



**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



**ENERGIA RENOVÁVEL: UMA ANÁLISE SOBRE OFERTA E DEMANDA DE  
ETANOL NO BRASIL**

**MICHELLE PINTO OLIVEIRA; JUNIA RODRIGUES DE ALENCAR;  
GERALDO DA SILVA E SOUZA;**

**EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

**BRASÍLIA - DF - BRASIL**

**junia.alencar@embrapa.br**

**APRESENTAÇÃO ORAL**

**Comércio Internacional**

**ENERGIA RENOVÁVEL: UMA ANÁLISE SOBRE OFERTA E DEMANDA DE  
ETANOL NO BRASIL**

**Grupo de Pesquisa: COMÉRCIO INTERNACIONAL**

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural

**Resumo:** A grande necessidade de diminuir a dependência em relação ao petróleo devido aos seus preços em constante elevação, a preocupação com o meio ambiente (protocolo de kyoto) e a crescente demanda por carros *flex* tem colocado o etanol - uma energia totalmente renovável - em papel de destaque, como fonte alternativa de energia. A demanda e a oferta por este biocombustível são crescentes nos últimos anos e com grande possibilidade de se manter forte e dinâmica por vários anos. Neste contexto, o estudo teve como objetivo analisar quais as variáveis que afetaram a oferta e a demanda de etanol no Brasil, no período de 1995 a 2006. O método de análise utilizado foi o modelo de equilíbrio simultâneo por meio de mínimos quadrados em dois estágios, com correção de variância via métodos de momentos generalizados (GMM). Para ilustrar o uso do modelo em simulações de políticas, investiga-se o efeito de um aumento relativo no preço do petróleo no mercado do etanol, *ceteris paribus*. Os resultados do modelo foram significativos, mas o interessante é que o álcool não se mostrou substituto perfeito da gasolina no período analisado, pois o seu papel fundamental foi de aditivo da gasolina.

**Palavras-chaves:** Etanol, energia renovável, biocombustível, oferta e demanda, equações simultâneas.

**Abstract:** The great necessity for reducing the dependency upon oil due to its price, which is constantly increasing, the concern about the environment (Kyoto Protocol) and the increasing demand for flex cars have highlighted the role of ethanol - a totally renewable source of energy. The supply and demand for this biofuel are increasing in the past years and with a great chance to keep strong and dynamic for many years. In this context, the objective of the study was to analyse which variables affected the supply and demand for ethanol in Brazil, considering the period from 1995 to 2006. The method of analysis used was a simultaneous equilibrium model by means of two stages, least squares with correction of the variance by the generalized method of moments (GMM). To illustrate the use of the model in policy simulation it is studied the effect of a relative increase in oil price in the market of ethanol, *ceteris paribus*. The results of the model were significant, but what is interesting is that the alcohol did not appear to be a perfect substitutive for gasoline in the mentioned period, since his fundamental role was of an additive of gasoline.

**Key words:** Ethanol, renewable energy, biofuel, supply, demand, simultaneous equations.

## 1 - INTRODUÇÃO

A preocupação planetária com o meio ambiente e aumento dos preços do petróleo criaram nos últimos anos uma necessidade e uma oportunidade. A necessidade mundial é de encontrar forma de energia mais barata e menos poluente para reduzir a poluição do ar nos grandes centros urbanos e para minimizar a intensificação do efeito



**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



estufa<sup>1</sup>. A oportunidade é para o Brasil que domina a tecnologia dos chamados biocombustíveis (JN, 2007).

Os efeitos negativos da alta dos preços do petróleo sobre a economia dos países importadores do “ouro negro”, principalmente de países pobres é um sério problema, que limita ainda mais as suas possibilidades de acesso às melhores condições de vida e tem estimulado a busca por alternativas de produção doméstica de energia, notadamente a partir da biomassa<sup>2</sup>. É dentro desse ambiente que tem ocorrido o florescimento e desenvolvimento do mercado de combustíveis produzidos a partir de fontes renováveis (SZWARC, 2006).

Como a frota mundial de veículos utiliza basicamente combustíveis líquidos e sua renovação é lenta e gradual, os biocombustíveis tornam-se os substitutos naturais dos combustíveis fósseis, em um período de transição global de motores convencionais, Ciclos Otto e Diesel, para veículos de uma nova geração tecnológica. Nesse sentido, o etanol tem se mostrado como um dos produtos mais viável e estratégico para esse processo de transição. Com o aumento das preocupações ambientais, o etanol reúne vantagens significativas em relação aos combustíveis fósseis, em especial à gasolina, nos três pilares que compõem o desenvolvimento sustentável, ou seja: ambiental, social e econômico (STRAPASSON & JOB, 2006).

Embora a experiência do Brasil na produção e no uso do etanol seja fonte de inspiração para outras nações, enorme progresso pelo mundo afora ainda é preciso vencer, como por exemplo, às barreiras do protecionismo agrícola para que o etanol passe a ser verdadeiramente uma *commodity*<sup>3</sup> energética e ambiental (SZWARC, 2006).

A produção de álcool tem tido vários incrementos e grande possibilidade de se manter forte e dinâmica por vários anos. Há vários fatores que influenciam esse dinamismo no setor, entre eles temos: a demanda crescente interna (automóveis biocombustíveis) e externa (Protocolo de Kyoto<sup>4</sup> e preços do petróleo), bem como, uma aceitação internacional por combustíveis renováveis. O Brasil saiu na frente nesta corrida, sendo apontado como modelo a ser seguido.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN 2006), a energia renovável representa 45% da nossa matriz energética, contra 14% no mundo e apenas 6% nos países da OCDE.

O programa de etanol carburante nasceu nos anos 70 com apoio governamental. O enorme crescimento da produtividade possibilitou a eliminação dos subsídios à produção, caso ainda único no mundo. Desde 2003, o País inovou mais uma vez com os veículos *flex fuel*<sup>5</sup>, que já representam mais de 80% das vendas de veículos leves, deixando o consumidor mais protegido contra mudanças de preços (JANK, 2006). O

<sup>1</sup> Elevação da temperatura terrestre em virtude de presença de certos gases na atmosfera.

<sup>2</sup> Recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia.

<sup>3</sup> Transações comerciais de produtos de origem primária nas bolsas de mercadorias

<sup>4</sup> Acordo internacional que prevê o corte das emissões de gases relacionados ao efeito estufa.

<sup>5</sup> Veículos com motores que trabalham com álcool ou gasolina/ ou qualquer mistura de gasolina.

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural

etanol é pelo menos 25% menos poluente que a gasolina e ajudou o Brasil a alcançar a auto-suficiência de petróleo.

O Brasil dispõe de um “combustível verde”, renovável e neutro a poluições, uma externalidade positiva do setor, com grande tendência de expansão da oferta e da demanda, por possuir condições necessárias para esse crescimento. Tem mostrado para o mundo que é capaz de atender às necessidades de uma população preocupada com o meio ambiente e com a dependência do petróleo, pois possui terra abundante, clima e tecnologia para isso, o que o qualifica com uma vantagem comparativa em relação à maioria dos países.

Burnquist (2007) relata que não parece razoável, portanto, esperar que o petróleo acabe para se buscar um substituto. O prejuízo pode ser enorme e envolve uma grande parte da economia.

O problema em questão é saber quais as variáveis influenciam a oferta e a demanda de etanol no Brasil e se são significativas. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar os fatores que afetam a oferta e a demanda, considerando o período de 1995 a 2006. Para isso, foi feita uma simulação de política com aumento nos preços de petróleo, na taxa de câmbio e no PIB *per capita*. O modelo foi estimado através de uma equação simultânea.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: primeiramente apresenta as principais questões bibliográficas do tema apresentado; em segundo lugar mostra a metodologia utilizada (equações simultâneas); os resultados e discussões encontram-se na terceira parte e finalmente as conclusões.

## 2 - O CASO DO ETANOL NO BRASIL

No século do petróleo – século XX – pouco espaço houve para os concorrentes da gasolina. Já o século XX se caracterizou pela preocupação dos impactos negativos ao meio ambiente e por políticas públicas voltadas à inibição ou proibição do uso de determinados produtos (CARVALHO, 2001).

A produção crescente de petróleo a preço mais baixo e a pressão da indústria petrolífera, no entanto, levaram o álcool a uma posição secundária em relação à indústria automobilística na primeira metade do século XX. Foram necessárias duas crises do petróleo em 1973<sup>6</sup> e 1979<sup>7</sup> - com os países exportadores fechando suas torneiras - para que o fato de o produto ser finito, poluente e originário de regiões politicamente instáveis chegasse a preocupar governantes e consumidores em todo o mundo. Até então, os combustíveis fósseis eram responsáveis por 96% da energia primária comercializada em todo o planeta. Foi o fim da era do petróleo barato, que marcou os anos 50 e 60 (UNICA, 2007).

<sup>6</sup> “Guerra de Yom Kipur” entre Israel, de um lado, e Egito e Síria, de outro. Para pressionar os aliados de Israel, os países da OPEP impuseram um embargo à exportação de óleo cru aos países que se inclinavam a apoiar Israel.

<sup>7</sup> Guerra Civil do Irã, que era responsável por 12% das exportações de petróleo para Ocidente.



**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



A situação era crítica, pois não somente aumentava os preços ao sabor da vontade caprichosa de um poderoso cartel influenciável por acontecimentos políticos como também era previsível para breve uma síncope no fornecimento do petróleo, que continuaria sendo a base de toda a estrutura de oferta de energia do mundo desenvolvido e em desenvolvimento. Não restava alternativa, senão a busca incessante de novas fontes de energia (LEITE, 1990). A solução brasileira foi criar um programa nacional que permitisse, num primeiro momento, misturar álcool à gasolina e, posteriormente, contar exclusivamente com esse combustível para abastecer os veículos. A preocupação levou à instituição do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), em 1975 (MARJOTTA-MAISTRO, 2002). De acordo com Melo & Fonseca (1981), esse programa correspondeu à primeira tentativa do governo brasileiro de desenvolver fontes alternativas de energia líquida, em um período de crise no abastecimento mundial de petróleo. Observe no Gráfico 1 a evolução do álcool no Brasil entre 1970 e 2006.

**Gráfico 1** - Evolução da produção e consumo de álcool no Brasil, no período de 1970 a 2006.

Fonte: Ministério de Minas e Energia - valores em  $10^3 \text{ m}^3$ . Elaborado pelos autores.

O Proálcool foi criado em 14 de novembro de 1975 pelo decreto nº. 76.593, com o objetivo de estimular a produção do álcool, visando o atendimento das necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos.

O Programa foi bem sucedido em substituição, em larga escala, dos derivados de petróleo. Foi desenvolvido para evitar o aumento da dependência externa de divisas causadas pelos choques de preços do petróleo. Segundo o ex-ministro de Minas e Energia Silas Rondeau (2006), de 1970 a 2006, o uso do etanol como substituto da gasolina proporcionou ao Brasil a economia de 1,09 bilhões de barris equivalente de petróleo e evitou que fossem emitidos na atmosfera 615 milhões de toneladas CO<sub>2</sub>.

Em 20 anos, o governo investiu cerca de US\$ 30 bilhões no Proálcool, o que foi mais que compensado por uma redução de US\$ 50 bilhões nas importações de petróleo até 2006. Em 2004 o etanol brasileiro se tornou completamente competitivo com a gasolina sem a intervenção do governo. No início do programa, o etanol era três vezes mais caro que o petróleo. Hoje, não há nenhum subsídio governamental relata Goldemberg (2007). A produção e o uso do etanol combustível no Brasil, desde 1975, constituem o mais importante programa de combustível comercial renovável implementado no mundo.

Com os avanços tecnológicos, o carro movido exclusivamente a álcool hidratado ganhou as ruas brasileiras, chegando a representar 85% da frota no final dos anos 80 (UNICA, 2007).

No entanto, problemas de logística no abastecimento minaram a confiança do consumidor, que deixou o veículo de lado em favor da gasolina. Os usineiros migraram

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural

para a produção do açúcar na década de 90, pois o preço internacional do açúcar estava mais favorável. No final dos anos 90, o mercado de cana, açúcar e álcool foi desregulamentado. As crises políticas no Oriente Médio - região que responde pela maior parte das reservas conhecidas de petróleo - e o surgimento do carro *flex* representam uma nova etapa para o carro a álcool brasileiro, ao rodar com 100% de álcool hidratado<sup>8</sup>, 100% de gasolina (toda gasolina brasileira é aditivada com álcool) ou qualquer percentual de mistura entre os dois combustíveis (UNICA, 2007). Atualmente, todos os veículos leves brasileiros rodam com gasolina misturada com álcool anidro<sup>9</sup>. A proporção da mistura é definida por lei, podendo oscilar de 20% a 25%, com um ponto percentual para mais ou para menos.

As energias renováveis são, na atualidade, um dos mais importantes assuntos para as discussões sobre o futuro da Humanidade. T tamanha importância torna a produção de energia uma área estratégica para as nações de todo mundo. Ao mesmo tempo em que se busca ampliar a oferta e reduzir os custos, crescem as preocupações com a sustentabilidade e o meio ambiente. É nesse contexto que as energias renováveis surgem e ganham destaque, tendo apoio de diversos grupos e organizações para a sua ampliação.

A valorização do etanol se acelerou por dois fatores: redução da dependência de uma fonte fóssil, principalmente localizada em países extremamente instáveis politicamente; o conhecimento científico de que o consumo do petróleo cresce de forma a já ter iniciado sua depleção – procura superior à existência de petróleo a se organizarem na OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) e, como consequência, o mercado a mostrar preços crescentes. O Gráfico 2 mostra a evolução dos preços do barril de petróleo em dólares, e que essa tendência de crescimento parece ser definitiva, no qual uma das causas é a escassez desse produto projetado para as próximas décadas.

**Gráfico 2** - Evolução dos preços médios do barril de petróleo importado, no período de 2000 a 2007.

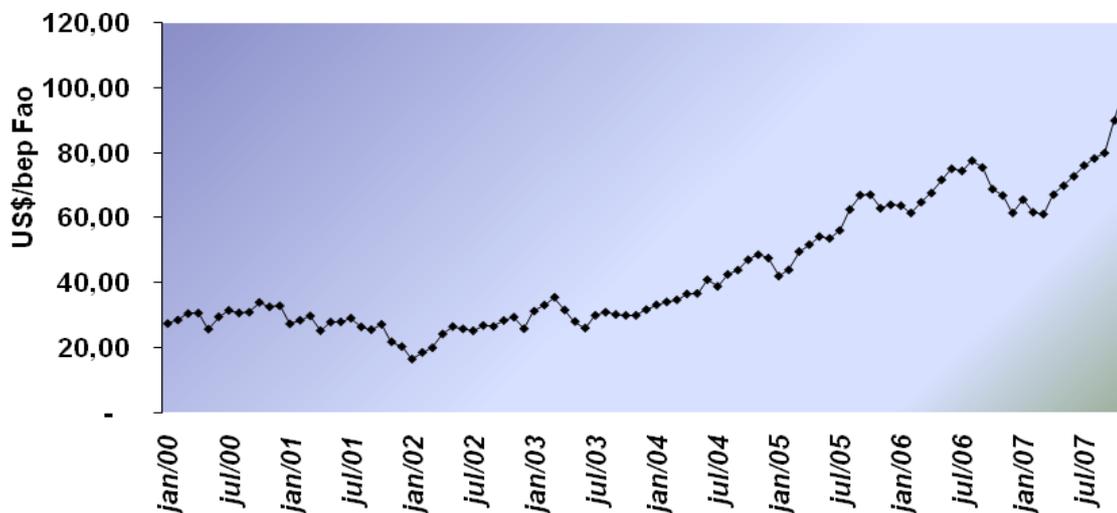
<sup>8</sup> O etanol hidratado, vendidos nos postos de gasolina, possui cerca de 5% de água.

<sup>9</sup> O etanol anidro tem o teor de água em torno de 0,5%, em volume.



**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



Fonte: Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). Elaborado pelos autores.

Enquanto as negociações internacionais sobre mudanças climáticas prosseguem, de forma a valorizar o uso de combustíveis renováveis que reduzem as emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera, o próprio mercado viabilizou o etanol, através de políticas tributárias já mundialmente vigentes que efetivam a incidência de impostos sobre os combustíveis. Em síntese, o que era interesse claro dos governos de somente arrecadar, se tornou um justo motivo para taxar um combustível pela poluição que causa. Sob essas circunstâncias, o etanol evoluiu de forma sustentada.

A história econômica é marcada por episódios em que a instabilidade nos mercados sinaliza a iminência de grandes mudanças. O salto das cotações internacionais do petróleo para US\$ 78,40 o barril, registrado pela NYBOT – The New York Board of Trade, em meados de julho de 2006, reafirmou a urgência da reestruturação energética mundial. Desde então, a agenda política dos países tem sido dominada por preocupações, com a definição de novas formas para assegurar a oferta de combustível, sem agredir o meio ambiente (BURNQUIST, 2007).

As reservas de petróleo do mundo, passíveis de serem exploradas com a tecnologia atual, somam 1,137 trilhões de barris, 78% das quais estão no subsolo dos países da OPEP. Essas reservas permitem suprir a demanda mundial por 40 anos, mantido o atual nível de consumo. A demanda projetada de energia no mundo indica um aumento de 1,7% ao ano, de 2000 a 2030, quando ela deverá alcançar 15,3 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo por ano (Instituto Internacional de Economia – Mussa, 2003). Nesse contexto, não é admissível imaginar que toda a energia adicional requerida no futuro possa ser suprida por fontes fósseis (BACCHI, 2006).

Ainda de acordo com Bacchi (2006), os preços crescentes desses combustíveis gerados pelo esgotamento das reservas de petróleo têm feito com que a maior parte dos países se empenhe em buscar fontes alternativas de energia que permitam minimizar



**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



problemas de ordem econômica. Além disso, as questões sociais (emprego, renda, fluxo migratórios) e ambientais (mudanças climáticas, poluição) reforçam a necessidade do uso de combustíveis de cronogramas determinados pelo problema da escassez de petróleo.

A situação não é inteiramente nova para a economia mundial. Goodstein reporta em seu livro “Out of Gas: The End of The Age of Oil” (W.W.Norton), que: “em 1973, o mundo pôde aprender que os efeitos de uma crise na oferta do petróleo podem ser imediatos e trazem prejuízos econômicos drásticos” (BURNQUIST, 2007).

De acordo com Carvalho (2001), com a comprovação da grave poluição do MTBE (Methyl tertiary-butyl ether) e os riscos declarados dos aromáticos, o etanol tem, de fato, um brilhante horizonte internacional definido.

## **2.1 – As vantagens do etanol da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar tem o mais alto retorno para os agricultores por hectare plantado. É que o etanol do Brasil, produzido da cana-de-açúcar, que pode exercer enorme e benéfico impacto positivo na matriz energética das sociedades avançadas, consumidoras intensivas de energia e, portanto, proporcionalmente mais responsáveis pelos custos da operação de limpeza que toma forma e conteúdo na velocidade em que os desastres naturais comovem a opinião pública pressionam governos e entidades empresariais a investir em soluções de curto prazo (CARVALHO, 2005).

De acordo com Carvalho (2005), a produção de etanol da cana-de-açúcar poupa energia, além de evitar a poluição graças ao uso intensivo do próprio combustível da colheita ao processo de fermentação e destilação, cuja fonte energética principal é a cogeração decorrente do aproveitamento da palha e do bagaço que sobram nas moendas. Além disso, o etanol obtido da cana-de-açúcar garante mais energia para uso final por unidade energética gasta em obtê-la do que qualquer outra fonte renovável atual. Neste contexto, observe na Tabela 1 as vantagens comparativas e competitivas entre o etanol da cana-de-açúcar do Brasil e o etanol do milho dos EUA.

**Tabela 1 - Comparação do etanol entre os EUA e o Brasil.**

Países	EUA (2005/2006)	Brasil (2006/2007)
Usinas em operação	97	335
Matéria-prima	Milho	Cana-de-açúcar
Área cultivada (milhões de hectares)	31,6	6,4
Produção de matéria-prima	267	426
Percentual de matéria prima para etanol	20%	48%
Produtividade (tons/ha)	8,4	66,2
Produção de etanol (milhões de litros)	18.547	17.411
Produtividade do etanol (litros/ha)	3.000	6.800
Comercio de etanol (milhões de litros)		
Importação	2.806	-
Exportação	-	3028
Custo de produção (US\$/litro)	0,4	0,22
Imposto de importação	46%	0%

Fonte: ICONE, elaborada pelos autores.

O etanol extraído da cana-de-açúcar tem custo de 30% a 40% menos que o produzido a partir do milho. Entre os fatores que geram essa diferença, estão as necessidades de uma etapa a mais no processo de produção do etanol a partir do milho (na qual os carboidratos são transformados em açúcar para ser extraído o etanol, fase inexistente no caso da cana); ou o uso de energia alternativa no processamento da cana, com base na queima do bagaço ou palha do próprio vegetal (nos EUA, os produtores dependem de fontes externas de energia) (BRAZIL, 2007).

## 2.2 - Brasil: Uma posição privilegiada

Chega o momento da Energia Renovável: a humanidade descobre que tem a obrigação de conhecer as propriedades dos combustíveis recuperados de massa vegetal recém-colhida (CARVALHO, 2005).

A mais recente estimativa da Agência Internacional de Energia, divulgada no final de 2004, informa que no ano anterior a demanda global por todas as formas de energia tinha alcançado 10.500 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (MTEP), com crescimento de 70% em relação ao momento imediatamente anterior ao primeiro choque de preços (1973). Naqueles trinta anos cruciais, a participação dos países emergentes na demanda global cresceu dez pontos percentuais. A entidade projeta, para 2030, um novo aumento, de 50%, na demanda mundial de energia, com novo avanço na participação dos emergentes, que devem atingir 56% do mercado ao final do período (CARVALHO, 2005).

O Brasil ingressa na era pós-petróleo disposto a provar que o etanol de cana-de-açúcar é, no presente, o melhor combustível que o dinheiro pode comprar neste século



**SOBER**

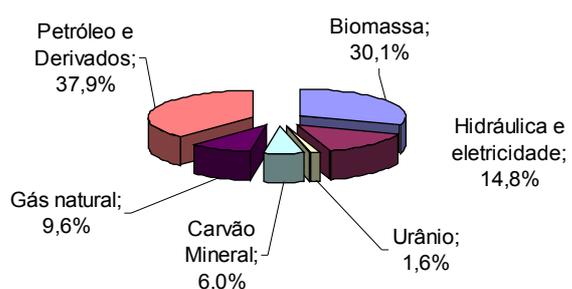
XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



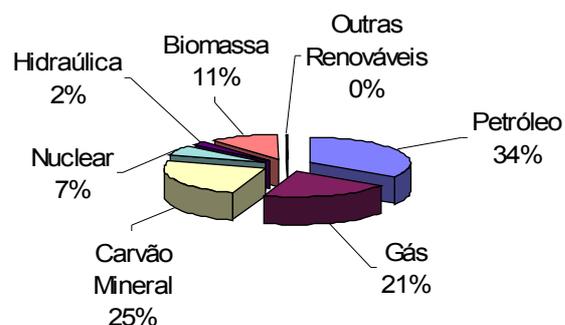
XXI. Não será uma partida fácil, pois o complexo produtivo que empurra as economias industrializadas sabe muito bem quais são os seus interesses no xadrez estratégico que começa a ser jogado enquanto a sociedade humana prepara a sucessão do petróleo como fonte primária de energia para transportes. Mas o ponto de partida nessa trajetória deve ficar bem claro: a oferta de combustíveis obtidos da biomassa permite ampla democratização do abastecimento, eliminando riscos de novo cartel de produtores (CARVALHO, 2005).

O Brasil tem uma posição singular entre as nações de base industrial: a fatia da Energia Renovável na matriz energética brasileira é da ordem de 45% em 2006, sendo essa fatia no mundo de apenas 13%. Veja os Gráficos 3 e 4:

**Gráfico 4 - Matriz energética Brasil 2006**



**Gráfico 5 - Matriz energética Mundo 2004**



Fonte: Ben 2007. Elaborado pelos autores.

O Brasil se coloca em posição privilegiada - com experiência acumulada em décadas pelo uso regular da biomassa como fonte energética primária - para compreender a sustentabilidade do modelo energético vigente, apoiado nos combustíveis líquidos fósseis. O ponto de partida dessa experiência foi, é claro, a necessidade.

O Brasil detém a melhor base científica para trabalhar geneticamente com as variedades da cana-de-açúcar, investe pesadamente em recursos privados na expansão contínua da produção, assiste dramática aceleração na demanda por veículos leves dotados com motores flexíveis, pode e tem conseguido entregar quantidades crescentes de etanol nos mais longínquos pontos do globo, sustenta uma política agrícola livre de subsídios como reconhece a OMC, procura maximizar o aproveitamento energético de rejeitos da cana-de-açúcar e tem uma vigorosa política de melhoria nas relações de trabalho e na valorização social (CARVALHO, 2005).



**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



Estudos do Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo ressaltam a urgência de se mudar o futuro da energia, mas, deixando claro que o problema não é de fácil resolução. Além disso, suas projeções de tendências correntes, levam a constatar que o futuro da energia, na configuração atual, é inseguro e caro (BURNQUIST, 2007).

Burnquist (2007) relata que não parece razoável, portanto, esperar que o petróleo acabe para se buscar um substituto. O prejuízo pode ser enorme e envolve uma grande parte da economia.

O Brasil é exemplo de uso de combustíveis renováveis que geram divisas e substituem importações, com efeito positivo na Balança Comercial. Dessa forma, é necessário que este programa seja cada vez mais fortalecido a fim de que continue trazendo benefícios, inclusive ambientais, para os brasileiros, bem como possa difundir a sua experiência em energias limpas para o restante do mundo, sem comprometer o mercado interno. É preciso consolidar o mercado mundial de álcool.

Portanto, uma tarefa a resolver no futuro próximo é manter o equilíbrio entre o abastecimento interno e o atendimento da avidéz externa por combustíveis renováveis, devido à percepção de que a utilização racional dos recursos naturais é fator primordial de minimização dos prejuízos à natureza.

De acordo com Torquato (2005), o mercado interno de álcool vem ganhando destaque no segmento agroindustrial brasileiro, proporcionado pela retomada do aumento do consumo doméstico em consequência do preço competitivo do combustível em relação à gasolina. Por outro lado, há um potencial de crescimento nas vendas externas do álcool, que possivelmente será utilizado para atender parte da demanda mundial por etanol.

Ainda de acordo com Torquato (2005), deve avançar para uma forma desconcentrada, que abrangerá outras áreas possíveis produtoras do combustível verde. Isto constitui uma oportunidade para os países que possuem abundância de terras, sol e água, que é o caso de alguns países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.

Por isso, é necessário disseminar a tecnologia de produção, de forma que mais países produzam álcool a partir da cana-de-açúcar ou de outras fontes renováveis. Dessa forma, diminuem-se os riscos de crises de oferta e abre-se caminho para tornar o produto uma *commodity* convencional. Assim, os consumidores passam a ter mais segurança quanto à disponibilidade do produto.

O Brasil tem papel preponderante no suprimento da demanda internacional, como maior exportador de álcool do mundo. Portanto é preciso que os entraves sejam minimizados no Brasil, bem como seja consolidado um mercado mundial de álcool carburante, para suprir essa demanda e para que as exportações de álcool se mantenham em ritmo crescente e constante. O Gráfico 5 mostra a evolução das exportações de álcool do Brasil entre 1970 e 2006.

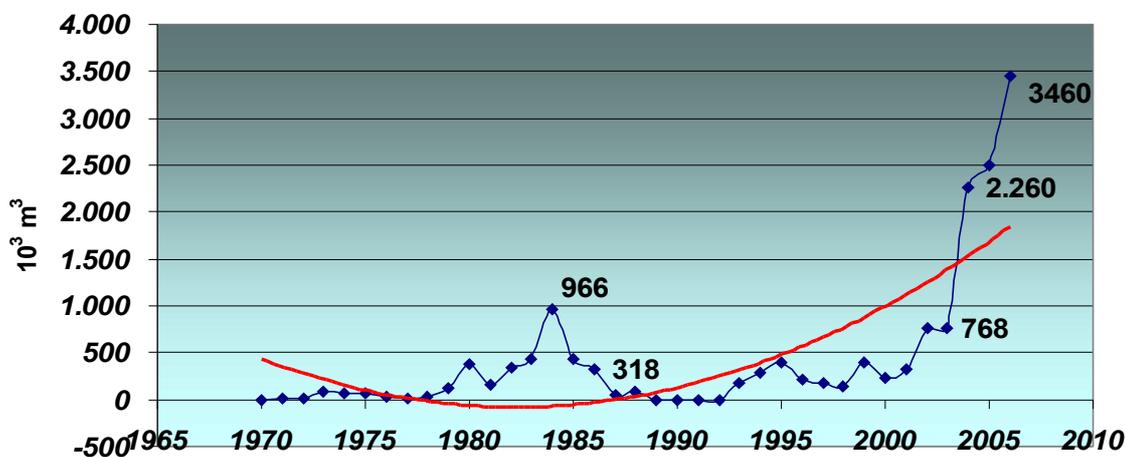


**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



**Gráfico 5** - Exportação de álcool do Brasil, no período de 1970 a 2006



Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME). Elaborado pelos autores.

Segundo Bacchi (2006), deve haver melhoria da infra-estrutura para escoamento dos produtos, entre as quais a construção de dutos, de ferrovias, de hidrovias e a modernização dos portos. Uma das principais dificuldades que o país enfrenta em relação às exportações de combustíveis renováveis diz respeito à infra-estrutura.

A maior utilização de combustíveis derivados de biomassa na matriz energética, especialmente nos países desenvolvidos, dependerá de algum apoio governamental. Programas de P&D serão necessários para acelerar a utilização de energias renováveis até que se consolide a exploração comercial, os ganhos de escala e a redução de custos, buscando adquirir competitividade frente a combustíveis fósseis (CARVALHO, 2006).

A conjuntura brasileira, na qual a atividade se insere, é particularmente positiva: auto-suficiência na produção de petróleo; contas-correntes superavitárias sem recessão; reconhecimento das regras do Protocolo de Kyoto (CARVALHO, 2006).

Segundo Burnquist (2007), o Brasil e os EUA são os maiores produtores de etanol. No entanto, o Brasil está à frente com grande vantagem sobre os EUA, por conter em seu território características necessárias para a produção em alta escala de etanol, que constitui uma vantagem comparativa em relação aos EUA.

Segundo o Plano Nacional de Agroenergia 2006 - 2011, o Brasil tem uma série de vantagens que o qualificam como liderança na agricultura de energia e no mercado da bioenergia - o biomercado - em escala mundial. A primeira é a possibilidade de dedicar novas terras à agricultura de energia, sem necessidade de reduzir a área utilizada na agricultura de alimentos, e com impactos ambientais circunscritos ao socialmente aceito. Além disso, em muitas áreas do país, é possível fazer múltiplos cultivos sem irrigação, em um ano. Com irrigação, essa possibilidade amplia-se muito (MAPA, 2006).



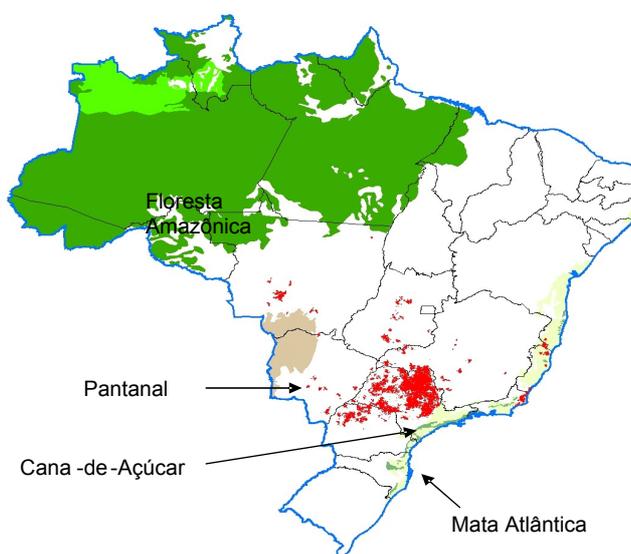
**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



O Brasil foi responsável por mais de 50% do álcool mundial exportado, em 2005. O custo de obtenção do produto pelo país é mais baixo que em qualquer outro país do mundo, o que permite a venda pelo menor valor no mercado. A infra-estrutura que viabiliza sua produção e consumo em larga escala já foi desenvolvida ao longo das três últimas décadas no país e novos investimentos vêm sendo realizados. Na Figura 1 pode ser observada a área que a cana-de-açúcar ocupa no território Brasileiro, se concentrando no centro-sul do país.

**Figura 1**– Localização da produção de Cana-de-açúcar



Fontes: IBGE (Vegetação) e CTC (Cana).

Atualmente, a área ocupada pela cana chega aos 6,4 milhões de hectares, o que representa quase 10% da área onde se planta no país (62 milhões de hectares). Sendo assim, não se pode pensar em uma concorrência entre alimento e energia em curto prazo. Pois é notável que o Brasil não precise tornar-se um grande canavial para aumentar sua produção.

A pecuária do país é extensiva, ocupando cerca de 220 milhões de hectares, de forma que se pode pensar em uma reorganização planejada da área ocupada, sem que a produção seja necessariamente reduzida.

De acordo com o Plano Nacional de Agroenergia (2006), o Brasil assumiu, com sucesso, a liderança mundial na geração e na implantação de moderna tecnologia de agricultura tropical e possui pujante agroindústria. Destaca-se a cadeia produtiva do etanol, reconhecida como a mais eficiente do mundo, conduzida por classe empresarial dinâmica, acostumada a inovar e a assumir riscos.



**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



### 2.3 - As perspectivas para o mercado de etanol

O Brasil é imbatível, em qualquer cenário de curto e médio prazo. Além de dominar a tecnologia de produção de toda a cadeia, nosso país possui estrutura industrial e logística instalada para atender à demanda de etanol no curto prazo.

O fato de o Japão tornar obrigatória a mistura de 3% de álcool à gasolina demandará do Brasil investimentos superiores a R\$ 2,5 bilhões em logística, apenas para exportação ao Japão. Entretanto, para atender as crescentes demandas de álcool no médio e longo prazo, o Brasil terá que ampliar muito a sua capacidade industrial e agrícola instalada. Estima-se que, além do nosso próprio mercado interno, aumentará consistentemente a demanda proveniente da UE, ao longo dos próximos 10 anos.

Apesar de o mercado doméstico ser o principal destino da produção de álcool do país, a demanda externa tem aumentado consideravelmente. É, portanto, importante conhecer o potencial do mercado internacional.

De 2000 a 2006 vários países adotaram o álcool em sua matriz energética, com destaque para EUA. Na América do Sul, Colômbia, Peru, Venezuela e Paraguai.

Os EUA foi o país que mais expandiu a produção de álcool, mas têm uma demanda potencial acima da sua capacidade de abastecimento. Para os países integrantes da Iniciativa da Bacia do Caribe (CBI) é permitida uma cota de importação de 7% sem tarifa de importação. Algumas empresas brasileiras aproveitam estas cotas para exportar para os EUA por meio de triangulação com estes países.

O Japão é o maior importador potencial devido à grande demanda por combustíveis renováveis, ao alto consumo de gasolina, à baixa produção de álcool e à tarifa de importação praticamente nula. A Índia não possui tal potencial importador, pois sua demanda externa se faz em razão de estiagem que prejudicou a produção nestes últimos anos. Na União Européia, a maior representatividade comercial para o Brasil é a Suécia. Apesar da potencialidade dos países analisados, o mercado brasileiro é o maior consumidor.

A competitividade dos carros *flex fuel* aliado à diferença entre o preço do álcool hidratado e da gasolina na bomba são os responsáveis pelo crescente consumo do álcool no mercado doméstico. Os carros *flex* são uns dos grandes responsáveis por alavancar a produção de etanol no Brasil, com uma demanda crescente por esses carros, o etanol tem um papel fundamental que é atender toda essa demanda. Nesse contexto observe o Gráfico 6.

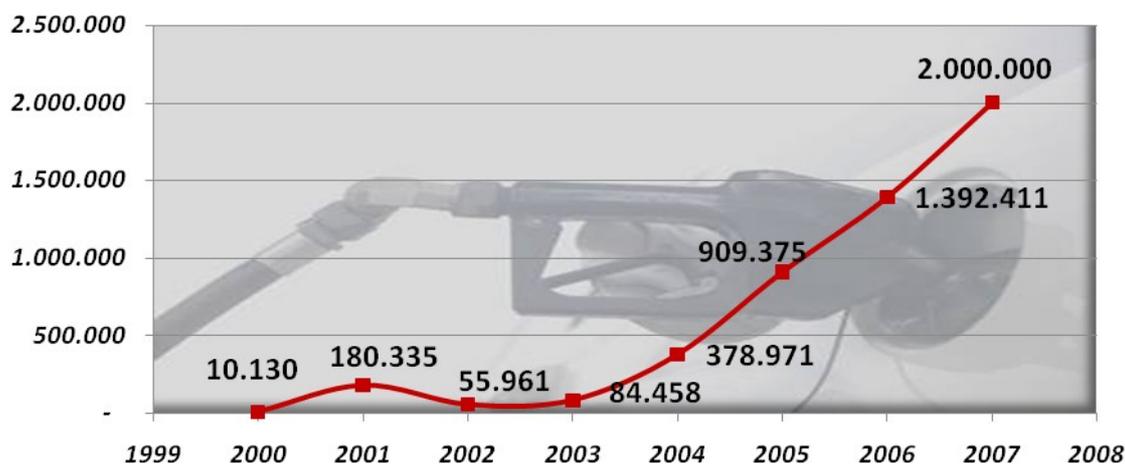


**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



**Gráfico 6** - Evolução de veículos *flex* e a álcool no Brasil, no período de 2000 a 2006



Fonte: ANFAVEA. Elaborado pelos autores.

Apesar do pioneirismo e da qualificação técnica de nossa indústria, com menores custos e grande potencial de aumento de produção, tais desafios exigem ação planejada e conjunta do governo com o setor privado. O primeiro, e talvez o maior deles, diz respeito às dimensões do mercado mundial de álcool combustível. Com apenas metade da cana que produz, o Brasil substitui mais de 40% da gasolina consumida internamente, enquanto a produção mundial de etanol ainda é insignificante, assim como sua demanda, ainda que ambas estejam crescendo muito.

Por isso, conhecer a oferta e demanda de etanol no Brasil e suas perspectivas futuras são necessárias.

### 3 - MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 - Áreas de estudo e fonte de dados

Abrange neste trabalho como área de estudo o mercado de energia renovável, restringindo-se apenas ao caso do etanol brasileiro, considerando o período de 1995 a 2006. As fontes dos dados utilizados para a pesquisa nesse trabalho foram do Ministério de Minas e Energia (MME); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA); Banco Central do Brasil (BCB); Agência Nacional de Petróleo (ANP) Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior (MDIC) e New York Board of Trade (NYBOT).



**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



### 3.2 – Método

Por meio do modelo econométrico de equilíbrio simultâneo, foi feita uma análise sobre a relação das variáveis exógenas: PIB per capita, taxa de câmbio, preço do açúcar e preço do petróleo sobre as variáveis endógenas: preço do álcool, preço da gasolina, quantidades ofertada, demandada e exportada de etanol, essas foram às variáveis que se mostraram significantes no modelo. Foi usado também taxa de juros, população e preço da soja como instrumentos na estimativa. A partir de informações com frequência anual, todos os dados foram transformados em índice com base 100 no ano de 2000.

#### 3.2.1 - Modelo econométrico

O modelo foi estimado por meio de um sistema de equações simultâneas. Os melhores resultados encontrados do modelo foram através da técnica de Mínimos Quadrados, em dois estágios, com correções das variâncias, via GMM (Método de Momentos Generalizados). Foi utilizado *log* em todas variáveis. O programa utilizado para estimar o modelo foi *Eviews 5.1*. O modelo é um sistema com cinco equações e sua forma geral é a seguinte:

#### Modelo estrutural:

$$\begin{cases} q_s^{e\text{tan ol}} = f(p^{e\text{tan ol}}, \text{dummy}) + \varepsilon_1 \\ q_D^{e\text{tan ol}} = g(p^{e\text{tan ol}}, p^g, i, q_{ex}^{e\text{tan ol}}) + \varepsilon_2 \\ q_{ex}^{e\text{tan ol}} = k(p^{e\text{tan ol}}, \text{txc}) + \varepsilon_3 \\ p^{e\text{tan ol}} = J(\text{pet}, \text{pa}) + \varepsilon_4 \\ p^g = h(\text{pet}, \text{txc}) + \varepsilon_5 \end{cases}$$

Na Tabela 2 encontra-se a descrição das principais variáveis utilizadas no modelo, onde  $q_s^{e\text{tan ol}}$ ,  $q_D^{e\text{tan ol}}$ ,  $q_{ex}^{e\text{tan ol}}$ ,  $p^{e\text{tan ol}}$  e  $p^g$  são variáveis endógenas e  $i$ ,  $\text{txc}$ ,  $\text{pa}$  e  $\text{pet}$  são variáveis exógenas e  $\varepsilon$  são erros não observados.

**Tabela 2** – Descrição das Variáveis

Variáveis	Descrição
$q_s^{e\ tan\ ol}$	Quantidade ofertada de etanol
$q_d^{e\ tan\ ol}$	Quantidade demandada de etanol
$q_{ex}^{e\ tan\ ol}$	Quantidade exportada de etanol
$p^{e\ tan\ ol}$	Preço do álcool
$p^g$	Preço da Gasolina
$i$	Pib per capita
$txc$	Taxa de câmbio
$pa$	Preço do açúcar
$pet$	Preço médio do barril de petróleo/US\$
$dummy$	Variável indicadora do período 2002-2006

No presente trabalho foi usada uma variável indicadora (*dummy*) para o período de 2002 a 2006, onde foi observado grande alta no preço médio do barril do petróleo.

De acordo com Hsiao (1993) e Johnston & Dinardo (1997), no contexto de mínimos quadrados em dois estágios e modelos de equação simultânea é preciso preocupar-se com os temas de identificação e simultaneidade, mas não é preciso se preocupar com os problemas de ordem de integração, não-estacionariedade e co-integração.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item serão mostrados os resultados e discussões do modelo de equações simultâneas estimado por Mínimos Quadrados em dois estágios, com correção de variância, via Métodos Generalizados de Momentos (GMM), para o mercado de etanol no Brasil e uma simulação de política com um aumento relativo nos preços do petróleo, taxa de cambio e PIB per capita.

### 4.1 - Estimativas do sistema de equações simultâneas

No modelo de equilíbrio simultâneo estimado, o  $R^2$  das três primeiras equações são 60,51%, 72,42% e 63,73% que representam oferta, demanda e exportações de etanol respectivamente.

O modelo de oferta foi estimado por:

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural

$$q_s^{e\text{tanol}} = \exp \left\{ 3,708 + 0,207 \log(p^{e\text{tanol}}) + 0,178 \text{dummy} \right\}$$

(0,22) (0,060) (0,047)

Espera-se sinal positivo das variáveis presentes na especificação da equação de oferta. A inclusão da taxa de juros no modelo não foi significativa por isso eliminada do modelo, usada apenas como instrumento. Observa-se que um aumento de 1% em  $p^{e\text{tanol}}$  tem um impacto positivo de 0.207% na oferta de etanol. Com um aumento no preço do álcool os produtores estarão dispostos a aumentar sua produção em 0,207%. Foi usada uma *dummy* para capturar o efeito do súbito aumento no preço do barril de petróleo a partir de 2002, provocando um deslocamento para cima, paralelo, de 0.178 na curva de oferta. Observa-se que a equação da oferta está de acordo com a teoria econômica.

O modelo de demanda foi estimado por:

$$q_d^{e\text{tanol}} = \exp \left\{ 0,328 - 0,058 \log(p^{e\text{tanol}}) - 0,598 \log(p^g) + 1,619 \log(i) - 0,024(q_{ex}^{e\text{tanol}}) \right\}$$

(4,43) (0,04) (0,06) (0,99) (0,03)

Observe que na equação da demanda o coeficiente do preço do álcool é negativo, mostrando que um aumento em 1% em  $p^{e\text{tanol}}$ , *ceteris paribus*, tem um impacto negativo na demanda por etanol em 0,058%, o que indica que, quando o preço de mercado sobe, a quantidade demandada diminui, conforme prevê a lei da demanda. O efeito de  $p^g$  (preço da gasolina) sobre a demanda também é negativo, um aumento em 1% em  $p^g$  diminui em 0,598% a demanda de etanol, variável altamente significativa. O sinal dessa variável é interessante, uma vez que o período de 1995 a 2006 foi uma época em que o álcool não se mostrou substituto perfeito da gasolina. Os anos 90 foram marcados por grandes problemas de logística no abastecimento que acabaram prejudicando o uso do álcool como combustível. Ele teve nesse período um papel fundamental com a sua adição na gasolina, pois a legislação brasileira exige que a gasolina vendida em postos tenha entre 20% a 25% de álcool. Talvez isso explique a relação negativa entre o preço da gasolina e a demanda de etanol para esse período. Deve-se levar em conta que os carros *flex* entraram no mercado brasileiro a partir de 2003, seria então coerente analisar o álcool como substituto da gasolina a partir desse período.

Analisando o resultado da variável PIB per capita, observa-se que um aumento de 1% na renda aumenta em 1,619% a demanda por etanol, o sinal positivo mostra que quanto maior a renda maior o consumo da população. Obteve-se uma elasticidade alta nesta variável.

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural

Em relação à quantidade exportada, o resultado obtido mostra um impacto negativo na demanda por etanol em 0,024%. Isso mostra que as exportações têm influência negativa pequena sobre a demanda interna de etanol. Embora o Brasil seja o maior exportador de álcool do mundo, devido às vantagens comparativas em relação aos demais países, com terra abundante e clima favorável para o cultivo da cana, o volume de exportação tem um pequeno impacto negativo no consumo interno. Devemos levar em conta a grande tendência do mundo inteiro em potencializar sua matriz energética com uma energia limpa. Esta pressão de demanda, até o momento, não tem se refletido em efeito significativo no consumo interno.

O modelo de exportação foi estimado por:

$$q_{ex}^{e\text{tan}ol} = \exp\left\{-14,191 + 1,475 \log(p^{e\text{tan}ol}) + 2,606 \log(txc)\right\}$$

$$(6,11) \quad (0,65) \quad (0,70)$$

Nesta equação, observa-se que um aumento de 1% em  $p^{e\text{tan}ol}$  aumenta em 1,475% a quantidade exportada, uma relação positiva, indicando assim que aumento de preços estimula as exportações. A taxa de câmbio tem impacto positivo sobre as exportações, um aumento em 1% no câmbio aumenta em 2,60% a quantidade exportada de álcool, a variável é altamente significativa e em termos relativos de maior impacto que o nível de preço.

#### 4.2 - Simulação de política

A partir de uma simulação, foi examinado o efeito de um aumento em  $pet$  (preços do petróleo),  $i$  (PIB *per capita*) e  $txc$  (taxa de câmbio) no mercado de etanol. Estimado através da técnica de Mínimos Quadrados em dois estágios com correção da variância via GMM (Método de Momentos Generalizados). As equações estimadas foram acrescentadas ao modelo de equações simultâneas para o mercado de etanol e consideradas no mesmo contexto dos comentários de Johnston e Dinardo (1997) sobre ordem de integração, estacionaridade e cointegração.

A avaliação do impacto que o preço do petróleo tem sobre o mercado de etanol é devido a uma preocupação em relação ao futuro deste combustível.

As equações estimadas são para preço do etanol e para preço da gasolina, respectivamente:



$$p^{e\text{tanol}} = \exp\left\{ 1,909 - 0,444 \log(\text{pet}) + 1,138 \log(\text{pa}) \right\} \quad R^2 = 50\%$$

(1,24)    (0,15)            (0,24)

$$p^g = \exp\left\{ 2,901 + 0,027 \log(\text{pet}) + 0,316 \log(\text{txc}) \right\} \quad R^2 = 75\%$$

(0,23)    (0,03)            (0,05)

Usando a regra da cadeia obteve-se, para o mercado de etanol, a derivação parcial da demanda, oferta e exportação, respectivamente. Esta derivação tem o propósito de estimar o impacto de 1% no aumento no preço do petróleo no mercado de etanol. Todas as variáveis em *log*.

Tem-se:

$$\frac{\partial q_d^{e\text{tanol}}}{\partial \text{pet}} = \frac{\partial q_d^{e\text{tanol}}}{\partial p^{e\text{tanol}}} \times \frac{\partial p^{e\text{tanol}}}{\partial \text{pet}} + \frac{\partial q_d^{e\text{tanol}}}{\partial p^g} \times \frac{\partial p^g}{\partial \text{pet}} + \frac{\partial q_d^{e\text{tanol}}}{\partial q_{ex}^{e\text{tanol}}} \times \frac{\partial q_{ex}^{e\text{tanol}}}{\partial \text{pet}}$$

$$\frac{\partial q_s^{e\text{tanol}}}{\partial \text{pet}} = \frac{\partial q_s^{e\text{tanol}}}{\partial p^{e\text{tanol}}} \times \frac{\partial p^{e\text{tanol}}}{\partial \text{pet}}$$

$$\frac{\partial q_{ex}^{e\text{tanol}}}{\partial \text{pet}} = \frac{\partial q_{ex}^{e\text{tanol}}}{\partial p^{e\text{tanol}}} \times \frac{\partial p^{e\text{tanol}}}{\partial \text{pet}}$$

Primeiro foi analisado o impacto de um aumento de 1% no preço do petróleo na demanda por álcool. A expectativa é de aumento na demanda por etanol, então nesta simulação observamos que um aumento nos preços do petróleo gera um aumento na demanda por álcool em 0,0256%. De fato, neste caso obteve-se:

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_d^{e\text{tanol}}}{\partial \text{pet}} &= (-0,0587) \times (-0,444) + (-0,598) \times (0,0278) + (-0,0248) \times (1,4756) \times (-0,444) \\ &= 0,0206 - 0,01662 + 0,016248 \\ &= 0,0256\% \end{aligned}$$

Na equação de oferta obteve-se uma expectativa de diminuição na oferta de etanol de -0,091% com um aumento de 1% no preço do petróleo.

Observe:



**SOBER**

XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural



$$\begin{aligned}\frac{\partial q_s^{e\text{tan ol}}}{\partial pet} &= (0,2073) \times (-0,444) \\ &= -0,091\%\end{aligned}$$

O impacto nas exportações com um mesmo aumento é de -0,65%. Neste caso

$$\begin{aligned}\frac{\partial q_{ex}^{e\text{tan ol}}}{\partial pet} &= (1.4756) \times (-0.444) \\ &= -0,65\%\end{aligned}$$

Agora usando a diferenciação, foi feita uma simulação com um aumento conjunto de 1% no preço do petróleo, PIB *per capita* e taxa de câmbio. O resultado de um aumento conjunto de 1% dessas variáveis na quantidade ofertada de etanol foi de -0,091%:

$$\begin{aligned}dq_s^{e\text{tan ol}} &= \frac{\partial q_s^{e\text{tan ol}}}{\partial p} dp \\ dq_s^{e\text{tan ol}} &= 0,207 \times (-0,444) \\ &= -0,091\%\end{aligned}$$

Assim, a expectativa é de diminuição na oferta de álcool quando tem um aumento nos preços do petróleo, PIB *per capita* e taxa de câmbio conjuntamente.

Obteve-se um impacto positivo de 1,58% na quantidade demandada de etanol, com um aumento conjunto de 1% no preço do petróleo, no PIB *per capita* e na taxa de câmbio. Note-se que

$$\begin{aligned}q_d^{e\text{tan ol}} &= f(p, p^g, i, q_{ex}^{e\text{tan ol}}) \\ &= f(p, p^g, i, q_{ex}^{e\text{tan ol}}(p, txc)) \\ dq_d^{e\text{tan ol}} &= \left( \frac{\partial q_d^{e\text{tan ol}}}{\partial p} + \frac{\partial q_d^{e\text{tan ol}}}{\partial q_{ex}^{e\text{tan ol}}} \times \frac{\partial q_{ex}^{e\text{tan ol}}}{\partial p} \right) dp + \frac{\partial q_d^{e\text{tan ol}}}{\partial p^g} dp^g + \frac{\partial q_d^{e\text{tan ol}}}{\partial i} di + \frac{\partial q_d^{e\text{tan ol}}}{\partial txc} dtxc\end{aligned}$$

Onde:

$$\frac{\partial q_d^{e\text{tan ol}}}{\partial txc} = \frac{\partial q_d^{e\text{tan ol}}}{\partial q_{ex}^{e\text{tan ol}}} \times \frac{\partial q_{ex}^{e\text{tan ol}}}{\partial txc}$$

Assim temos:

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural

$$\begin{aligned}dq_d^{e\text{tanol}} &= (-0,058 - 0,024 + 1,47) \times (-0,44) + (-0,59) \times (0,027) + (1,61) + (-0,024 \times 2,60) \\ &= 0,0424 - 0,01665 + 1,619 - 0,0647 \\ &= 1,58\%\end{aligned}$$

O impacto de um mesmo aumento conjunto no preço do petróleo, PIB *per capita* e taxa de câmbio é positivo sobre a quantidade exportada, sendo ele de 1,95%. De fato

$$\begin{aligned}dq_{ex}^{e\text{tanol}} &= \frac{\partial q_{ex}^{e\text{tanol}}}{\partial p} dp + \frac{\partial q_{ex}^{e\text{tanol}}}{\partial txc} dtxc \\ &= 1,4756 \times (-0,4444) + 2,6065 \\ &= 1,95\%\end{aligned}$$

## 5 - CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi analisar a oferta e a demanda de etanol no Brasil no período de 1995 a 2006 e simular políticas para o mesmo mercado. O mercado de etanol tem-se mostrado crescente devido a vários fatores, entre eles, os crescentes aumentos nos preços do petróleo, nas preocupações ambientais e na demanda por carros *flex*.

No que se refere à aplicação do modelo de equações simultâneas, utilizando o método de mínimos quadrados em dois estágios, com correção de variância, via Método de Momentos Generalizados (GMM), para o mercado de etanol no Brasil, os resultados foram significativos. Neste modelo, foram levadas em consideração algumas variáveis que se mostraram significantes para determinar as variações na oferta, na demanda, bem como na quantidade exportada.

Foram estimadas cinco equações simultaneamente. Na equação de oferta o  $R^2$  foi de 60,51%. O impacto positivo de um aumento de 1% no preço do álcool na oferta foi altamente significativa. Foi utilizada uma variável *dummy* para capturar o efeito de uma alta nos preços de petróleo a partir de 2002, sendo ela positiva e também altamente significativa.

Na equação da demanda o  $R^2$  foi relativamente alto, com um nível de significância de 72,42%. O preço do álcool nessa equação teve impacto negativo, conforme prevê a lei da demanda. O impacto do preço da gasolina na equação da demanda também se mostrou negativo. Esse sinal é curioso, pois no período analisado o álcool não se mostrou como um bem substituto da gasolina, o que era esperado. Esse efeito pode ser devido à adição do álcool na gasolina, sendo que esse biocombustível teve a função de aditivo da gasolina, ou seja, a principal função do álcool no período era de um bem complementar. No caso do PIB *per capita* em relação à demanda de etanol o impacto foi positivo. O impacto das exportações de álcool foi negativo, todavia, não significativo. Assim, podemos concluir que as exportações, aparentemente, afetam o consumo interno de etanol no curto prazo. Tudo aponta para um crescente e consistente aumento da demanda por combustíveis renováveis. Mas, para isso, o Brasil, que nesta

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural

área tem competência, capacidade de expansão e competitividade, busca construir maior credibilidade, elemento importante para se garantir estabilidade no abastecimento do produto nos mercados interno e externo.

A equação estimada para exportação teve um  $R^2$  de 63,73%. O preço do álcool teve um impacto positivo em relação à quantidade exportada, assim como a taxa de câmbio. Em termos relativos, a taxa de câmbio teve maior impacto que o nível de preço na equação de exportação.

Finalmente, foi feita uma simulação de política, considerando o efeito de um aumento de 1% no preço do petróleo na oferta, na demanda e na exportação de etanol e depois foi efetuado um aumento conjunto nos preços do petróleo, PIB *per capita* e taxa de câmbio para o saber qual o impacto que tem essas variáveis na oferta, demanda e exportações.

Conclui-se que o etanol é uma oportunidade energética ímpar para o desenvolvimento do Brasil. Enquanto que, muitos biocombustíveis ainda não tiveram sua eficiência comprovada, o etanol tem uma longa história como suplemento e substituto dos combustíveis fósseis.

## 6 - REFERÊNCIAS

BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. **Brasil - gerando energia de biomassa, limpa e renovável**. Disponível em: < <http://www.cepea.esalq.usp.br/especialagro> >. Acesso em: 06 mar. 2007.

BIOCOMBUSTÍVEIS. **Jornal Nacional**. Rio de Janeiro: Rede Globo, 2007. Programa de TV.

BRAZIL, Carlos. **Etanol - combustível é renovável, mas há dúvida sobre impacto ambiental**. Disponível em: < <http://ogerente.com/ambienblog/2007/03/08/etanol-combustivel-e-renovavel-mas-ha-duvidas-sobre-impacto/> >. Acesso em: 28 mar. 2007.

BURNQUIST, Heloisa Lee. Porque o Brasil deve apoiar a internacionalização do etanol? **Revista Opiniões**. Jan./fev. 2007.

CARVALHO, Eduardo Pereira de. A nova historia da energia. **Revista Agroanalysis**, São Paulo, v. 26, n. 6, p.E2 e E4, jun. 2006.

CARVALHO, L. C. C. Em nome da economia e do meio ambiente a gasolina deixa espaço para o álcool combustível. **Revista Agroanalysis**, São Paulo, v. 21, n. 9, set. 2001.

GOLDEMBERG, José. Ethanol for a sustainable energy future. **Revista Science**, 2007. Disponível em: < <http://www.inovacao.unicamp.br/etanol/report/li-jose/goldemberg.php> > Acesso em: 27 mar. 2007.

HSIAO, Cheng. **Statistical properties of the two stage least squares estimator under cointegration**. Los Angeles: University of Southern California, 1994.

**SOBER**XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia,  
Administração e Sociologia Rural

- JANK, Marcos Sawaya. **A revolução da agroenergia**, 2006. Disponível em: <[http://www.eletrosul.gov.br/gdi/gdi/cl\\_pesquisa.php?pg=cl\\_abre&cd=ohieYb2@AXel](http://www.eletrosul.gov.br/gdi/gdi/cl_pesquisa.php?pg=cl_abre&cd=ohieYb2@AXel)>. Acesso em: 07 mar. 2007.
- JOHNSTON, Jack; DINARDO, John. **Econometric methods**. 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 1997. 531 p.
- LEITE, Rogério de Cerqueira. **Pró-álcool: a única alternativa para o futuro**. Campinas: Unicamp, 1990.
- MACEDO, Isaias de Carvalho (Org.). **A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil**. São Paulo: Unica, 2005.
- MARJOTTA-MAISTRO, Maria Cristina. **Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação**. Piracicaba, 2002. 180 p.
- MELO, F. H de; FONSECA, E.G. **Proálcool, energia e transportes**. São Paulo: FIPE/Pioneira, 1981. 163 p.
- MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUARIA E ABASTECIMENTO. **Plano Nacional de Agroenergia 2006 - 2011**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 110 p.
- REVISTA AGROANALYSIS. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, v. 27, n. 2, fev. 2007.
- REVISTA AGROANALYSIS. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, v. 26, n. 6, jun. 2006.
- REVISTA AGROANALYSIS. São Paulo: Fundação Getúlio Vargas, v. 27, n. 4, abr. 2007.
- STRAPASSON, Alexandre Betinardi; JOB, Luis Carlos M. de Araújo. Etanol, meio ambiente e tecnologia: reflexões sobre a experiência brasileira. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF., v. 15, n. 3, p. 51 a 63, jul./ago./set. 2006. Edição especial Agroenergia.
- SZWARC, Alfred. Tendência: globalização da energia renovável. **Revista Agroanalysis**, São Paulo, v. 26, n. 6, p. E24, jun. 2006.
- TORQUATO, Sergio Alves. **Álcool: projeção da produção e exportação no período 2005/06 a 2015/16**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/vertexto.phd?>> Acesso em: 30 abr. 2007.
- UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. **Produção e uso de etanol no Brasil: respostas às questões mais frequentes**. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br>> Acesso em: 03 mar. 2007.