. 2005.
- NELSON, R.; WINTER, S. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press, 1982.
- PAIVA, C. A. *O que são sistemas locais de produção*. FEE, 2002. Disponível em: <<https://www.fee.tche.br/eeg/artigos>>.
- PARENTE, E. J. de S. et al. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. Fortaleza: Tecbio, 2003. 68p.
- PLÁ, J. A. Perspectivas do biodiesel no Brasil. *Indicadores Econômicos FEE*, Porto Alegre, v. 30, n. 2, p. 179-190, set. 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano Nacional de Agroenergia*. Brasília, 2005.
- ROSAKIS, S.; SOURIE, J. C.; VANDERPOOTEN, D. *Integrated micro-economic modeling and multi-criteria methodology to support public decision-making: the case of liquid bio-fuels in France*. Londres, 2001. Elsevier, Biomass & Bioenergy, p. 385-398.
- SANTANA, A. A. *Investimentos em programas de diferenciação e diversificação da produção de oleaginosas no Brasil*. Brasília, 2004. FAO/ONU. Disponível em: <<https://www.rlc.fao.org/prior/comagric/pdf/agroindu/invesolea.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2005.
- SOURIE, J. C.; ROSAKIS, S. *Micro-economic modeling of biofuel system in France to determine tax exemption policy under uncertainty*. Londres, 2005. Elsevier, Energy Policy, p. 171-182.
- TICKEL, J. *From the fryer to the fuel tank*. The complete guide to using vegetable oil as an alternative fuel. 3. ed. Joshua Tickel Media Productions. Kaia Romam (Ed.), 2003.

US DEPARTMENT OF ENERGY. *Energy efficiency and renewable energy*. Disponível em: <http://www.afdc.doe.gov/altfuel/bio_market.html>. Acesso em: 18 out. 2005.

WAGENINGEN UNIVERSITY. *Bioenergy site*. Disponível em: <<https://www.wur.nl>>. Acesso em: 19 out. 2005.

SYNOPSIS**A PROPOSAL OF MODEL TO EVALUATE THE VIABILITY OF THE BIODIESEL IN BRAZIL**

The growth of the societies, with its wild industrialization, fruit of the association between industrialization and economic growth has shown its destructing face. The search for alternatives renewed introduces biodiesel as probable substitute of the crude oil. The objective of this work is to evaluate which are the determinative elements of the economic viability of the Brazilian program of production of biodiesel. From the bibliographical revision and having as tool to the techniques of operational research proposals a model that tries to catch the modifications in the pay-chosen variables, in the attempt will be to evaluate some scenes. Which are the limits of viability of biodiesel? Which variables are important of being evaluated? It will be that biodiesel is an alternative to be introduced in the energy matrix? Which the current necessities of the program? Which the current situation in Brazil and in the World?

Key words: supply chain, biofuel, fuels.

SINOPSIS**UNA PROPOSTA DEL MODELO PARA EVALUAR LA VIABILIDAD DEL BIODIESEL EN EL BRASIL**

El crecimiento de las sociedades, con su industrialización salvaje, fruta de la asociación entre la industrialización y el desarrollo económico ha demostrado su cara mas destructiva. La búsqueda para las alternativas renovables introduce el biodiesel como sustituto mas probable del petróleo crudo. El objetivo de este trabajo es evaluar que son los elementos determinativos de la viabilidad económica del programa brasileño de la producción del biodiesel. A partir de la revisión bibliográfica y teniendo como herramienta las técnicas de la pesquisa operacional la investigación sú propone a la construction de un modelo que intente coger las modificaciones en las variables elegidas, en la tentativa de evaluar algunas escenas. ¿Cuáles son los límites de la viabilidad del biodiesel? ¿Qué variables son importantes de la evaluación? ¿Será que el biodiesel es un alternativa que se introducirá en la matriz de la energía? ¿Cuál las necesidades actuales del programa? ¿Cuál la situación actual en el Brasil y en el mundo?

Palabras llave: cadena productiva, biodiesel, combustibles.