

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

ALINE MARIANO DE SOUZA

**SETOR SUCROALCOOLEIRO:**

um estudo da relação entre o preço do açúcar cristal e do  
álcool hidratado no estado de Alagoas

Porto Alegre

2014

ALINE MARIANO DE SOUZA

**SETOR SUCROALCOOLEIRO:**

um estudo da relação entre o preço do açúcar cristal e do  
álcool hidratado no estado de Alagoas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestrado em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Stefano Florissi

Linha de Pesquisa: Economia aplicada

Porto Alegre

2014

### CIP- Catalogação na Publicação

Souza, Aline Mariano de

Setor sucroalcooleiro : um estudo da relação entre o preço do açúcar cristal e do álcool hidratado no estado de Alagoas / Aline Mariano de Souza. -- 2014. 67 f.

Orientador: Stefano Florissi.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

1. Bicombustível. 2. Preço do Açúcar. 3. Preço do Etanol. 4. Preço do Petróleo. 5. Var. I. Florissi, Stefano, orient. II. Título.

**ALINE MARIANO DE SOUZA**

**SETOR SUCROALCOOLEIRO:**

**UM ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE O PREÇO DO AÇUCAR CRISTAL E DO  
ÁLCOOL HIDRATADO NO ESTADO DE ALAGOAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Aprovada em: Porto Alegre, 26 de setembro de 2011.

---

Prof. Dr. Stefano Florissi - UFRGS

---

Prof. Dr. Cleber Bisognin- UFRGS

---

Prof. Dr. Pedro Boff - UFRJ

---

Prof. Dr. Ronald Otto Hillbrecht.-UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de tudo agradeço a Deus, ao meu pai Jorge e a minha mãe Deuza pelo carinho, amor e apoio incondicional, pois sem eles não teria obtido tantas vitórias e não seria essa pessoa tão feliz e realizada.

Agradeço ao meu irmão Marcus pelo amor e pelas palavras de força.

Agradeço a minha tia Beth pelo amor e pelas palavras de compreensão nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao professor Hugo Boff pelo apoio e pelos esclarecimentos no desenvolvimento desse trabalho, pois sem ele não teria conseguido me direcionar para a realização dessa dissertação.

Agradeço aos meus eternos amigos e colegas de turma: Thais, Marília, Julia, Gabriel e Mauricio pelos incentivos, pelas ajuda e por terem feito a minha vida mais feliz no mestrado.

Agradeço a todos os funcionários do PPGE. Agradeço imensamente ao meu orientador Stefano Florissi pela compreensão e pela ajuda no desenvolvimento desse trabalho.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar-se há relação de causalidade entre o preço de etanol e o preço do açúcar no mercado de alagoas utilizando a metodologia de Vetores Autoregressivos. A expansão da demanda do etanol no mundo é decorrente de uma preocupação cada vez mais crescente em substituir os combustíveis derivados do petróleo, na medida em que este constitui uma fonte energética não renovável. Outro fator que contribui para o aumento da demanda é a questão ambiental, uma vez que a maior utilização do etanol como combustível permitira uma redução dos gases causadores de efeito estufa. Aliado a esses fatores, a introdução dos veículos flex promoveu uma aumento do consumo de etanol nos períodos em que o preço deste combustível se mostra mais competitivo quando se compara com o preço da gasolina. Contudo o aumento da produção de etanol gerou uma mudança na relação entre os mercados de álcool e açúcar já que os dois são obtidos a partir da mesma matéria prima que é a cana de açúcar. Como resultado, foi encontrada uma relação de causalidade entre os preços do etanol e do açúcar em que o preço do açúcar afeta o preço do etanol, mas este não é capaz de afetar o preço do açúcar. Tal resultado aponta para um mercado de açúcar mais sólido e que é afetado por forças inerentes ao seu próprio mercado. No longo prazo, os preços do açúcar e do álcool sofrem aumento com um choque no preço do petróleo, sugerindo uma dependência das oscilações dessa commodity internacional. Portanto, a criação do novo mercado de bicomcombustível demonstrou ser um fenômeno recente e que consequentemente não afeta significativamente o mercado de açúcar.

**Palavras-chaves:** Bicomcombustível. Preço do Açúcar. Preço do Etanol. Preço do Petróleo. Var.

## ABSTRACT

This study aims to examine whether there is causal relationship between the price of ethanol and sugar prices in the Alagoas market using the methodology of Vector Autoregressive. The expansion of ethanol demand in the world is due to an increasingly growing concern in replacing petroleum-based fuels because this is not a renewable energy source. Another factor that contributes to the increased demand is the environmental issue, since the increased use of ethanol as fuel would allow a reduction of greenhouse gases. Besides these factors, the introduction of flex-fuel vehicles promoted an increased consumption of ethanol in periods when the price of this fuel is more competitive when compared to the price of gasoline. However the increase of ethanol production has generated a change in the relationship between ethanol and sugar markets since the two are taken from the same raw material is sugarcane. As a result, we found a causal relationship between the prices of ethanol and sugar where the price of sugar affects the price of ethanol, but the alcohol can not affect the price of sugar. This result points to a more solid sugar market that is affected by forces inherent in their own market. In the long run, prices of sugar and alcohol are suffering with an increase in oil price shock, suggesting a dependence on fluctuations of international commodity. Therefore, the creation of new biofuel market has proved to be a recent phenomenon and therefore does not significantly affect the market for sugar.

**Keywords:** Biofuels. Sugar Price. Ethanol Price. Oil Price. Var.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Evolução do preço do petróleo entre 1970 e 2003.....	25
Figura 2 -	Venda de Veículo Leves Flex-Fuel e de veículos leves movidos a etanol.....	31
Figura 3 -	Consumo de Álcool Hidratado no setor de transportes rodoviário em mil toneladas.....	31
Figura 4 -	Evolução Produção Brasileira de Etanol (mão Brasileira de Etanol (m <sup>3</sup> ) – Safras.....	33
Figura 5 -	Evolução da exportação brasileira de etanol (m <sup>3</sup> ).....	36
Figura 6 -	Evolução da produção brasileira de açúcar em toneladas.....	37
Figura 7 -	Evolução da exportação brasileira de açúcar em milhares de toneladas.....	39
Figura 8 -	Respostas dos preços do álcool e do petróleo a uma variação do preço açúcar.....	57
Figura 9 -	Resposta do preço do açúcar e do petróleo aos choques no preço do álcool.....	57
Figura 10 -	Resposta dos preços do açúcar e do álcool a choques no preço do petróleo.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1	Área de cana de açúcar disponível para colheita por estado nos	
-	2007/2008 em hectare.....	32
Tabela 5.2	Os dados da produção de safra de etanol (mil litros) 2008/2009....	34
-		
Tabela 5.3	Exportação Brasileira de etanol em m <sup>3</sup> por país no ano de 2010....	35
-		
Tabela 5.4	Volume de importação do açúcar brasileiro por país em tonelada.	39
-		
Tabela 7.1	Teste de Dickey Fuller aumentado.....	52
-		
Tabela 7.2	Teste de causalidade de Grange (lag2).....	53
Tabela 7.3	Decomposição das variáveis estudadas.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADF	- Teste Dicky Fuller Aumentado
AIC	- Akaike Information Criterion
ANFAVEA	- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	- Agência Nacional de Petróleo
CEAM	- Comissão de Estudos do Álcool Motor
CEPEA	- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
DCAA	- Departamento de Controle, Avaliação e Auditoria
ESALQ	- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
GMM	- Método de Momentos Generalizados
IPEA	- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LIFFE	- London International Financial Futures and Options Exchange
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OPEP	- Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PPM	- Partes Por Milhão
PROÁLCOOL	- Programa Nacional do Álcool
SBC	- Schwarz Bayesian Criterion
SECEX	- Secretaria do Comércio Exterior
SPAÉ	- Secretaria de Produção e Agroenergia
SUR	- Seemingly Unrelated Regression
UNICA	- União da Indústria de Cana de Açúcar
VAR	- Vetores Auto Regressivo
VEC	- Vetores de Correção de Erro
VMA	- Vetores de Média Móveis

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEMATICA E JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
3.1	OBJETIVO GERAL .....	15
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>4</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>O MERCADO DE ETANOL E DE AÇUCAR NO BRASIL .....</b>	<b>22</b>
5.1	CHOQUE DO PETRÓLEO .....	22
5.2	O MERCADO DE ETANOL .....	24
<b>5.2.1</b>	<b>A Crise do Proálcool.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2.2</b>	<b>A Retomada do Uso de Álcool Combustível .....</b>	<b>26</b>
5.3	MERCADO DE AÇÚCAR .....	35
<b>5.3.1</b>	<b>Mercado Brasileiro de Açúcar .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Mercado Externo do Açúcar Brasileiro.....</b>	<b>36</b>
5.4	O SETOR SUCROALCOOLEIRO DA REGIÃO NORDESTE.....	38
<b>6</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
6.1	O MODELO ECONÔMICO .....	40
6.2	VETORES AUTO-REGRESSIVOS.....	40
<b>6.2.1</b>	<b>Teste de Estacionariedade.....</b>	<b>42</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Número de Defasagens .....</b>	<b>43</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Teste de Cointegração .....</b>	<b>45</b>
<b>6.2.4</b>	<b>Teste de Casualidade de Granger .....</b>	<b>45</b>
6.3	MODELO QUASE VAR .....	46
6.4	DADOS .....	49
<b>7</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÕES.....</b>	<b>50</b>
7.1	INFLUENCIAS NO MERCADO DE AÇÚCAR E DO ETANOL NO MERCADO DE ALAGOAS.....	50
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>
	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as questões climáticas e atmosféricas tem se destacado na opinião pública e na agenda dos governantes, em nível regional, nacional e internacional. Em virtude da grande necessidade de se reduzir a dependência em relação ao petróleo e da redução progressiva dos recursos naturais, torna-se de caráter urgente a substituição gradual de fontes de energia mineral não imediatamente renováveis por outras fontes renováveis, tais como o biodiesel, etanol e o biogás segundo Boff (2008). Tal mudança energética ganha apelo ainda maior dentro do contexto ambientalista, já que o uso da bioenergia permitirá com o tempo uma redução significativa dos níveis de poluição atmosférica assim como contribuirá para a redução do efeito estufa. Nesse cenário o etanol se sobressai como um dos combustíveis economicamente mais importantes em virtude da diversidade de matérias orgânicas a partir da qual pode ser obtido. Segundo Boff (2008) outro fator que contribui para o destaque do etanol é o fato deste contribuir na redução dos efeitos negativos decorrentes da alta do preço do petróleo sobre a economia dos países importadores desse recurso, principalmente em países pobres onde esta dependência limita ainda mais a possibilidade de acesso a melhores condições de vida. É válido destacar que o elevado grau de substituição que o etanol apresenta em relação à gasolina faz com que aquele se sobressaia como fonte energética promissora.

A experiência brasileira com o álcool carburante obtido a partir da cana de açúcar se iniciou em 1º de Julho de 1931, em que se determinou com a criação da CEAM – Comissão de Estudos do Álcool Motor - a adição de 5% do álcool anidrido à gasolina veicular. Em novembro de 1975, por meio do Decreto nº 76.595 o presidente Ernesto Geisel lançou o Proálcool que consistia em um programa de incentivo à produção de álcool combustível objetivando propiciar uma alternativa para enfrentar a crise do petróleo que ameaçava as economias mundiais importadoras do produto.

Segundo Boff (2008) há duas fases importantes no processo de implementação do Proálcool: a primeira iniciou-se com a promulgação do Decreto-Lei nº 76.593, de novembro de 1975, e estendeu-se até 1978. Essa etapa corresponde ao uso da mistura álcool-gasolina, à implantação das destilarias anexas

e ao envolvimento da indústria automotiva para a produção de carros a álcool. A segunda fase, iniciada em 1979, e que atingiu seu ápice em 1985, caracterizou-se como a da produção em larga escala do álcool hidratado para ser utilizado em carros movidos exclusivamente com esse combustível. Os conjuntos de medidas contemplados no Proálcool associados ao elevado preço do petróleo propiciaram a ampliação das vendas de carro a álcool nesse período.

Na segunda metade dos anos 80 o crescimento do mercado do álcool hidratado diminuiu progressivamente em virtude do declínio do preço da gasolina e em decorrência da redução dos incentivos fiscais destinadas à produção de álcool. Tal crescimento foi estancado completamente com a elevação do preço do açúcar no mercado internacional, uma vez que este produto compete com o álcool na transformação da cana de açúcar. Como consequência, a expansão da importação de álcool para atender a demanda interna gerou uma crise de confiança entre os consumidores fazendo com que a demanda de carros movidos a álcool reduzisse drasticamente.

No entanto, a partir de 2002 observou-se à retomada da produção e da venda de álcool no Brasil em um cenário onde a questão ambiental começou a preocupar uma série de países, fortalecendo assim a produção de álcool combustível, considerado um combustível “limpo”. Seguindo essa tendência, em 2003 foram lançados os carros com tecnologia “Flex Fuel”<sup>1</sup>, que não só alavancou o consumo de álcool hidratado, como foi importante para o crescimento da produção brasileira de etanol.

Segundo Sachs (2005) a utilização maciça de biomassa para a produção de energia permite a geração de empregos e renda aos países tropicais que apresentam em geral, vantagens comparativas de produtividade mais elevada. Contudo o autor observa que as áreas de expansão para a produção de bicomcombustível podem concorrer com áreas destinadas à produção de culturas alimentares. Babcock (2008) e Zilberman (2007) também afirmam que pode haver algumas discordâncias sobre a magnitude dos efeitos desse impacto, mas não há discordâncias sobre a sua existência. O tamanho desse impacto será determinado pelo nível de preço do petróleo e pelo grau de crescimento da produção de

---

<sup>1</sup> Veículo equipado com um motor de combustão interna a quatro tempos (Ciclo Otto) que tem a capacidade de ser reabastecido e funcionar com mais de um tipo de combustível.

bicombustível incentivado pelas políticas públicas. Logo, o crescimento da produção de etanol no mundo em resposta a elevação da demanda por bicombustível tem ocasionado muitas vezes o aumento do preço do açúcar, produto que utiliza a mesma matéria-prima que o etanol. Segundo Mello (2009) como a alta do preço do açúcar é de grande vantagem para o produtor brasileiro o que se observa é um trade-off entre o cultivo da cana-de-açúcar para a produção de açúcar e para se produzir etanol.

É nesse contexto que o objetivo do presente trabalho será estudar a dinâmica do mercado sucroalcooleiro procurando analisar a relação entre o preço do etanol e do açúcar.

O trabalho de dissertação será dividido em 8 seções, incluindo a introdução e 7 capítulos. O Capítulo 2 apresentará a problemática e a justificativa do tema. O capítulo 3 conterá o objetivo geral e específico. No capítulo 4 será realizada uma revisão da literatura relevante ao tema com o intuito de contextualizar o trabalho. No Capítulo 5 será feita uma apresentação geral do mercado de etanol e de açúcar. No capítulo 6 será apresentado o modelo teórico a ser utilizado, que tem como base o modelo apresentado em Mello (2009). O Capítulo 7 será composto pelos resultados e discussões e o capítulo 8 pela conclusão.

## 2 PROBLEMATICA E JUSTIFICATIVA

A maior parte da energia hoje consumida no mundo é derivada de fontes como petróleo, carvão e gás natural. Porém essas fontes não são renováveis e devem se esgotar em uma data futura. Somando-se a isso, em virtude da instabilidade dos preços dos combustíveis fósseis e da grande preocupação ambiental relacionada a emissões de gases com alto teor de poluição há uma busca por fontes de energia menos poluidoras por parte de grande parte dos países. Logo é nesse cenário que o etanol se destaca.

Um das características mais marcantes do setor sucroalcooleiro é o fato da sua produção se mostrar flexível já que o caldo oriundo da moagem da cana de açúcar poder se destinar tanto para a fabricação de açúcar como para a de álcool dependendo da rentabilidade esperada. Dentro deste contexto observa-se que a expansão da demanda por álcool teve como consequência uma mudança na relação entre os mercados de álcool e açúcar no Brasil, já que inflação dos dois mercados promoveu uma significativa competição entre eles. Segundo Mello (2009) historicamente os preços do açúcar e do álcool tendiam a se mover na mesma trajetória, mas em decorrência do crescente aumento dos preços dos combustíveis fósseis, os fundamentos da relação entre açúcar e álcool mudaram no Brasil. Segundo Tokgoz (2006) a crescente demanda por etanol induz a maior produção de cana-de-açúcar para a sua produção do que para a fabricação do açúcar, resultando na redução de oferta dessa última commodity, e conseqüentemente no aumento do seu preço. Um dos fatores que sustenta essa forte relação entre esses dois mercados é o preço do petróleo, o qual é referência para a viabilidade na produção de bicomcombustível. Ademais, Schmidhuber (2007) defende que o preço do petróleo é um importante ator na relação de causalidade entre o preço de açúcar e álcool. No curto prazo, os consumidores asseguram a relação entre petróleo (gasolina) e etanol, os produtores entre preço do etanol e do açúcar; juntamente eles criam uma forte relação entre o preço do açúcar e o preço do petróleo. Uma análise de mercado da FAO (2006) concluiu que o preço do açúcar geralmente tende a seguir os preços do petróleo. Essa relação é comprovada no estudo de Balcombe e Rapsomanikis (2008). Logo, podemos afirmar que existe uma correlação direta entre produção de etanol razão da produção de açúcar para o etanol dependerá do preço

do açúcar e do etanol. Enquanto o custo da produção de cana de açúcar estiver menor que o preço da gasolina, e o valor do produto marginal da cana de açúcar no mercado de bicomustível exceder o do mercado de alimentos, a produção de cana de açúcar será desviada para a produção de etanol aumentando assim o custo marginal do açúcar conforme Balcome (2008). Logo com essa mudança na relação entre os mercados de açúcar e de etanol torna-se de grande importância a análise do mercado sucroalcooleiro no Brasil.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Esse trabalho tem como objetivo analisar se há relação de causalidade entre o preço do etanol e o preço do açúcar no mercado de Alagoas utilizando a metodologia de Vetores Autoregressivos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) caracterizar e analisar a evolução do mercado sucroalcooleiro no Brasil;
- b) analisar de forma indireta o impacto da entrada dos veículos com tecnologia flex-fuel no setor sucroalcooleiro.

## 4 REVISÃO DA LITERATURA

Apesar de haver na literatura nacional poucos estudos específicos que tratam das questões relativas à relação entre o mercado de açúcar e etanol no Brasil há alguns trabalhos desenvolvidos a respeito do comportamento mercado de sucroalcooleiro.

Mello (2009) analisou o impacto do crescimento da oferta do etanol no preço do açúcar. Para isso foi utilizada a metodologia de Vetores Autoregressivos (VAR), a fim de analisar a relação de causalidade entre o preço do álcool hidratado (etanol) e o preço do açúcar cristal. O principal resultado encontrado pelo autor foi uma forte correlação entre os preços de etanol e de açúcar e uma relação de bi-causalidade entre elas. Pelo modelo VAR, foi constatada uma endogeneidade quase na mesma medida entre os preços das commodities. Esse estudo contribui para um melhor entendimento no que diz respeito à tendência atual da substituição da área plantada de cana de açúcar destinada a produção de açúcar para a do etanol, já que assumindo que a demanda nos mercados doméstico e internacional se mostram crescentes em virtude da busca de uma alternativa aos combustíveis fósseis, os preços dos biocombustíveis devem crescer, estimulando o aumento da sua oferta em detrimento da produção do açúcar fazendo com que o preço desta commodities se eleve.

Marjotta-Maistro e Barros (2002) buscaram caracterizar o funcionamento do mercado de combustíveis identificando os principais fatores que influenciam na tomada de decisão dos agentes participantes deste mercado. Com esta finalidade foram estimadas as equações de demanda por gasolina C, da oferta de álcool anidro e gasolina A e foram calculadas as elasticidades de transmissão de preços. Foi constatado que as ofertas de álcool anidro e de gasolina A mostraram-se pouco sensíveis a variações nos preços, ou seja, foram encontradas curvas de oferta inelásticas. Em relação ao álcool anidro, esse estudo sugeriu que este resultado pode estar associado ao fato de que o preço ao produtor somente foi liberado em meados de 1997. Este argumento também foi utilizado para a gasolina A, dado que o preço de faturamento deste combustível foi determinado pelo governo até o início de 2002 que desse modo controlava também oferta deste produto. No que diz respeito à oferta de anidro, o coeficiente relativo ao preço do açúcar foi significativo

e atuou mais expressivamente se comparado ao preço do álcool hidratado. Para explicar esse resultado argumentou-se que frente às incertezas do mercado de álcool hidratado e a maior estabilidade relativa do mercado de açúcar, o produtor estaria observando mais o mercado de açúcar para compor seu mix de produção. No que se refere à demanda de gasolina C, os resultados indicaram que a demanda não é muito sensível tanto em relação a variações no preço como na renda.

Bacchi (2006) construiu e estimou um modelo analítico que pudesse explicar o comportamento dos preços dos produtos do setor sucroalcooleiro considerando a inter-relação existente entre esse setor e o de combustível fóssil em período recente, no qual o álcool hidratado é tido como substituto da gasolina C. A metodologia utilizada foi a de Auto-Regressão Vetorial, sendo consideradas na definição do modelo estatístico as propriedades de integração e cointegração das séries temporais utilizadas. Os resultados obtidos nos testes de integração de Dickey-Fuller e de co-integração de Johansen indicaram a necessidade de se construir um modelo de Auto-Regressão Vetorial com Correção de Erro – VEC. Os resultados indicaram que as variações do preço da gasolina C ao consumidor têm efeito imediato e de grande magnitude sobre o preço do álcool hidratado neste mesmo segmento de mercado, indicando assim elevado nível de substituíbilidade do primeiro produto em relação ao segundo. Indicaram ainda que as variações no preço do álcool anidro ao produtor têm impacto significativo tanto no preço do álcool hidratado ao produtor quanto no preço do álcool hidratado ao consumidor, com um mês de defasagem neste último caso. Concluiu-se ainda que variações dos preços de açúcar no mercado doméstico são transmitidas para os demais produtos do setor. No entanto, essas elasticidades são de pequena magnitude. Da mesma forma, não se observou nesse trabalho um efeito significativo de variações de preço de álcool sobre o de açúcar no segmento produtor.

Guimarães (2008) analisou o mercado de combustíveis líquidos de etanol e de gasolina, testando a existência de um possível equilíbrio consistente com a substituição perfeita entre as duas opções. E ainda analisou de que maneira, dada uma situação de desequilíbrio, os preços relativos entre os dois combustíveis podem de fato convergir para esse equilíbrio com a tomada de decisão sobre a escolha mais vantajosa pelo consumidor do carro do tipo flex. Através dos valores das estatísticas de teste e seus p-valores na análise dos preços relativos, verificou-se que tal variável seguia um processo AR (1) com média equivalente à razão entre as

utilidades marginais do litro do etanol e da gasolina, que, por sua vez, deveria se igualar ao coeficiente técnico de 70%. Constatou-se que o consumidor brasileiro, proprietário do carro bicombustível, exerce plenamente o seu poder de arbitragem. Este fato comprovou a hipótese do trabalho, de que o etanol e a gasolina são substitutos perfeitos, não necessitando, portanto, da intervenção do Governo para regular esse mercado no longo prazo. Como consideração final, foi destacado que esse poder de escolha, além de beneficiar os consumidores de etanol, propicia o fortalecimento e expansão do mercado desse bicombustível.

Em relação aos estudos que se propuseram a analisar o impacto da introdução dos veículos “Flex Fuel no mercado de combustível podemos citar o trabalho realizado por Silvério (2007). Este autor analisou o impacto que a introdução dos veículos flex teve sobre as elasticidades preço e renda das vendas de álcool. A partir de dados de vendas de álcool e preços ao consumidor no Estado do Rio de Janeiro entre 2001 e 2007, foi utilizado a técnica de cointegração para a estimação das elasticidades em questão e de uma variável binária de inclinação referente a introdução dos veículos flex de forma avaliar o impacto que esses tiveram sobre a elasticidade-preço. Foram encontrados os valores de 8,623 para a elasticidade-renda, de 0,699 para a elasticidade preço e 0,295 para o coeficiente da variável binária de inclinação. Levantou -se a hipótese de que o crescimento explosivo da frota de veículos com o potencial de tornar-se consumidora de álcool seja o fator responsável por alterar o sinal da elasticidade-preço e potencializar a elasticidade-renda. Tal hipótese foi corroborada pelo crescimento explosivo das vendas de álcool decorrente do movimento dos preços, pelo rápido crescimento da frota de veículos flex e pela relação de preços álcool/gasolina favorável em quase todo o período de análise que levaram os proprietários de veículos flex a optar pelo álcool. Apenas o sinal do coeficiente da variável binária comportou-se como esperado na teoria e na literatura, indicando que os veículos flex exercem efeito capaz de aumentar a elasticidade-preço das vendas de álcool da mesma forma que estudos anteriores mostraram que ocorre com a gasolina.

Costa (2000) analisou o comportamento dos preços dos principais produtos do setor sucroalcooleiro – açúcar, álcool anidro e álcool hidratado – no mercado do Estado de São Paulo, compreendendo o período posterior à desregulamentação de preços desses produtos. Os resultados obtidos permitiram concluir que, de maneira geral, a formação de preços dos produtos finais nesse

setor, pode ser explicada, ao longo do período analisado, utilizando-se um modelo de desequilíbrio no curto prazo, segundo o qual, choques de oferta e demanda causam alterações iniciais nos preços ao produtor e ao atacado simultaneamente. Os testes de causalidade de Granger confirmaram muitas das relações entre variáveis estabelecidas pelo modelo econômico, assim como a hipótese geral da relação de causalidade, qual seja, do nível de mercado mais concentrado para o menos concentrado. O autor constatou que nos mercados de álcool combustível os preços do produtor causavam os preços de varejo. Com relação à estimativa da equação proposta para o mercado de álcool anidro na formação do preço do produtor, os sinais foram positivos para as variáveis preço de álcool anidro no produtor defasado e preço de álcool hidratado e negativos para o preço de álcool anidro no varejo.. Tais resultados indicaram que existe baixa influência entre o preço do produtor de açúcar cristal e o preço de álcool anidro no período estudado. Esse resultado foi corroborado pelas estimativas da equação referente à formação do preço de açúcar cristal no produtor. Observou-se forte relação entre os preços do produtor de álcool anidro e de álcool hidratado, provavelmente pelo fato de ambos serem utilizados como combustível O teste de causalidade sugeriu que o preço de álcool anidro causa o de gasolina, ao longo do período estudado, ainda que de maneira pouco expressiva. No mercado de álcool hidratado, a variação tanto dos preços de açúcar quanto de álcool anidro apresentou sinal positivo, influenciando fortemente essa variável no período analisado. No nível de varejo, os sinais dos coeficientes estimados foram positivos para a variável preço de álcool hidratado ao produtor e do próprio preço ao varejo defasado, conforme proposto no modelo econômico. O impacto causado pela variação no preço ao produtor sobre a variação do preço ao varejo foi estimado em 42,5% no período analisado. Os resultados indicaram alta relação entre os preços no nível do produtor de álcool hidratado com os preços do produtor de açúcar cristal e de álcool anidro na explicação da formação desses três preços, ao longo do período estudado. Dessa maneira o autor inferiu que havendo interesse por parte dos formuladores de política desses setores em promover alteração da taxa de crescimento do preço em alguns desses mercados, os resultados da pesquisa indicaram que esta terá como efeito resultante mudanças positivas nas taxas de crescimento daqueles preços relacionados.

Oliveira (2008) analisou a oferta e a demanda de etanol no Brasil entre os anos de 1995 a 2006. No que tange à aplicação do modelo de equações

simultâneas, utilizando como instrumento 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. Vale ressaltar que na aplicação deste modelo foram levadas em consideração algumas variáveis que se mostraram significativas para determinar as variações na oferta, na demanda, bem como na quantidade exportada. Foram estimadas no estudo 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 significativo. Com intuito de capturar o efeito de uma alta no preço do petróleo o autor utilizou uma variável dummy, 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 a lei da demanda. O impacto do preço da gasolina na equação da demanda também apresentou sinal negativo. Esse sinal pode ser atribuído ao fato do álcool nesse período ser um aditivo a gasolina fazendo dele um bem complementar a gasolina. No que diz respeito ao PIB este também apresentou uma relação positiva com a demanda. O impacto das exportações de álcool foi negativo, porém, não significativo. 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 em seguida 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.

O estudo conduzido por Sordi (1997) pode ser caracterizado como um trabalho pioneiro na literatura nacional sobre o mercado de combustível. O autor focou sua análise em um mercado pouco estudado empiricamente até então - o de álcool hidratado carburante. O autor baseou sua análise em dois modelos de demanda, um que leva em consideração a oferta endógena e outro considerando a oferta exógena, objetivando estimar as elasticidades-preço e renda da demanda. Os modelos foram ajustados com dados mensais de janeiro de 1980 a dezembro de 1995. As variáveis consideradas foram: demanda total de álcool hidratado, preço do

álcool hidratado ao consumidor, renda, frota de veículos movidos a álcool, razão dos preços do álcool hidratado e da gasolina ao consumidor, preço da cana-de-açúcar, preço do álcool hidratado ao produtor, preço do açúcar no mercado interno, preço do açúcar no mercado internacional e preço do petróleo no mercado internacional.

Brown (1980) analisou a utilização do álcool como substituto para os produtos derivados de petróleo. Partindo de diferentes hipóteses quanto ao crescimento econômico, grau de racionalização no consumo dos derivados de petróleo, produção de etanol, produção nacional de petróleo e preço do barril de petróleo, o autor projetou a demanda dos derivados de petróleo e investigou formas alternativas de suprir essa demanda através do uso do álcool.

Os estudos feitos no âmbito internacional sobre o mercado de álcool combustível tratam quase que exclusivamente da análise da viabilidade de se usar um combustível menos poluente produzido a partir de biomassa (combustíveis renováveis) em substituição aos fósseis. Entre esses estudos pode-se citar o de Rask (1998) para o mercado norte americano.

## 5 O MERCADO DE ETANOL E DE AÇUCAR NO BRASIL

No presente capítulo serão expostas as principais características e acontecimentos do mercado brasileiro de etanol, gasolina e açúcar, objeto de pesquisa desse trabalho, objetivando evidenciar os fatores que influenciaram de maneira significativa conflitos, decisões políticas, pesquisas e ações por parte de consumidores, produtores e do governo.

### 5.1 CHOQUE DO PETRÓLEO

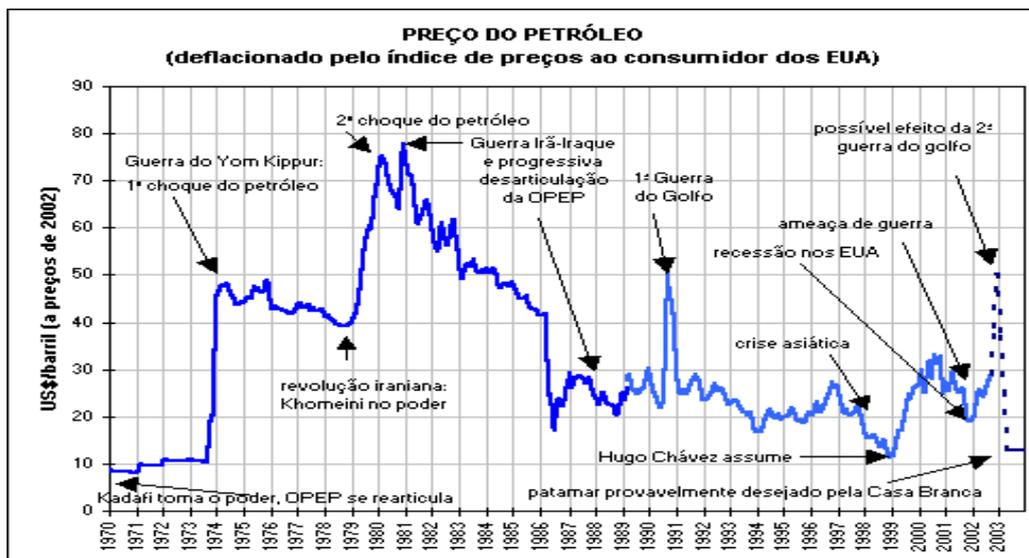
No final dos anos 50 do século XX a produção mundial de petróleo excedia consideravelmente a demanda. Diante desse cenário houve uma diminuição do preço do produto e conseqüentemente a quantidade de dinheiro pago pelas grandes companhias petrolíferas às nações produtoras se reduziu. Em reação a esta enorme quebra das receitas, funda-se a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) em 1960, reunindo doze países: Argélia, Gabão, Indonésia, Irã, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Qatar, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Venezuela (o Equador fez parte desta organização entre 1973 e 1992). Além disso, alguns países nacionalizaram a produção petrolífera e os equipamentos das companhias, conseguindo assim lucros consideráveis. Segundo Sandroni (2001) a crise do petróleo de 1974 se caracterizou por uma interrupção de oferta em que o preço do barril passou de US\$ 2,90 para US\$ 11,65 em apenas três meses. As vendas para os EUA e para a Europa também foram embargadas nessa época, em virtude do apoio dado a Israel na Guerra do YomKippur (Dia do Perdão). Ao fim da guerra árabe-israelense, em 1973, o preço do barril de petróleo, que custava por volta de dois dólares, passa a valer onze dólares e sessenta e cinco cents. Os países da OPEP viram suas receitas aumentarem em US\$ 25 bilhões em 1973 para US\$ 80 bilhões em 1974. Nesse ano o bloco dos países desenvolvidos teve um déficit global de US\$ 11,5 bilhões em 1974 e os países subdesenvolvidos um déficit de US\$ 39,8 bilhões.

Ainda segundo Sandroni (2001) o segundo choque do petróleo ocorreu em 1979 em decorrência de uma redução da produção iraniana de cerca de 6,5 bilhões de barris/dia para 235 mil/barris dia. Ou seja, o Irã que era o segundo maior exportador da OPEP, retirava-se praticamente do mercado. Os acontecimentos

verificados no Ira pressionaram no sentido da formação de estoque por parte das companhias multinacionais. Os preços então atingiram níveis recordes sendo comercializado por até US\$ 23 dólares o barril. Além da redução do consumo, a crise do petróleo motivou uma variedade de outras conseqüências, incluindo elevação na taxa de inflação das nações industrializadas, alta da taxa de juros fato que agravou o problema de pagamento de dívidas dos países subdesenvolvidos. Uma conseqüência muito importante da crise foi o estímulo a pesquisa de fontes de energia alternativas aos derivados de petróleo.

A chamada terceira crise ocorreu com Guerra do Golfo em 1991, quando o Iraque invadiu e anexou o Kuwait um dos maiores produtores de petróleo do mundo e o maior distribuidor dos Estados Unidos, gerando um forte conflito. O motivo foi o baixo preço do petróleo no mercado mundial no início da década de 90, além do Iraque sintetizar uma dívida externa de US\$ 80 bilhões. Foi então que Saddam Hussein bombardeou os poços de petróleo kuwaitianos antes da retirada, acusando o país (Kuwait) de causar baixa no preço do petróleo, vendendo mais que a cota estabelecida pela OPEP. Esse conflito gerou uma grande especulação o que fez com que os preços oscilassem, intensamente.

Figura 1- Evolução do preço do petróleo entre 1970 e 2003



## 5.2 O MERCADO DE ETANOL

O álcool é usado como aditivo de combustível no Brasil desde a década de trinta. A produção de álcool combustível é basicamente dividida em dois tipos, álcool hidratado e álcool anidro. Após o primeiro choque do petróleo em outubro de 1973, os países importadores de petróleo sofreram um grande impacto na conta corrente dos seus balanços de pagamentos fazendo com que os governos adotassem políticas de forma a enfrentar o novo quadro. Inicialmente a estratégia brasileira diante deste novo contexto de crise internacional foi a de tentar manter as elevadas taxas de crescimento que vinham sendo observadas desde o período denominado Milagre Econômico Brasileiro. Em 1973 o Brasil, importava 78% de suas necessidades de petróleo (37,9 milhões de toneladas). Como o setor de transportes rodoviários utilizava 42% do total de consumo dos derivados de petróleo tornava se essencial uma política de substituição de importação nesse setor.

Em 1975 foi criado por um decreto o Proálcool, como uma das principais medidas da política energética brasileira. O esforço foi dirigido para a produção de álcool anidro para a mistura com gasolina. Com essa medida, o álcool carburante tornou-se um instrumento importante para aliviar o impacto da crise do petróleo sobre a balança comercial e para a redução da dependência energética em relação ao exterior.

O Proálcool permitiu ao governo brasileiro implementar um programa que simultaneamente reduzia as importações de petróleo e estimulava as indústrias do álcool e metalúrgica. O Proálcool concedia financiamentos subvencionados aos industriais que estavam dispostos a instalar novas destilarias. O governo então atendia às necessidades dos produtores de açúcar e de álcool. Uma das conseqüências da primeira fase do Proálcool foi um forte aumento da utilização do álcool anidro misturado à gasolina a nível nacional. Porém, esta fase do programa possibilitou apenas uma substituição de 14% da gasolina em 1979, e surgiu mais como uma necessidade dos proprietários das usinas do que como uma política de substituição energética. A prioridade da política econômica nessa época era, antes de mais nada, o crescimento do produto nacional. O primeiro choque do petróleo não induziu o país a ajustes internos mais fortes.

A segunda fase do Proálcool foi iniciada a partir do segundo choque do petróleo de 1979 caracterizando uma nova fase de uma política energética nos pais.

O governo brasileiro adotou uma nova estratégia governamental, criando o “Modelo estratégico Brasileiro” em que foram traçados os objetivos do setor energético para o ano de 1985. O principal objetivo dessa estratégia consistia na substituição dos derivados de petróleo. O programa de governo estabeleceu como meta de produção de álcool em 10,7 milhões de metros cúbicos para 1985. Com esse objetivo, o governo aumentou os créditos e as subvenções à implantação de destilarias de álcool e viabilizou o desenvolvimento do mercado de álcool hidratado através de uma frota de automóveis movidos exclusivamente por este combustível. A indústria automotiva iniciou as vendas destes automóveis em fins de 1979, por pedidos do governo. Em 1980 as vendas dos veículos movidos a álcool foram estendidas ao grande público. Estas vendas foram beneficiadas por uma política de subsídio ao preço do álcool e pela fixação de preços inferiores para os automóveis movidos por álcool. Em 1980 o preço da gasolina foi aumentado, em 42% em termos reais, dando uma competitividade ao álcool, que era vendido a 59% do preço da gasolina.

O resultado da primeira década do Proálcool, segundo o governo, é positivo. Na safra de 1985 são produzidos onze bilhões de litros de álcool. O sistema sucroalcooleiro gerou oitocentos mil empregos diretos e duzentos e cinquenta mil indiretos. Os carros movidos a álcool e a mistura de álcool à gasolina reduzem os níveis de poluição ambiental nas grandes cidades. Do ponto de vista estratégico, o álcool carburante é uma fonte de energia alternativa sob controle do governo brasileiro.

Essa política gerou um forte impulso ao Proálcool na medida em que criou um mercado exclusivo para o álcool puro. O consumo de álcool carburante, que era de 2,5 milhões de metros cúbicos em 1981, chegou a 12,7 milhões de metros cúbicos em 1989, o equivalente a 60,5% do consumo total de combustível automotivo no Brasil (ciclo Otto)<sup>2</sup>.

### **5.2.1 A Crise do Proálcool**

Como consequência do contrachoque do petróleo houve uma redução dos preços da gasolina e do álcool no mercado interno, reduzindo a rentabilidade da

---

<sup>2</sup> É um ciclo termodinâmico, que idealiza o funcionamento de motores de combustão interna de ignição por centelha

produção do álcool no Brasil, uma vez que o valor pago aos produtores foi reduzido. Devido a uma política de preços desfavorável, mas de acordo com o comportamento dos preços do petróleo, as produções de açúcar e de álcool estabilizaram-se, enquanto que a demanda de álcool crescia. Quando os preços do açúcar no mercado internacional começaram a aumentar em 1989, os agricultores destinaram suas colheitas para a exportação de açúcar em detrimento da produção de álcool culminando na crise do Proálcool. O grave problema de fornecimento de combustível aos automóveis movidos a álcool por alguns dias forçou o governo a importar álcool e metanol. Conseqüentemente, a credibilidade sobre o Proálcool foi destruída, causando uma forte queda das vendas de veículos a álcool, alterando gradativamente o perfil da frota automotiva e, por conseguinte a estrutura do mercado de combustíveis. Além disso, problemas mecânicos experimentados principalmente em regiões de clima mais frio também desestimularam a aquisição de carros movidos a etanol. Desta forma, na década de 90, as vendas destes modelos despencaram. E, conforme a frota de veículos a álcool era sucateada, o consumo de álcool hidratado era progressivamente reduzido. Vale ressaltar que mesmo com a melhora da relação de preços álcool/gasolina a partir de 1999, com a retomada dos preços do petróleo, a venda de veículos a álcool era muito reduzida já que credibilidade sobre a manutenção do suprimento de álcool a preços competitivos havia sido destruída com a crise de 1989. Contudo, posteriormente a redução na demanda de álcool hidratado foi compensada por um uso maior do álcool anidro. Durante a década de noventa, o governo promoveu o uso do álcool anidro como um aditivo da gasolina. Atualmente, por determinação legal, toda a gasolina vendida no Brasil deve ter um teor de 25% de álcool anidro.

### **5.2.2 A Retomada do Uso de Álcool Combustível**

Desde a década de 1980 os cientistas têm alertado os governos sobre o fenômeno do aquecimento global, mostrando evidências de que a temperatura da terra esta se elevando a uma taxa maior do que a esperada pelos registros históricos. Estudos mostram que tal acontecimento esta sendo causado por diversos fatores tais como: a ações do homem; a queima de combustíveis fósseis que seria a principal causa desse fenômeno, e os níveis de dióxido de carbono na atmosfera, o principal gás de efeito estufa que subiu de 280 PPM (partes por milhão), índice que prevalecia antes

da Revolução Industrial, para 380 PPM nos dias de hoje. A Convenção do Clima no Rio de Janeiro, em 1992, e a posterior assinatura do Protocolo de Quioto, em 1997, sacramentaram essas preocupações com o clima global ao estabelecerem metas e responsabilidades para as nações signatárias da convenção. Em março de 2005 o Protocolo de Quioto foi finalmente ratificado, estabelecendo metas quantitativas para a redução da emissão de gases de efeito estufa pelos países desenvolvidos referentes aos níveis de 1990.

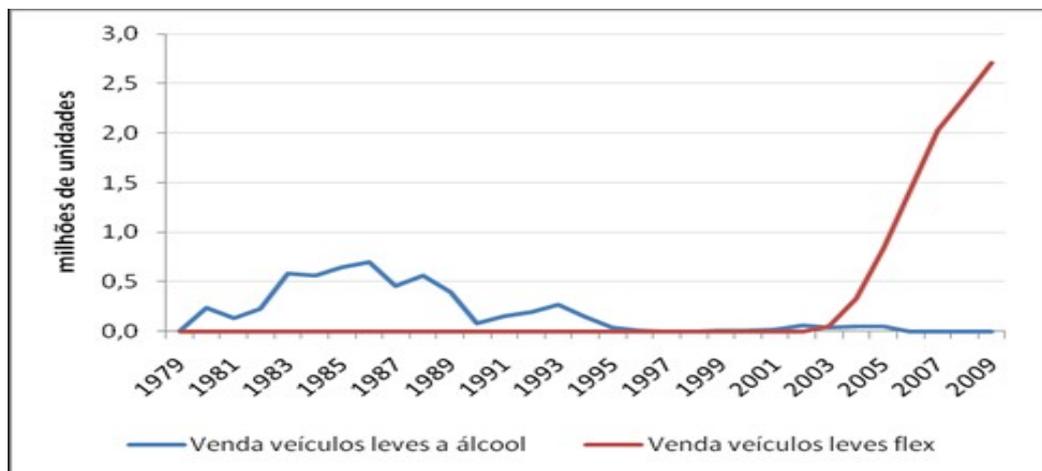
É nesse cenário que os biocombustíveis se inserem no mundo e no Brasil, com no mínimo duas responsabilidades importantes: ajudar na redução da emissão de gases de efeito estufa e substituir parcialmente o petróleo para alongar sua vida útil uma vez que ha plena convicção de que as instabilidades políticas e sociais nas regiões produtoras de petróleo e a certeza de que o ápice de produção será atingido nos próximos dez ou vinte anos manterão a volatilidade dos preços desse insumo estratégico.

Em 2001 o mercado de etanol brasileiro foi totalmente desregulamentado, prevalecendo assim à livre competição entre os produtores. Ou seja, o governo não estabelecia nem preços nem cotas, fato que estimulou a busca de técnicas produtivas mais eficientes que contribuíssem para a redução de custos e aumento de competitividade do álcool produzido no País. Isso porque, com o fim do controle estatal, os produtores de etanol tiveram de se adaptar ao livre mercado e caminhar sem os incentivos, subsídios e a coordenação do Estado. Nesse contexto, esses atores desenvolveram um conjunto de competências visando vantagens competitivas, destacando-se as iniciativas no sentido de aumentar a eficiência técnica da produção, de reformular as estruturas organizacionais das firmas, de aperfeiçoar e até mudar os padrões tecnológicos e gerenciais vigentes e de buscar maior coordenação setorial.

Em 2002 começou uma nova elevação nos preços internacionais do petróleo e conseqüentemente gerando um aumento de preço da gasolina, levando o consumidor a se interessar pelo carro a álcool. A saída encontrada pelos agentes públicos e privados envolvidos na discussão desse assunto foi patrocinar o lançamento do veículo tipo 'flex-fuel'. A área fazendária do governo federal foi convencida pelos técnicos oficiais das áreas afins da gestão da política alcooleira, de que era necessário e importante fazer o enquadramento tributário do novo tipo de veículo e com uma taxaçoão federal semelhante àquela destinada ao veículo movido a álcool cuja incidência era menor que seus congêneres movidos a gasolina. Em março de 2003, foi feito o

lançamento comercial do primeiro veículo dessa classe. A tecnologia dos motores flexfuel veio dar novo fôlego ao consumo interno de álcool. O carro que pode ser movido à gasolina e a álcool ou uma mistura dos dois combustíveis rapidamente se tornou popular entre o consumidor. O forte aumento dos preços do petróleo a partir de 2004, a tradição do consumidor brasileiro que tinha pleno conhecimento das qualidades do álcool hidratado como combustível substituto da gasolina, a vantagem econômica que o preço do álcool em relação ao preço da gasolina proporcionava e a aposta das montadoras de veículos no novo produto fez com que os veículos flex ganhassem a preferência dos consumidores. Todos esses fatores permitiram um surpreendente sucesso de vendas, que resultou, no período de cinco anos, numa frota que já supera os seis milhões de unidades comercializadas. Ou seja, os veículos biocombustíveis logo dominaram as vendas de veículos de passeio cujos níveis atuais de participação no total dos veículos novos vendidos no Brasil é de 92,0%%, ou seja, quase a totalidade dos veículos de passeio vendidos conta com esta tecnologia. De acordo com as previsões da LMC<sup>3</sup> para o Brasil, a demanda de álcool hidratado deverá crescer fortemente na próxima década, atingindo 25 bilhões de litros até 2015.

**Figura 2-Venda de Veículo Leves Flex-Fuel e de veículos leves movidos a etanol**



Fonte: Elaborado a partir dos dados de venda da ANFAVE

É válido ressaltar que a possibilidade de o consumidor poder optar pelo combustível de sua preferência, ou até mesmo uma proporção entre a gasolina e o etanol, eliminou o problema de incerteza de abastecimento e ainda possibilitou que

<sup>3</sup> Empresa de consultoria internacional voltada ao setor de agronegócios

os consumidores aproveitassem o diferencial existente entre os preços da gasolina e do etanol. Desta forma, dadas as vantagens, o consumo de álcool hidratado tem crescido fortemente desde então, como mostra o Gráfico 1.2 abaixo.

**Figura 3 - Consumo de Álcool Hidratado no setor de transportes rodoviário em mil toneladas**



Fonte: Elaborado a partir dos dados de consumo da ANP(2009)

O Brasil é o hoje o maior produtor mundial de etanol advindo da cana de açúcar. Trinta anos depois do início do Proálcool, o Brasil vive agora uma nova expansão dos canaviais com o objetivo ofertar em grande escala, o combustível alternativo. Na região centro-sul a área de cana disponível para colheita na safra atual (2008/09) foi estimada em 6,53 milhões hectares (ha), representando um aumento de 15,7% (917,9 mil ha) em relação à safra anterior. São Paulo é o maior produtor de cana com uma área de 4,45 milhões/ha disponíveis para colheita, representando 66% de toda área de cana da região centro-sul. Apresentou um crescimento 12,2% (483,3 mil ha) de área em relação à safra passada. O segundo maior produtor é o Estado do Paraná com 605 mil ha, seguido por Minas Gerais com 575 mil ha de cana. Em relação à safra passada, Paraná e Minas Gerais tiveram aumentos de 17,7% (90,9 mil ha) e 24,2% (112 mil ha). Goiás é o quarto maior produtor de cana na região centro-sul com uma área de 432 mil ha, mas foi o que apresentou a maior taxa de expansão (39,9%) em relação à safra 2007/08, com um aumento na área de 123,2 mil há. O plantio avança além das áreas tradicionais, do interior paulista e do Nordeste, e espalha-se pelos cerrados. Nos últimos anos o país apresentou crescimento na produção de cana, avançando na área de outras culturas

importantes tais como laranja soja, milho e principalmente sobre as áreas de pecuária extensiva.

Tabela 5.1: Área de cana de açúcar disponível para colheita por estado nos 2007/2008 em hectare

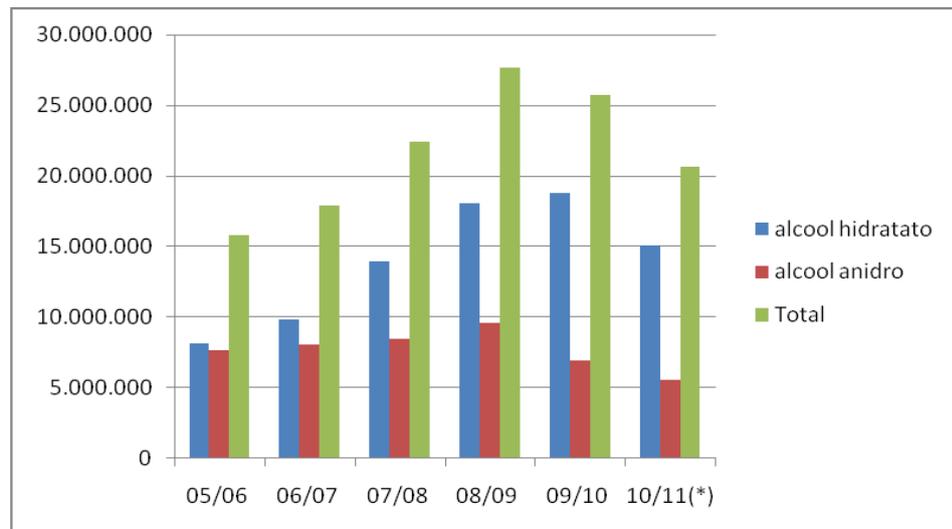
Estado	Safra 2007/08(ha)	Safra 2008/09(ha)	Variação % 07/08 para 08/09
São Paulo	3.961.928	4.445.281	12,2
Paraná	513.965	604.923	17,7
Minas Gerais	462.969	574.990	24,2
Goiás	308.840	432.009	39,9
Mato Grosso do Sul	212.551	290.990	36,9
Mato Grosso	271.762	231.060	6,1
Rio de Janeiro	94.613	100.399	6,1
Espírito Santo	59.231	70.086	18,3
<b>Total</b>	<b>8.831.859</b>	<b>6.749.738</b>	<b>15,7</b>

Fonte: Elaborado a partir dos dados divulgados pela UNICA

Um fator de grande relevância é a relação entre a oferta de etanol e açúcar na região Centro-Sul e a área colhida de cana de açúcar desde o surgimento do PROLCOOL. A produção de açúcar praticamente se manteve constante enquanto a área colhida aumentou principalmente por causa da oferta de etanol. Contudo na década de 90 houve uma mudança nessa tendência, pois a abertura comercial e a atração do preço do açúcar fizeram com que a commodity crescesse e a oferta do álcool se estabilizasse nessa época. Em 2000, principalmente em virtude da desregulamentação do setor, as ofertas das duas commodities cresceram sensivelmente. Contudo, a produção de álcool cresceu a taxas menores do que o de açúcar, com crescimento médio de 13% e 17%. Com a introdução dos veículos flex no Brasil, a oferta de álcool voltou a crescer mais do que a oferta de açúcar acirrando a competição entre esses mercados. Dada a flexibilidade e a rapidez da troca da produção de açúcar para a de álcool e vice-versa, os preços do açúcar e do álcool se mostram altamente correlacionados.

É possível observar através do gráfico que segue uma tendência na expansão do mercado sucroalcooleiro.

**Figura 4- Evolução Produção Brasileira de Etanol (m<sup>3</sup>) – Safras**



Fonte: DCAA/SPA/EMBRAPA  
 (\*) Posição em 11/10/2010

Como pode ser verificado na tabela 2 a produção de álcool está concentrada na região centro-sul do Brasil, que tem 307 usinas de produção de álcool, particularmente no estado de São Paulo, que conta com 170 usinas. A região centro-sul é responsável por mais de 90% da produção de álcool no Brasil.

**Tabela 5.2: Os dados da produção de safra de etanol (mil litros) 2008/2009**

ESTADOS/SAFRA	SAFRA 08/09
SÃO PAULO	16.722.478
MINAS GERAIS	2.167.616
PARANÁ	2.048.752
GOIÁS	1.726.080
MATO GROSSO DO SUL	1.076.161
MATO GROSSO	952.171
ALAGOAS	845.363
PERNAMBUCO	530.467
PARAIBA	390.695
ESPIRITO SANTO	274.592
BAHIA	141.484
RIO DE JANEIRO	127.795
R. G. NORTE	114.909
SERGIPE	89.832
PARÁ	44.908
PIAUÍ	44.553
CEARÁ	9.241
AMAZONAS	7.963
RONDONIA	7.224
R. G. SUL	6.318
TOCANTINS	2.801

Fonte: Elaborado a partir dos dados de produção da UNICA

Atualmente, são 70 mil agricultores em todo Brasil e 393 usinas distribuídas, principalmente na região Centro Sul (responsável por 92% da produção de etanol) e Norte-Nordeste (com 8% restantes). A região centro sul é a que apresenta as maiores produtividades agrícolas e industriais e menores custos de produção e de logística, uma vez que esta é mais próxima do mercado consumidor, dos centros de pesquisa e da indústria de máquinas e equipamentos para o setor. Já as destilarias e usinas da região Norte-Nordeste, que exportam a maior parte da produção, têm encontrado dificuldades em se adaptar as novas condições técnicas impostas pela desregulamentação do setor, apresentando custos de produção mais elevados, embora contando com subsídios do governo para a comercialização do produto.

Essa nova escalada não é um movimento comandado pelo governo, como a ocorrida no final da década de 70, quando o Brasil encontrou no álcool a solução para enfrentar o aumento abrupto dos preços do petróleo que importava. A

corrida para ampliar unidades e construir novas usinas é movida por decisões da iniciativa privada, convicta de que o álcool terá um papel cada vez mais importante como combustível, no Brasil e no mundo

Em relação ao mercado externo hoje o maior exportador de etanol no mundo é o Brasil sendo responsável por 45% das exportações mundiais, seguido pela União Européia e pelos Estados Unidos. Esse bom desempenho das exportações é explicado pelo fato do etanol brasileiro possuir o menor custo de produção do mundo em decorrência dos seguintes fatores : menor preço da terra e da mão de obra agrícola e industrial; evolução tecnológica e gerencial das empresas brasileiras, sobretudo a partir da desregulamentação do setor de 1990; o fato de cana de açúcar ser a matéria prima com maior riqueza com sacarose, o que garante maior produtividade e por fim a economia com os gastos da energia utilizada no processo de fabricação do açúcar e do álcool , tendo em vista que grande parte das usinas brasileiras utiliza energia própria co-gerada a partir da queima do bagaço da cana em caldeiras .O etanol brasileiro hoje é exportado para os EUA, Japão, Jamaica, Nigéria, Coréia do Sul, Suécia, Países Baixos, Costa Rica, El Salvador e México, além de países da União Européia. , a América Central e Caribe conforme pode ser visto na tabela abaixo:

**Tabela 5.3: Exportação brasileira de etanol em m3 por país no ano de 2010**

Países	Volume	Países	Volume
COREIA DO SUL	334.361	TRIN E TOBAGO	6.636
EUA	232.988	CINGAPURA	6.500
JAPÃO	229.601	ILHAS MARSHALL	4.983
PAÍSES BAIXOS	220.836	EQUADOR	4.903
REINO UNIDO	155.560	BÉLGICA	4.900
JAMAICA	106.612	CHILE	4.894
NIGÉRIA	80.123	AFRICA DO SUL	3.556
INDIA	58.603	ARGENTINA	2.684
SUÍÇA	45.045	NOVA ZELÂNDIA	2.397
MÉXICO	35.099	URUGUAI	2.338
PORTO RICO	32.253	REP. DOMINICANA	2.010
FILIPINAS	26.679	VENEZUELA	965
GANÁ	18.874	PANAMA	192
ANGOLA	14.415	CAMARÕES	100
AUSTRÁLIA	11.297	SERRA LEOA	82

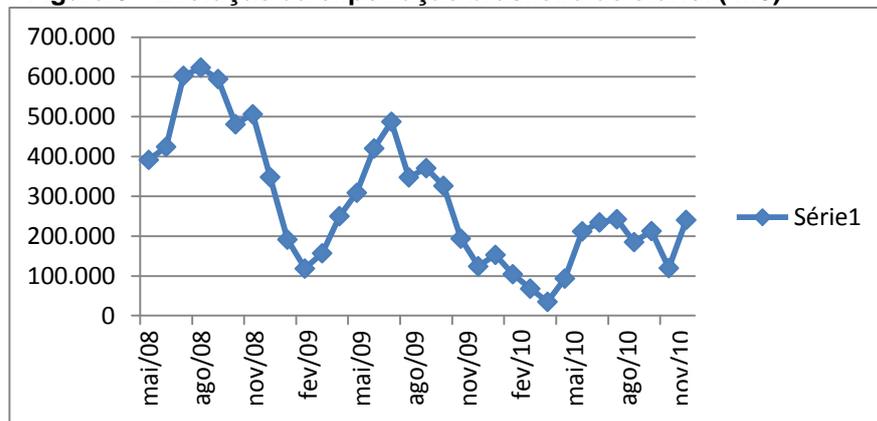
Fonte: Ministério de Agricultura

Queda nas taxas de produção e exportação do etanol brasileiro, no entanto, chamam a atenção de especialistas do setor. Em 2009, o Brasil produziu 26,1 bilhões de litros de etanol, 3,9% menos em relação à 2008, quando a produção foi de 27,1 bilhões de litros. De janeiro a agosto de 2010, o país exportou 1,14 bilhões de litros de álcool (US\$ 607 milhões), volume 50% inferior ao mesmo período de 2009. Em 2009, foram vendidos 3,3 bilhões de litros de álcool, volume 36% inferior ao de 2008. As receitas obtidas com as exportações de álcool em 2009 foram de US\$ 1,3 bilhão (redução de 44% em relação a 2008)

Atualmente, o Brasil conta com projetos de investimento para elevar a capacidade instalada de produção de álcool via cana-de-açúcar. Estima-se que, até 2012, sejam investidos US\$33 bilhões (US\$ 23 bilhões na área industrial e US\$ 10 bilhões na área agrícola).

Contudo mesmo com a crescente demanda dos países de desenvolvidos a competitividade do álcool brasileiro fica comprometida nos maiores mercados mundiais do bicomcombustível, na medida em que se defronta com políticas de subsídios principalmemente adotadas pelos Estados Unidos. Segue abaixo o gráfico referente a evolução da exportação de etanol em quantidade por metro cúbico.

**Figura 5 - Evolução da exportação brasileira de etanol ( m3)**



Fonte: Ministério da Agricultura

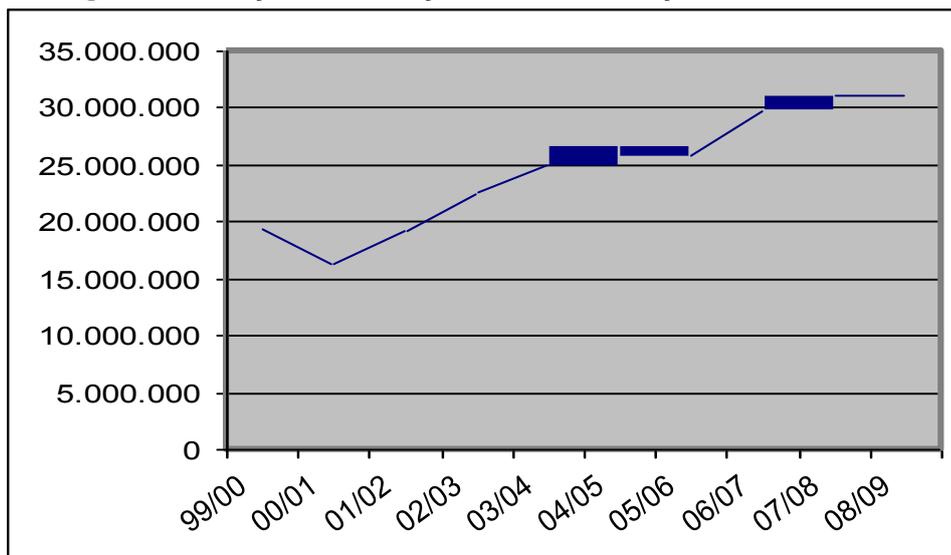
### 5.3 MERCADO DE AÇÚCAR

Nessa seção será realizada uma breve caracterização do mercado de açúcar. Para um melhor entendimento do mecanismo de preço de mercado será abordado o mercado interno e internacional.

#### 5.3.1 Mercado Brasileiro de Açúcar

O Brasil é hoje o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, tendo produzido mais de 568 milhões de toneladas ou 33% da produção mundial na safra 2008/09. O vasto território do Brasil e o clima favorável propiciaram uma grande oferta de terras disponíveis para a produção de cana-de-açúcar. A cana é cultivada nas regiões centro-sul e norte-nordeste do Brasil. A região centro-sul é responsável por aproximadamente 90% e 85% da produção de álcool e açúcar do Brasil, respectivamente. O Brasil é o produtor de açúcar de menores custos do mundo em função do seu clima favorável e dos desenvolvimentos tecnológicos, agrícolas e industriais. E conforme pode ser analisado no gráfico abaixo a produção de açúcar tem avançado ao longo dos últimos anos.

**Figura 6- Evolução da Produção Brasileira de Açúcar em toneladas**



Fonte: Elaborado a partir dos dados de produção da Única

Os custos da produção de açúcar no Brasil são significativamente mais baixos do que os dos maiores exportadores de açúcar do mundo, como a Índia, Tailândia e África do Sul. Os custos de produção do açúcar bruto na região centro-sul do Brasil são mais baixos do que aqueles na região norte-nordeste por causa da topografia e do clima mais favoráveis, de uma infra-estrutura de transportes mais desenvolvida, e da maior proximidade das usinas aos maiores centros consumidores do país. Além disso, o Brasil é um dos maiores consumidores de açúcar do mundo, totalizando aproximadamente 12,4 milhões de toneladas na safra 2008/09. O consumo de açúcar no Brasil continua crescer, principalmente em virtude do aumento no consumo dos produtos industrializados com alto teor de açúcar

### 5.3.2 Mercado Externo do Açúcar Brasileiro

O Brasil é o maior exportador de açúcar do mundo, com 20,8 milhões de toneladas exportadas na safra 2008/09, avaliadas em aproximadamente US\$6,0 bilhões, segundo a Secex (Secretaria do Comércio Exterior). O Brasil é responsável por aproximadamente 44% do total das exportações mundiais de açúcar sendo a Rússia, Nigéria, Arábia Saudita e Egito os maiores importadores do açúcar brasileiro conforme pode ser verificado na tabela abaixo:

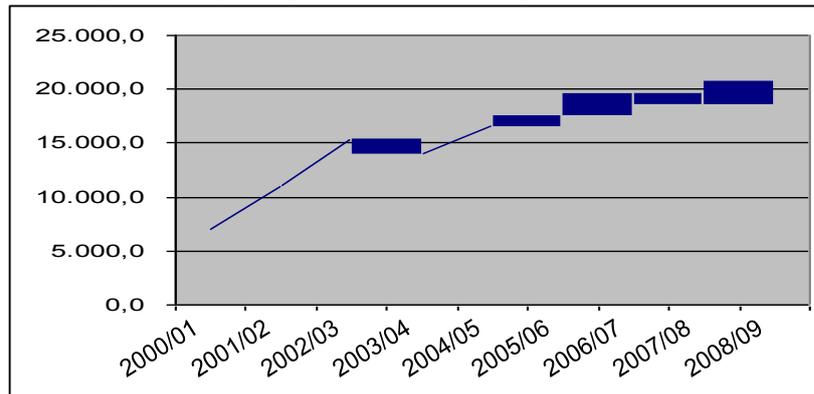
**Tabela 5.4: Volume de importação do açúcar brasileiro por país em tonelada**

Países	Volume	Países	Volume
ÍNDIA	4.367.209	GAMBIA	126.705
EMIR.ARABES UN.	1.813.244	ISRAEL	122.945
BANGLADESH	1.284.942	LIBIA	113.425
ARABIA SAUDITA	1.017.482	GUINE	106.466
ARGELIA	989.445	COREIA, REP SUL	87.756
CANADA	876.881	BENIN	84.218
MARROCOS	854.023	GEORGIA , REP.DA.	78.903
MALASIA	776.799	ERITREIA	73.800
EGITO	702.530	DJUBITI	59.196
INDONESIA	565.452	MADAGASCAR	46.203
CHINA, REP. POP.	254.384	ETIOPIA	39.575
ESTADOS UNIDOS	227.454	LITUANIA REP. DA	38.806
COSTA DO MARFIM	190.194	ALBANIA	32.757
CROACIA, REP. DA	160.414	JORDANIA	26.372
MAURITANIA	158.526	ALEMANHA	26.260

Fonte: Ministério da Agricultura

As exportações brasileiras de açúcar consistem basicamente de açúcar bruto e açúcar branco refinado. Segue abaixo o gráfico que permite avaliar a evolução das exportações brasileiras de açúcar.

**Figura 7- Evolução da exportação brasileira de açúcar em milhares de toneladas.**



Fonte: Elaborado a partir dos dados de exportação da MAPA

A maioria dos países produtores de açúcar, inclusive os Estados Unidos e os países da União Européia, protege seu mercado interno de açúcar da concorrência estrangeira estabelecendo políticas governamentais e regulamentos que afetam a produção, inclusive com quotas, restrições de importação e exportação, subsídios, tarifas e impostos alfandegários. Como resultado de tais políticas, os preços domésticos do açúcar variam bastante de um país para o outro. O NY #11, contrato futuro de açúcar negociado na bolsa de mercadorias de Nova York (NYBOT), é usado como referência primária dos preços não-controlados do açúcar bruto no mundo. Outro preço de referência é o London #5, que tem como base o açúcar refinado e é negociado na London International Financial Futures and Options Exchange – LIFFE. Os preços do açúcar no Brasil são formados de acordo com os princípios do livre mercado, sendo que o principal indicador é o índice da ESALQ e influenciam diretamente os preços no mercado internacional

Os preços do açúcar tendem a acompanhar um padrão cíclico porque os produtores de cana-de-açúcar, a maior fonte de produção global de açúcar, geralmente acompanham um ciclo de plantio de dois a sete anos. Além disto, muitos produtores de açúcar operam em mercados controlados, protegidos de flutuações dos preços internacionais do açúcar, e, portanto, não tendem a modificar dramaticamente a produção por causa da variação dos preços internacionais. Como

o Brasil, líder global de produção de açúcar é possível afirmar que o país desempenha um papel fundamental no estabelecimento dos preços do açúcar no mundo.

#### 5.4 O SETOR SUCROALCOOLEIRO DA REGIÃO NORDESTE

A atividade sucroalcooleira se concentra em duas regiões: O centro sul composto por Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Goiás cujo período de safra ocorre entre os meses de março a agosto. Já na região norte /nordeste a produção esta localizada nos estados Tocantins, Pará, Roraima, Rondônia, Amapá, Bahia, Sergipe, Alagoas, Rio Grande do Norte, Piauí, Maranhão e Alagoas, Amazonas e Paraíba sendo as safras ocorrendo nos meses de setembro a fevereiro na região. Contudo há diferenças notórias no setor sucroalcooleiro das regiões Norte/Nordeste fazendo com a primeira apresente custos menores e produtividade agrícola mais elevada. Segundo Santos (2006) enquanto a região centro sul possui vantagens comparativas devido a condições edafoclimáticas mais favoráveis possuindo solos mais férteis, topografia adequada a mecanização e regularidade das precipitações pluviométricas, a região nordeste apresenta vantagem no que diz respeito a proximidade das usinas e destilarias dos centros consumidores e terminais de embarque. Segundo alguns estudos é na região da zona da mata nordestina que contempla os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas, Sergipe e Bahia que é possível encontrar boas condições para o cultivo de cana de açúcar. Contudo é possível destacar alguns fatores que dificultam a minimização dos custos na região da zona da mata nordestina, tais como abaixo:

- a) Deficiência Tecnológica: Diz respeito a falta de equipamentos e mecanização agrícola;
- b) Vulnerabilidade Edafoclimática: Trata-se da dificuldade relacionada ao clima e ao solo, uma vez que a zona da mata nordestina em algumas épocas é atingida por um retardamento do período chuvoso, ocasionando uma redução da produtividade agrícola e rendimento

industrial. Além disso quando comparada a região sul , o solo da região nordestina apresenta baixa fertilidade;

- c) Vulnerabilidade Social: Segundo Santos (2006), o setor sucroalcooleiro esta perdendo a importância no que se refere a geração de empregos diretos em decorrência de utilização de tecnologias modernas poupadoras de mão de obra;
- d) Deficiência Logística: Referem-se aos aspectos relacionados a transporte, portos, custos com frete fazendo com que terminais marítimos do nordeste apresentem limitações para embarcar volumes maiores de álcool combustível. É valido destacar que o custo logístico acima dos padrões internacionais é deficiência mais questionada pelo setor sucroalcooleiro nordestino;
- e) Ambiental: Configura a assuntos relacionados a análise dos impactos ambientais em cada região. Um aumento da participação nordestina dependerá da certificação sócia ambiental da produção de cana de açúcar o que exigira o cumprimento de exigências cada vez mais rígidas dos grupos ligados a questão ambiental. Contudo tanto a restrição topográfica de grande parte dos solos nordestinos ao uso da colheita mecânica da cana de açúcar crua é uma limitação ambiental que poderá em um futuro próximo ser objetos de futuros questionamentos.

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 O MODELO ECONÔMICO

Esse trabalho terá como objetivo analisar a relação de causalidade entre o preço do etanol e o preço do açúcar utilizando a metodologia de Vetores Auto-regressivos de forma a estudar a dinâmica do mercado sucroalcooleiro, focando na relação entre o preço do etanol e do açúcar. É válido mencionar que há alguns trabalhos na literatura que ressaltam a importância da expansão da demanda de etanol. Nessa análise será feita uma abordagem semelhante utilizando o modelo VAR assim como foi abordado no trabalho de Mello (2009), porém utilizando como referencia o mercado de Alagoas que constitui o maior produtor de açúcar e etanol da região nordeste.

### 6.2 VETORES AUTO-REGRESSIVOS.

Segundo exposto no relatório de inflação do banco central os modelos de vetores auto-regressivos (VAR) surgiram na década de 80 de forma a responder às críticas ao grande número de restrições impostas às estimações pelos modelos estruturais. O objetivo era utilizar os modelos dinâmicos com o mínimo de restrições, nos quais todas as variáveis econômicas fossem tratadas como endógenas. Sendo assim, os modelos VAR dizem respeito a um sistema de equações, em que cada uma das variáveis do sistema é função dos valores das demais variáveis no presente, dos seus valores e dos valores das demais variáveis defasadas no tempo, mais o termo de erro aleatório, impondo como restrições somente o conjunto relevante de variáveis e do número máximo de defasagens envolvidas nas relações entre elas. Tal característica permite a utilização de um instrumento econométrico mais avançado que utilizando técnicas multivariadas permite expressar modelos econômicos completos e a realização de uma análise mais consistente sobre os fenômenos econômicos. Podemos representar um VAR como o modelo hipotético abaixo

$$X_t = \alpha + \sum_{j=1}^k B_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j Y_{t-j} + u_{1t} \quad (1)$$

$$Y_t = \alpha' + \sum_{j=1}^k \theta_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j Y_{t-j} + u_{2t} \quad (2)$$

Onde os  $u$ 's são os termos de erros estocásticos denominados impulsos ou inovações ou choques na linguagem de VAR ( Gujarati 2004). Sendo  $X_t$  e  $Y_t$  as variáveis endógenas do sistema.

Segundo Johnston e DiNardo (2001) e Enders (2004), um VAR, em sua forma reduzida de primeira ordem e de duas variáveis pode ser escrito da seguinte forma genérica :

$$BX_t = B_0 + \sum_{i=1}^p B_i X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Onde  $X_t$  é um vetor  $n \times 1$  de variáveis econômicas no instante  $t$ ;  $B_0$  é um vetor  $n \times 1$  de constantes; com  $i=0, \dots, p$ , uma matriz  $(n \times n)$  de coeficientes; e  $\varepsilon_t$ , um vetor  $(n \times 1)$  de choques estruturais que se deseja identificar, cujas características são:

- i)  $E(\varepsilon_t) = 0$
- ii) ausência de auto-correlação serial  $E(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$  para  $(i \neq j)$
- iii) e, matriz de variância –covariância na forma de identidade de dimensões  $(n \times n)$ ,  $(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = I$

Onde os choques são denominados estruturais na medida em que afetam individualmente cada uma das variáveis endógenas.

Para a utilização do modelo VAR será necessário a realização de alguns procedimentos, tais como: testar a estacionariedade das variáveis, determinar o número de defasagens necessárias, verificar a presença de cointegração e ajustar o modelo de previsão de acordo com Souza (2006).

### 6.2.1 Teste de Estacionariedade

Uma condição básica para a aplicação do Método de Vetores Auto Regressivos (VAR) é que a série temporal estudada seja estacionária, ou seja, que não apresente raiz unitária. Logo a primeira etapa desse trabalho será verificar se a série temporal é estacionária utilizando o teste de estacionariedade com base de teste de raiz unitária. Para analisar estacionariedade será utilizado o teste de Dickey-Fuller Aumentado que constitui um dos testes formais mais utilizados para se analisar a estacionariedade de uma série de dados. O ponto de partida deste teste é o processo de passeio aleatório de raiz unitária que pode ser verificado a partir de um modelo AR(1) representado pela equação abaixo Gujarati (2004):

$$Y_T = \rho Y_{T-1} + \mu_T \quad (4)$$

Onde  $-1 \leq \rho \leq 1$  e  $\mu_t \sim IIN(0, \sigma^2)$

Se  $\rho = 1$  isto é, no caso de raiz de unitária, o modelo acima torna se um processo de passeio aleatório, que se comporta como não estacionário. A fim de verificar tal fato podemos escrever a equação abaixo como se segue:

$$\Delta Y_T = \delta Y_{T-1} + \mu_T \quad (5),$$

Onde

$$\delta = \rho - 1$$

A hipótese básica do teste ( $H_0$ ) é de que a série é não-estacionária, ou seja, que  $\delta = 0$  e a hipótese alternativa ( $H_a$ ) é de que a mesma é estacionária. A estatística utilizada nesse teste é a  $\tau$ .

Neste trabalho os erros são correlacionados então será utilizado o teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF). Ao incluirmos variáveis defasadas na equação (5), levando em consideração que os erros são correlacionados, temos a equação abaixo:

$$\Delta y_t = \alpha_o + \gamma Y_{T-1} + \sum \beta \Delta Y_{-i+1} + \mu_t \quad (6)$$

A hipótese básica do teste (Ho) é de que a série é não-estacionária, ou seja, que  $\gamma = 0$  e a hipótese alternativa (Ha) é de que a mesma é estacionária.

Caso as séries não sejam estacionárias utiliza-se o mecanismo de correção de erro proposta por Engle e Granger (1987) e Johansen e Juselius (1990) para o uso de Vetores de Correção de Erro (VEC).

### 6.2.2 Número de Defasagens

A característica essencial do modelo VAR é que todas as variáveis são endógenas e dependem das próprias defasagens e das defasagens de todas as demais variáveis que compõem o sistema. Contudo podemos dizer que a escolha da ordem de defasagem é arbitrária. É importante destacar que é desejável incluir o maior número possível de defasagens, de forma a evitar a imposição falsa de restrições no modelo. Porém quanto maior o número de defasagens, maior será o número de parâmetros que deverão ser estimados e por conseguinte menor será o número de graus de liberdade, sem mencionar na possibilidade de ocorrer multicolinearidade.

Para a tomada de decisão no que se refere ao número de defasagens são utilizados o critério de AIC (Akaike Information Criterion) ou então SBC ( Schwarz Bayesian Criterion)

#### i) Critério de Akaike

O critério de informação de Akaike é geralmente aplicado para amostras pequenas de séries econométricas e pode ser definido como abaixo:

$$\text{AIC: } T \text{ Log}|\Sigma| + 2N \quad (7)$$

Onde

T= numero de observações utilizadas

$\text{Log}|\Sigma|$  = Logaritmo natural do determinante da matriz de variância-covariância dos resíduos.

Após a realização de todos os cálculos, seleciona-se o modelo que apresenta o menor valor para o AIC.

## ii) Critério de Shwartz

O critério de Shwartz também se aplica para amostras pequenas de séries econométricas e pode ser representado como abaixo:

$$\text{SC: } T|\log \Sigma| + N\log(T) \quad (8)$$

Onde N=número total de parâmetros estimados em todas as equações  $N = n^2 + p + n$  onde cada uma das equações dispõe de “np” regressores e um intercepto.

Após a realização dos cálculos, o modelo a ser selecionado é aquele que apresenta o menor valor para o critério de Shwartz

Caso os dois critérios acima sejam conflitantes é possível a utilização de outro teste denominado de coeficiente de máxima verossimilhança que também consiste em comparar modelos com ordens de defasagens diferentes. A hipótese nula desse teste afirma que os modelos não apresentam diferença, logo aceitando essa hipótese o modelo escolhido será aquele que possuir o menor numero de defasagens (Enders, 2004). Caso  $H_0$  seja rejeitado deve-se escolher o modelo que apresenta o maior numero de defasagem. O teste segue a distribuição  $X^2$  com graus de liberdade igual ao numero de restrições do modelo com maior defasagem.

### 6.2.3 Teste de Cointegração

Após verificação da presença de raiz unitária das séries, sendo as mesmas integradas de mesma ordem procedem-se os testes de cointegração. O teste de cointegração visa determinar o número de vetores de co-integração que serão necessários no sistema. Para identificar a existência de cointegração será utilizado o procedimento de Johansen (1988) que utiliza Máxima Verossimilhança para estimar os vetores de cointegração.

### 6.2.4 Teste de Casualidade de Granger

É válido ressaltar que antes de se estimar um modelo VAR é importante identificar se há causalidade entre as variáveis, ou seja se o valor de uma dessas variáveis depende dos valores passados das demais. De forma a verificar se há causalidade é realizado o teste de causalidade de Granger que se trata de um teste F, no qual a hipótese nula afirma que não há relação de causalidade entre as variáveis testadas. Caso seja possível afirmar estatisticamente que uma variável X causa no sentido de Granger uma variável Y, então valores defasados da variável X influenciam o comportamento da variável Y (Gujarati, 2000). Vale ressaltar que esse fato não exclui a possibilidade de haver uma causalidade nos dois sentidos, isto é, pode acontecer de Y causar no sentido de Granger X e X causar no sentido de Granger Y. Nesses casos, é possível que exista uma terceira variável Z que influencie ambas as variáveis X e Y (Silva e Almeida, 2006). Contudo Enders (2004), argumenta que caso as variáveis possuam a mesma ordem de integração, e tal ordem for maior que zero, não é preciso realizar o teste de causalidade de Granger, uma vez que a causalidade entre elas ocorrerá no longo prazo. Em termos mais formais, o teste envolve estimar as seguintes regressões:

$$X_t = \sum a_i Y_{t-i} + \sum b_i X_{t-i} + u_{1t} \quad (9)$$

$$Y_t = \sum c_i Y_{t-i} + \sum d_i X_{t-i} + u_{2t} \quad (10)$$

onde  $u_{it}$  são os resíduos que assumimos serem não-correlacionados.

A equação (9) postula que valores correntes de X estão relacionados a valores passados do próprio X assim como a valores defasados de Y; a equação (10), por outro lado, postula um comportamento similar para a variável Y.

Após a estimação, podemos distinguir quatro casos diferentes:

1. Causalidade unilateral de Y para X: quando os coeficientes estimados em (9) para a variável defasada Y são conjuntamente diferentes de zero ( $\sum a_i \neq 0$ ), e quando o conjunto de coeficientes estimados em (10) para a variável X não forem estatisticamente diferentes de zero ( $\sum d_i \neq 0$ ).
2. Causalidade unilateral de X para Y: quando o conjunto de coeficientes defasados para a variável Y na equação (9) não for estatisticamente diferente de zero ( $\sum a_i \neq 0$ ) e o conjunto de coeficientes defasados para a variável X em (10) o for ( $\sum d_i \neq 0$ ).
3. Bicausalidade ou simultaneidade: quando os conjuntos de coeficientes defasados de X e Y forem estatisticamente diferentes de zero em ambas as regressões.
4. Independência: quando, em ambas as regressões, os conjuntos de coeficientes defasados de X e Y não forem estatisticamente diferentes de zero

Contudo segundo Melo (2009), espera-se que a relação de causalidade entre os preços das commodities não sejam bi-causais entre si, já que preço do petróleo não pode ser influenciado pelo preço do açúcar e do álcool brasileiro. Logo o preço do petróleo determina o modelo, mas não é determinado.

### 6.3 MODELO QUASE VAR

Segundo Enders (2004) um modelo é denominado quase Var se os lados direito do sistema de equações não são idênticos conforme os exemplos abaixo:

i) Diferentes defasagens:

$$y_T = a_{11}(1)y_{t-1} + a_{11}(2)y_{t-2} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t} \quad (11)$$

$$z_T = a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t} \quad (12)$$

ii) A série  $\{z_t\}$  não causa no sentido de Granger  $\{y_t\}$ :

$$y_T = a_{11}y_{t-1} + e_{1t} \quad (13)$$

$$z_T = a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t} \quad (14)$$

iii) Uma terceira variável  $\{w_t\}$  afeta apenas  $\{z_t\}$ :

$$y_t = a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t} \quad (15)$$

$$z_t = a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + a_{23}w_t + e_{2t} \quad (16)$$

. Caso um desses tipos de situação aconteça, a simetria do VAR não prevalece e os estimadores de mínimos quadrados ordinários não são válidos (Enders 1996). Para que seja possível a estimação do sistema assimétrico é utilizado o método SUR (Seemingly Unrelated Regression) e o sistema passa a se chamar quase-VAR. Enders (1996) afirma que o SUR melhora a eficiência dos parâmetros.

Uma ferramenta fundamental para analisar a inter-relação dinâmica entre as variáveis no VAR são os vetores de médias móveis (VMA). A representação do VMA expressa as variáveis  $x_t$  e  $y_t$  em termos dos valores presentes e passados dos dois choques nos resíduos de  $x_t$  e  $y_t$ . Por iteratividade, e considerando  $\mu_y$  e  $\mu_x$ , os valores médios de  $\{y_t\}$  e  $\{x_t\}$ , respectivamente, a forma reduzida do VAR pode ser expressa em termo de média móvel:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ x_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{bmatrix} + \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{xt} \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$\phi_i = \frac{A_1^i}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \quad (18)$$

Os coeficientes de  $\phi_i$  podem ser usados para gerar os efeitos dos choques  $\varepsilon_{yt}$  e  $\varepsilon_{xt}$  no tempo das seqüências  $\{y_t\}$  e  $\{x_t\}$ . O coeficiente  $\phi_{12}(0)$  é o impacto instantâneo da mudança em uma unidade em  $\varepsilon_{xt}$  em  $y_t$ . Os quatro coeficientes  $\phi_{11}$ ,  $\phi_{12}$ ,  $\phi_{21}$  e  $\phi_{22}$  são chamados de funções de impulso resposta. A construção da função impulso resposta é um método prático para visualmente representar o comportamento de  $\{y_t\}$  e  $\{x_t\}$  em resposta a vários choques.

Enders (1996) alerta para o problema da identificação no sistema de vetores autoregressivos. Em um VAR é necessária uma restrição adicional para

identificar o impulso resposta. Uma possível restrição de identificação é a utilização a decomposição de Choleski tal que:

$$e_{1t} = \varepsilon_{yt} + b_{12}\varepsilon_{xt} \quad (18)$$

$$e_{2t} = \varepsilon_{xt} \quad (19)$$

A segunda equação do sistema acima diz que todos os erros observados da seqüência  $\{e_{1t}\}$  são atribuídos a choques em  $\varepsilon_{xt}$ . Embora a decomposição de Choleski restrinja o sistema, tal que um choque em  $\varepsilon_{yt}$  tenha nenhum efeito direto em  $x_t$ , existe um efeito indireto nos valores defasados de  $y_t$  que afetam os valores contemporâneos de  $x_t$ . Caso  $b_{12_t} = 0$ , a estrutura dos resíduos do sistema na forma reduzida será modificada. Com isso, Enders (2004) mostra a importância da ordem de entrada da matriz dos efeitos contemporâneos. Se a aplicação da função impulso resposta for modificada em virtude da ordem de entrada das variáveis, é recomendada uma investigação na relação entre as variáveis.

A função impulso resposta é um método prático para visualmente representar o comportamento de  $\{y_t\}$  e  $\{x_t\}$  em resposta a vários choques. Em nosso estudo, com a função impulso resposta, deseja-se saber como o mercado de açúcar responde aos choques do preço do etanol e do petróleo e como o mercado de etanol responde a choques dos preços do açúcar e do petróleo. A ordem de entrada das variáveis é definida de acordo com a literatura. Nota-se que o mercado de açúcar tem sido mais representativo no período analisado. Como a estrutura do modelo é um quase-VAR a estrutura dos resíduos com a decomposição de Choleski será modificada. A decomposição da variância mostra a proporção dos movimentos em uma seqüência devido ao próprio choque versus choques de outras variáveis. Se choques nos erros de  $x_t$  não explicam nenhuma variância no erro de previsão de  $\{y_t\}$  em todos os horizontes de previsão, diz-se que a seqüência  $\{y_t\}$  é exógena. Essa análise é fundamental para que seja possível identificar não somente se há uma relação entre o mercado de açúcar e álcool, como também qual mercado possui a maior influência sobre o outro.

Segue abaixo o modelo do quase VAR de Mello(2009) que será utilizado nesse trabalho :

$$LAC = \beta_0 + \beta_1 \sum_{J=1}^T LAC_{T-J} + \beta_2 \sum_{J=1}^T LAH_{T-J} + \beta_3 FLEX + \beta_4 LPET \quad (20)$$

$$LAH = \beta_0 + \beta_1 \sum_{J=1}^T LAC_{T-J} + \beta_2 \sum_{J=1}^T LAH_{T-J} + \beta_3 FLEX + \beta_4 LPET \quad (21)$$

$$LPET = \beta_0 + \beta_1 \sum_{J=1}^T LPET_{T-J} \quad (22)$$

Onde , LAC= preço do açúcar brasileiro em logaritmo

LAH= preço do etanol brasileiro em logaritmo

FLEX=variável dummy indicando a introdução dos veículos flex no Brasil.

#### 6.4 DADOS

Na análise da relação entre os mercados de commodities alimentares e o etanol será utilizado o preço mensal do álcool do estado de Alagoas no período de dezembro de 1999 até agosto de 2010 retirado do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). Será utilizado o preço do açúcar cristal de período de dezembro de 1999 até agosto de 2010 em R\$/50kg , também retirado do CEPEA. Nesse estudo será utilizado o preço da cotação do petróleo em dólar por barril na mesma periodicidade mensal extraído do ANP Essa cotação será transformada em reais pela taxa de câmbio média mensal para compra. É válido destacar que as variáveis do modelo serão transformadas em logaritmo em base neperiana.

## 7 RESULTADO E DISCUSSÕES

### 7.1 INFLUENCIAS NO MERCADO DE AÇÚCAR E DO ETANOL NO MERCADO DE ALAGOAS

Seguem abaixo os resultados econometricos do modelo empírico do mercado sucroalcooleiro. O primeiro teste realizado foi o teste de Dickey- Fuller Aumentado. Conforme pode ser verificado no quadro abaixo as séries do logaritmo do preço do etanol e do petróleo são estacionárias. Já a do preço do açúcar é integrada de ordem um<sup>4</sup>.

**Tabela 7.1: Teste de DickeyFuller Aumentado**

Preço das Variáveis em Logaritmo	Estatística t	Valores Críticos
Açúcar	-2.971.153	-3.445.590
Preço Álcool	-3.551.724	-3.446.168
Petróleo	-3.552.242	-3.445.590

Fonte: Elaboração Própria

É válido destacar que na medida em que foi constatado que pelo menos duas das variáveis em questão são estacionárias não se faz necessária a identificação de cointegração do sistema.

Para a definição da número de defasagens mais apropriada para o modelo foi utilizado o teste de razão de máxima verossimilhança que apontou para o número de lags igual a dois<sup>5</sup>. Conforme pode ser verificado na tabela abaixo o teste de causalidade de Grange sugere que o preço do açúcar causa o preço do etanol. Esse resultado se mostra condizente com as evidências, uma vez que os mercados dessas commodities competem entre si. Contudo o teste sugere que o preço do etanol não causa o preço do açúcar. Em relação ao preço do petróleo, o teste sugere que este causa tanto o preço do açúcar quanto do etanol, mas o contrário

<sup>4</sup> Modelo utilizado foi o de tendência e intercepto considerando nível de significância de 5% para o preço do açúcar e do petróleo e um nível de significância de 10% para o preço do açúcar

<sup>5</sup> A estatística do teste foi de 15,79

não ocorre corroborando assim com os estudos realizados de que a bicausalidade ocorre somente em um sentido, ou seja, de que a cotação do petróleo afeta tanto os mercados de açúcar como de etanol, mas estes não são capazes de afetar o preço do petróleo. Logo, os resultados obtidos apontam a necessidade de se estimar um Quase-Var.

**Tabela 7.2: Teste de causalidade de Grange(lag2)**

Hipótese Nula	Estatística- F	Probabilidade
Preço do petróleo não causa o preço etanol	9.18295	0.00019
Preço do etanol não causa o preço do petróleo	0.07168	0.93087
Preço do açúcar não causa o preço do etanol	5.50203	0.00515
Preço do Etanol não causa o preço do açúcar	0.08096	0.92228
Preço do açúcar não causa o preço do petróleo	0.11538	0.89113
Preço do petróleo não causa o preço do açúcar	2.4220	0.09300

Fonte: Elaboração Própria

Através da análise da tabela 8 que se encontra no apêndice pode ser constatado que o preço do açúcar do período atual é influenciado pelos seus preços no 1º e no 2º períodos. Corroborando com as evidências encontradas no teste de causalidade de Granger podemos verificar através do P-valor que o preço do açúcar no mercado alagoano não é afetado pelo preço do álcool. Já o preço do petróleo possui um efeito positivo no preço do açúcar no primeiro período, uma vez que com o aumento do preço do petróleo há um aumento do preço da gasolina fazendo com que aumente a demanda por etanol gerando um aumento do preço deste no mercado. A introdução dos veículos flex, representada pela variável dummy, não afeta a produção de açúcar corroborando com a estimação que aponta que o preço do açúcar não é afetado pelo preço do álcool.

No que diz respeito ao etanol este sofre influencia positiva do açúcar no primeiro período uma vez que um aumento do preço do açúcar gera um aumento da sua oferta promovendo uma redução da quantidade ofertada de etanol no mercado

gerando assim um aumento do preço desta commodity. O teste também sugere que o preço do petróleo tem um efeito positivo no preço do etanol uma vez que com o aumento preço do petróleo há um aumento do preço da gasolina fazendo com que a demanda por etanol se eleve gerando um aumento do preço deste produto. A estimacão aponta que a introdução dos veículos flex não afeta a produção de álcool corroborando com a estimacão que aponta que o preço do açúcar não é afetado pelo preço do álcool. Esse resultado não era esperado uma vez que o aumento da demanda por etanol deveria promover uma pressão sobre o seu preço. Contudo através da análise de alguns estudos foi possível constatar que preço do álcool hidratado na bomba no estado de Alagoas é maior quando se compara com São Paulo, por exemplo. Essa diferença está relacionada à pequena representatividade da produção alcooleira da Região Nordeste na produção nacional e aos custos de transporte do álcool nas transferências de produto do Centro-Sul para o Nordeste. Sendo assim a introdução dos veículos flex no estado de Alagoas não fez com que houvesse uma alteração significativa no padrão de consumo já que ao preço da gasolina nesse estado é mais competitivo do que o preço do etanol na maior parte dos meses, fazendo com que os consumidores optem por utilizar a gasolina como combustível.

Através da decomposição da variância ( tabela 7) que constitui um importante instrumento para se analisar a interação entre as variáveis pôde ser feito importante análises. A decomposição referente ao mercado sucroalcooleiro mostrou que o preço do açúcar é responsável por 100% da sua variância do erro de previsão apontando assim uma trajetória autoregressiva Contudo no quinto período mesmo o açúcar predominando na explicação da variação do seu preço observa-se uma diminuição desse percentual para 97,2% e um pequeno aumento da participação do álcool para 0,48% e do petróleo na variação no preço do açúcar(2,3%). No 15º período o açúcar é responsável por 97,4% da variação em seu preço enquanto o preço do álcool influencia 0,72% e o petróleo sendo responsável por 2,7%). Esses resultados apontam que a variação preço do açúcar é influenciado predominantemente pelos fatores referentes ao seu próprio mercado e que o petróleo apresenta pouco impacto na variação do açúcar. A decomposição da variância aponta que em períodos mais longos a influencia do preço do etanol sob o mercado de açúcar aumenta.

No que diz respeito ao mercado de etanol no primeiro mês este é responsável pela maior parte da variância do erro de previsão, ou seja 71,1% enquanto o açúcar explica 28,8% . Já o preço do petróleo não tem qualquer influencia sobre a variância do preço do etanol. No quinto período tem-se uma mudança importante, o preço do açúcar quase dobra sua participação (53,5%) na variância do erro de previsão do preço do etanol . O preço do petróleo também eleva sua participação sendo responsável por 18% da variância do preço do etanol. O que se observa é que com o passar do tempo tanto o açúcar como o petróleo aumentam sua participação com o açúcar sendo o maior responsável por explicar a variância do erro de previsão do etanol. O aumento da participação do açúcar ao longo do tempo pode ser explicada pela demora da oferta de etanol de responder de imediato ao impacto de uma variação do preço do açúcar . O que se verifica também é a diminuição da participação do preço do álcool, mostrando perda de influencia do seu componente autoregressivo.

Em relação ao mercado do petróleo quase 100% da sua variância é decorrente de variação de forças ligadas ao seu próprio mercado. É valido destacar que tal fato corrobora com o teste de causalidade de grange feito anteriormente que apontou para uma exogeneidade dessa variável. Ao se analisar a decomposição da variância é possível verificar que esta em conformidade com os resultados sugeridos no teste causalidade de Grange: o mercado de açúcar sofre uma maior influencia de forças inerentes ao seu mercado responde muito pouco a variações no preço do petróleo e do etanol enquanto a maior parte da variação do erro de previsão do etanol é bastante influenciada por variações no preço do açúcar.

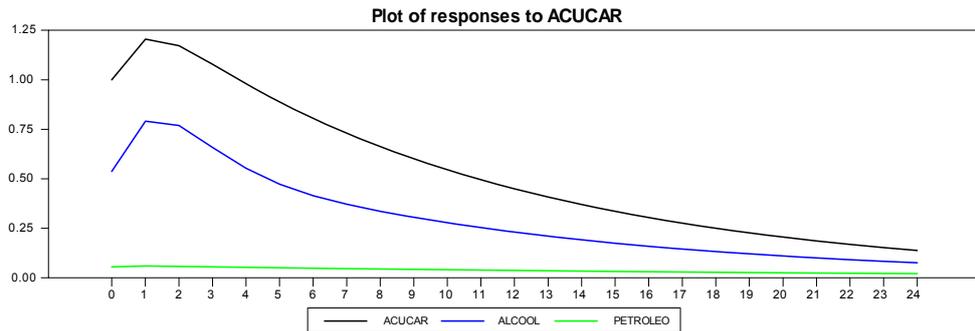
Tabela 7.3: Decomposição das Variáveis Estudadas

Variáveis dependentes	Período	Preço do Açúcar	Preço do Álcool	Preço do Petróleo
Preço do açúcar	1	100.000	0.000	0.000
	5	97.194	0.483	2.323
	10	97.354	0.677	1.969
	15	97.421	0.714	1.865
	20	97.080	0.719	2.200
	25	96.548	0.717	2.735
Preço do etanol	1	28.888	71.112	0.000
	5	53.516	27.647	18.836
	10	49.091	19.264	31.644
	15	47.206	17.025	35.768
	20	46.211	16.153	37.636
	25	45.644	15.763	38.593
Preço do petróleo	1	0.308	0.073	99.619
	5	0.308	0.073	99.619
	10	0.308	0.073	99.619
	15	0.308	0.073	99.619
	20	0.308	0.073	99.619
	25	0.308	0.073	99.619

Fonte: Elaboração Própria

A figura 7 representa as repostas dos preços do álcool e do petróleo a uma variação do preço açúcar. A figura sugere que um choque de um desvio padrão no preço do açúcar acarreta um choque de aproximadamente 0,5 desvios padrões no preço do álcool. Vale notar que essa mudança já acontece no período em que ocorre o choque do preço do açúcar. Esse fato aponta para um impacto imediato do mercado de álcool que através da diminuição da sua oferta gera uma elevação do preço do álcool. Vale ressaltar que quando o preço do álcool começa a reduzir a oferta de etanol responde rapidamente, fazendo com que o preço do etanol ao longo do período decaia. Já o preço do petróleo não é influenciado por choques no preço do açúcar.

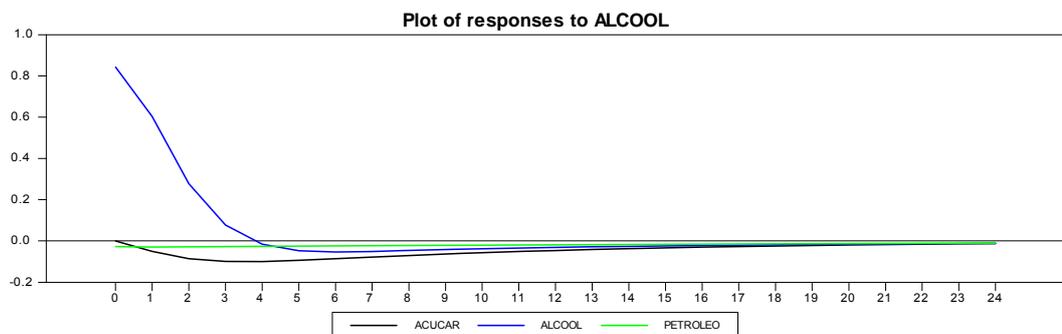
**Figura 8: Repostas dos preços do álcool e do petróleo a uma variação do preço açúcar.**



Fonte: Elaboração Própria

A figura 8 representa a resposta do preço do açúcar e do petróleo aos choques no preço do álcool. Como é possível verificar na figura 2 temos que um choque no preço do álcool tem um efeito muito pouco significativo no preço do açúcar, corroborando assim com análise feita através da decomposição das variâncias. Ou seja, a resposta da oferta de açúcar a um choque no preço do álcool é muito pequena fazendo que a alteração no preço do etanol seja mínima. Em relação ao petróleo, como visto anteriormente essa commodity não é influenciado por alterações no preço do etanol.

**Figura 9: Resposta do preço do açúcar e do petróleo aos choques no preço do álcool**

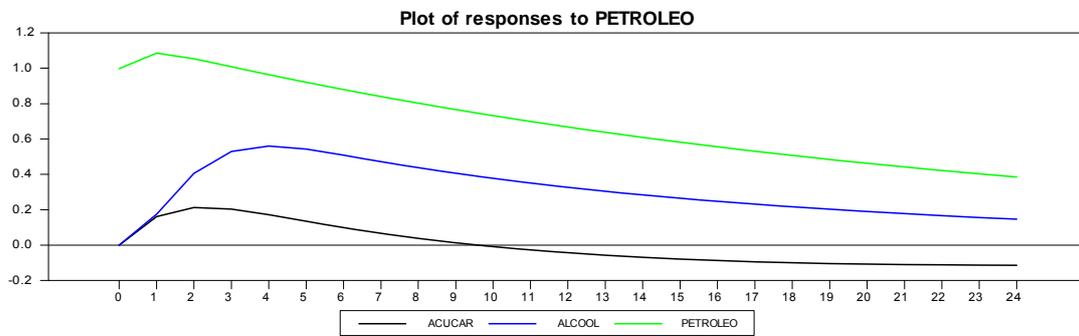


Fonte: Elaboração Própria

A figura 9 diz respeito à resposta dos preços do açúcar e do álcool a choques no preço do petróleo. O gráfico sugere que um aumento de um desvio padrão no preço do petróleo gera no primeiro período após o choque um aumento do preço álcool de 0.2 desvios padrões continua crescendo a taxas decrescentes aproximadamente até o 4º mês. Já o preço do açúcar responde de também próximo a 0.2 desvios padrões que continua aumentando até o 2º mês a taxas decrescentes. Baseado no gráfico podemos concluir que quando ocorre um choque

no preço do petróleo, tanto o mercado de álcool como o mercado de açúcar respondem lentamente através da oferta.

**Figura 10: Resposta dos preços do açúcar e do álcool a choques no preço do petróleo.**



Fonte: Elaboração Própria

## 8 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como principal objetivo analisar se há relação de causalidade entre o preço de etanol e o preço do açúcar no mercado de alagoas utilizando a metodologia de Vetores Autoregressivos. Uma vez que há uma grande preocupação por parte dos países em reduzir à dependência em relação ao petróleo e seus derivados, tornou-se essencial à substituição gradual de fontes de energia mineral não imediatamente renováveis por outras fontes renováveis. Esse apelo energético é de grande importância no contexto ambientalista, já que o uso da energia “verde” permitirá redução significativa dos níveis de poluição atmosférica assim como contribuirá para a redução do efeito estufa. É Nesse cenário que o etanol se destaca como um dos combustíveis promissores já que permitirá uma redução dos níveis de poluição na atmosfera.

Um fator que tem sido o centro de muitas discussões é o fato do aumento da demanda por etanol ter promovido uma mudança na relação entre os mercados de álcool e açúcar no Brasil, já que inflação dos dois mercados gerou uma significativa competição entre eles. Ou seja, uma maior demanda por etanol tem como consequência uma maior produção de cana-de-açúcar para a produção de álcool do que para a fabricação do açúcar, ocasionando assim um aumento do seu preço. Logo esse trabalho focou em analisar o impacto do aumento da demanda de etanol no mercado interno de açúcar.

O teste de causalidade de Grande sugeriu que o preço do etanol não causa o preço do açúcar. Em relação ao preço do petróleo, o teste sugeriu que este causa tanto o preço do açúcar quanto do etanol, mas o contrário não ocorre, ou seja como a cotação do petróleo é uma variável exógena afeta tanto os mercados de açúcar como de etanol, mas estes não são capazes de afetar o preço do petróleo. Esse resultado apontou então para a necessidade de se estimar um Quase-Var. A estimação sugere que o preço do açúcar no mercado alagoano não é afetado pelo preço do álcool. Já o preço do petróleo possui um efeito positivo no preço do açúcar no primeiro período. No que diz respeito ao etanol este sofre influencia positiva do açúcar no primeiro período. O teste também sugere que o preço do petróleo tem um efeito positivo no preço do etanol. A estimação sugeriu que a introdução dos veículos flex no mercado não foi capaz de afetar o mercado de etanol e de açúcar,

uma vez que a gasolina se mostra mais competitiva em relação ao etanol na maior parte dos meses.

Através da decomposição da variância os resultados apontam que a variação preço do açúcar é influenciada predominantemente pelos fatores referentes ao seu próprio mercado e que o petróleo apresenta pouco impacto na variação do açúcar. A decomposição da variância aponta que em períodos mais longos a influencia do preço do etanol sob o mercado de açúcar aumenta. Em relação ao mercado de etanol o que se observa é que com o passar do tempo tanto o açúcar como o petróleo aumentam sua participação na explicação da variância do erro de previsão álcool, com o açúcar sendo o maior responsável por explicar essa variância. O que se verifica também é a diminuição da participação do preço do álcool, mostrando perda de influencia do seu componente autoregressivo. Em relação ao mercado do petróleo quase 100% da sua variância é decorrente de variação de forças ligadas ao seu próprio mercado.

Esse estudo apresenta limitações, pois está direcionado apenas no setor sucroalcooleiro, representando assim o mercado de biocombustíveis como um todo. Contudo é necessária uma análise mais extensa sobre a causalidade do preço do etanol no preço de outros alimentos essenciais. Além disso, seria de grande importância uma análise sobre como o mercado de bicomcombustível em outros países como os Estados Unidos e União Europeia vem afetando outras agriculturas alimentares para que seja possível a partir de então fazer um comparativo com o caso brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br/tabelas.html> Acesso em: 2 de jan. 2008
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo e do Gás Natural** edição 2008. Disponível em: [http://www.anp.gov.br/conheca/anuario\\_2008.asp](http://www.anp.gov.br/conheca/anuario_2008.asp) Acesso em: 24 jul. 2008.
- BABCOK, B. Breaking the Link between Food and Biofuels. **Briefing Paper** 08-BP 53. July 2008. Center for Agricultural and Rural Development. Iowa State University.
- BACCHI, M.R.P. **Formação de preço no setor sucroalcooleiro da Região Centro Sul do Brasil; relação com o mercado de combustíveis fóssil**. 33. Natal: 2005. Disponível em: <http://anpec.org.br/encontro2005/artigos/A05A143>. Acesso em: 20 dez. 2007
- BALCOMBE B.K MORRISSON.J **Commodity Price Transmission**; A critical review of techniques and a application to selected tropical export commodities. Roma FAO, 2002.
- BALCOMBE, K.; RAPSOMANIKIS, G. Bayesian Estimation and selection of nonlinear vector correction models: the case of the sugar-ethanol-oil nexus in Brazil. **American Journal of Agricultural Economics**. 90(3) (August 2008): 658–668
- BANSE, M., H. VAN MEIJL, A. TABEAU, AND G. WOLTJER. 2008. Will EU biofuel policies affect global agricultural markets? **European Review of Agricultural Economics** 35: 117–141.
- BROWN, R.I. **Um esquema para avaliar os impactos de estratégias diversas para etanol: outras substituições e racionalização da demanda de derivados de petróleo**. Ciência e Cultura, v.32, no.8, p.1032-40, ago. 1980.
- BOFF, H.P. O mercado interno de etanol: Estimação do Preço de Equilíbrio..in: 44TH Canadian Economic Association Meeting, 2008.
- CEPEA- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada- ESALQ/USP. Disponível em: <HTTP://CEPEA.ESALQ.USP.BR/>
- COSTA, C.C. **Formação de preços de açúcar e álcool combustível anidro e hidratado no Estado de São Paulo**. 2000. 104p. Dissertação (Mestrado em

Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DINIZ, T. B. A liderança do Brasil no mercado mundial de álcool: uma análise prospectiva. **Revista Brasileira de Comércio Exterior**. Nº 97, Outubro - Dezembro de 2008.

ELOBEID, A. AND S. TOKGOZ. “Removal of U.S. Ethanol Domestic and Trade Distortions: Impact on U.S. and Brazilian Ethanol Markets. **American Journal of Agricultural Economics**, Vol. 90(4), November 2008: 918-932.

ELOBEID, A.; S. TOKGOZ. Removal of U.S. ethanol domestic and trade distortions: impact on U.S. and Brazilian ethanol markets. CARD Working Paper Series 06-WP 427, October, Center for Agricultural and Rural Development, Ames, IA, 2006

ELOBEID, A.; TOKGOZ, S.; HAYES, D. J.; BABCOCK, B. A.; HART, C. E.; The Long-Run Impact of Corn-Based Ethanol on the Grain, Oilseed, and Livestock Sectors: A Preliminary Assessment. **CARD Briefing Paper 06-BP 49**. November 2006.

ENDERS, W. **Applied Econometric Time Series**.Wiley, 1995.

ENDERS, W. **RATS Handbook for Econometric Time Series**.Wiley, 1996.

ENGLE, R.; GRANGER, C. 1987.Cointegration and error correction: representation, estimation and testing. **Econometrica**, 55: 251-276.

EPPLIN, F. M.; CLARK, C. D.; ROBERTS, R. K.; HWANG, S. Challenges to the development of a dedicated energy crop. **American Journal of Agricultural Economics**, 89 (Number 5, 2007): 1296–1302

EISFELD, C. L.; BITTENCOURT, M. V. L.; ALMEIDA, A. N.; SOUZA, V.S. **Análise do Mercado externo da indústria papeleira no estado do Paraná através do modelo devetores auto-regressivos (VAR)**. UFPR 2007

FABIOSA, J. F.; BEGHIN J. C.; DONG F.; ELOBEID, A; TOKGOZ S.; Yu T. **Land Allocation Effects of the Global Ethanol Surge: Predictions from the International FAPRI Model**. Iowa State University, Department of Economics Working Papers Series.Working Paper # 08005. March 2008

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). **Food Outlook**. Disponível em: <<http://www.fao.org/>>. Acesso em 15/02/11

FENG, H.; BABCOCK, B. A. **Impacts of Ethanol on Planted Acreage in Market Equilibrium**. Working Paper 08-WP 472. June 2008. Center for Agricultural and Rural Development. Iowa State University

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja — Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova** vol.28 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2005.

FMI. 2006 World Economic Outlook 2006, Chapter 5: The boom in commodity prices: Can it last?

F.O. Lichts. (2006). —Dry Weather Threat to Sugar and Alcohol in Brazil.” **International Sugar and Sweetener Report** 138(20): 353-358, February 21. 63

GALLAGHER, P.; G. Schamel, H. Shapouri, and H. Brubaker. 2006. The international competitiveness of the U.S. corn-ethanol industry: a comparison with sugar-ethanol processing in Brazil. **Agribusiness**, 22 (1): 109-134.

GIESECKE, J. A.; HORRIDGE J. M.; SCARAMUCCI, J. A. The Downside of Domestic Substitution of Oil and Biofuels: Will Brazil Catch the Dutch Disease? Centre of Policy Studies and the Impact Project. General Paper No.G-169. December, 2007.

GILES, J. A.; WILLIAMS, C. L. (2000) - Export-led Growth: A Survey of the Empirical Literature and Some Noncausality Results, Part 1ll Econometrics Working Paper, EWP0001.

GOES, T.; MARRA, R.; SILVA, G. S. Setor sucroalcooleiro no Brasil: situação atual e perspectivas. **Revista de Política Agrícola**. Ano XVII – Nº 2 – Abr./Maio/Jun. 2008. Págs. 39-51.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; Lucon, O. How adequate policies can push renewables. **Energy Policy** 32 (2004b) 1141–1146

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; NASTARI, P. M.; Lucond, O. Ethanol learning curve—the Brazilian experience. **Biomass and Bioenergy**. 26 (2004a) 301 – 304

- GRANGER, C.W.J. Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification. **Journal of Econometrics**, 9, 1981.
- GUIMARÃES, A. **O Etanol e gasolina são substitutos perfeitos?** 2008 .  
Dissertação ( Mestrado Profissional em Economia ) – Faculdade de Economia – UFCE, Fortaleza.
- GUJARATI, D. **Econometria Básica**. 3ª ed. São Paulo: MAKROW Books, 2000.
- HAMELINCK, C.N., AND A.P.C. FAAIJ. 2006. Outlook for advanced biofuels. **Energy Policy**. 34:3268–83.
- IGNACIUK, A.; VOHRINGER, F.; RUIJS, A.; VAN IERLAND, E.C. Competition between biomass and food production in the presence of energy policies: a partial equilibrium analysis. **Energy Policy** 34 (2006) 1127–1138
- JOHNSTON, J; E DINARDO, J. **Métodos Econométricos**, 4.ª ed., Editora McGraw-Hill de Portugal, Amadora, 2001.
- JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration — with applications to the demand for money. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, 52: 169-210. 1990
- KAMIMURA, A.; SAUER, I. L. The effect of flex fuel vehicles in the Brazilian light road transportation. **Energy Policy** 36 (2008) 1574–1576
- KOIZUMI, T. (2003) The Brazilian Ethanol Programme: Impacts on World Ethanol and Sugar Markets, **FAO Commodity and Trade Policy Research Working Paper** nº 1
- MAPA: **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**. Disponível em: [<HTTP://WWW.AGRICULTURA.GOV.BR/MINISTERIO>](http://www.agricultura.gov.br/ministerio) ACESSO: 01 JAN. 2008.
- MARJOTTA-MAISTRO, **Biocombustíveis: Novos Desafios para o Setor SucroAlcooleiro Nacional**. Publicado no XX Seminário Internacional de Política Econômica. Viçosa, 2008.

MARJOTTA-MAISTRO, M.C. **Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação.** Piracicaba, 2002. 180p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo

MARJOTTA-MAISTRO, M.C. and G.S.C. Barros, **Relações Comerciais e de Preços no Mercado Nacional de Combustíveis**, ESALQ/USP, XL Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural -SOBER., 2002

MARTINES FILHO, J.; BURNQUIST, H. L. e VIAN, C. E. F. Bioenergy and the Rise of Sugarcane-Based Ethanol in Brazil. **CHOICES: The Magazine of Food, Farm, and Resource Issues**. Publication of the American Agricultural Economics Association (AAEA). 2nd Quarter 2006. 21 (2): 91-96.

MELLO, A.; LIMA, R.; MOTA, D. **Uma Análise da Relação entre os Preços dos Biocombustíveis e das Culturas Alimentares no Brasil: O Caso do Setor Sucroalcooleiro**, PIMES/UFPE, XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural -SOBER., 2008

MITCHELL D. Sugar policies: an opportunity for change. In: Aksoy A, Beghin J, editors. *Global agricultural trade and developing countries*. Washington DC, USA: World Bank; 2005.

MORAES, M. A. F. D. **Desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. São Paulo: Caminho Editorial, 2000.

MOREIRA, J. R.; GOLDEMBERG, J. The alcohol program. **Energy Policy** 27 (1999) 229-245

MÜLLER, A.; SCHMIDHUBER, J.; HOOGEVEEN J.; STEDUTO P. **Some insights in the effect of growing bio-energy demand on global food security and natural resources**. In: International Conference: —Linkages between Energy and Water Management for Agriculture in Developing Countries II, Hyderabad, India, 28-31 January 2007.

OECD. *Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels*. Working Paper. Feb, 2006.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). *OECD Economic Outlook*, 2008. Disponível em: <http://www.oecd.org/> Acesso em: 04 dez. 2008.

OLIVEIRA, M. P., J. R. Alencar E G. S. Souza, **Energia Renovável: Uma Análise sobre Oferta e Demanda de Etanol no Brasil**, EMBRAPA.in: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural –SOBER,2008.

PETERS, J.; THIELMANN, S. Promoting Biofuels: Implications for Developing Countries. Ruhr Economic Papers. n. 38. Ruhr-Universität Bochum (RUB), Department of Economics.Germany, 2007.

PINTO JR, H. Q., BICALHO, R. **Flexibilidade, Política Energética e Posições Intertemporais: o caso recente da crise do álcool**. In: XI Congresso Brasileiro de Energia, 2007, Rio de Janeiro. Anais do XI Congresso Brasileiro de Energia, 2007.

RAJAGOPAL, D.; ZILBERMAN, D. Review of environmental, economic and policy aspects of biofuels.Policy Research Working Paper, 4341.The World Bank. September 2007.

RAMOS, P. A evolução da agroindústria canvieira e os mercados de açúcar e de álcool carburante no Brasil: a necessidade de planejamento e controle. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco/Acre, 20 a 23 de julho de 2008.

ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ, L. A. B. Towards PROALCOOL II—A review of the Brazilian bioethanol programme. **Biomass and Bioenergy** Vol. 14, No. 2, pp. 115–124, 1998

SACHS, Ignacy. Os biocombustíveis estão chegando à maturidade. Democracia Viva, No. 29, Dez/Out. 2005.

SANTOS, M.A.; NOGUEIRA, VIDAL, F.; SANTOS, J.A.N. **Situação do Setor Sucroalcooleiro no Nordeste: Estruturação da Cadeia Produtiva, Produção e Mercado**. in: XLIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural –SOBER.

SCHMIDHUBER, J. Biofuels: an emerging threat to Europe's food security? NotreEurope, PolicyPaper. n. 27. May 2007.

SHIKIDA, P.F.A.; BACHA, C.J.C. Uma análise econométrica preliminar das ofertas de açúcar e álcool paranaenses. Revista de Economia Agrícola, São Paulo, v.54, n.1, p. 21-32, jan/jun. 2007.

SILVA, C. M. S.; ALMEIDA, E. L. F.; Formação de um mercado internacional de etanol e suas inter-relações com os mercados de petróleo e açúcar. In: CBE, 16 a 18 de agosto de 2006, Rio de Janeiro.

SILVÉRIO, P. Avaliação do impacto dos veículos flex na elasticidade-preço demanda por etanol no Estado do Rio de Janeiro entre 2001 e 2007. IE/UFRJ. 2007.

SMEETS, E.; JUNGINGER, M.; FAAIJ, A.; WALTER, A. Dolzan; P. Turkenburg, W. The sustainability of Brazilian ethanol—An assessment of the possibilities of certified production. **Biomass and Bioenergy**, 32 (2008) 781– 813 65

SORDI, J.C. Os efeitos dos custos de transporte na liberação dos preços: o caso do álcool hidratado no Brasil. Maringá, 1997. 159p. Dissertação (M.S) – Universidade Estadual de Maringá.

SOUZA, G. S.; ALVES, E.; GOMES, E. G.; GAZZOLA, R.; MARRA, R. Substituição de culturas uma abordagem empírica envolvendo cana-de-açúcar, soja, carne bovina e milho. **Revista de Política Agrícola**. Ano XVI – Nº 2 – Abr ./Maio/Jun. 2007

TAT TAN, K.; LEE, K. T.; MOHAMED, A. R. Role of energy policy in renewable energy accomplishment: The case of second-generation bioethanol. *Energy Policy* 36 (2008), p. 3360-3365.

TETTI, L. M. R. Protocolo de Kyoto: Oportunidades para o Brasil com Base em seu Setor Sucroalcooleiro; Um Pouco da História da Questão —Mudanças Climáticas e Efeito Estufal. In: MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de; SHIKIDA, Pery Francisco Assis (Orgs). **AgroindústriaCanavieira no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2002. 367p. Cap. 9, 199-213.

TOKGOZ, S. e ELOBEID, A. An analysis of the link between ethanol, energy, and crop markets. Iowa State University Working Paper 06-WP 435. 2006.

WEIDENMIER, M. D.; DAVIS, J. H.; DIAZ, R. A. IS Sugar Sweeter at the Pump? The Macroeconomic Impact of Brazil's Alternative Energy Program. NBER Working Papers. Working Paper 14362. September 2008.

ÚNICA—União da Indústria de Cana de Açúcar. Disponível em: <http://www.unica.com.br> Acesso em 10 jul. 2008

USDA–Sugar and Sweeteners Outlook, SSS-249, June 4, Economic Research Service,2007

ZHANG Z.; VEDENOV D.; WETZSTEIN, M. Can the U.S. ethanol industry compete in the alternative fuels market? **Agricultural Economics**. Volume 37, Issue 1, Date: July 2007, Pages: 105-112

## APÊNDICE

<b>Variavel dependente-Açucar</b>				
<b>Variavel explicativa</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>t-student</b>	<b>Significancia</b>
Constante	0.0778809	0.355925971	0.21881	0.82717128
ACUCAR{1}	1.224568961	0.106588909	11.48871	0.00000000
ACUCAR{2}	-0.265523691	0.108758978	-2.4414	0.01610238
ALCOOL{1}	-0.068534555	0.134338077	-0.51016	0.61088099
ALCOOL{2}	0.008884575	0.124786819	0.0712	0.94335967
PETROLEO{1}	0.150136508	0.088518161	1.69611	0.0924797
PETROLEO{2}	-0.14285617	0.095689476	-1.49291	0.13810626
DUMMY	0.037102954	0.029533047	1.25632	0.21146075
<b>Variavel dependente-Etanol</b>				
<b>Variavel explicativa</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>t-student</b>	<b>Significancia</b>
Constante	1.340838378	0.278751944	-4.81015	0.000000446
ACUCAR{1}	0.307438227	0.083447766	3.68288	0.00034822
ACUCAR{2}	-0.158419547	0.085177197	-1.85988	0.06537152
ALCOOL{1}	0.722046583	0.10521008	6.8629	0.00000000
ALCOOL{2}	-0.157263883	0.097729784	-1.60917	0.11022882
PETROLEO{1}	0.129814697	0.069325116	1.87255	0.0635849
PETROLEO{2}	0.01925098	0.074941504	0.25688	0.79771495
DUMMY	0.006109524	0.023129513	0.26414	0.79212579
<b>Variavel dependente-Petroleo</b>				
<b>Variavel explicativa</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>t-student</b>	<b>Significancia</b>
Constante	0.187427117	0.088819504	2.1102	0.03685046
PETROLEO{1}	1.087648728	0.088951422	12.22745	0.0000
PETROLEO{2}	-0.126596867	0.087812901	-1.44167	0.15191741