

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA  
NÍVEL MESTRADO

GUSTAVO BERTOTTI

**O IMPACTO DOS DETERMINANTES DA OFERTA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO  
BRASIL NO PERÍODO 1995 A 2009**

São Leopoldo (RS)

2012

Gustavo Bertotti

**O IMPACTO DOS DETERMINANTES DA OFERTA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO  
BRASIL NO PERÍODO 1995 A 2009**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Orientadora: Profa. Dra. Angélica Massuquetti

Co-Orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Caputi Lelis

São Leopoldo (RS)

2012

Gustavo Bertotti

**O IMPACTO DOS DETERMINANTES DA OFERTA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL NO  
BRASIL NO PERÍODO 1995 A 2009**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia, pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos.

Aprovado em 29/03/2012

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dra. Angélica Massuquetti (Orientadora) – Unisinos

---

Dr. Marcos Tadeu Caputi Lélis (Co-Orientador) – Unisinos

---

Dr. Tiago Wickstrom Alves – Unisinos

---

Dr. Divanildo Triches – Unisinos

---

Dr. Augusto Mussi Alvim – PUCRS

Professora Dra. Angélica Massuquetti (orientadora)

Visto e permitida a impressão

São Leopoldo,

Professor Dr. Tiago Wickstrom Alves  
Coordenador Executivo PPG em Economia

*Dedico esta dissertação aos meus pais,  
Paulo Roberto Bertotti e Solange Pizzolatto  
Bertotti, e minha irmã, Renata Pizzolatto  
Bertotti.*

## AGRADECIMENTOS

Ao refletir sobre tudo que o Mestrado me proporcionou em termos pessoais e profissionais, é com muita satisfação que agradeço aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha orientadora, professora Doutora *Angélica Massuquetti*, pelo apoio constante ao longo de todo o Curso e pelas correções e contribuições neste estudo. Não tenho palavras para explicar o quanto você foi fundamental para minha formação como economista e saiba que sempre serei grato pelo apoio, incentivo e projetos que tivemos a honra de dividir.

Agradeço também ao meu co-orientador, professor Doutor *Marcos Tadeu Caputi Lélis*, pelas aulas de econometria e pelas correções e contribuições nas análises da dissertação. Nesse mesmo sentido, agradeço a todos os professores do Mestrado: *André Filipe Zago de Azevedo*, *Carlos Eduardo Schönerwald da Silva*, *Divanildo Triches*, *Igor Alexandre Clemente de Moraes* e *Tiago Wickstrom Alves*.

Agradeço também à *Maristela Kirst de Lima Girola* e ao Programa de Pós-Graduação de Economia, pelo apoio, atenção e profissionalismo nas questões relacionadas ao Curso. Agradeço também à comunidade acadêmica e à estrutura da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), que foram fundamentais em minha formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro e por possibilitar a realização desse Mestrado.

Agradeço ao meu primo, Economista Mestre *Mosar Leandro Ness*, pelo incentivo, auxílio no processo seletivo e principalmente por nunca ter me deixado desistir desse sonho.

Em especial, gostaria de agradecer ao meu colega, economista *Eduardo Trapp Santarossa*, pelo companheirismo e parceria que tivemos ao longo dessa caminhada. Orgulho-me muito de poder ter contato com você nesse período e fico feliz pela amizade que construímos e com certeza saiba que teremos mais desafios pela frente.

Ao Grupo Voges, em especial ao presidente *Oswaldo Voges*, por me permitir e incentivar a alcançar esse objetivo. Gostaria de agradecer a confiança e a compreensão que tiveram comigo ao longo desses dois anos. Agradeço também à

minha colega de trabalho, *Celia Fernanda Facchin*, pelo apoio e suporte que foram imprescindíveis para a conclusão dessa jornada.

Ao meu professor de graduação, Mestre *Miguel Câmara Canto*, pelas primeiras aulas de econometria e noções de estatística aplicada.

Aos meus amigos e todas as pessoas especiais que contribuíram de forma direta para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Este estudo tem como objetivo mensurar o impacto dos determinantes da oferta de açúcar e álcool no Brasil com o intuito de captar a intensidade e a duração que as oscilações de preços e de produções transmitem para o mercado brasileiro. O período analisado está inserido na fase pós-desregulamentação do setor sucroalcooleiro, no qual os preços passaram a ser determinados de acordo com as regras de livre mercado e o governo, por sua vez, passou a exercer uma função secundária na regulação do setor. Nesse sentido, o modelo econométrico proposto para o presente estudo consiste no método de vetor auto-regressivo com mecanismo de correção de erro (VEC), com base em séries temporais trimestrais compreendidas entre o período de 1995 a 2009. Para uma melhor compreensão das análises, primeiramente apresentou-se, nos primeiros capítulos, uma revisão dos conceitos históricos e teóricos que abordam os principais fatores condicionantes da oferta de açúcar e álcool no Brasil. Posteriormente, analisou-se, através dos testes de causalidade de Granger e funções de impulso resposta (FIR), a precedência entre as variáveis compreendidas nos modelos, bem como o impulso que uma variável exerce sobre as demais. Por fim, com base nos testes apresentados, chegou-se à conclusão que o modelo B com quatro defasagens apresentou os resultados mais coerentes e conclusivos em relação ao embasamento teórico e à dinâmica do setor. Dentre os principais resultados, fica evidenciada a relação positiva do açúcar e do álcool em relação à determinação de suas ofertas, no sentido de que o aumento da oferta de um produto gere no mesmo sentido a expansão do outro. Adicionalmente, os comportamentos das variáveis de preços, em parte, apresentaram resultados condizentes com a realidade do setor e na maioria dos impulsos corresponderam com os sinais esperados. As exportações de açúcar e taxa de câmbio impactam positivamente na renda recebida pelo produtor e inferem positivamente para a expansão da oferta brasileira de açúcar.

**Palavras-chave:** Oferta brasileira de açúcar e álcool; Setor Sucroalcooleiro; Mecanismo de correção de erros (VEC).

## ABSTRACT

This study has the objective to measure the impact of the determinants for the supply of sugar and alcohol in Brazil, with the intention to capture the duration of the oscillations of prices and production influences to the Brazilian market. The analyzed period is inserted in the post-deregulation phase of the alcohol –sugar sector, in which the prices started to be determined according to the rules of free market, and the government itself started to play a secondary role in the regulation of the sector. At this point the econometric model proposed for the following study consists of a vector auto-regressive model with an error correction mechanism based on quarterly temporal series within the period of 1995 to 2009. For a better comprehension of the analysis, initially it is introduced in the first chapters a review of historical and theoretical concepts that deal with the main conditioning factors of sugar and alcohol offer in Brazil. Afterwards, it was analyzed through Granger causality tests and the impulse response function (IRF) the precedence among the variables comprehended in the models, as well as the impulse that a variable applies over the others. At last based on the tests presented it has got to the conclusion that the model B with four lags, showed the most coherent and conclusive results concerning the theoretical support and the dynamics of the sector. Among the main results it is evident the positive relationship of sugar and ethanol concerning the determination of its offers, at the sense that the increase one product generates, at the same point, the expansion of the other. In addition the behaviors of the variables of prices, in part presented results in agreement to the expected signals. The sugar exports and exchange rate impact positively in the income received by the producer and infer positively for the expansion of the Brazilian sugar offer.

**Key-words:** Brazilian offer of sugar and alcohol; Sugarcane sector; Error correction mechanism (VEC).

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema agroindustrial da cana de açúcar .....	25
Figura 2: Raízes inversas – modelo A com quatro defasagens .....	50
Figura 3: Raízes inversas – modelos B e C com quatro defasagens .....	50
Figura 4: Resposta a um impulso generalizado na variável exportação brasileira de açúcar (X_AC) para o modelo A .....	55
Figura 6: Resposta a um impulso generalizado na variável produção brasileira de açúcar (S_AC) para o modelo A .....	58
Figura 7: Resposta a um impulso generalizado na variável produção brasileira de álcool (S_ALC) para o modelo A .....	59
Figura 8: Resposta a um impulso generalizado na variável preço recebido pelo produtor de cana de açúcar (PR_CAN) para o modelo A.....	61
Figura 9: Resposta a um impulso generalizado na variável preço do álcool (P_ALC) para o modelo A .....	62
Figura 10: Resposta a um impulso generalizado na variável taxa de câmbio (EXC_R) para o modelo A .....	63
Figura 11: Resposta a um impulso generalizado na variável exportação brasileira de açúcar (X_AC) para o modelo B .....	65
Figura 13: Resposta a um impulso generalizado na variável produção brasileira de álcool (S_ALC) para o modelo B .....	68
Figura 14: Resposta a um impulso generalizado na variável preço recebido pelo produtor de cana de açúcar (PR_CAN) para o modelo B.....	70
Figura 15: Resposta a um impulso generalizado na variável preço do açúcar no varejo (PV_AC) para o modelo B .....	71
Figura 16: Resposta a um impulso generalizado na variável preço do álcool (P_ALC) para o modelo B .....	73
Figura 17: Resposta a um impulso generalizado na variável preço da gasolina (P_GAS) para o modelo B .....	74
Figura 18: Resposta a um impulso generalizado na variável taxa de câmbio (EXC_R) para o modelo B .....	75

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1: Produção de açúcar no Brasil – 1990/1991-2009/2010 .....</b>	<b>23</b>
<b>Gráfico 2: Preço internacional do açúcar – 1990-2009.....</b>	<b>26</b>
<b>Gráfico 3: Produção de veículos a álcool e <i>flex-fuel</i> – 1990-2009.....</b>	<b>28</b>

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estudos empíricos sobre os determinantes da oferta de açúcar e álcool.....	37
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção brasileira de álcool anidro e hidratado – 1990/1991-2009/2010 .....	27
Tabela 2: Principais produtores mundiais de etanol – 2003-2008 .....	29
Tabela 3: Principais destinos das exportações brasileiras de açúcar – 1998-2008.....	31
Tabela 4: Exportações brasileiras de açúcar – 1990-2010.....	32
Tabela 5: Teste de raiz unitária ADF em nível.....	47
Tabela 6: Testes de auto correlação <i>Lagrange Multiplier</i> (LM-Test).....	48
Tabela 7: Testes de <i>Akaike</i> e <i>Schwarz</i> para os modelos A, B e C .....	49
Tabela 8: Teste de causalidade de Granger para o modelo A.....	52
Tabela 9: Teste de causalidade de Granger para o modelo B.....	53
Tabela 10: Principais resultados FIR do modelo A.....	64
Tabela 11: Principais resultados do modelo B .....	76

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE OS DETERMINANTES DA OFERTA DE AÇÚCAR E ALCOOL</b>	<b>17</b>
2.1 A TEORIA DE OFERTA AGRÍCOLA .....	17
2.2 A PRODUÇÃO BRASILEIRA DE AÇÚCAR E ALCOOL .....	22
2.3 A ESTRUTURA DO MERCADO INTERNACIONAL DE AÇÚCAR E AS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS.....	30
2.4 ESTUDOS EMPIRÍCOS SOBRE OS DETERMINANTES DA OFERTA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL.....	33
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>40</b>
3.1 FONTE E TRATAMENTO DOS DADOS.....	40
3.1.1 Produção de açúcar (S_AC) e produção de álcool (S_ALC) .....	40
3.1.2 Exportação de açúcar (X_AC).....	40
3.1.3 Preço recebido pelo produtor de cana (PR_CAN) .....	41
3.1.4 Preço do açúcar no varejo (PV_AC) .....	41
3.1.5 Preço do açúcar no mercado internacional (PI_AC) .....	41
3.1.6 Preço do álcool (P_ALC) e preço da gasolina (P_GAS) .....	41
3.1.7 Taxa de câmbio (EXC_R).....	41
3.1.8 Preço do açúcar ponderado (PAC_POND2), preço do álcool ponderado (P_ALC_POND) e preço da gasolina ponderada (P_GAS_POND) .....	41
3.2 DEFINIÇÃO DO MODELO ECONOMÉTRICO .....	42
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
4.1 TESTES DE ESPECIFICAÇÃO.....	47
4.2 ANÁLISE DOS TESTES DE CAUSALIDADE DE GRANGER.....	51
4.3 APLICAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS DAS FUNÇÕES IMPULSO RESPOSTA .....	54
4.3.1 Funções de impulso resposta para o modelo A .....	54
4.3.2 Funções de impulso resposta para o modelo B .....	64
4.3.3 Comparação e análise dos resultados dos modelos A e B.....	76
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O complexo agroindustrial canavieiro constitui-se na mais antiga atividade econômica do Brasil. O cultivo da cana e a fabricação do açúcar eram atividades econômicas tradicionais no Brasil colonial, sendo esse o primeiro produto básico de exportação a partir do final do século XVI (SUZIGAN, 2000). A região Nordeste do país, mais especificadamente a Zona da Mata, foi à principal produtora de açúcar durante o período colonial, perdendo sua hegemonia para a região Centro-Sul somente em meados do século XX. Dentre os principais autores que descrevem a cultura canavieira no Brasil, destacam-se Prado Junior (1981), Suzigan (2000), Baer (2002), Furtado (2003) e Vian (2003).

O complexo canavieiro nacional passou por diversas fases<sup>1</sup> de expansão da produção, que possibilitaram uma contínua elevação da capacidade produtiva e um aumento das áreas ocupadas para o cultivo da cana. Segundo Furtado (2003), após a Independência do país, o Estado adotou uma política mais liberal, deixando a comercialização do setor sob a responsabilidade da iniciativa privada. Este fato gerou incentivos pontuais para as exportações e a modernização tecnológica (ALVES, 2002).

A partir da década de 1930, o setor sucroalcooleiro enfrentou diversas oscilações de preços decorrentes das incertezas do mercado internacional. Este período também foi marcado pelo aumento da importância da região Centro-Sul, especialmente com a concentração da produção no estado de São Paulo após a criação do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), em 1933. O IAA teve como objetivo resolver o problema da superprodução da indústria canavieira através do planejamento e do controle da produção, adequando-os às necessidades do consumo e favorecendo os investimentos tecnológicos. No final da década de 1940, a região Centro-Sul já produzia mais açúcar de usina que a região Nordeste, fato este que se deu devido à auto-suficiência da indústria paulista. Ressalta-se, ainda, que o protecionismo governamental conteve parcialmente as crises no setor sucroalcooleiro, já que as políticas adotadas pretendiam garantir os níveis adequados de preços para os produtores competirem no mercado internacional.

---

<sup>1</sup> Os ciclos da produção canavieira brasileira podem ser observados no Anexo 1.

Todavia, as medidas econômicas consistiam, principalmente, em políticas cambiais (desvalorização cambial) e políticas de incentivos fiscais (ALVES, 2002).

Após a década de 1940, a agroindústria canavieira passou por diversas inversões políticas decorrentes do deslocamento da produção açucareira da região Nordeste para o Centro-Sul do país, o que podem ser em parte explicadas pela erradicação dos cafezais<sup>2</sup> no estado São Paulo<sup>3</sup>. Na década de 1960, alguns fatores conjunturais alteraram as perspectivas do setor, dentre eles destaca-se a Revolução Cubana, que excluiu Cuba do mercado preferencial estadunidense, abrindo mercado para os produtores nordestinos, que até então eram dependentes da demanda do Centro-Sul e da demanda externa. Costa (2003) destaca que apesar das intensas flutuações nas ofertas e nos preços mundiais no curto prazo, os excedentes nordestinos não seriam suficientes para atender às crescentes demandas do mercado açucareiro.

No início da década de 1970, verificou-se um grande fomento estatal às exportações, assim como programas de melhoria de produtividade e de racionalização da produção. Segundo Baer (2002), a partir do primeiro choque do petróleo em 1973 e 1974, o Brasil passou a reagir através da continuidade de programas destinados à substituição das importações, que possibilitaram maiores investimentos em projetos de infraestrutura com intuito de facilitar a diversificação das exportações. Neste contexto, vários programas foram criados, dentre eles o Programa de Racionalização da Agroindústria Açucareira, no ano de 1971, que foi substituído pelo Programa de Apoio à Agroindústria Açucareira, no ano de 1973, e, em seguida, pelo Programa Nacional do Álcool (Proálcool)<sup>4</sup>, em novembro de 1975. Conforme Furtado (2000), o Proálcool tornou-se o maior projeto de energia alternativa do mundo, elevando a participação do álcool anidro e hidratado na área de combustíveis líquidos, que era de 1,2%, em 1978, para 8,1%, em 1984. A partir de 1985, o controle da inflação passou a ser um dos principais objetivos do governo

---

<sup>2</sup> Segundo Prado Junior (2000), o desenvolvimento da lavoura cafeeira no Brasil foi muito irregular devido ao crescimento não uniforme e à expansão de diversos setores na economia, ou seja, o progresso quantitativo não foi acompanhado pelo progresso qualitativo.

<sup>3</sup> De acordo com Alves e Bacchi (2004), os fatores que também favoreceram a rápida expansão da região Centro-Sul do Brasil foram as melhores condições climáticas e as vantagens relativas de preços e custos de produção.

<sup>4</sup> O Proálcool teve duas fases oriundas dos dois grandes choques do petróleo: a primeira, de incremento da mistura álcool-gasolina, entre 1975 e 1978; e a segunda, de incremento da produção de álcool hidratado para a utilização em carros movidos, exclusivamente, com este combustível, a partir de 1979 (COSTA, 2003).

brasileiro, o qual estabeleceu a rigidez dos preços dos combustíveis e do açúcar como critério de contenção dos preços (NOGUEIRA, 2011).

Nos primeiros anos da década de 1990, deu-se início ao processo de desregulamentação dos produtos do setor sucroalcooleiro por meio da liberação do preço do açúcar, que se estendeu para o preço do álcool anidro e, posteriormente, para os preços da cana de açúcar e do álcool hidratado. Neste contexto, os preços do setor sucroalcooleiro passaram a ser determinados de acordo com as regras de livre mercado e, desde então, o setor tem passado por profundas transformações em um período relativamente curto de tempo (ALVES, 2002).

O setor sucroalcooleiro, entre as safras de 1997/1998 e 1998/1999, passou por uma crise decorrente da queda dos preços do açúcar no mercado internacional, resultando em uma redução nas exportações e um acúmulo nos estoques de álcool, atingindo o montante de 1,8 bilhões de litros, na safra de 1997/1998. Logo, os excedentes de produção do açúcar e do álcool foram absorvidos no início do ano 2000, devido à retomada no setor externo, o que proporcionou um crescimento das exportações brasileiras na ordem de US\$ 2 bilhões, no ano de 2002 (VIAN, 2003).

Atualmente, a agroindústria canavieira brasileira possui grande importância no contexto econômico, ocupando uma posição de destaque no comércio internacional ao produzir, em escala industrial, tanto o açúcar quanto o álcool e, mais recentemente, a energia elétrica co-gerada do bagaço da cana. Segundo dados da UNICA (2010), na safra de 2008/2009, o Brasil produziu, aproximadamente, 569 milhões de toneladas de cana de açúcar, movimentando, na economia, aproximadamente, R\$ 51 bilhões e gerando mais de 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos.

Com base nesse cenário e considerando a importância da produção do setor sucroalcooleiro na economia, bem como sua inserção no mercado internacional, justifica-se o estudo da dinâmica da produção brasileira do açúcar e do álcool. Adicionalmente, o álcool pode ser visto como fonte de energia renovável, já que, em parte, pode substituir uma fração futura da energia gerada por combustíveis fósseis.

Destaca-se, ainda, que os demais estudos que abordam o tema tendem a analisar a inter-relação de preços entre as diferentes regiões do mercado interno brasileiro e não possuem um enfoque sobre a inter-relação dos produtos do setor brasileiro com o mercado externo, com base na ótica da oferta. Além disso, não

mensuram os impactos de preços e *proxies* de lucratividade, os quais se tornaram os principais problemas de pesquisa.

O objetivo geral, portanto, é mensurar o impacto dos determinantes da oferta de açúcar e álcool no Brasil, no período 1995-2009, com intuito de captar a intensidade e a duração que as oscilações de preços e de produções transmitem para o mercado. Ademais, busca-se analisar a relação de outras variáveis que podem impactar o setor, tais como a taxa de câmbio e o preço da gasolina. Em relação ao mercado internacional, busca-se analisar o mercado exportador brasileiro e sua influência sobre a formação dos preços internacionais do açúcar, pois, atualmente, o Brasil caracteriza-se como um dos principais produtores mundiais.

Nesse sentido, além da parte introdutória descrita neste capítulo, o presente trabalho está estruturado em mais quatro capítulos, sendo que o segundo refere-se aos aspectos teóricos sobre os determinantes da oferta de açúcar e álcool, o qual parte de uma abordagem dos principais aspectos relacionados com a oferta da firma. Posteriormente, descrevem-se alguns aspectos gerais do setor sucroalcooleiro brasileiro. No terceiro capítulo, são definidas as variáveis, as expectativas e o modelo econométrico a serem utilizados para as análises propostas. Já em relação ao quarto capítulo aplicam-se os testes de especificações, os quais passam a validar estatisticamente os melhores modelos. Também são apresentados os modelos determinados para a estimação dos resultados e os testes de causalidade de Granger. Por fim, no quinto capítulo apresentam-se as considerações finais e sugestões de estudos futuros.

## 2 ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE OS DETERMINANTES DA OFERTA DE AÇÚCAR E ALCOOL

Este capítulo tem como objetivo apresentar as principais questões teóricas e empíricas relacionadas com a oferta de açúcar e álcool no Brasil. Na primeira seção busca-se, por meio da literatura econômica, mensurar as principais variáveis condicionantes da curva de oferta, descrevendo os fatores e os deslocamentos da oferta específicos para o setor agrícola. Na segunda seção, apresenta-se uma descrição do complexo agroindustrial brasileiro de açúcar e álcool e do crescimento da produção de veículos *flex-fuel*. Na terceira seção, procura-se destacar a estrutura do mercado internacional de açúcar e a importância das exportações brasileiras. Por fim, na última seção são analisados alguns estudos relacionados à estrutura do mercado de açúcar e álcool brasileiro.

### 2.1 A TEORIA DE OFERTA AGRÍCOLA

O referencial teórico deste estudo, de modo geral, está fundamentado na teoria microeconômica de oferta da firma, que relaciona os preços como um fator determinante na tomada decisão do produtor. A função oferta consiste matematicamente numa relação hipotética ou real entre as variáveis, onde as variáveis independentes ou explicativas são responsáveis pelo comportamento da variável dependente. Segundo Varian (2001), a função de oferta de uma empresa é uma função direta dos custos de produção e dos preços  $Q_o = f(P, CP)$  e, logo, a decisão de oferta de uma empresa competitiva para maximização dos lucros é dada pela relação 1:

$$\text{Max } (f(x)) = \max (p(y) - c(y)) \quad (1)$$

Onde, a maximização dos lucros da firma é a diferença entre suas receitas ( $py$ ) e seus custos ( $cy$ ).

Desta forma, pode-se assumir que a derivação da curva de oferta decorre das alterações nas quantidades de bens e serviços que os produtores desejam ofertar

a determinado preço relativo. Por sua vez, a curva de oferta, geralmente, possui uma inclinação crescente devido a sua relação positiva com os preços, ou seja, quanto maior o preço, maior será a quantidade que os ofertantes estarão dispostos a vender. Segundo Besanko e Braeutigam (2004), além do preço, os fatores de produção, como mão-de-obra e matérias-primas, também possuem relevância na determinação da oferta, onde os produtores visarão obter o máximo de satisfação com o mínimo de custo. Sendo assim, o limite mínimo do preço para que haja oferta é o custo de produção e qualquer preço superior ao custo mínimo determinará os níveis de oferta. Para Thompson Jr. (1998), a quantidade de um item que qualquer vendedor ou grupo de vendedores decide vender no mercado em um ponto qualquer do tempo é sempre condicionada por vários fatores, como: custos, condições de concorrência, capacidade tecnológica e expectativas a respeito das condições futuras de mercado.

Em relação aos custos de produção, Varian (2001) destaca que a variação de custo decorrente das alterações de produção de uma firma é determinada pela curva de custo marginal (CMg). O CMg representa a razão entre a variação do custo total dada uma variação na quantidade ofertada, logo essa relação pode ser expressa pela equação 2:

$$CMg_x = \frac{\Delta c(y)}{\Delta y} = \frac{c(y + \Delta y) - c(y)}{\Delta y} \quad (2)$$

Se a variação na produção for de uma única unidade, o custo marginal parecerá uma simples mudança nos custos, mas, na verdade, será uma taxa de variação quando aumentar a produção em uma unidade (VARIAN, 2001). A variação da receita resultante de um aumento do produto em uma unidade é denominada de receita marginal (RMg), ou seja,  $RMg = \Delta RT / \Delta P$ , onde  $p(x)$  é o preço unitário quando a produção da firma é de  $x$  unidades. Logo,  $R(x)$  é função de  $p(x) \cdot x$ .

Dadas as relações acima, o processo de maximização dos lucros parte da função  $\Pi(x) = R(x) - C(x)$ , onde  $\Pi$  é usado para representar o lucro entre a receita e o custo para qualquer nível de produção  $x$ . Segundo Simon e Blume (2004), o

objetivo do produtor é escolher o nível de produção  $x$  que maximiza o seu lucro<sup>5</sup>. Logo, o nível de produção ótimo  $x$  pode ser representado pela seguinte expressão:

$$\frac{d\Pi}{dx}(x^*) = \frac{dR}{dx}(x^*) - \frac{dC}{dx}(x^*) = RMg(x^*) - CMg(x^*) = 0 \quad (3)$$

ou

$$RMg(x^*) = CMg(x^*) \quad (4)$$

Simon e Blume (2004) ressaltam, ainda, que se o produtor receber mais pela unidade adicional do que essa unidade vai acrescentar ao seu custo ( $RMg > CMg$ ), logo, essa unidade adicional vai aumentar o lucro da firma. Já se o custo de produzir uma unidade adicional é maior do que a receita que essa unidade vai conseguir no mercado ( $CMg > RMg$ ), logo, a produção dessa unidade adicional reduzirá diretamente o lucro da empresa. Varian (2001) conclui que o empresário varia a quantidade ofertada de acordo com a variação do preço ao longo da curva de custo marginal. Por essa definição, a curva de custo marginal torna-se a curva de oferta da empresa no curto prazo.

Com base na teoria microeconômica de oferta da firma, a oferta agrícola, usualmente, é caracterizada pelo somatório individual da oferta de cada produtor, onde a mesma pode ser especificada em função dos preços relativos, das condições climáticas e do processo tecnológico. Brandt (1970) afirma que a formação de preços relativos no setor agrícola depende, principalmente, da elasticidade da oferta, ou seja, quanto mais específico for o emprego dos fatores na produção, menos elástica será a função oferta do produto. Essa relação ocorre devido aos fatores agrícolas (terra, bens de capital, safra etc.) serem específicos para o setor, tornando a produção agrícola inelástica em relação à produção industrial, comercial ou de serviços. Os preços relativos são obtidos pela comparação entre os preços recebidos pelos agricultores e os preços pagos aos fatores de produção. Se o preço do produto aumentar apenas para uma firma, a quantidade adicional dos fatores de produção poderá ser obtida a preços constantes. Pastore (1973) ressalta que se

---

<sup>5</sup> De acordo com os pressupostos neoclássicos, os indivíduos são racionais em suas decisões e escolhas e, logo, podem prever e decidir sobre acontecimentos futuros a partir das informações disponíveis e seu comportamento visa a maximização de preços e lucros (VIAN, 2003).

todas as firmas tentassem aumentar a produção simultaneamente, o aumento da demanda dos fatores provocaria a elevação de seus preços. O aumento do preço do produto provoca o crescimento dos preços dos fatores de produção, tornando a curva de custo marginal mais inclinada e resultando em uma redução da elasticidade preço da oferta.

Segundo Brandt (1970), uma das principais características dos preços agrícolas é sua extrema variabilidade ao longo do tempo. Tais variações são atribuídas, principalmente, por flutuações temporárias na oferta ocasionadas por variações climáticas, dos custos produtivos, logísticas etc. De acordo com Costa (2003), a instabilidade da produção agrícola, especialmente decorrente de variações climáticas, reflete diretamente nas oscilações da oferta dos produtos agro-industriais finais. No setor agrícola, não há como reduzir voluntariamente a oferta dos produtos devido, principalmente, aos processos de colheita e de industrialização estarem, muitos casos, vinculados às relações contratuais.

Para Vian (2003), devido ao setor agrícola ser um segmento produtivo dependente de fatores incontroláveis, como clima e pragas, a coordenação via preços não é sempre a mais adequada. O autor destaca que, em parte, essa ação desestimula o mercado, já que na maioria das vezes é necessária a intervenção do governo na regulação dos preços ou na concessão de subsídios. Contudo, as oscilações na oferta agrícola também podem decorrer das variações dos preços dos bens substitutos, do número de firmas e de produtores, das expectativas em relação ao futuro, do número de hectares plantados e do nível tecnológico.

A inovação tecnológica é um importante fator de mudanças na oferta agrícola no longo prazo, pois permite que um maior nível de produção possa ser obtido com menor quantidade de recursos totais, medidos em termos reais. Entretanto, a tecnologia poderá ser economicamente viável se provocar um aumento da produção ou lucro, proporcionalmente, maior do que a elevação no custo total, de tal modo que resulte em uma redução dos custos unitários. Vian (2003) ressalta que no setor agrícola, a teoria de produção torna-se uma ferramenta fundamental de análise das opções tecnológicas, onde a mesma possibilita evidenciar os ganhos de escala produtiva, determinando o nível ótimo de produção com base nos cálculos de custos, de preços e da margem de lucros. De acordo com Cirani e Moraes (2010), os grandes investimentos tecnológicos introduzidos na produção agrícola constituem-se de máquinas, equipamentos, defensivos agrícolas e fertilizantes químicos. Todavia,

cada vez mais o setor agrícola tem buscado a utilização de novas tecnologias<sup>6</sup> com base na produção sustentável, contribuindo para a preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, para uma maior competitividade no mercado mundial.

A função de produção agrícola, portanto, expressa a relação entre a produção da firma e os insumos usados nos processos produtivos derivados da curva de transformação produto, que estipula os recursos usados na agricultura. Quanto mais específico for o emprego de recursos, maior curvatura terá a curva de transformação e menos elástica será a função oferta de produto. Quanto mais precisa for à estimação da elasticidade da oferta do setor agrícola, mais seguras serão as intervenções dos instrumentos de políticas econômicas, quanto ao estabelecimento de preços mínimos e subsídios.

A produção agrícola geralmente caracteriza-se por ser um mercado fragmentado, com características de concorrência perfeita ou de concorrência monopolística em razão de cada produtor maximizar seu lucro no ponto em que a receita marginal se iguala ao custo marginal. De acordo com Vian (2003), a concorrência monopolística, geralmente, explica o comportamento de mercados agrícolas que produzem bens com relevância no comércio internacional, como a produção de *commodities*. No caso brasileiro<sup>7</sup>, destaca-se a produção açucareira, que atende tanto o mercado interno, quanto o mercado externo devido às vantagens comparativas de preços e da flexibilidade do setor sucroalcooleiro<sup>8</sup>.

Na concorrência monopolística, a característica principal é a fácil entrada de produtores, que ocorre com base nas oportunidades de lucro em razão das ações de empresas rivais. De acordo com Besanko e Braeutigam (2004), os concorrentes monopolísticos escolhem seus preços e comportam-se como oligopolistas devido aos seus produtos serem diferenciados e possuírem certo poder de mercado. Vian (2003) ressalta que estudos mais recentes admitem a existência de estruturas de mercado onde a concorrência não é perfeita, como nos oligopólios, pois nem sempre os pressupostos da racionalidade e da maximização dos lucros são compatíveis.

---

<sup>6</sup> Uma das mais recentes tecnologias usadas na produção agrícola é a agricultura de precisão, que permite a redução de custos e a preservação ambiental através do uso de ferramentas como, GPS, monitor de colheita, sistema de direcionamento via satélite, piloto automático, entre outras (CIRANI, MORAES, 2010).

<sup>7</sup> Além do açúcar, o Brasil destaca-se por produzir e exportar, em grande escala, o café, o suco de laranja, o minério de ferro, a soja e o alumínio.

<sup>8</sup> No processo de tomada de decisão, os produtores do setor sucroalcooleiro partem com base nas expectativas de preços e nas quantidades demandadas de açúcar e álcool (ALVES, 2002).

Em determinados mercados, no longo prazo, a curva de demanda é altamente elástica em relação às alterações de preços. Este fato se dá devido à margem entre o preço e o custo marginal serem baixas e ocasionadas, em grande parte, pelos elevados volumes de produção. Porém, em mercados específicos, a demanda é relativamente menos elástica, devido aos produtores operarem com preços superiores ao custo marginal, auferindo, assim, maiores lucros. O processo de maximização de lucro no mercado agrícola ocorre quando os preços recebidos pela venda dos produtos são maiores que os preços pagos pelos fatores de produção. Por fim, Vian (2003) destaca que a incerteza é a principal característica da atividade agrícola, sendo que os preços são uma forma de coordenação limitada da agricultura, fazendo-se necessárias outras formas de regulação para o setor.

Na próxima seção apresentam-se alguns dados relacionados à produção brasileira de açúcar e álcool.

## 2.2 A PRODUÇÃO BRASILEIRA DE AÇÚCAR E ALCOOL

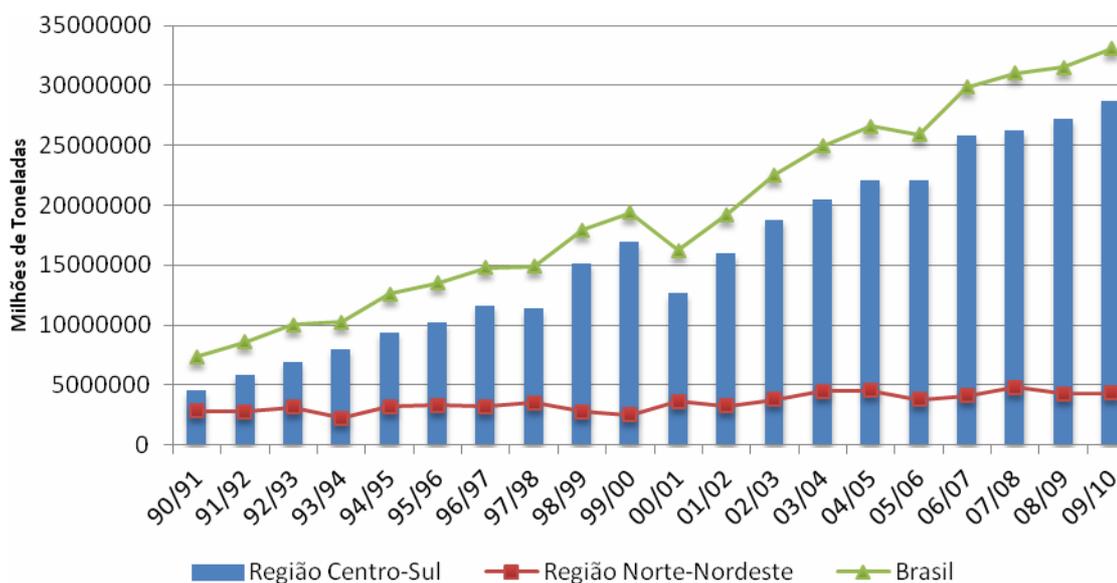
Atualmente, a produção açucareira origina-se em quase sua totalidade do cultivo da cana de açúcar e da beterraba. Do volume total produzido na safra de 2009/2010, aproximadamente, 70% origina-se da cana de açúcar e 30% da beterraba (UNICA, 2011).

O complexo produtivo açucareiro vem passando por diversas alterações no que tange à concentração produtiva, fato este resultante do fim dos mecanismos que definiam a entrada de novas empresas na atividade, da fixação dos preços para as matérias primas, das cotas de exportação e de comercialização do álcool no mercado interno (VIAN, 2003). No ano de 1994, o governo brasileiro suspendeu o sistema de cotas tarifárias para as exportações de açúcar e, logo, a produção açucareira passou a ser uma referência no mercado internacional, influenciando diretamente na formação dos preços. De acordo com Ramos (2002), essas alterações resultam em uma menor heterogeneidade da oferta, visto que essa característica parte da integração vertical instituída pela intervenção governamental desde a década de 1930.

Segundo Vasconcelos (1994), o aumento das exportações de uma determinada mercadoria, por um país, pode ser explicado por quatro fatores: i)

crescimento das exportações mundiais do produto; ii) competitividade de mercado; iii) aumento do mercado importador; e iv) preferências do consumidor. O Brasil destaca-se como o principal produtor e exportador de açúcar do mundo, sendo um dos países mais competitivos nesse mercado. Conforme se observa no Gráfico 1, na safra 2009/2010, a produção brasileira foi em torno de 33 milhões de toneladas de açúcar, sendo que 86% do total foram produzidas na região Centro-Sul e 14% na região Nordeste (UNICA, 2011).

**Gráfico 1: Produção de açúcar no Brasil – 1990/1991-2009/2010**



Fonte: MAPA (2011).

A produção de açúcar<sup>9</sup> de 1990/1991 a 2009/2010 apresentou crescimento de 349% no período, o que, na média, representa mais de 390 milhões de toneladas produzidas. Na safra de 2000/2001, devido aos fatores climáticos, como seca e geadas, e ao sucateamento do canavial provocado pela crise setorial, a produção açucareira registrou uma queda de, aproximadamente, 16,15% em relação à safra anterior. Entretanto, mesmo considerando a quebra de safra, no período de 2001/2002 a 2009/2010, a produção apresentou crescimento considerável, atingindo um aumento de 72,10%.

A evolução crescente da produção brasileira está sustentada no aumento da produção paulista de açúcar ao longo dos últimos anos<sup>10</sup>. Este fato pode ser

<sup>9</sup> A produção açucareira brasileira total e por região pode ser observada no Anexo 2.

<sup>10</sup> A evolução também pode ser explicada, em parte, pelo crescimento natural das áreas das usinas instaladas, o que contribui diretamente para o aumento da moagem da cana. Destaca-se também o

explicado pelas condições climáticas favoráveis, o que, de certa forma, permite uma maior concentração de açúcar por tonelada (Açúcar Total Recuperável – ATR)<sup>11</sup>. Porém, ressalta-se que, geralmente, no início das safras o preço do ATR sofre uma queda decorrente da sobra de matéria prima da safra anterior, a qual possui menor teor de sacarose, além de conter muitas impurezas e brotos novos<sup>12</sup>. Em relação ao cálculo de valores dos produtos em ATR, os mesmos partem de um sistema de pagamento da cana de açúcar pelo teor da sacarose, com critérios técnicos para avaliar a quantidade de cana entregue pelos plantadores às indústrias e para determinar o preço pago ao produtor rural<sup>13</sup> (UNICA, 2008).

Nos últimos anos houve uma alteração na produção de cana destinada para a produção de açúcar e álcool. De acordo com Caruso (2002, p. 13), “no início da década de 1990, a produção de cana empregada na produção de açúcar e álcool era estabelecida da seguinte forma: 2/3 eram empregados na produção de álcool e o restante na produção de açúcar”. Atualmente, do total de cana esmagada, em média, 45% são destinados à produção de açúcar, sendo que o estado de São Paulo corresponde a, aproximadamente, 60% do total produzido no país<sup>14</sup>. Em relação ao total da produção de álcool<sup>15</sup>, em média, 30% se refere à produção de álcool anidro e 70% ao álcool hidratado, que atingiu mais de 18 milhões de litros produzidos na safra de 2010/2011 (CONAB, 2011).

A produção agroindustrial canavieira no Brasil pode ser exemplificada pela Figura 1 que representa a cadeia produtiva:

---

crescimento das exportações brasileiras nos últimos anos, decorrentes das quebras de safra de países que possuem influência na oferta mundial de açúcar.

<sup>11</sup> O ATR é uma medida que expressa a quantidade de sacarose, encontrada na cana de açúcar, que pode ser transformada em açúcar e/ou álcool (UNICA, 2008).

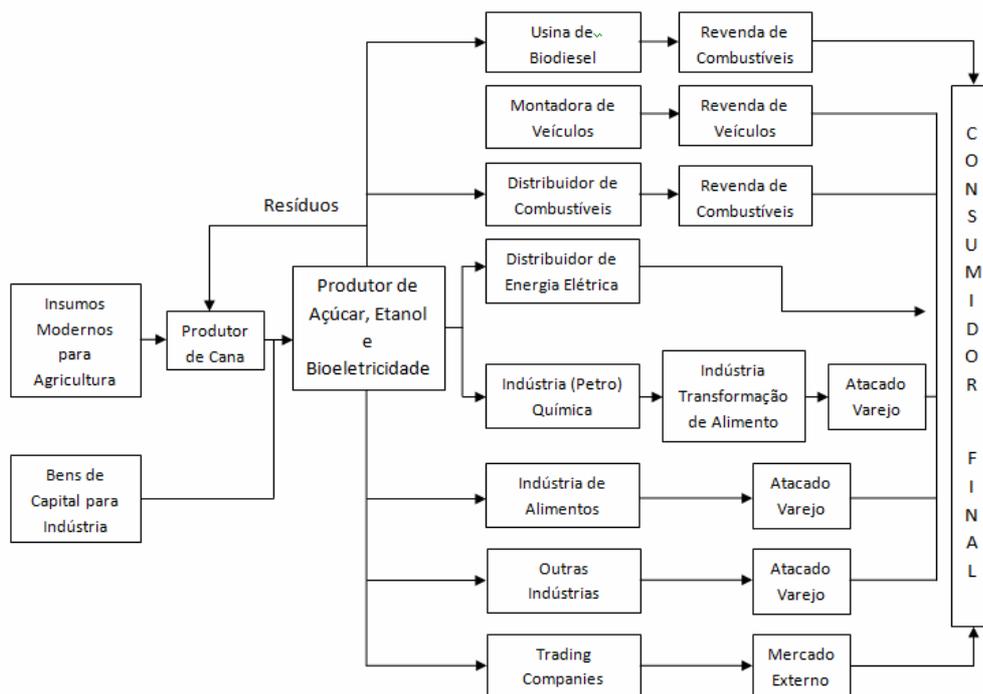
<sup>12</sup> Outro fator impactante para o preço do ATR é a condição climática adversa, como estiagem ou enchente, que ocasiona quebra na produtividade final da safra.

<sup>13</sup> O preço do quilograma do ATR é determinado em função dos preços no mercado interno e externo do açúcar e do álcool anidro e hidratado, livre de impostos ou frete (CONSECANA, 2011).

<sup>14</sup> Destaca-se também, na mesma safra, a participação dos estados de Minas Gerais (8,39%), Paraná (7,93%), Alagoas (6,08%), Goiás (4,74%), Pernambuco (4,25%) e Mato Grosso do Sul (3,85%) (CONAB, 2011).

<sup>15</sup> De acordo com Conab (2011), as regiões Centro-Oeste e Sudeste correspondem, atualmente, por 85% do álcool produzido no país, sendo que os maiores produtores, em média, na safra de 2009/2010 são os estados de São Paulo (54,26%), Goiás (11,61%), Minas Gerais (10,35%), Mato Grosso do Sul (7,39%) e Paraná (6,96%).

**Figura 1: Sistema agroindustrial da cana de açúcar**



Fonte: Neves e Conejero (2010, p. 2).

Segundo Moraes (2002), a produção de açúcar depende dos preços relativos no mercado internacional, que, por sua vez, dependem da renda da população e da procura por bens substitutos.

Por ser uma *commodity*, o preço do açúcar no mercado internacional é formado com base nas cotações de açúcar *spot* ou disponível para comercialização nas Bolsas de Mercadorias de Nova Iorque (*ICE Futures*)<sup>16</sup> e de Londres (*Liffe*), que são referências primárias dos preços não controlados do açúcar bruto no mundo. O preço do produto *spot* se refere às cotações do produto na *Coffee, Sugar and Cocoa Exchange* (CSCE), vinculada a *ICE Futures US*<sup>17</sup>, que é uma referência internacional para a comercialização do açúcar para exportação. Nesta bolsa, o açúcar é cotado em centavos de dólar por libra-peso, valores que são convertidos em dólares por saca de 50 kg e sofrem um ágio, que é o prêmio médio de exportação para o açúcar brasileiro. O valor em dólares é convertido em reais por saca através das cotações do dólar futuro na Bolsa de Mercadorias & Futuros e Bolsa de Valores de São Paulo

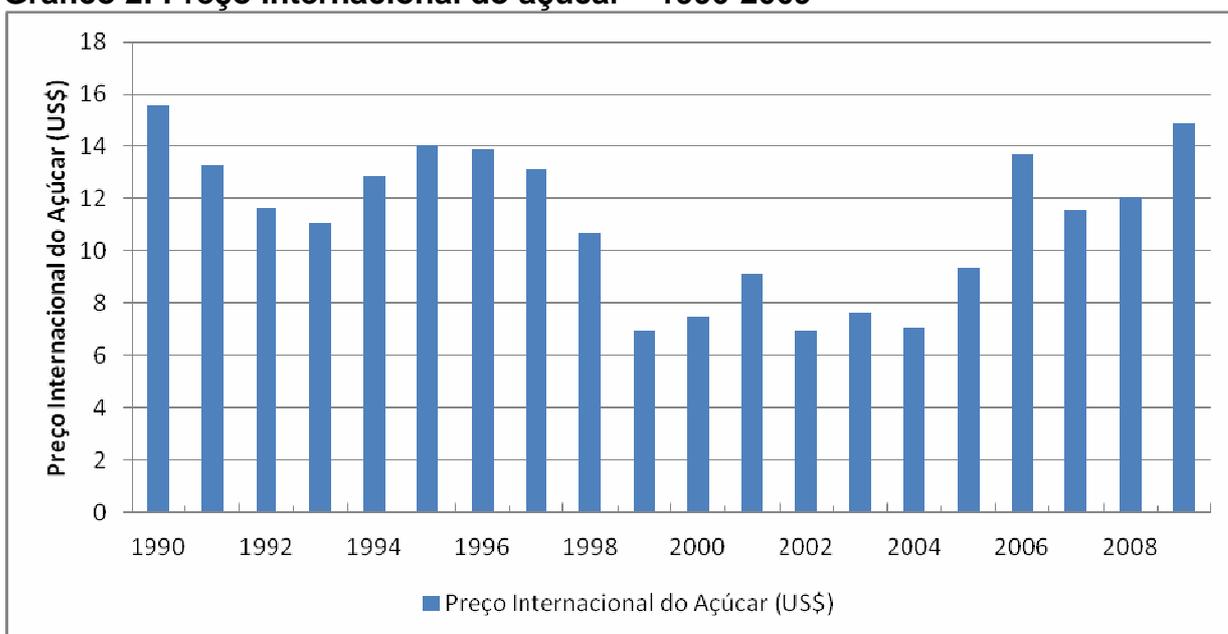
<sup>16</sup> A principal projeção do preço do açúcar para mercado externo é a combinação de dois valores: das cotações do produto na bolsa de Nova Iorque (produto *spot* ou disponível para comercialização) e dos valores médios de contratos já realizados pelas usinas.

<sup>17</sup> A *ICE Futures US*, sediada em Nova Iorque (Estados Unidos da América), é a divisão americana do grupo *Intercontinental Exchange* (ICE). A mesma surgiu através da aquisição da *New York Board of Trade* (NYBOT), em janeiro de 2007 (ADVFN, 2011).

(BM&FBOVESPA). Deste valor são descontados os custos portuários e o frete, resultando no preço do açúcar PVU à vista sem impostos (CONSECANA, 2011). O gráfico 2 apresenta as oscilações do preço do açúcar no mercado internacional no período 1990 a 2009.

Observa-se que, no período de 2004 a 2009, o preço internacional do açúcar teve uma elevação na ordem de 111%, registrando, em média, no ano de 2009, 14,85 centavos de dólar<sup>18</sup>, fato este resultante da redução gradativa da oferta mundial de açúcar. Já os preços do açúcar no mercado interno brasileiro são definidos através do livre mercado, sendo que o principal índice de preço é gerado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP) (AGROCIM, 2011).

**Gráfico 2: Preço internacional do açúcar – 1990-2009**



Fonte: FGV Dados (2011).

A produção de álcool, no Brasil, foi incentivada a partir da implementação do Proálcool<sup>19</sup>, em 1975, em decorrência da elevação dos preços e da instabilidade de fornecimento do petróleo no mercado internacional. Segundo Costa (2003), o Proálcool foi uma alternativa para os empresários que haviam aumentado suas unidades produtivas em razão do incentivo dos programas federais entre os anos de

<sup>18</sup> As médias anuais de preço do açúcar no mercado internacional podem se observadas no Anexo 3.

<sup>19</sup> O programa visava, além da redução da dependência externa do petróleo importado, gerar consequências benéficas para a economia do país, tais como o crescimento da renda interna, a geração de empregos, a economia de divisas e a expansão de bens de capital, entre outras (CARUSO, 2002).

1970 e 1975, os quais objetivavam comercializar o açúcar brasileiro no mercado internacional. O Proálcool possibilitou o crescimento na produção e o desenvolvimento tecnológico e logístico para a indústria sucroenergética, os fornecedores de equipamentos e insumos, os fabricantes de veículos e os agentes do governo (NEVES, CONEJERO, 2010).

A partir do início da década de 1990, com a liberação dos preços do açúcar, do álcool e da cana, os preços do setor sucroalcooleiro passaram a ser determinados de acordo com as regras de livre mercado. Cabe ressaltar que um dos últimos setores que o governo ainda mantinha controle era o de combustíveis, embora tivesse iniciado seu processo de desregulamentação em meados dos anos 1990, com a liberação dos preços dos diversos combustíveis: preço da gasolina nos postos, em 1996; preço do álcool anidro, em 1997; e preço do álcool hidratado, em 1999 (MORAES, 2002). De acordo com a Tabela 1, a produção de álcool no Brasil cresceu 123,5% entre o período de 1990/1991 a 2009/2010. Ressalta-se que a partir do ano de 2001/2002, o consumo de álcool vem aumentando significativamente, devido ao crescimento da indústria automobilística.

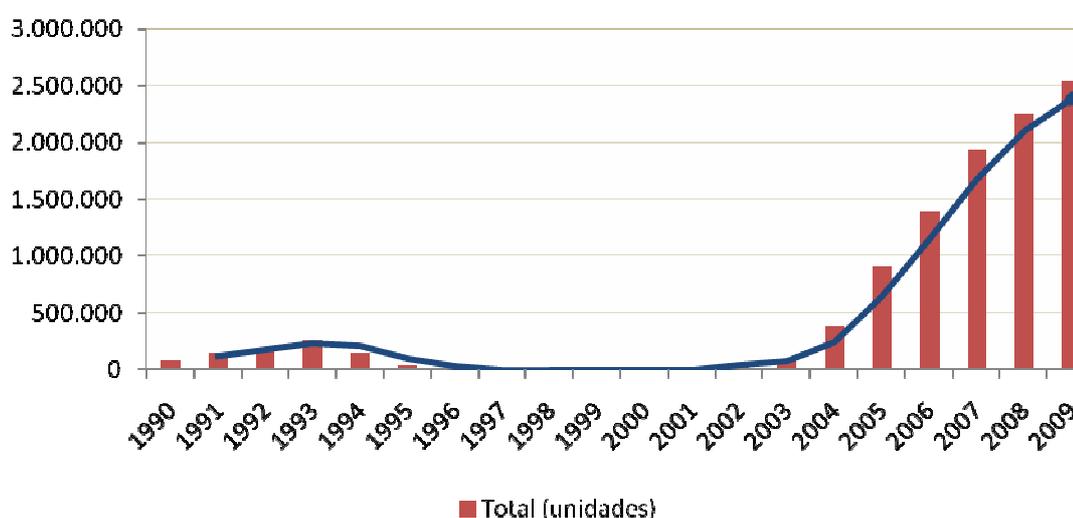
**Tabela 1: Produção brasileira de álcool anidro e hidratado – 1990/1991-2009/2010**

SafrA Agrícola	Álcool (m³)		
	Anidro	Hidratado	Total
1990/1991	1.286.568	10.228.583	11.515.151
1991/1992	1.986.794	10.735.439	12.722.233
1992/1993	2.216.385	9.513.106	11.729.491
1993/1994	2.522.589	8.769.596	11.292.185
1994/1995	2.873.470	9.892.440	12.765.910
1995/1996	3.057.557	9.659.202	12.716.759
1996/1997	4.629.340	9.801.109	14.430.449
1997/1998	5.699.719	9.722.534	15.422.253
1998/1999	5.679.998	8.246.823	13.926.821
1999/2000	6.140.769	6.936.996	13.077.765
2000/2001	5.584.730	4.932.805	10.517.535
2001/2002	6.479.187	4.988.608	11.467.795
2002/2003	7.009.063	5.476.363	12.485.426
2003/2004	8.767.898	5.872.025	14.639.923
2004/2005	8.172.488	7.035.421	15.207.909
2005/2006	7.663.245	8.144.939	15.808.184
2006/2007	8.078.306	9.861.122	17.939.428
2007/2008	8.464.520	13.981.459	22.445.979
2008/2009	9.630.481	18.050.758	27.681.239
2009/2010	6.937.770	18.800.905	25.738.675

Fonte: MAPA (2010).

O Gráfico 3 apresenta a evolução da produção brasileira de veículos a álcool/*flex-fuel*. Observa-se que a produção de veículos a álcool no Brasil apresentou um declínio até o ano de 1998 devido ao sucateamento da frota existente e ao inexpressivo aumento de suas vendas. Todavia, destaca-se que a produção de veículos movidos a álcool e/ou bicomcombustível passou de 11.314 unidades, em 1999, para 2.541.153 unidades, em 2009, o que representa um crescimento do setor de 22.360%.

**Gráfico 3: Produção de veículos a álcool e *flex-fuel* – 1990-2009**



Fonte: ANFAVEA (2010).

O Brasil liderou o *ranking* dos principais países produtores de etanol até o ano de 2004, quando foi ultrapassado pelos Estados Unidos da América (EUA). No ano de 2008, a produção americana foi de, aproximadamente, 35 bilhões de litros. Ao somar este valor com a produção brasileira, que foi em torno de 25,2 bilhões de litros, estes dois países representaram 90% da produção mundial de etanol combustível em 2008. A Tabela 2 apresenta os principais produtores mundiais de etanol no período 2003 a 2008.

**Tabela 2: Principais produtores mundiais de etanol – 2003-2008**

(milhões de litros)

País	2003	2004	2005	2006	2007	2008
EUA	12.045	14.307	16.237	19.382	26.028	35.918
Brasil	14.674	15.302	15.982	17.704	22.281	25.408
União Europeia	2.571	2.576	2.941	3.951	4.154	5.497
China	3.522	3.673	3.438	3.509	3.679	3.964
Índia	1.697	1.178	1.120	1.664	2.007	1.800
Canadá	370	391	397	729	744	1.222
Rússia	734	777	749	534	560	532
Outros	4.866	4.846	4.875	5.423	6.087	6.768
Total	40.479	43.050	45.739	53.346	65.540	81.009

Fonte: Neves e Conejero (2010).

Neves e Conejero (2010) ressaltam que embora a produção não seja significativa em termos mundiais, a produção de etanol da União Europeia (UE) tem crescido gradativamente, evoluindo 113%, entre o período de 2003 a 2008, em grande parte pelas produções da França, da Alemanha, da Espanha e da Polônia. Por fim, ressalta-se que a produção brasileira de etanol vem crescendo significativamente e que o setor deve receber investimentos da ordem de US\$ 5 bilhões nos próximos cinco anos, sendo que a maior parte se originará da Petróleo Brasileiro S/A (Petrobrás), com US\$ 3,5 bilhões, e da Britânica BP (MME, 2011). A expectativa é que em 2018 o Brasil atinja um nível de produção em torno de 53 bilhões de litros, ou seja, um aumento de mais de 100% em relação ao ano de 2008 (NEVES; CONEJERO, 2010).

Em relação ao mercado internacional, a demanda externa de álcool combustível cresce a cada ano, em grande parte, pela necessidade de reduzir a emissão de poluentes na atmosfera<sup>20</sup>. O Brasil exportou 4,72 milhões de litros de álcool na safra 2008/2009, com crescimento aproximado de 30% em relação à safra anterior (UNICA, 2011). O volume recuou para 2,75 bilhões de litros em 2009/2010 e as estimativas apontam para 1,8 bilhões de litros em 2010/2011, ou seja, uma queda de 60% em três anos, o que em grande parte pode estar relacionado às barreiras protecionistas, ao aumento da concorrência e às fontes alternativas de combustíveis (ANÁLISE ENERGIA, 2011).

Na próxima seção são apresentados o mercado internacional de açúcar e a evolução das exportações brasileiras após a abertura comercial.

<sup>20</sup> O etanol de cana emite 90% menos dióxido de carbono quando comparado com a gasolina, frente à redução de apenas 20% do etanol de milho dos EUA (NEVES e CONEJERO, 2010).

### 2.3 A ESTRUTURA DO MERCADO INTERNACIONAL DE AÇÚCAR E AS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS

A produção mundial de açúcar na safra 2011/2012 deverá chegar a 168,3 milhões de toneladas, crescendo 4,2% em relação à safra anterior (USDA, 2011). O Brasil ocupa uma posição de destaque no *ranking* dos maiores produtores, representando, atualmente, 21% da oferta mundial de açúcar. Segundo Neves e Conejero (2010), a crise do Proálcool, a desregulamentação do setor e os altos preços do açúcar no mercado internacional contribuíram para que muitas usinas brasileiras deslocassem seu *mix* de produção para o açúcar a partir da década de 1990. Além do Brasil, a Índia, os EUA, a Tailândia, a China, o México, a Colômbia, a Austrália e o Paquistão destacam-se no setor açucareiro. Por sua vez, a Índia, segundo maior produtor mundial de açúcar, vem enfrentando, nos últimos anos, sérios problemas climáticos decorrentes da estiagem. Logo, este fator impacta diretamente na formação dos preços internacionais do açúcar devido à redução da oferta de mercado, que, em volume global disponível para exportação, no ano de 2008, registrou um déficit de, aproximadamente, quatro milhões de toneladas, ou seja, quase 7% do volume total comercializado no mundo (USDA, 2011). Além do clima, a Índia passa por entraves relacionados à sua estrutura agrária (pequenas áreas), que de certa forma dificultam a mecanização e os ganhos de escala (baixa eficiência agrícola).

As exportações brasileiras de açúcar destinam-se a mais de 50 países e, dentre eles, a Rússia é um dos maiores importadores, sendo que no ano de 2008 importou, em média, 4,4 milhões de toneladas. De acordo com a Tabela 3, do total de 19.472 milhões de toneladas exportadas no ano de 2008, a Rússia representou, em torno, de 23%, seguida por Nigéria (6,98%) e Arábia Saudita (6,5%).

**Tabela 3: Principais destinos das exportações brasileiras de açúcar – 1998-2008**

(milhões de toneladas)

País	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998
Rússia	4.385	4.010	4.346	3.973	3.286	4.397	3.521	3.679	1.859	4.262	1.719
Nigéria	1.358	1.119	1.126	1.301	1.229	948	1.118	1.021	560	646	825
A. Saudita	1.260	1.072	765	844	592	339	318	269	314	211	177
Egito	1.177	722	968	753	1.008	614	871	727	284	890	772
Argélia	875	927	723	647	809	511	312	139	143	201	100
Canadá	815	854	756	728	648	763	608	341	207	431	120
Síria	729	368	349	423	483	163	344	108	0	88	0
Marrocos	682	656	692	864	706	584	671	441	300	241	453
Malásia	674	919	1.116	386	243	79	276	192	99	339	144
E. Árabes	605	1.283	1.231	1.088	1.436	938	989	775	577	438	429
Total	19.472	19.343	18.870	18.147	15.673	12.914	13.344	11.168	6.502	13.090	8.371

Fonte: Neves e Conejero (2010, p.101).

Triches et al. (2010) destacam que o Brasil exporta açúcar demerara, cristal e refinado. Em relação ao primeiro tipo, os EUA são um mercado cativo do produto e a região Norte-Nordeste tem se caracterizado como a principal exportadora para aquele mercado em razão de sua proximidade, dos menores custos de embarque e do açúcar enviado ser a granel. A região Norte-Nordeste, mais especificadamente os estados de Alagoas e de Pernambuco, é responsável por grande parte da cota americana de importação de açúcar devido às disposições legais<sup>21</sup> editadas na vigência de intervenção ampla, que determinam o atendimento prioritário aos mercados preferenciais.

Segundo Costa (2003), esse fator positivo para o mercado exportador brasileiro ocorre, principalmente, devido ao custo de produção nos Estados Unidos ser significativamente superior quando comparado aos demais países produtores e exportadores. O autor destaca, ainda, que a importação de açúcar pelos EUA é controlada<sup>22</sup> e limitada a volumes anualmente fixados pelo governo estadunidense em relação a cada país exportador, de modo que a quantidade importada seja necessária apenas para suprir a diferença de demanda não atendida pelos produtores do país<sup>23</sup>.

<sup>21</sup> De acordo com Costa (2003, p. 138-139), a Lei 4.870/65, Art. 7º, determina que “A região Norte-Nordeste em vista de seu atual estágio de desenvolvimento econômico, será atribuído prioritariamente, o contingente de açúcar destinado aos mercados preferenciais” e a Lei 8.117/90, Art. 2º, determina que “A quota de exportação de açúcar para o mercado preferencial norte americano será atendida, prioritariamente, pelas unidades industriais da região Nordeste”.

<sup>22</sup> Segundo Costa (2003), o controle ocorre com base no sistema de variável de tarifas incidentes na importação (*Tariff Rate Quota*).

<sup>23</sup> A produção americana de açúcar, em grande parte, é oriunda da beterraba, sendo que uma pequena proporção origina-se da cana de açúcar.

Por sua vez, o açúcar cristal e o refinado são exportados, principalmente, pela região Centro-Sul do país, sendo que os principais mercados desses tipos de açúcares são a África e a Ásia. O mercado da Rússia foi conquistado pelo Brasil em 1994<sup>24</sup> para o açúcar cristal, suprimindo as lacunas de Cuba, que era o principal fornecedor para o leste europeu<sup>25</sup>. Em relação ao mercado interno, Alves (2002) destaca a crescente participação das exportações oriundas de São Paulo, que também são respaldadas pelo custo de produção mais baixo do Brasil e do mundo. Os dados da Tabela 4 demonstram que o Brasil obteve uma evolução crescente nas exportações de açúcar. As exportações de açúcar no Brasil, de 1990 a 2009, apresentaram um crescimento de 2.711%, obtendo um preço médio por tonelada de US\$ 259,19.

**Tabela 4: Exportações brasileiras de açúcar – 1990-2010**

Anos	Quantidade (mil toneladas)	Valor (milhões de US\$)	Preço Médio (US\$/tonelada)
1990	926	325,70	351,68
1991	978	256,24	261,95
1992	1.344	329,82	245,42
1993	2.148	550,06	256,07
1994	2.743	787,86	287,23
1995	4.800	1.450,65	302,21
1996	5.378	1.608,74	299,14
1997	6.376	1.772,45	278,00
1998	8.371	1.943,44	232,15
1999	12.100	1.910,69	157,91
2000	6.502	1.199,11	184,41
2001	11.173	2.279,06	203,98
2002	13.354	2.093,64	156,78
2003	12.914	2.140,00	165,71
2004	15.764	2.640,23	167,49
2005	18.147	3.918,79	215,95
2006	18.870	6.166,00	326,76
2007	19.344	5.100,44	263,67
2008	19.472	5.482,97	290,69
2009	24.294	8.378,00	344,85
2010	26.036	11.738,00	450,85

Fonte: MAPA (2011).

Devido à crise no setor sucroalcooleiro na safra de 2000/2001, as exportações brasileiras de açúcar registraram uma queda de, aproximadamente,

<sup>24</sup> Segundo Moraes (2002 apud ALVES, 2002 p. 26), “ao analisar os fatores que comprovam o crescimento das exportações brasileiras a partir da década de 1990, é preciso levar em consideração os problemas de falta de crédito e de liquidez enfrentados pelos produtores durante essa época. Através das exportações os produtores encontraram uma forma de financiar a produção e aumentar sua liquidez através da antecipação de recursos feita pelos Adiantamentos sobre os Contratos de Câmbio (ACC)”.

<sup>25</sup> Para maiores informações sobre as exportações brasileiras de açúcar e o mercado europeu, ver Triches et al. (2010).

46% em relação à safra anterior. Entretanto, depois de superada a crise, já no ano de 2001, as exportações registraram um crescimento de, aproximadamente, 72%. Já entre os anos de 2002 a 2010, as exportações brasileiras apresentaram um crescimento na ordem de 95%, acumulando, no período, mais de 168 milhões de toneladas exportadas.

Nas próximas seções serão apresentados, respectivamente, alguns estudos que tiveram como objetivo analisar os principais fatores determinantes da oferta de açúcar e álcool, bem como outros estudos relacionados ao setor agrícola.

## 2.4 ESTUDOS EMPIRÍCOS SOBRE OS DETERMINANTES DA OFERTA DE AÇÚCAR E ÁLCOOL

Destacam-se alguns estudos relacionados à comercialização dos produtos do setor sucroalcooleiro, como Alves (2002), que analisou as inter-relações entre os níveis de mercado dos principais produtos do setor sucroalcooleiro do estado de São Paulo no período 1998 a 2002. A partir de uma modelagem econométrica com base nos testes de Dickey- Fuller Aumentado<sup>26</sup>, Johansen<sup>27</sup> e método de Auto-Regressão Vetorial com Mecanismo de Correção de Erro (VEC)<sup>28</sup>, o autor buscou determinar o grau de intensidade da formação e do efeito da transmissão de preços relacionados à comercialização do açúcar e do álcool no estado de São Paulo. Os resultados indicaram relações significativas entre os preços do açúcar cristal no mercado interno e o recebido pelas exportações, bem como entre os preços do açúcar cristal empacotado ao produtor e ao varejo. Em relação aos impactos de choques de uma variável sobre as demais, o autor destacou que o preço do álcool anidro impacta positivamente sobre os preços do açúcar cristal industrial e do cristal exportado somente após o quarto período. Os choques no preço do açúcar cristal causam impacto positivo nos preços do álcool anidro e do açúcar cristal com um período de defasagem. Os choques no preço do açúcar cristal empacotado ao produtor tem influência sobre os preços dos açúcares cristal industrial, cristal exportado e cristal

---

<sup>26</sup> Teste usado para verificação de existência de raízes unitárias nas séries, o qual foi desenvolvido por Dickey e Fuller em 1979-1981 (BUENO, 2008).

<sup>27</sup> Desenvolvido por Johansen e Juselius em 1990, permite identificar o número de vetores existentes entre as variáveis (MARGARIDO, 2004).

<sup>28</sup> VEC e demais testes econométricos descritos nesta seção são apresentados no capítulo 3 do presente estudo.

empacotado no varejo. Por fim, os choques nos preços do açúcar cristal exportado não causam impacto nos preços do mercado interno.

Com o intuito de analisar a oferta e a demanda de açúcar no estado de São Paulo, no período de 1995 a 2000, Caruso (2002) buscou estimar, através de um sistema de equações simultâneas, as elasticidades de preço da oferta, renda e demanda do setor açucareiro. Os resultados do modelo simultâneo de oferta e demanda de açúcar apontaram que mesmo considerando a endogeneidade da variável preço do açúcar com base no Teste de Especificação de Hausman, os mesmos não foram satisfatórios. Em relação à estimação específica de uma equação de demanda de açúcar para o estado de São Paulo, a autora considerou a demanda como função direta do preço do açúcar cristal (-0,47%) e da renda do consumidor (0,99%). Os resultados encontrados foram satisfatórios e indicaram que a demanda de açúcar no mercado brasileiro é inelástica a preço, ou seja, alterações no preço do açúcar possuem uma relação inversa menos proporcional que na demanda. Todavia, a autora concluiu que o açúcar caracteriza-se como um bem de necessidade básica que não sofre alterações de demanda decorrente de variações de preços. Da mesma forma, a demanda de açúcar é inelástica a alterações de renda no estado de São Paulo.

Marjotta-Maistro (2002) estimou, a partir dos métodos de Mínimos Quadrados em Dois Estágios e de Mínimos Quadrados Ordinários, os efeitos das mudanças na oferta e na demanda dos agentes relacionados ao mercado de combustíveis. A autora buscou captar os ajustes nos mercados de álcool e gasolina pós-desregulamentação do setor sucroalcooleiro, no período 1995 a 2000. Para a estimação, a autora partiu da definição de dois modelos relacionados a preço e à quantidade. O primeiro modelo foi composto por oito equações, sendo que os principais resultados foram que os ajustes via preços foram pouco eficazes para influenciar a oferta de combustíveis. O segundo modelo foi composto por cinco equações e os principais resultados foram que o governo tendia a absorver os choques externos de preços dos combustíveis, não repassando imediatamente os mesmos para o varejo e beneficiando de certa forma o consumidor final.

Alves e Bacchi (2004) estimaram uma função de exportação do açúcar brasileiro para o período de outubro de 1995 a dezembro de 2002. Através da metodologia de Auto-Regressão Vetorial (VAR), os autores concluíram que a desvalorização cambial, o preço do açúcar no mercado internacional e a renda

doméstica impactaram positivamente na determinação e no crescimento das exportações brasileiras.

Silveira (2004) analisou as relações entre os preços do açúcar no mercado doméstico e internacional por meio do uso de séries temporais no período 1998 a 2003. As elasticidades obtidas nas funções de transmissão de preços indicaram que os valores passados das cotações da *Csce/Nybot* eram referência para a formação do preço no mercado doméstico. Entre os principais resultados, o autor destacou que a produção açucareira no Brasil determina de forma significativa os preços no mercado internacional, o que em parte pode ser explicado pela competitividade das exportações brasileiras.

Com o objetivo específico de analisar a estrutura brasileira de custos das usinas de açúcar e álcool da região Centro-Sul, no período 2002 a 2006, Albanez et al. (2008), por meio de um modelo empírico-analítico fundamentado nas metodologias de contabilidade de custos, concluíram que parte dos custos e das despesas operacionais das usinas tem comportamento variável, o que torna um fator positivo para o setor ao diminuir o risco operacional da atividade. Os autores ressaltaram também que os custos fixos são menos representativos para as usinas, já que eles ocorrerão independentemente das quantidades produzidas.

Colla et al. (2007) analisaram a relação da marca, do preço e do consumo do açúcar em Cascavel, no Paraná, entre o período de janeiro a julho de 2006. A metodologia usada partiu de um teste não-paramétrico através da correlação de Kendall e de Spearman, possibilitando aos autores identificar os principais fatores que influenciam o comportamento da compra do produto, além de constatarem que a fidelização da marca é pouco expressiva e que o consumidor privilegia sempre o menor preço.

Martins et al. (2008), com base nos indicadores de desempenho, eficiência e capacitação, analisaram a competitividade do açúcar brasileiro no mercado internacional no período de 1990 a 2004. Os resultados apresentados pelos autores evidenciam que o açúcar brasileiro é altamente competitivo no comércio internacional, com tendência de crescimento no longo prazo devido aos avanços tecnológicos empregado nos processos produtivos e ao aumento da taxa geométrica de crescimento nos últimos anos.

Cunha et al. (2008) investigaram os efeitos da implantação do Plano Real no comportamento de longo prazo dos preços da cana de açúcar, praticados nos

estados de São Paulo e do Paraná, no período de 1990 a 2005. Através dos testes de raiz unitária e de co-integração na presença de quebra estrutural (*regime shift*), o autores concluíram que os preços recebidos da cana de açúcar nos estados de São Paulo e do Paraná apresentam relação de longo prazo e os mercados são integrados mesmo com o *regime shift*.

Para analisar a sazonalidade dos preços da cana de açúcar no estado do Paraná no período de 2001 a 2007, Shikida e Margarido (2009), através do método econométrico da decomposição X-12, concluíram que a cana de açúcar paranaense apresenta poucas oscilações em seus preços devido às mesmas serem mais relacionadas aos períodos de comercialização do que em função de sua safra ou entressafra. Os autores ressaltaram que os preços da cana são fortemente influenciados pelos produtos finais (álcool e açúcar) e pela qualidade da matéria prima.

Alves e Lima (2010) analisaram a transmissão de preços entre os mercados de açúcar espacialmente separados no Brasil entre o período de maio de 2003 a dezembro de 2008. Com base na fundamentação teórica de integração de mercados, lei do preço único e arbitragem espacial, os resultados dos testes mostraram que os estados de Alagoas e de Pernambuco e as regiões de Araçatuba e de Ribeirão Preto (São Paulo), Maringá (Paraná) e Triângulo Mineiro (Minas Gerais) fazem parte do mesmo mercado econômico de açúcar no Brasil. Os autores ressaltaram, com base nos testes de co-integração de Johansen, que os mercados de Araçatuba e de Ribeirão Preto apresentaram maior grau de integração em relação à transmissão de preços.

Em relação ao mercado de etanol, Bittencourt e Fontes (2010) analisaram a competitividade das exportações brasileiras de etanol no período de 1994 a 1997. Através do método de Índice de Vantagem Comparativa Revelada de Balassa e de Lafay, taxa de cobertura e indicador de desempenho, os autores concluíram que os países que competem diretamente com o Brasil na exportação de etanol não possuem vantagem comparativa em relação ao mercado brasileiro, já que os mesmos estão focados nas suas crescentes demandas domésticas de etanol.

No estudo de Triches *et al.* (2010), o objetivo principal foi analisar o desempenho das exportações brasileiras de açúcar no período 1995 a 2008 e as restrições da UE. Dentre os resultados, os autores destacaram que o açúcar é um dos produtos mais afetados pelas medidas protecionistas e que o Brasil, a partir do

ano de 2002, passou a buscar apoio da Organização Mundial de Comércio (OMC) para melhorar a competitividade no mercado internacional.

Com o intuito de analisar a demanda de etanol e de gasolina no Brasil no período de 2001 a 2009, Souza (2010) estimou as elasticidades renda e preço do consumo dos principais combustíveis para veículos leves através de uma base de dados em painel com periodicidade mensal. Dentre os resultados apresentados, o autor ressaltou que nos estados com preço relativo etanol-gasolina mais elevado, ou seja, acima de 75%, a renda tende a ser menor e com demanda mais elástica. O autor concluiu, ainda, que o crescimento da produção de veículos *flex-fuel* aumenta o efeito substituição entre os combustíveis, o que de certa forma acarreta em uma maior sensibilidade no preço para os consumidores.

Tomasetto (2010) analisou a transmissão de preços no mercado de cana de açúcar entre os estados de São Paulo e do Paraná, no período de janeiro de 1995 a fevereiro de 2009. Com base nos modelos Autoregressivos Integrados de Médias Móveis (ARIMAs), co-integração de Engle-Granger e Modelo de Correção de Erros (MCE), houve indicação de que as elasticidades de preços de curto e longo prazo possuem características inelásticas. Os resultados dos modelos de função de transferência indicaram que choques não antecipados no preço da cana de açúcar em São Paulo são transmitidos na intensidade de 41,19% para os preços da cana de açúcar no estado do Paraná no curto prazo. Já no longo prazo, os choques não antecipados no preço da cana do estado de São Paulo são transmitidos na ordem de 99,84% para o mercado paranaense.

O Quadro 1 apresenta um resumo dos estudos empíricos analisados, onde são expostos os períodos, as regiões e as metodologias empregadas, além dos principais resultados de cada pesquisa.

**Quadro 1: Estudos empíricos sobre os determinantes da oferta de açúcar e álcool**

Fonte	Período	Região	Metodologia	Resultado
Alves (2002)	1998-2002	São Paulo	VEC	Relações positivas entre os preços do açúcar cristal no mercado interno e preço recebido pelas exportações; e relação positiva dos choques do preço do álcool anidro em relação aos preços do açúcar cristal e açúcar cristal exportado após o quarto período.
Caruso (2002)	1995-2000	São Paulo	Sistema de Equações Simultâneas com base no Teste de	O açúcar caracteriza-se como um bem de necessidade básica que não sofre alterações de demanda decorrentes de

			Especificação de Hausman	variações de preços. A demanda de açúcar é inelástica às alterações de renda no estado de São Paulo.
Marjotta-Maistro (2002)	1995-2000	Brasil	Mínimos Quadrados em Dois Estágios e Mínimos Quadrados Ordinários	Com base no segundo modelo, os principais resultados indicam que o governo tendia a absorver os choques externos de preços dos combustíveis, não repassando os mesmos para o varejo e beneficiando, assim, o consumidor final.
Alves e Bacchi (2004)	1995-2002	Brasil	VAR	A desvalorização cambial, o preço do açúcar no mercado internacional e a renda doméstica impactam positivamente sobre o crescimento das exportações brasileiras de açúcar.
Silveira (2004)	1998-2003	Brasil	Modelos Univariados Auto-Regressivos	A produção açucareira no Brasil influencia de forma significativa os preços no mercado internacional.
Albanez et al. (2008)	2002-2006	São Paulo	Modelo de Contabilidade de Custos	Parte dos custos e das despesas operacionais das usinas tem comportamento variável.
Colla et al. (2007)	2006	Paraná	Teste Não-Paramétrico através da correlação de Kendall e Spearman	A fidelização da marca é pouco expressiva e o consumidor busca sempre o menor preço.
Martins et al. (2008)	1990-2004	Brasil	Indicadores de Desempenho, Eficiência e Capacitação	O açúcar brasileiro é altamente competitivo no comércio internacional e a produção brasileira possui tendência de crescimento no longo prazo devido aos avanços tecnológicos.
Cunha et al. (2008)	1990-2005	São Paulo e Paraná	Co-integração (Regime <i>Shift</i> )	Os preços recebidos da cana de açúcar nos estados de São Paulo e do Paraná apresentam relação de longo prazo e os mercados são intergrados.
Shikida e Margarido (2009)	2001-2007	Paraná	Método Econométrico de Decomposição X-12	Os preços da cana são fortemente influenciados pelo comportamento dos produtos finais (açúcar/álcool) e pela qualidade da matéria prima.
Alves e Lima (2010)	2003-2008	Brasil	Integração de Mercados, Lei do Preço Único e Arbitragem Espacial	Os estados de Alagoas e de Pernambuco e algumas regiões específicas de São Paulo, Paraná e Minas Gerais fazem parte do mesmo mercado econômico de açúcar no Brasil.
Bittencourt e Fontes (2010)	1994-1997	Brasil	IVCR (Balassa/Lafay)	Os países que competem com o Brasil na exportação de etanol não possuem vantagem comparativa em relação ao mercado brasileiro.
Triches et al. (2010)	1995-2008	Brasil	Teórico-Empírico	O açúcar é um dos produtos mais afetados com as medidas protecionistas e o Brasil, a partir de 2002, passou a buscar apoio da OMC para melhorar a competitividade internacional.
Souza (2010)	2001-2009	Brasil	Dados em Painel	Nos estados com preços relativos etanol-gasolina mais elevados, ou seja, acima de 75%, a renda tende a ser menor e com demanda mais elástica.
Tomasetto (2010)	1995-2009	São Paulo e	Modelos Auto-Regressivos	Choques não antecipados no preço da cana de açúcar em São Paulo são

		Paraná	Integrados de Médias Móveis (ARIMAs)	transmitidos em 41,19% para os preços da cana no estado do Paraná.
--	--	--------	--------------------------------------	--

Fonte: Elaborado pelo autor.

O próximo capítulo apresenta a metodologia proposta, a fonte e a definição do modelo econométrico.

### 3 METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é definir e apresentar as variáveis compreendidas no modelo, bem como explicitar a metodologia econométrica. Desse modo, o capítulo está dividido em três seções. Na primeira, descrevem-se as variáveis e as fontes dos dados utilizados. Em seguida, é proposta a definição do modelo econométrico, bem como as expectativas em relação às séries de tempo. Na última seção são apresentados os testes de especificação a serem empregados para alcançar os objetivos propostos no presente estudo.

#### 3.1 FONTE E TRATAMENTO DOS DADOS

Com a finalidade de analisar o impacto dos determinantes na oferta de açúcar e álcool no Brasil, utilizaram-se doze variáveis<sup>29</sup> com periodicidades trimestrais entre o primeiro trimestre de 1995 e o último de 2009, conforme apresentado nesta seção.

##### 3.1.1 Produção de açúcar (S\_AC) e produção de álcool (S\_ALC)

As séries de produção brasileira de açúcar e álcool foram obtidas pelo índice de produção física industrial a partir do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O índice da produção de álcool é composto pelo total, no período, das produções do álcool hidratado e do álcool anidro.

##### 3.1.2 Exportação de açúcar (X\_AC)

As exportações brasileiras de açúcar compreendem o valor exportado em milhões de dólares divulgados pela Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). Estes valores foram convertidos em moeda nacional pela média mensal da taxa cambial publicada pelo Banco Central do Brasil (BACEN).

---

<sup>29</sup> Todas as séries sofreram ajustes sazonal do programa estatístico *Eviews 7*, pelo método *Census X12*.

### **3.1.3 Preço recebido pelo produtor de cana (PR\_CAN)**

Os preços recebidos pelo produtor de cana foram obtidos através do banco de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADATA), que consistem na média do valor pago em reais por tonelada de cana de açúcar produzida.

### **3.1.4 Preço do açúcar no varejo (PV\_AC)**

A série de preços do açúcar no varejo do mercado brasileiro para o período considerado foi obtida no Instituto de Economia Agrícola (IEA-SP). Os preços obtidos correspondem à média de preço por quilo do açúcar no varejo.

### **3.1.5 Preço do açúcar no mercado internacional (PI\_AC)**

Os preços para o mercado externo foram obtidos a partir do banco de dados do Fundo Monetário Internacional (FMI), sendo convertidos em moeda nacional e tiveram o mesmo tratamento da série de exportação.

### **3.1.6 Preço do álcool (P\_ALC) e preço da gasolina (P\_GAS)**

As séries de preço do álcool e da gasolina foram obtidas a partir do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), divulgado pelo IBGE.

### **3.1.7 Taxa de câmbio (EXC\_R)**

A série cambial consiste na média da taxa de câmbio nominal do período, expressa em unidades de moeda nacional sobre uma unidade de dólar dos Estados Unidos, publicada pelo BACEN.

### **3.1.8 Preço do açúcar ponderado (PAC\_POND2), preço do álcool ponderado (P\_ALC\_POND) e preço da gasolina ponderada (P\_GAS\_POND)**

O preço do açúcar ponderado é composto de 50% do IPCA do açúcar cristal e 50% do IPCA do açúcar refinado, pois se espera que o comportamento da produção

seja ordenado nesse sentido. Os preços do álcool, da gasolina e do açúcar ponderados foram deflacionados pelo IPCA geral. A metodologia é utilizada de forma que se verifiquem aumentos ou diminuições de preços em relação aos demais produtos da economia. Assim, as variáveis agem como *proxies* da lucratividade desses produtos. Todas variáveis descritas tem como fonte o IBGE.

### 3.2 DEFINIÇÃO DO MODELO ECONOMETRICO

Os modelos propostos para analisar o impacto dos determinantes na oferta de açúcar e álcool partem do princípio microeconômico de maximização dos lucros da firma, relacionando a quantidade ofertada como uma função direta de preços. Todavia, pressupõe-se que variações de preço no mercado internacional, da exportação e da taxa de câmbio influenciem diretamente a decisão do produtor em relação aos níveis de produção de açúcar e de álcool. O preço da gasolina, como bem substituto, e a produção de álcool e açúcar também podem influenciar os preços e, assim, afetar a oferta desses produtos. Em específico para o modelo A, no caso das séries de exportação e preço internacional do açúcar, espera-se que uma variação positiva na quantidade exportada e no preço internacional motive no mesmo sentido a oferta de açúcar, sendo que:

$$\frac{\partial(S_{AC})}{\partial(X_{AC})} > 0, \frac{\partial(S_{AC})}{\partial(PI_{AC})} > 0 \quad (5)$$

Já em relação à oferta de álcool, espera-se uma relação inversa, ou seja:

$$\frac{\partial(S_{ALC})}{\partial(X_{AC})} < 0, \frac{\partial(S_{ALC})}{\partial(PI_{AC})} < 0 \quad (6)$$

No que tange à expectativa da variável preço recebido pelo produtor de cana, espera-se que aumentos de preços recebidos motivem maiores níveis de produção de açúcar e de álcool, logo:

$$\frac{\partial(S_{AC})}{\partial(PR_{CAN})} > 0, \frac{\partial(S_{ALC})}{\partial(PR_{CAN})} > 0 \quad (7)$$

Quanto ao preço do álcool, espera-se que aumentos de preço influenciem diretamente na decisão de um aumento na produção, ou seja:

$$\frac{\partial(S_{ALC})}{\partial(P_{ALC})} > 0 \quad (8)$$

Todavia, em relação à produção de açúcar, espera-se que variações no preço do álcool motivem em sentido contrário a produção de açúcar, sendo que:

$$\frac{\partial(S_{AC})}{\partial(P_{ALC})} < 0 \quad (9)$$

Dessa forma, parte-se do princípio que elevações na taxa de câmbio influenciem positivamente a decisão do produtor em produzir açúcar, uma vez que o Brasil possui grande relevância no mercado internacional, ou seja:

$$\frac{\partial(S_{AC})}{\partial(EXC_R)} > 0 \quad (10)$$

No caso da produção de álcool, espera-se uma relação inversa, ou seja, que aumentos na taxa de câmbio motivem o produtor a destinar parte da produção de álcool para a produção de açúcar, devido ao fato de que o Brasil vem obtendo nos últimos anos uma posição de destaque como um dos principais produtores mundiais de açúcar, logo essa relação pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{\partial(S_{ALC})}{\partial(EXC_R)} < 0 \quad (11)$$

No modelo B considera-se a grande parte das variáveis inseridas no modelo A, porém substitui-se a variável PI\_AC pela variável preço do açúcar no varejo (PV\_AC), que é uma *proxy* do preço recebido pelo produtor de açúcar. Nesse caso, parte-se das mesmas expectativas para as equações A e B, e, logo, aumentos de

preço do açúcar no varejo motivam positivamente a decisão do produtor a destinar parte da produção de álcool para a produção de açúcar.

Ressalta-se, ainda, que no modelo B também foi incluída a variável preço da gasolina com intenção de testar o efeito do bem substituto em relação à produção de álcool, o que em tese parte-se do pressuposto de que aumentos do preço da gasolina provoquem um aumento na demanda de álcool combustível por parte do consumidor e que tal efeito reflita em aumentos de produção de álcool. Essa relação pode ser observada na equação (8):

$$\frac{\partial(S\_ALC)}{\partial(P\_GAS)} > 0 \quad (12)$$

O modelo C é composto por variáveis de preços do açúcar, do álcool e da gasolina ponderadas e deflacionadas pelo IPCA, as quais substituíram os preços inseridos no modelo B. As expectativas das variáveis também se assemelham aos efeitos descritos no modelo anterior.

Por fim, em relação ao comportamento das variáveis explicadas sobre os modelos, parte-se do princípio que por dependerem da mesma matéria prima, o aumento de uma cause uma queda no mesmo sentido da outra. Sendo assim,

$$\frac{\partial(S\_AC)}{\partial(S\_ALC)} < 0, \frac{\partial(S\_ALC)}{\partial(S\_AC)} < 0 \quad (13)$$

Nesse sentido, para captar a dinâmica do sistema proposto, busca-se, através da modelagem econométrica de vetor auto regressivo com mecanismo de correção de erros (VEC), estimar modelos multivariados de forma simultânea que permitam avaliar os efeitos de uma variável em relação às demais. De acordo com Tomasetto (2010), o VEC admite a ligação entre os aspectos relacionados às oscilações de curto e longo prazo, indicando que o modelo propõe uma estabilidade de equilíbrio entre os regimes. Já para Banerje et al. (1993), os mecanismos de correção de erro apresentam uma forma de modelagem simultânea para o ajustamento de variações de curto prazo em relação a níveis de longo prazo.

Logo, o modelo VEC, em teoria, pode ser descrito da seguinte forma:

$$\Delta Y_t = \pi_0 + \phi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \pi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (14)$$

Onde,  $\pi_0$  é o vetor (n x 1) dos termos de intercepto;  $\pi_i$  é a matriz (n x n) associada aos parâmetros das variáveis do modelo;  $\phi$  é o vetor (n x 1) de cointegração ou os coeficientes de ajuste de longo prazo do modelo; e  $\varepsilon_t$  é o vetor (n x 1) de resíduos ou erros estocásticos. Segundo Bueno (2008), as variáveis  $X_t$  possuem a relação de longo prazo porque possuem uma tendência estocástica devido às mesmas não serem estacionárias. Logo, se ocorrer uma tendência estocástica em todas as séries, considera-se que o modelo possui uma relação de equilíbrio de longo prazo<sup>30</sup>.

Para a estimação dos modelos com base na metodologia apresentada, são necessários alguns testes de especificações com intuito de diagnosticar as análises. Inicialmente, testa-se a presença de raiz unitária, a qual tem por finalidade identificar se as séries inseridas no modelo apresentam relação de estacionariedade<sup>31</sup>. Quando determinadas séries apresentam ausência de estacionariedade, parte-se do princípio de que essa condição é violada por dados que apresentam tendência estocástica ascendente ou descendente ao longo do tempo<sup>32</sup>. Os testes propostos para identificar se as séries possuem médias e variâncias constantes ao longo do tempo foram determinados com base nos testes de ADF (*Augmented Dickey-Fuller*) e PP (*Phillips-Perron*)<sup>33</sup>.

Após o teste de raiz unitária, emprega-se o teste co-integração para identificar se as variáveis possuem uma relação de equilíbrio de longo prazo. De acordo com Enders (1995, p. 226), “podemos pensar em um teste de co-integração como um pré-teste para evitar situações de regressão espúria”. Logo, o conceito de co-integração consiste em uma combinação linear estacionária entre as variáveis inseridas em determinado modelo<sup>34</sup>. Neste estudo é utilizado o teste de cointegração

<sup>30</sup> Maiores informações sobre a metodologia VEC podem ser encontradas em Verbeek (2008).

<sup>31</sup> De acordo com Harris (1995), quando uma série é estacionária, a mesma tende a retornar ao seu valor médio e possui variância finita, enquanto uma série não estacionária tem uma média diferente para cada ponto no tempo com base no tamanho de sua amostra.

<sup>32</sup> Segundo Lelis (2005), a condição de não-estacionariedade representa uma quebra de pressupostos, cujo efeito é a probabilidade de se alcançarem resultado espúrios. Todavia, Hill et al. (1999) definem que séries não estacionárias podem ser transformadas em séries temporais estacionárias, desde que o tratamento consista em um processo submetido as diferenças chamado de *ordem do processo integrado*.

<sup>33</sup> Para maior detalhamento sobre testes de raiz unitária ver Grenne (1997) e Maddala (2003).

<sup>34</sup> Segundo Banerjee et al. (1993), quando duas variáveis  $y_t$  e  $z_t$  possuem ordem de integração I(1), ou seja, são definidas como não estacionárias, logo o modelo linear  $y_t = \beta z_t + \varepsilon_t$  também será I(1).

de Johansen (1988) com o objetivo de identificar os vetores de cointegração nos modelos. Em suma, o teste de Johansen consiste é um vetor de cointegração que busca estimar a relação de longo prazo entre as variáveis, gerada a partir de uma regressão denominada de matriz dos coeficientes com base no modelo de correção de erros (VEC).

Os critérios de *Akaike* (AIC) e *Schwarz* (SC), num contexto multi equacional, são utilizados para a determinação dos melhores modelos, sendo que a escolha se dá pelos menores números gerados por ambos os testes. Posteriormente, aplica-se o teste<sup>35</sup> de auto correlação dos resíduos com o intuito de investigar a possibilidade de que erros sucessivos estejam correlacionados nas séries.

Em relação à normalidade dos resíduos<sup>36</sup>, testa-se se os mesmos são normalmente distribuídos e possuem probabilidade de variável aleatória. Para tanto, utiliza-se o método estatístico *Jarque-Bera* (JB), o qual se caracteriza por ser um teste assintótico devido a calcular, primeiramente, a assimetria e a curtose<sup>37</sup>. Com o propósito de verificar a estabilidade dos modelos, aplica-se o teste de raiz inversa para modelos auto regressivos (AR).

Em relação à captação da intensidade dos choques nas variáveis, analisam-se, por meio da ferramenta impulso resposta<sup>38</sup>, os efeitos das variações individuais sobre a dinâmica do sistema, com o objetivo de mostrar como um choque em determinada variável afeta as demais variáveis no decorrer do tempo. Para determinar tal análise, utiliza-se o teste de causalidade de Granger, o qual permite identificar e prever se determinada variável impacta no desempenho de outra. De acordo com Bueno (2008), o ponto principal é diagnosticar se o escalar  $y_t$  corrobora na previsão do escalar  $z_t$ .

No capítulo 4, são aplicados os testes de especificação que possibilitam alcançar os objetivos propostos. Ademais, são interpretados os choques nas variáveis com base nos teste de causalidade de Granger.

---

<sup>35</sup> O teste aplicado é denominado *LM Test*, o qual faz parte do *software* estatístico *Eviews 7*.

<sup>36</sup> Ver Gujarati (2006) e Verbeek (2008).

<sup>37</sup> Curtose é uma medida de aplicação, que determina o ponto máximo da curva de distribuição.

<sup>38</sup> Conforme Triches et al. (2006), a função impulso resposta permite traçar os efeitos do desvio padrão de determinado choque em relação ao comportamento presente e futuro de variáveis endógenas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta, primeiramente, os testes de especificação dos modelos. Os testes de causalidade de Granger também são apresentados, os quais possibilitam uma avaliação de precedência entre as variáveis compreendidas nos modelos<sup>39</sup>, de forma a orientar a interpretação das funções impulso resposta (FIR). Em seguida, são analisados os choques das variáveis endógenas nos modelos, ou seja, um impulso que uma variável exerce sobre as demais e suas trajetórias conforme as FIR.

### 4.1 TESTES DE ESPECIFICAÇÃO

Inicia-se o processo investigativo através do teste de raiz unitária, o qual consiste verificar a existência de tendência estocástica nas variáveis. Os resultados para todas as séries indicam a presença de raiz unitária de ordem de integração I(1). Todavia, as séries tornam-se estacionárias quando as mesmas são testadas em nível. Os resultados dos testes ADF em nível podem ser observados na Tabela 5<sup>40</sup>.

**Tabela 5: Teste de raiz unitária ADF em nível**

Série	$\Delta$ Dickey-Fuller Estendido (ADF)						Integração
	$\tau$	p valor	$\tau_{\mu}$	p valor	$\tau_{\tau}$	p valor	
s_ac	0.566	0.836	-2.927	0.048	-5.159	0.000	I(1)
s_alc	0.091	0.708	-3.772	0.005	-3.876	0.019	I(1)
x_ac	1.019	0.917	-0.951	0.765	-4.330	0.006	I(1)
pr_can	1.136	0.932	-1.583	0.484	-3.236	0.088	I(1)
pv_ac	-1.324	0.169	-1.055	0.727	-3.311	0.074	I(1)
pi_ac	1.002	0.914	-1.273	0.637	-3.174	0.099	I(1)
p_alc	1.646	0.975	-1.544	0.504	-2.792	0.206	I(1)
p_gas	-3.743	0.999	-2.498	0.121	-0.589	0.976	I(1)
exc_r	-0.191	0.613	-1.978	0.295	-0.687	0.969	I(1)
p_ac_pond2	0.260	0.758	-2.772	0.069	-3.350	0.684	I(1)
p_alc_pond	0.451	0.809	-2.357	0.158	-2.890	0.174	I(1)
p_gas_pond	-1.384	0.957	-1.781	0.386	-0.562	0.978	I(1)

Nota:  $\tau$ : sem intercepto;  $\tau_{\mu}$ : intercepto;  $\tau_{\tau}$ : tendência e intercepto.

<sup>39</sup> Ambos os modelos são definidos com quatro defasagens.

<sup>40</sup> O Anexo 4 apresenta os testes de raiz unitária ADF e PP, em nível, considerando os modelos sem constante e sem tendência, com constante e sem tendência e com tendência e constante. Os testes de raiz unitária *Phillips-Perron* para as séries em primeira diferença também podem ser analisados neste Anexo.

Os resultados indicam que num nível de significância de 5% não há presença de raiz unitária em primeira diferença, ou seja, passa-se a assumir hipótese de estacionariedade das séries.

O procedimento seguinte foi verificar a relação de equilíbrio de longo prazo dos modelos. O método utilizado foi o teste de Johansen, o qual indica ser possível rejeitar a hipótese nula de não existência de cointegração. Dessa forma, as séries dos modelos A,B e C possuem equilíbrio de longo prazo e o modelo auto regressivo com mecanismo correção de erros pode ser utilizado. O número de intervalos de defasagens (1, 2, 3 e 4) utilizados nos modelos, em geral, apresentaram valores significativos nos testes de máximo autovalor e estatística traço, confirmando a hipótese alternativa de existência de vetores de cointegração<sup>41</sup>.

No que tange aos testes de autocorrelação dos resíduos, a Tabela 6 apresenta os resultados para os três modelos com até quatro defasagens.

**Tabela 6: Testes de auto correlação Lagrange Multiplier (LM-Test)<sup>42</sup>**

<b>Modelo A</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>Lags</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>
1 <sup>a</sup>	49.13531	0.4677	65.58297	0.0568	56.84693	0.2060	33.43626	0.9563
2 <sup>a</sup>	42.09635	0.7469	59.58122	0.1431	54.58672	0.2706	43.83570	0.6820
3 <sup>a</sup>	57.16008	0.1979	68.81858	0.0323	82.05183	0.0021	36.59088	0.9048
4 <sup>a</sup>	78.90100	0.0043	55.75680	0.2357	48.03213	0.5123	51.21722	0.3867
<b>Modelo B</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>Lags</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>
1 <sup>a</sup>	71.75848	0.2363	70.70982	0.2637	75.35459	0.1568	53.59405	0.8199
2 <sup>a</sup>	71.44983	0.2442	68.89262	0.3154	64.32615	0.4650	66.05482	0.4057
3 <sup>a</sup>	60.05689	0.6166	66.31778	0.3970	73.79600	0.1885	58.62386	0.6663
4 <sup>a</sup>	108.7531	0.0004	93.21317	0.0100	59.37898	0.6403	62.33481	0.5356
<b>Modelo C</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>	
<b>Lags</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>	<b>LM-Stat</b>	<b>Prob</b>
1 <sup>a</sup>	83.78744	0.0491	66.83349	0.3800	78.79099	0.1009	63.63050	0.4895
2 <sup>a</sup>	83.21643	0.0536	76.87500	0.1297	53.45490	0.8236	73.22135	0.2012
3 <sup>a</sup>	90.22155	0.0171	85.65674	0.0367	82.60938	0.0587	63.03202	0.5108
4 <sup>a</sup>	83.66765	0.0501	73.68908	0.1908	57.90808	0.6904	65.35824	0.4293

De acordo com as probabilidades estatísticas dos testes apresentados, assume-se a hipótese nula de ausência de autocorrelação no modelo A (para uma e quatro defasagens), no modelo B (para todas as defasagens) e para o modelo C (para duas e quatro defasagens). Logo, no modelo A, rejeita-se a hipótese nula com 6% de significância para duas defasagens e 0,21% para três defasagens. Já no modelo C, rejeita-se em 5% para uma defasagem e 6% para três defasagens.

<sup>41</sup> Os resultados dos testes de cointegração Johansen podem ser analisados nos Anexos 5 a 16.

<sup>42</sup> Uma definição teórica sobre LM Test pode ser encontrada em Verbeek (2008).

A Tabela 7 apresenta as estimativas AIC e SC para os respectivos modelos. Em parte, esses resultados podem indicar que quatro defasagens seriam as quantidades de intervalos ideais para composição do VEC.

**Tabela 7: Testes de Akaike e Schwarz para os modelos A, B e C**

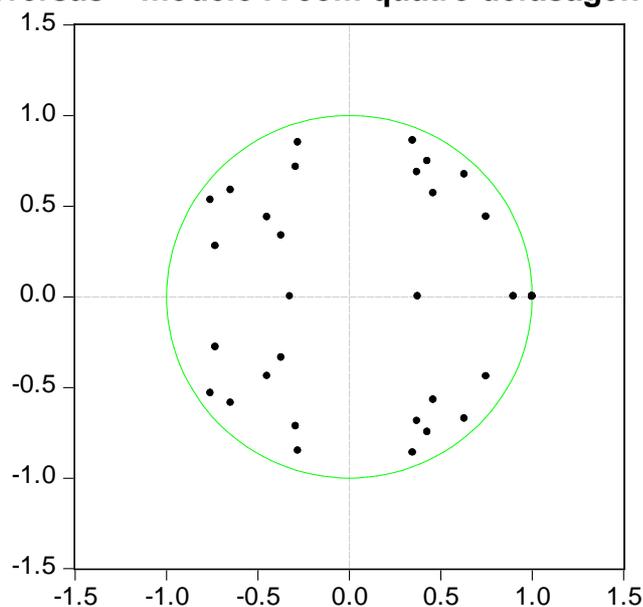
Modelos Lags	A		B		C	
	AIC	SC	AIC	SC	AIC	SC
1 <sup>a</sup>	-24.26	-21.78	-28.55	-25.42	-28.82	-25.69
2 <sup>a</sup>	-23.79	-19.52	-28.75	-23.30	-29.41	-23.97
3 <sup>a</sup>	-24.05	-17.98	-29.65	-21.84	-30.79	-22.98
4 <sup>a</sup>	-25.09	-17.17	-32.11	-21.89	-33.94	-23.72

Os testes de AIC e SC apresentados não são conclusivos quanto à escolha do melhor modelo. Dessa forma, faz-se necessária a comprovação da normalidade dos resíduos através da estatística de *Jarque-Bera*<sup>43</sup>, que indicam que para o modelo A com uma defasagem, rejeita-se a hipótese nula de normalidade com 95% de confiança para o teste de *Choleski* e 99% para os testes e *Doornik-Hansen* e *Urzúa*. Para duas defasagens, rejeita-se a hipótese nula somente para o teste de *Urzúa* com 99% de confiança, porém reprova-se o mesmo pelos critérios de AIC e SC. Com três defasagens, reprovam-se na média de 97% de confiança os testes de *Doornik-Hansen* e *Urzúa* e, em contrapartida, se aceita a hipótese nula de normalidade dos resíduos em todos os testes com quatro defasagens. Já para os modelos B e C, rejeita-se a hipótese nula em 99% de confiança para uma, duas e três defasagens em todos os testes. No mesmo sentido, para ambos os modelos aceita-se a normalidade dos resíduos devido aos resultados satisfatórios dos testes de *Choleski* e *Urzúa*.

Com base nessas definições, prossegue-se para as análises de teste de raízes inversas com os modelos A, B e C com quatro defasagens, os quais obtiveram melhores resultados econométricos de acordo com os testes de normalidade, AIC e SC e auto correlação. A Figura 2 mostra o teste para o modelo A com quatro defasagens, o qual qualifica o modelo devido ao grau estável das distribuições.

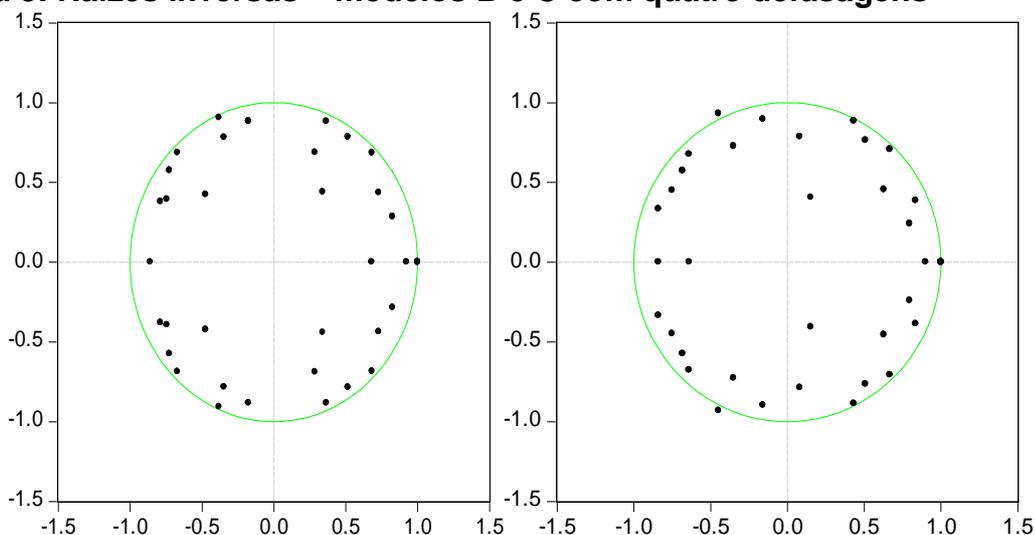
<sup>43</sup> O Anexo 17 encontra-se no anexo estatístico do presente trabalho.

**Figura 2: Raízes inversas – modelo A com quatro defasagens**



Na Figura 3, em relação ao modelo B e considerando o mesmo número de defasagens, também se observa uma consonância com o resultado anterior, ou seja, o modelo apresenta estabilidade no grau de distribuição. Porém, no modelo C, ressalta-se que devido às raízes inversas do polinômio ficarem fora do círculo unitário da matriz, o mesmo possui característica instável, corroborando com o indício de não normalidade dos resíduos apresentados no teste de *Doornik-Hansen*. Logo, com base nos indícios apresentados, o modelo C é invalidado e excluído das análises seguintes.

**Figura 3: Raízes inversas – modelos B e C com quatro defasagens**



Por fim, conclui-se que após as especificações econométricas, os modelos A e B com quatro defasagens apresentaram maior consistência e robustez em relação aos parâmetros testados, os quais passam a compor as análises da próxima seção.

#### 4.2 ANÁLISE DOS TESTES DE CAUSALIDADE DE GRANGER

Para uma melhor compreensão das funções impulso resposta dos modelos escolhidos, aplicam-se os testes de causalidade de Granger com intuito de prever a influência que uma variável exerce sobre a outra. A Tabela 8 apresenta as estimativas de Granger para o modelo A.

Observa-se que, ao nível de significância de 5%, as variações da exportação de açúcar causaram, no sentido de Granger, a oferta de açúcar no Brasil durante o período analisado. Ao nível de significância de 10%, as variações do preço internacional do açúcar causam no sentido Granger as exportações brasileiras de açúcar e o preço do álcool. Nesse sentido, avalia-se que um aumento de demanda de exportações por açúcar pode refletir em um aumento da oferta. Da mesma forma, uma elevação no preço internacional pode causar um direcionamento da produção para o mercado internacional. Ademais, o preço internacional do açúcar também pode influenciar no aumento ou na diminuição do preço do álcool, uma vez que podem ser substituíveis na decisão do produtor<sup>44</sup>. Os demais resultados encontrados por meio dos testes de causalidade de Granger não são conclusivos quanto à ordem de precedência. Logo, buscam-se respostas mais conclusivas acerca do comportamento entre as variáveis do setor por meio das funções impulso resposta.

---

<sup>44</sup> As funções impulso resposta discutidas na próxima seção procuram avaliar essas relações com intuito de determinar se há ou não substituição da produção de açúcar e álcool, bem como o respectivo relacionamento dos preços.

**Tabela 8: Teste de causalidade de Granger para o modelo A**

Hipótese Nula	Estatística-F	Prob.	Hipótese Nula	Estatística-F	Prob.
$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta S\_AC$	3.5245	0.0137	$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta X\_AC$	1.1965	0.3251
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta X\_AC$	0.7335	0.5738	$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta EXC\_AC$	0.2928	0.8811
$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta S\_AC$	0.7871	0.5395	$\Delta PI\_AC$ não causa $\Delta S\_ALC$	0.6457	0.6327
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta S\_ALC$	1.0284	0.4028	$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta PI\_AC$	1.4108	0.2454
$\Delta PI\_AC$ não causa $\Delta S\_AC$	0.4859	0.7460	$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta S\_ALC$	0.1254	0.9726
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta PI\_AC$	0.4100	0.8005	$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta PR\_CAN$	0.5785	0.6797
$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta S\_AC$	0.3198	0.8632	$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta S\_ALC$	1.4151	0.2440
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta PR\_CAN$	0.3964	0.8102	$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta P\_ALC$	1.3473	0.2669
$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta S\_AC$	0.8714	0.4883	$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta S\_ALC$	0.7041	0.5932
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta P\_ALC$	1.3413	0.2691	$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.4501	0.7718
$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta S\_AC$	0.3269	0.8585	$\Delta PR\_CAN$ não causa $PI\_AC$	1.5892	0.1932
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.8276	0.5145	$\Delta PI\_AC$ não causa $\Delta PR\_CAN$	1.9020	0.1262
$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta X\_AC$	0.3938	0.8120	$\Delta P\_ALC$ não causa $PI\_AC$	0.7168	0.5848
$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta S\_ALC$	0.8500	0.5010	$\Delta PI\_AC$ não causa $\Delta P\_ALC$	2.4991	0.0554
$\Delta PI\_AC$ não causa $\Delta X\_AC$	2.2281	0.0806	$\Delta EXC\_R$ não causa $PI\_AC$	0.7483	0.5642
$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta PI\_AC$	1.1494	0.3455	$\Delta PI\_AC$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.8523	0.4996
$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta X\_AC$	1.6156	0.1864	$\Delta P\_ALC$ não causa $PR\_CAN$	1.5558	0.2021
$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta PR\_CAN$	0.6358	0.6396	$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta P\_ALC$	0.0401	0.9968
$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta X\_AC$	0.5580	0.6942	$\Delta EXC\_R$ não causa $PR\_CAN$	0.7527	0.5614
$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta P\_ALC$	1.8045	0.1442	$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.1901	0.9424
$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.3705	0.8284	$\Delta EXC\_R$ não causa $P\_ALC$	1.1044	0.3659

Nota: 55 observações, entre o período de 1995 a 2009 (utilizadas quatro defasagens).

S\_AC: oferta de açúcar; X\_AC: exportação de açúcar; S\_ALC: produção de álcool; PI\_AC: preço internacional do açúcar; PR\_CAN: preço recebido pelo produtor de cana; P\_ALC: preço do álcool; EXC\_R: taxa de câmbio.

Em relação ao modelo B, de acordo com a Tabela 9, ao nível de significância de 5%<sup>45</sup>, a produção de açúcar causa, no sentido de Granger, o preço da gasolina. Tal resultado pode ser justificado, partindo do princípio de que a oferta de açúcar pode influenciar o comportamento do preço do álcool, que, por sua vez, em parte, pode afetar o preço da gasolina.<sup>46</sup> Ao mesmo nível de significância, os testes destacam que a produção de álcool causa o preço da gasolina. Logo, esse resultado corrobora com a teoria econômica por se tratarem de bens substitutos ou complementares, onde oscilações no preço de um impactam diretamente na quantidade ofertada do outro.

<sup>45</sup> A Tabela 9 também apresenta resultados satisfatórios em relação à variável exportação de açúcar ao nível de significância de 5%. Os resultados são iguais aos apresentados na Tabela 8, por se tratarem das mesmas variáveis.

<sup>46</sup> Pressupõe-se que o preço da gasolina é causado por outros fatores não relacionados neste estudo, tais como preço do barril do petróleo, produção de gasolina e derivados.

**Tabela 9: Teste de causalidade de Granger para o modelo B**

Hipótese Nula	Estatística-F	Prob.	Hipótese Nula	Estatística-F	Prob.
$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta S\_AC$	0.7871	0.5395	$\Delta PV\_AC$ não causa $\Delta X\_AC$	0.6919	0.6014
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta S\_ALC$	1.0284	0.4028	$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta PV\_AC$	0.2171	0.9276
$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta S\_AC$	3.5245	0.0137	$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta X\_AC$	1.1965	0.3251
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta X\_AC$	0.7335	0.5738	$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.2928	0.8811
$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta S\_AC$	0.3198	0.8632	$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta X\_AC$	0.7980	0.6942
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta PR\_CAN$	0.3964	0.8102	$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta P\_ALC$	1.8045	0.1442
$\Delta PV\_AC$ não causa $\Delta S\_AC$	0.6011	0.6638	$\Delta P\_GAS$ não causa $\Delta X\_AC$	1.2280	0.3121
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta PV\_AC$	0.2258	0.9226	$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta P\_GAS$	1.2685	0.2961
$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta S\_AC$	0.3269	0.8585	$\Delta PV\_AC$ não causa $\Delta PR\_CAN$	3.6083	0.0122
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.8276	0.5145	$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta PV\_AC$	0.8313	0.5122
$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta S\_AC$	0.8714	0.4883	$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta PR\_CAN$	0.7527	0.5614
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta P\_ALC$	1.3413	0.2691	$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.1901	0.9424
$\Delta P\_GAS$ não causa $\Delta S\_AC$	0.6097	0.6577	$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta PR\_CAN$	1.5830	0.2021
$\Delta S\_AC$ não causa $\Delta P\_GAS$	5.1013	0.0017	$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta P\_ALC$	0.0401	0.9968
$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta S\_ALC$	0.8500	0.5010	$\Delta P\_GAS$ não causa $\Delta PR\_CAN$	1.3061	0.2818
$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta X\_AC$	0.3938	0.8120	$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta P\_GAS$	0.4864	0.7456
$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta S\_ALC$	0.1254	0.9726	$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta PV\_AC$	1.0426	0.3957
$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta PR\_CAN$	0.5785	0.6797	$\Delta PV\_AC$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.5439	0.7043
$\Delta PV\_AC$ não causa $\Delta S\_ALC$	1.5802	0.1956	$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta PV\_AC$	1.0452	0.3943
$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta PV\_AC$	1.1022	0.3669	$\Delta PV\_AC$ não causa $\Delta P\_ALC$	2.1495	0.0898
$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta S\_ALC$	0.7041	0.5932	$\Delta P\_GAS$ não causa $\Delta PV\_AC$	1.7840	0.1483
$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.4501	0.7718	$\Delta PV\_AC$ não causa $\Delta P\_GAS$	0.9294	0.4300
$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta S\_ALC$	1.4151	0.2440	$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.3705	0.8284
$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta P\_ALC$	1.3473	0.2669	$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta P\_ALC$	1.1044	0.3659
$\Delta P\_GAS$ não causa $\Delta S\_ALC$	0.3200	0.8632	$\Delta P\_GAS$ não causa $\Delta EXC\_R$	0.1409	0.9661
$\Delta S\_ALC$ não causa $\Delta P\_GAS$	3.7831	0.0097	$\Delta EXC\_R$ não causa $\Delta P\_GAS$	1.8849	0.1292
$\Delta PR\_CAN$ não causa $\Delta X\_AC$	1.6180	0.1864	$\Delta P\_GAS$ não causa $\Delta P\_ALC$	1.9098	0.1248
$\Delta X\_AC$ não causa $\Delta PR\_CAN$	0.6358	0.6396	$\Delta P\_ALC$ não causa $\Delta P\_GAS$	0.4890	0.7438

Nota: 55 observações, entre o período de 1995 a 2009 (quatro defasagens).

S\_AC: oferta de açúcar; X\_AC: exportação de açúcar; S\_ALC: produção de álcool; PI\_AC: preço internacional do açúcar; PR\_CAN: preço recebido pelo produtor de cana; P\_ALC: preço do álcool; EXC\_R: taxa de câmbio; PV\_AC: preço do varejo do açúcar; P\_GAS: preço da gasolina.

O preço do açúcar no varejo, a 5% de significância, também causa o preço recebido pelo produtor de cana, o que, de certa forma, pode impactar positivamente na oferta brasileira de açúcar. Já ao nível de significância de 10%, os resultados estimados com base nos testes de Granger<sup>47</sup> apontam que variações no preço do açúcar no varejo causam o preço do álcool. No mesmo sentido das análises anteriores, esse comportamento pode ser causado pela decisão do produtor em ofertar açúcar e álcool<sup>48</sup>.

Na próxima seção, apresentam-se e discutem-se os resultados das funções impulso resposta para ambos os modelos.

<sup>47</sup> Uma breve definição e exemplos em relação aos testes de Granger podem ser encontrados em Bueno (2008).

<sup>48</sup> Os demais resultados não comentados na Tabela 9, não são conclusivos quanto à ordem de precedência e, assim, como citado nas análises da Tabela 8, faz-se necessário avaliar as funções impulso resposta.

### 4.3 APLICAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS DAS FUNÇÕES IMPULSO RESPOSTA

Nessa seção, descrevem-se as análises e os resultados das funções impulso resposta para os modelos A e B com quatro defasagens. As duas primeiras subseções apresentam as funções impulso resposta para ambos os modelos. Na terceira subseção comparam-se os resultados com intuito de selecionar o modelo mais adequado ao comportamento do setor.

#### 4.3.1 Funções de impulso resposta para o modelo A

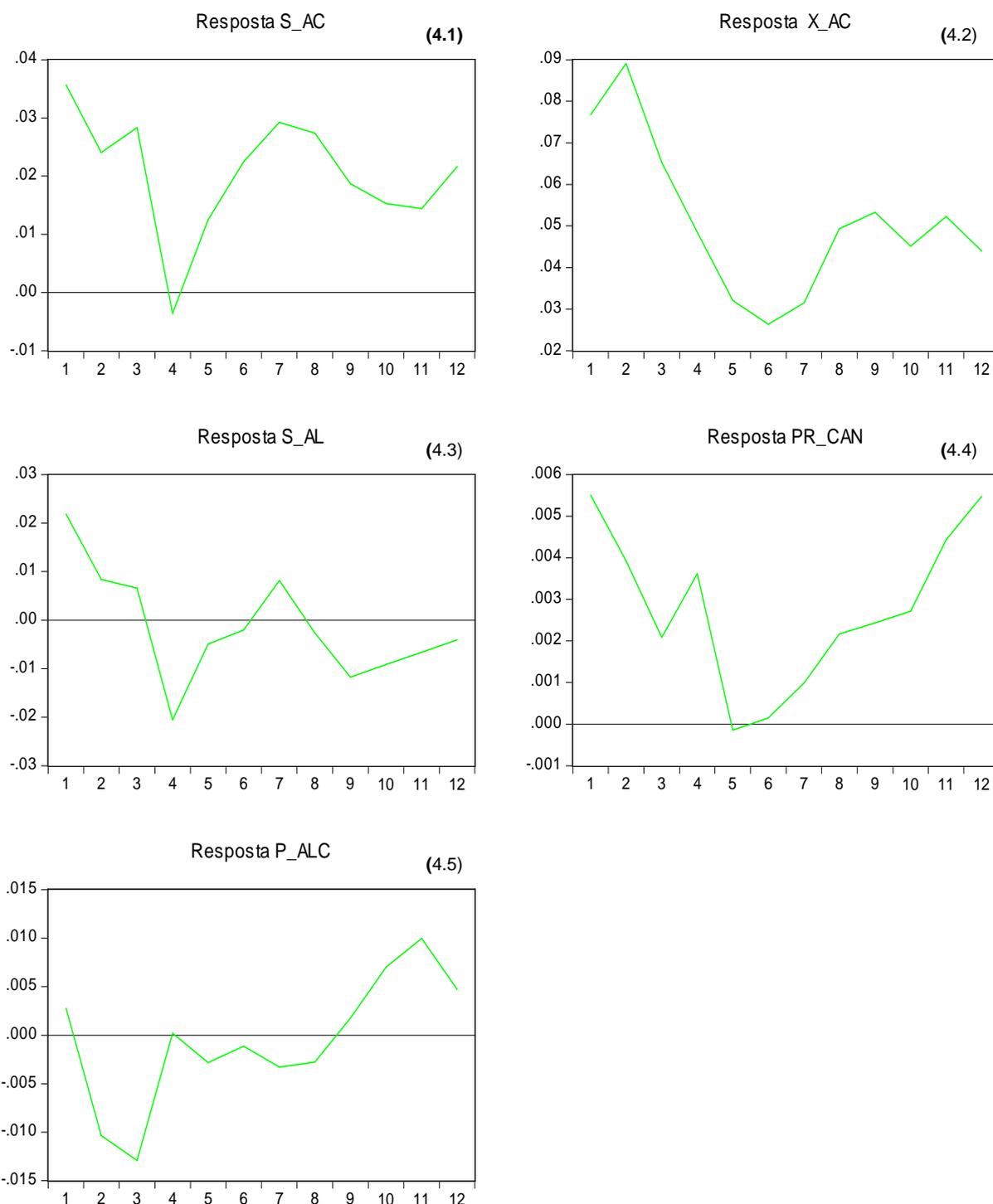
As Figuras 4 a 10 mostram as trajetórias das variáveis endógenas do modelo A em relação a impulsos<sup>49</sup>. As respostas da produção de açúcar e do preço recebido pelo produtor de cana mostram um efeito predominantemente positivo em relação a um choque na variável exportação de açúcar (Figura 4; 4.1 e 4.4), o qual se acentua na produção a partir do quarto trimestre, enquanto que para o preço recebido pelo produtor de cana acontece a partir do quinto trimestre<sup>50</sup>. A resposta da exportação de açúcar inicialmente gera um efeito positivo, porém, após o segundo trimestre, observa-se uma queda gradativa até o sexto trimestre, seguida por oscilações nos próximos períodos. Essa queda pode estar associada devido à elevação da oferta mundial de açúcar (Figura 4; 4.2).

---

<sup>49</sup> Não são analisados choques das variáveis em direção à taxa de câmbio por não se esperar que o setor tenha influência nesse preço. Entretanto, são analisados choques da taxa cambial sobre as demais variáveis do modelo.

<sup>50</sup> A resposta em relação à variável preço internacional do açúcar sobre um impulso nas exportações de açúcar não foi discutida devido aos resultados no teste de causalidade de Granger. O mesmo indica que as variações do preço internacional do açúcar causam as variações da exportação de açúcar.

**Figura 4: Resposta a um impulso generalizado na variável exportação brasileira de açúcar (X\_AC) para o modelo A**



Nota: As respostas das variáveis estão separadas conforme a numeração no canto superior direito. S\_AC: oferta de açúcar; X\_AC: exportação de açúcar; S\_ALC: produção de álcool; PI\_AC: preço internacional do açúcar; PR\_CAN: preço recebido pelo produtor de cana; P\_ALC: preço do álcool; EXC\_R: taxa de câmbio.

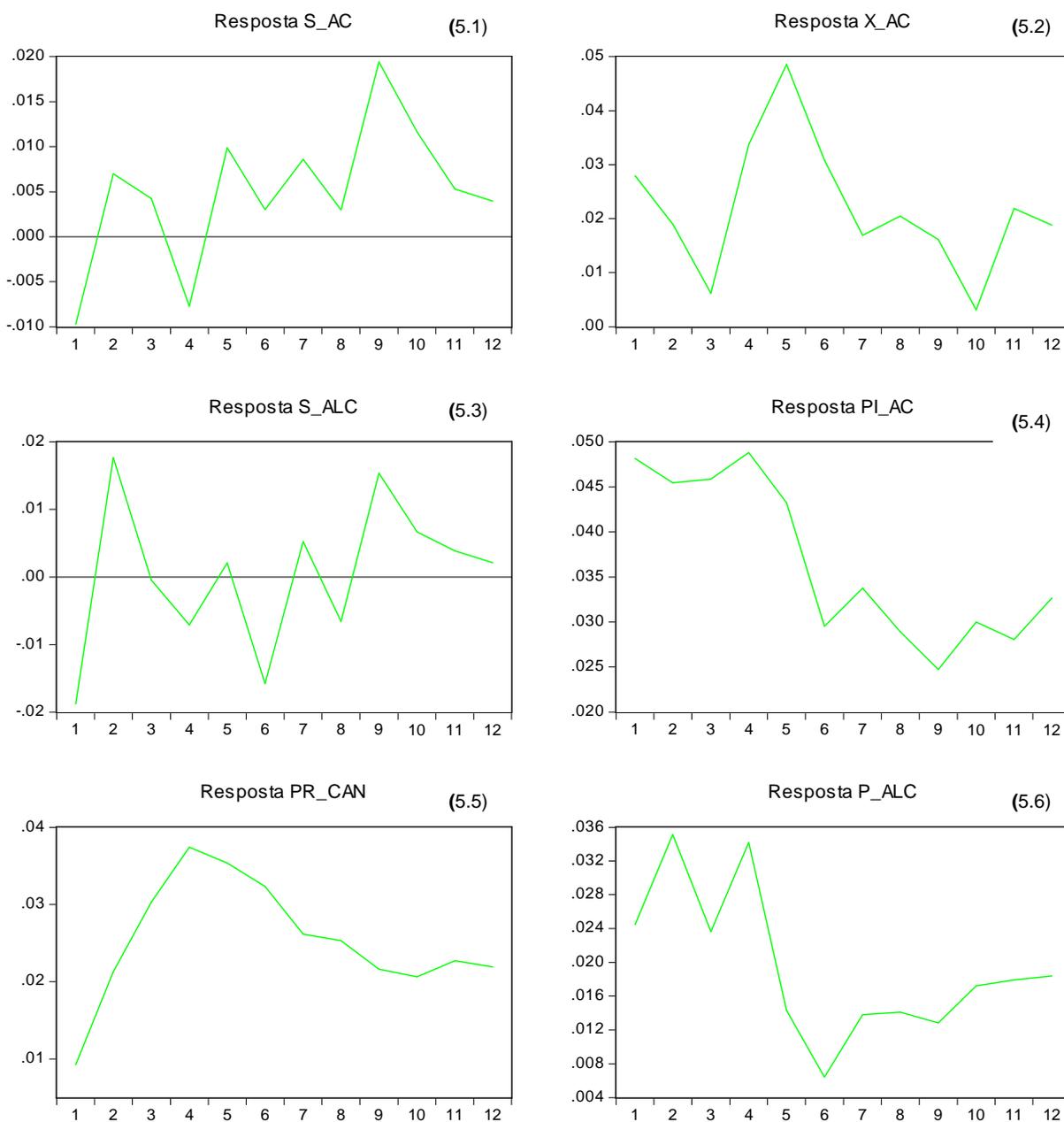
A resposta do preço do álcool é negativa nos três primeiros trimestres, seguida por flutuações em torno desse patamar até o oitavo trimestre, fato que pode

ser ocasionado pela elevação na demanda por exportações de açúcar. A partir desse período, observa-se um efeito positivo a um impulso na exportação de açúcar, o qual pode ser ocasionado pela decisão do produtor em destinar parte da produção de álcool para a produção de açúcar, tornando o álcool mais escasso no mercado (Figura 4; 4.5). Já em relação à oferta de álcool, até o quarto trimestre, o efeito é negativo e seguido na maioria dos períodos por oscilações no mesmo patamar (Figura 4; 4.3).

Na Figura 5 apresenta-se a resposta de um impulso generalizado da variável preço internacional do açúcar. Nota-se que até o quarto trimestre a resposta da produção de açúcar (5.1) oscila em relação a um impulso no preço internacional. Todavia, após esse período, o efeito é positivo, mantendo flutuações e atingindo maior pico de crescimento no nono trimestre. Logo, o patamar negativo registrado inicialmente pode ser gerado por questões relacionadas à safra e readequação do *mix* de produção. Da mesma forma, a resposta da variável exportação de açúcar (5.2) é positiva, reagindo a um aumento de preço.

Em relação à resposta do preço internacional (5.4), parte-se do pressuposto que o efeito positivo imediato até o quarto trimestre eleve a expansão da oferta mundial de açúcar. O preço recebido pelo produtor de cana (5.5) possui um efeito positivo mais elevado até o final do terceiro trimestre. Nos próximos períodos, o efeito possui o mesmo sentido, porém de patamar reduzido, que pode ser justificado no longo prazo pelo excesso de oferta de açúcar no mercado e demanda pela matéria prima. A reação positiva do preço do álcool (5.6) em relação a um choque no preço do açúcar internacional pode ser ocasionada por uma queda na oferta de álcool, decorrente de uma elevação na produção de açúcar.

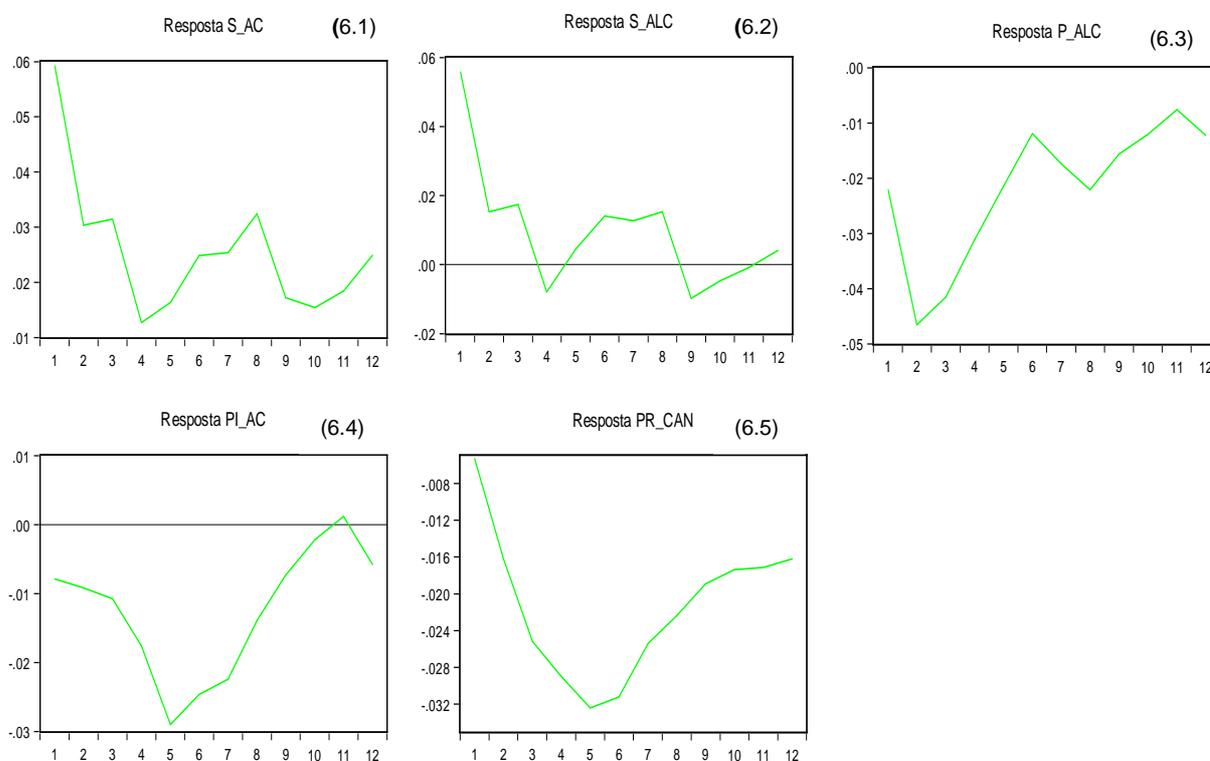
**Figura 5: Resposta a um impulso generalizado na variável preço internacional do açúcar (PI\_AC) para o modelo A**



No que tange à resposta da produção de álcool (5.3) sobre um impulso no preço internacional do açúcar, ressalta-se que a mesma não é conclusiva devido às constantes oscilações apresentadas durante todos os períodos. Ademais, sustenta-se que, no teste de causalidade Granger, o preço internacional do açúcar impacta diretamente no preço do álcool.

A Figura 6 mostra as respostas a um choque na produção brasileira de açúcar<sup>51</sup>. A resposta da produção de açúcar (6.1) mostrou-se positiva. A trajetória do preço recebido pelo produtor de cana (6.5) sobre um impulso na produção é negativa, portanto, interpreta-se o resultado como contra-intuitivo devido às expectativas de que um aumento na produção elevaria o preço da matéria prima. A resposta negativa do preço internacional é coerente com a elevação de oferta ocasionada por um choque na produção.

**Figura 6: Resposta a um impulso generalizado na variável produção brasileira de açúcar (S\_AC) para o modelo A**



Em relação à resposta da produção de álcool (6.2), observa-se um impacto positivo, seguido por oscilações no mesmo patamar ao longo dos períodos. Esse comportamento indica que devido ao açúcar e álcool originarem da mesma matéria prima, um impulso na oferta de açúcar também eleva a oferta de álcool. Já a resposta do preço do álcool (6.3) foi negativa, resultado esperado devido ao aumento na produção desse bem, o qual apresentou relação positiva (6.2).

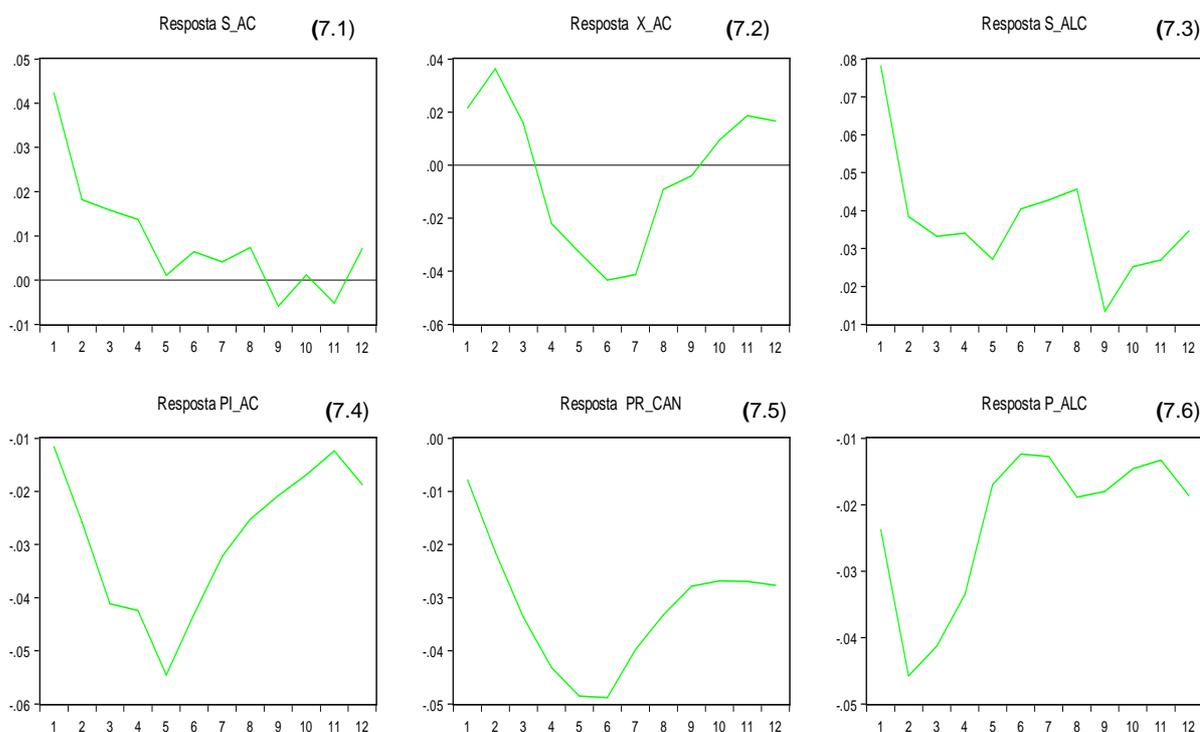
A Figura 7 mostra o resultado de um choque generalizado na variável produção brasileira de álcool. O comportamento apresentado da produção de açúcar

<sup>51</sup> A variável exportação de açúcar não foi analisada devido ao teste de causalidade Granger.

(7.1) é adequado com o esperado, positivo, indicando tendência de queda já nos primeiros trimestres e registrando picos negativos na resposta da produção de açúcar a partir do nono trimestre, tendendo a se estabilizar no longo prazo. No mesmo sentido, a resposta da exportação de açúcar (7.2) também é afetada em relação a um impulso na produção de álcool, com maior impacto negativo ocorrendo entre o sexto e sétimo trimestre, seguida por uma mudança de patamar gradual de crescimento. Porém, esse resultado mostrou-se inconclusivo, pois se esperava que houvesse substituição na produção.

A resposta do preço internacional (7.4) do açúcar também explica a dinâmica do setor sucroalcooleiro, já que um impulso na produção de álcool gera efeitos negativos sobre a mesma. Observa-se uma queda acentuada até o quinto trimestre, seguida por uma tendência de crescimento gradativo nos trimestres subsequentes. Esse comportamento em parte pode ser justificado pela elevação da oferta de açúcar brasileira no mercado internacional decorrente do impulso na oferta brasileira de álcool, pois são bens advindos da mesma matéria prima.

**Figura 7: Resposta a um impulso generalizado na variável produção brasileira de álcool (S\_ALC) para o modelo A**

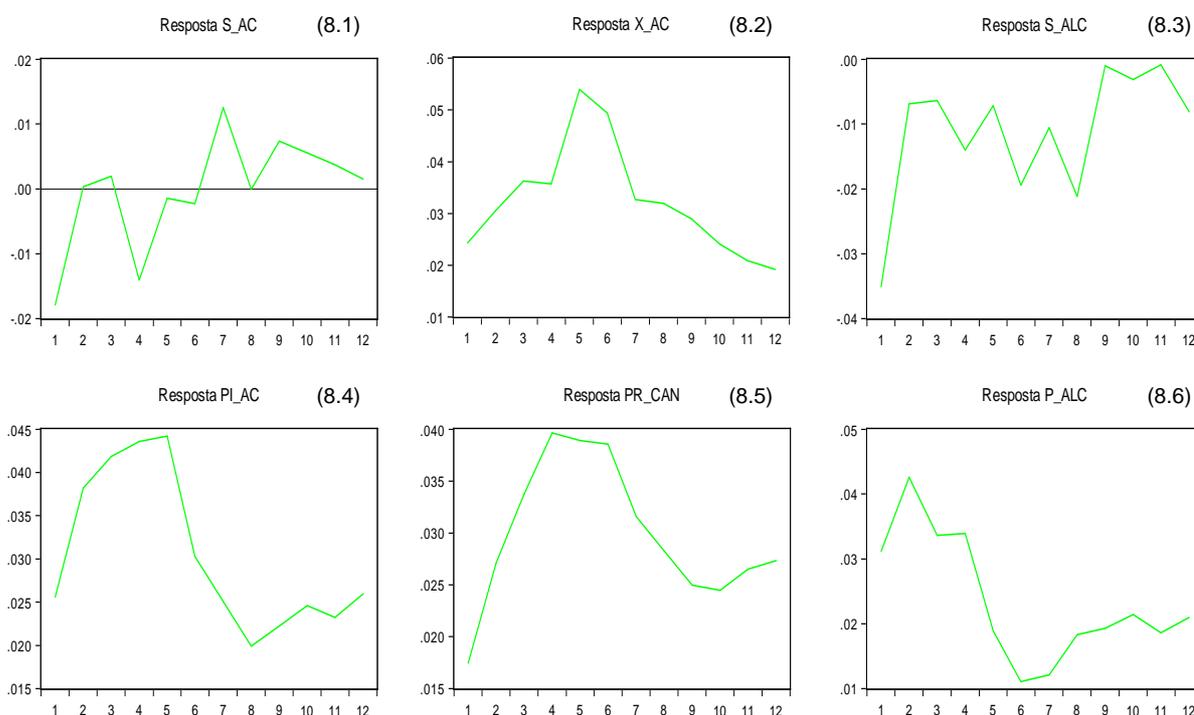


Em relação à resposta do preço do álcool (7.6), o impulso generalizado na produção é negativo, registrando, inicialmente, uma tendência de queda até o segundo trimestre. Posteriormente, o comportamento do preço apresenta uma tendência de crescimento no longo prazo, atingindo o maior impacto entre o quinto e o sétimo trimestre, seguido por flutuações no mesmo patamar. Tal fato ocorre pela maior oferta do produto no mercado. Já em relação à resposta da produção de álcool (7.3), pode-se concluir que, em parte, um impulso na oferta de álcool gera no decorrer dos períodos um efeito positivo, mas com tendência de queda devido à expansão das quantidades de ofertadas.

O resultado do preço recebido pelo produtor de cana (7.5) em relação ao impulso na produção de álcool deve ser interpretado com cautela, devido ao fato de que a produção de açúcar e álcool pode influenciar a variável preço recebido pelo produtor. As repostas a um impulso generalizado no preço recebido pelo produtor de cana podem ser analisadas de acordo com a Figura 8. Nota-se que um impulso no preço pago ao produtor possui um impacto positivo nas exportações de açúcar (8.2), apresentando um crescimento acentuado no quinto trimestre, oscilando posteriormente em patamares menores. A resposta em relação ao preço internacional do açúcar (8.4) é positiva e com oscilações de maiores níveis nos primeiros cinco trimestres, o que de fato pode ser explicado devido ao impulso no preço recebido pelo produtor não refletir no mesmo tempo em uma expansão da oferta de açúcar, já que a mesma depende de questões agrícolas, tais como variações climáticas. Nos trimestres subsequentes, o comportamento também é positivo, mas com tendência de queda, justificando um possível aumento de oferta de açúcar motivado pelo impulso no preço pago ao produtor.

A resposta do preço recebido pelo produtor de cana (8.5) sobre o impulso no próprio preço recebido também é positiva, gerando maiores impactos nos primeiros seis trimestres. O comportamento nos trimestres seguintes, em parte, pode ter relação com lei da oferta, indicando que preços maiores motivem a entrada de mais produtores de açúcar no mercado, inferindo no longo prazo diretamente nos ganhos do produtor. Percebe-se um comportamento dúbio, em relação à resposta da produção de açúcar (8.1) no que tange a um impulso no preço do produtor devido às oscilações durante os períodos analisados.

**Figura 8: Resposta a um impulso generalizado na variável preço recebido pelo produtor de cana de açúcar (PR\_CAN) para o modelo A**



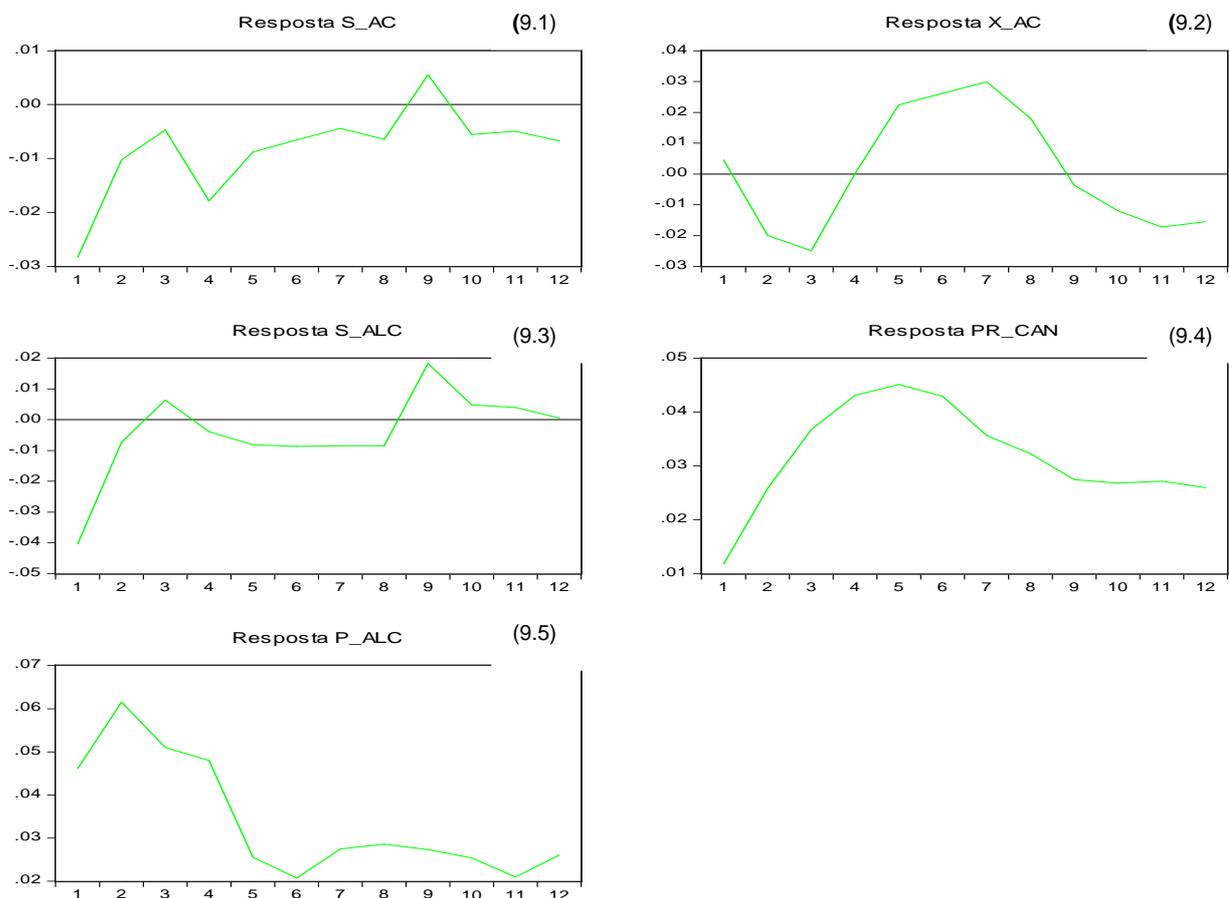
O impulso nos preços recebidos pelo produtor de cana faz com que o preço do álcool (8.6) se eleve, possivelmente devido ao aumento nos custos de produção no curto prazo. Apesar dessa elevação de preços, a oferta de álcool (8.3) tem trajetória negativa, o que pode ser explicado por uma elevação ainda maior no preço do açúcar, que faz com que o produtor possa dar preferência a esse produto. Porém, ressalta-se que comportamento apresentado pelas produções de açúcar e álcool deve ser analisado com cautela, visto que aumentos nos preços motivaria uma expansão de oferta, apesar da elevação dos custos da matéria prima.

De acordo com Figura 9, dentre os resultados das variáveis em relação a um impulso no preço do álcool, destaca-se o impacto negativo em quase todos os períodos na resposta da produção de açúcar. Tal efeito apresenta o comportamento coerente com o esperado, já que um impulso generalizado no preço do álcool motiva uma possível elevação produção de álcool, inferindo diretamente na redução da oferta de brasileira de açúcar (9.1). Já em relação à resposta da exportação de açúcar (9.2), observa-se no curto prazo um impacto negativo, que pode ser explicado, em parte, pelo choque no preço do álcool, que pode influenciar no mesmo sentido a decisão do produtor em alterar o *mix* de produção. Após o quarto trimestre, o comportamento é positivo, mostrando uma evolução gradativa das exportações,

porém a partir do oitavo trimestre a resposta passa a ser negativa, onde os fatores de influência podem ser ocasionados pelas mesmas razões explicadas no curto prazo, o que pode ser interpretado como inconclusivo.

A resposta do preço recebido pelo produtor de cana (9.4) é positiva, ou seja, pode-se deduzir que um impulso no preço do álcool contribui para a elevação da renda recebida do produtor. No que tange à resposta do preço do álcool (9.5) sobre o impulso no próprio preço, nota-se uma relação positiva e comportamento de acordo com o esperado. Todavia, a resposta da produção de álcool (9.3) apresentou resultados inconclusivos em relação ao esperado.

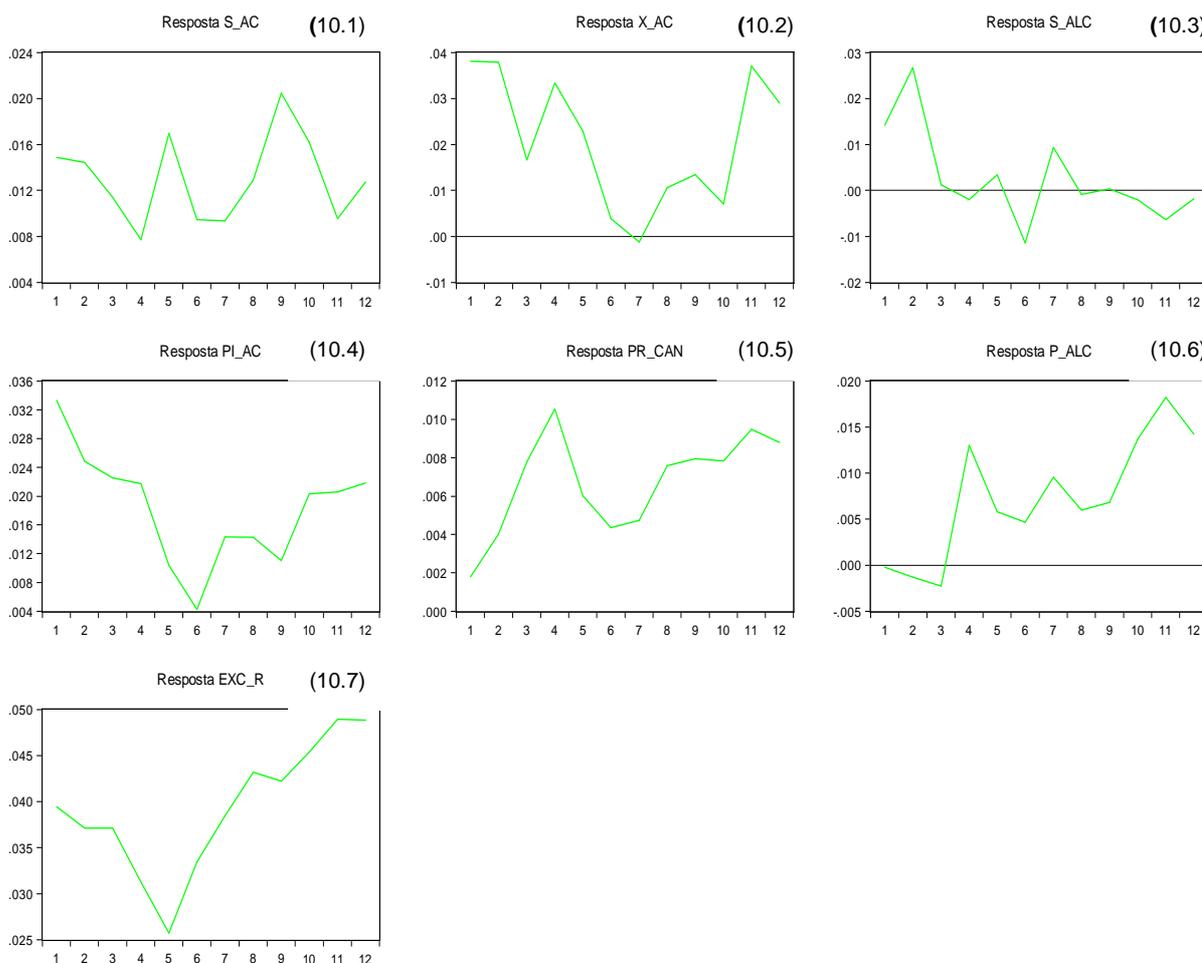
**Figura 9: Resposta a um impulso generalizado na variável preço do álcool (P\_ALC) para o modelo A**



Por fim, a Figura 10 apresenta um impulso generalizado na taxa câmbio sobre as variáveis endógenas do modelo. A resposta da produção de açúcar (10.1) é positiva, oscilando no mesmo patamar ao longo dos períodos. Em relação à resposta da exportação de açúcar (10.2), também é positiva, apresentado um maior patamar de oscilação no sétimo trimestre. De forma semelhante, o comportamento do preço

internacional do açúcar (10.4) apresenta resultados adequados em relação ao esperado, indicando um crescimento considerável em relação ao impulso na taxa de câmbio a partir do sexto trimestre.

**Figura 10: Resposta a um impulso generalizado na variável taxa de câmbio (EXC\_R) para o modelo A**



A resposta do preço recebido pelo produtor de cana (10.5) é positiva ao longo dos períodos, justificando a relevância da variável câmbio para o setor. Já resposta do câmbio (10.7) apresenta resultado positivo e persistente. A reação da produção de álcool (10.3) em relação a um impulso na taxa de câmbio inicialmente vai ao encontro com o esperado devido à grande influência do Brasil no mercado internacional do açúcar. Posteriormente, a mesma tende a manter um equilíbrio próximo de zero. O preço do álcool (10.6) até o terceiro trimestre apresenta resultados negativos, porém nos períodos seguintes ocorre uma elevação positiva no preço, possivelmente explicada por um aumento de demanda em consequência

da queda dos preços iniciais. Em suma, o impacto de uma desvalorização cambial indica resultar em uma maior expansão na oferta de açúcar em comparação a de álcool, fato que pode ser explicado pela presença do açúcar brasileiro no mercado internacional.

Resumidamente, os resultados dos impulsos do modelo A estão expostos na tabela 10. Percebe-se que quatro resultados mostraram-se inconclusivos, enquanto três apresentaram efeitos de curto prazo voltando ao equilíbrio no longo prazo.

**Tabela 10: Principais resultados FIR do modelo A**

Resp.	Impulso						
	X_AC	PI_AC	S_AC	S_ALC	PR_CAN	P_ALC	EXC_R
X_AC		++ CP e LP	**	Inconclusivo	++ CP e LP	Inconclusivo	++ CP e LP
PI_AC	**		-- CP e LP	-- CP e LP	++ CP e LP	**	++ CP e LP
S_AC	++ CP e LP	++ CP e LP		++ CP	-- CP e ++ LP	-- CP e LP	++ CP e LP
S_ALC	++ CP e --LP	Inconclusivo	++ CP		-- CP e LP	Inconclusivo	++ CP
PR_CAN	++ CP e LP	++ CP e LP	-- CP e LP	-- CP e LP		++ CP e LP	++ CP e LP
P_ALC	-- CP e ++ LP	++ CP e LP	-- CP e LP	-- CP e LP	++ CP e LP		++ CP e LP
EXC_R	***	***	***	***	***	***	

Notas: (\*\*) não analisado pelo resultado causalidade de Granger; (\*\*\*) não analisado no sentido teórico; (++) resposta predominantemente positiva; (--) resposta predominantemente negativa; (LP) longo prazo; (CP) curto prazo.

Os resultados do modelo B, equivalentes ao modelo A, são apresentados na próxima subseção.

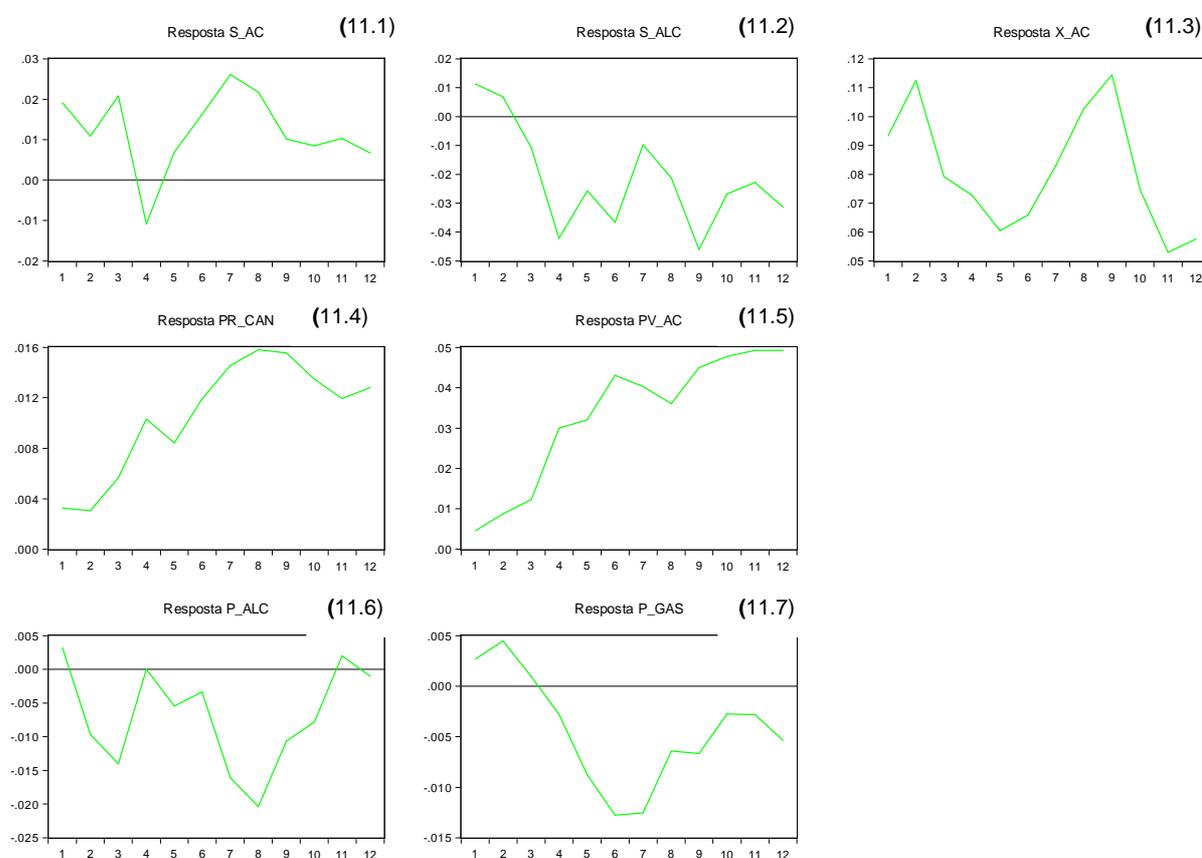
#### 4.3.2 Funções de impulso resposta para o modelo B

De acordo com a Figura 11, observam-se as respostas a um impulso da variável exportação de açúcar sobre as demais variáveis endógenas. A resposta da variável produção de açúcar (11.1) sobre um impulso generalizado na exportação de açúcar indica uma tendência de comportamento positivo ao longo dos períodos, apenas com uma exceção negativa no quarto trimestre. No mesmo sentido, em relação ao comportamento da produção álcool (11.2), o resultado é adequado com a dinâmica do setor. Em outras palavras, um choque na exportação de açúcar gera um impacto negativo na oferta de álcool (11.2), uma vez que a elevação da demanda por exportações de açúcar motive a decisão do produtor em detrimento do álcool.

As respostas das variáveis preço recebido pelo produtor de cana (11.4) e preço do açúcar no varejo (11.5) possuem relação positiva a um impulso nas exportações de açúcar. Tal resultado corrobora com a teoria de oferta agrícola no

sentido em que o aumento do preço da matéria prima e do açúcar no mercado interno, em parte, pode ser decorrente do aumento da demanda externa. A resposta das exportações de açúcar (11.3) apresentou relação positiva no que diz respeito ao próprio impulso. Por sua vez, o comportamento da variável preço do álcool (11.6) não apresentou resultados condizentes ao esperado devido à queda do preço, tornando a resposta contra-intuitiva.

**Figura 11: Resposta a um impulso generalizado na variável exportação brasileira de açúcar (X\_AC) para o modelo B**



A resposta da variável preço da gasolina (11.7) a um choque nas exportações de açúcar indica também um resultado contra-intuitivo, uma vez que o preço da gasolina pode ser influenciado por outros fatores<sup>52</sup>.

No que se refere à resposta do preço recebido pelo produtor de cana (12.3) em relação a um impulso na produção brasileira de açúcar, a Figura 12 indica um comportamento negativo ao longo dos períodos analisados. Tal resultado não está adequado com o esperado, devido ao fato de que uma expansão na oferta deveria provocar um aumento no preço da matéria prima.

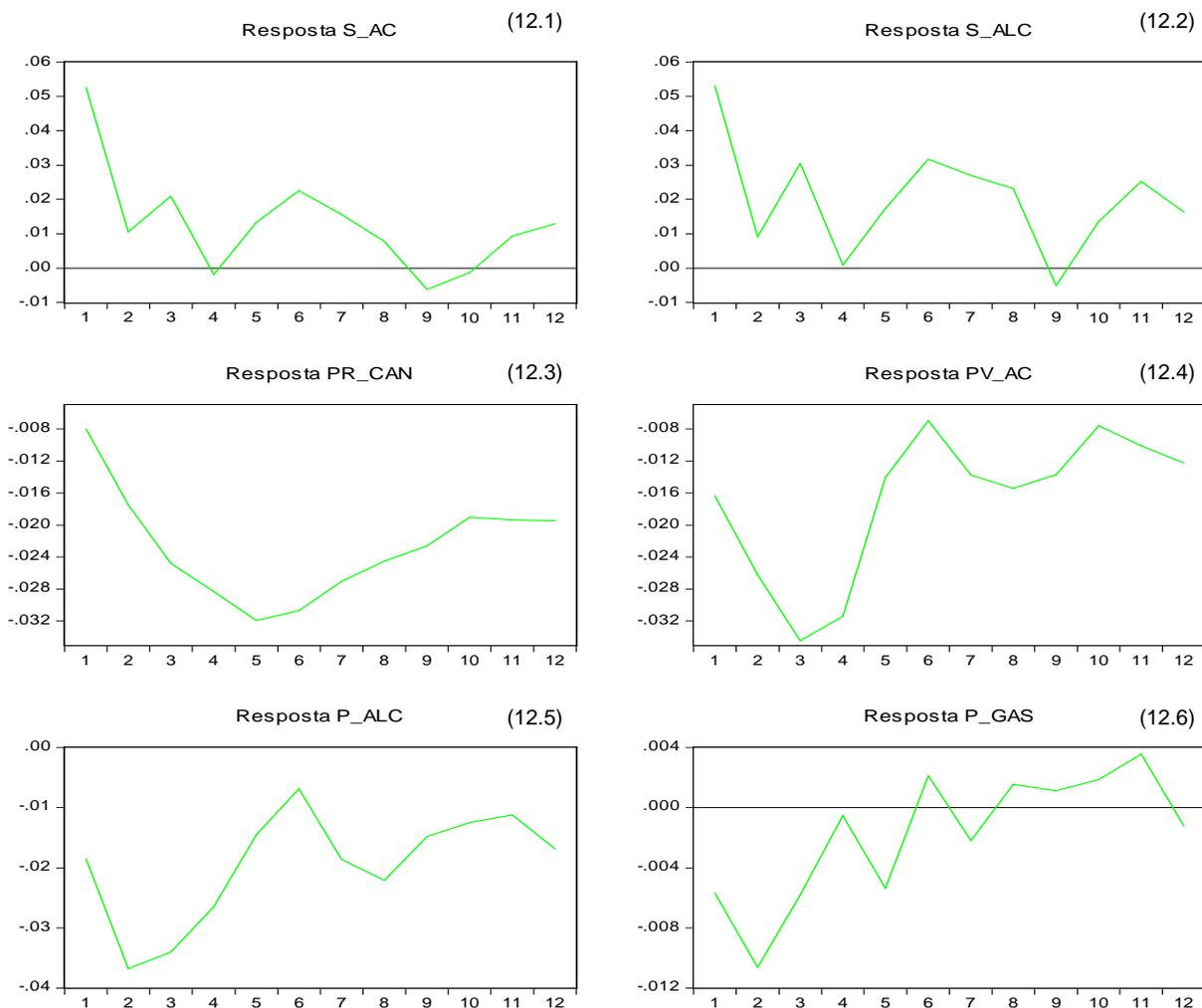
O comportamento da variável preço do açúcar no varejo (12.4) também apresenta resultados negativos em relação a choques na oferta de açúcar, o que corrobora com o impulso da produção de açúcar. Ademais, este resultado apresenta sinais coerentes com a teoria de oferta, pois a expansão da oferta provoca no sentido contrário uma queda nos preços.

A resposta da produção de álcool (12.2) vai ao encontro aos resultados apresentados no modelo A, ou seja, os mesmos fatores que causaram o aumento de produção de açúcar causam também a elevação na produção de álcool, determinando um resultado positivo. Da mesma maneira, esse efeito impacta negativamente no comportamento da variável preço do álcool (12.5). No que tange à resposta do preço da gasolina (12.6) no curto prazo, os resultados apresentam uma tendência negativa e a partir do sétimo trimestre uma resposta positiva que tende a se manter no longo prazo. Esse resultado pode ser interpretado com base no comportamento do preço do álcool, que oscila negativamente, motivando no mesmo sentido a queda no preço da gasolina no curto prazo. Contudo, a resposta da produção de açúcar (12.1) sobre a própria produção apresenta resultado positivo e persistente ao longo prazo.

---

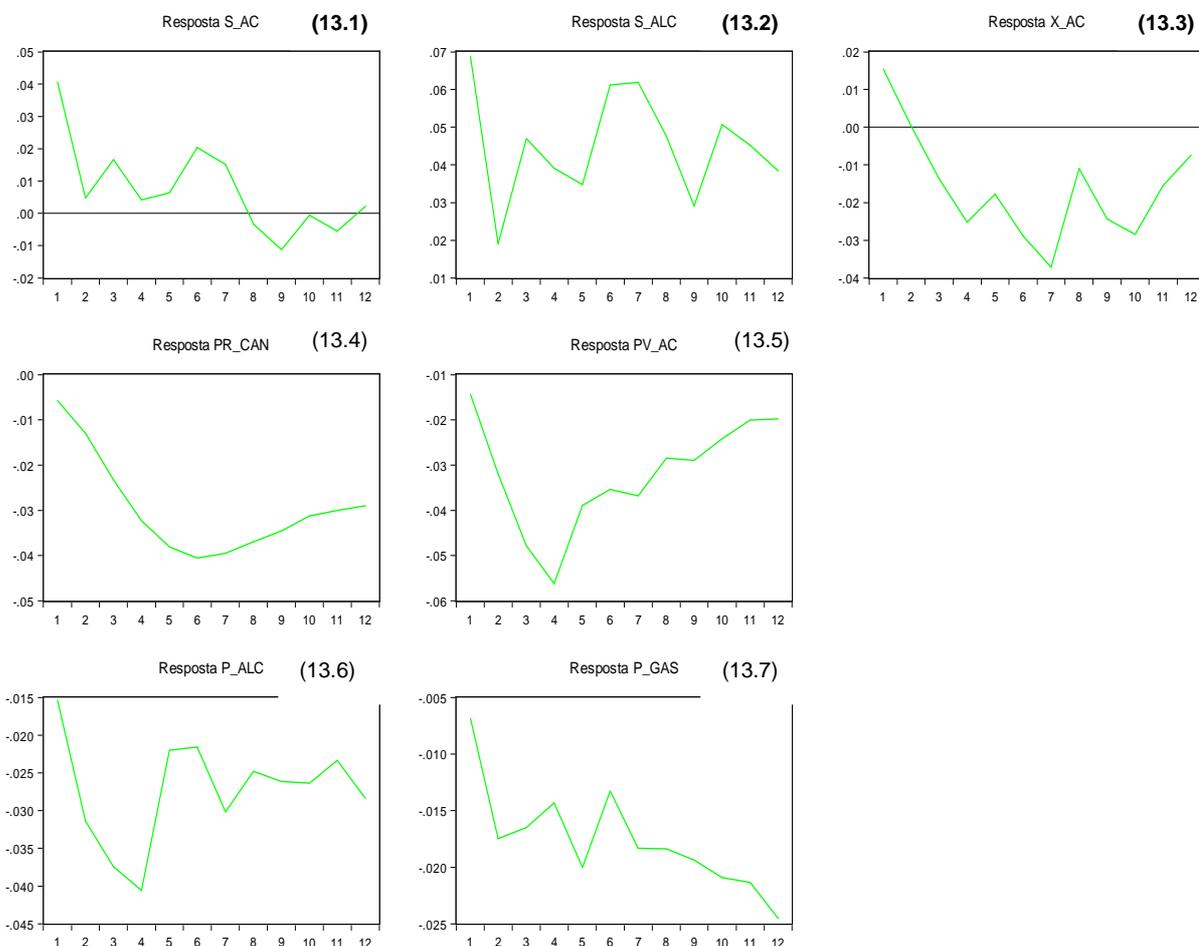
<sup>52</sup> Os fatores podem estar relacionados com a produção de gasolina, preço do petróleo, interferências governamentais, entre outros.

**Figura 12: Resposta a um impulso generalizado na variável produção brasileira de açúcar (S\_AC) para o modelo B**



A Figura 13 mostra o impulso de um choque generalizado da variável produção brasileira de álcool nas variáveis endógenas do modelo B. Nota-se que a resposta da produção de açúcar (13.1) é positiva em quase todos os períodos, justificando a análise do impulso anterior. Todavia, o comportamento é negativo a partir do oitavo trimestre, porém as oscilações são pouco significativas e tendem ao patamar zero.

**Figura 13: Resposta a um impulso generalizado na variável produção brasileira de álcool (S\_ALC) para o modelo B**



A resposta da produção de álcool (13.2) sobre o impulso da própria produção como já esperado, mostrou-se significativa e com efeito positivo. Observa-se uma consonância nas repostas do preço recebido pelo produtor de cana (13.4) e preço do açúcar no varejo (13.5) em relação ao impulso na produção de álcool. Ressalta-se que o resultado negativo do preço recebido pelo produtor de cana deve ser analisado com cautela, pois a produção de álcool determina e, em parte, impacta na formação dos preços recebidos<sup>53</sup>. No que se refere à resposta da variável exportação de açúcar (13.3), o comportamento negativo foi coerente com o esperado devido à produção de álcool e açúcar dependerem da mesma matéria prima.

A resposta do preço do álcool (13.6) é negativa e acompanha o mesmo comportamento apresentado no modelo anterior, onde um impulso na oferta de álcool gera, no sentido contrário, uma redução do preço ao longo dos períodos. De

<sup>53</sup> Resultado semelhante foi obtido no modelo A em relação à análise da resposta do preço recebido pelo produtor de cana a impulsos na produção de álcool e produção de açúcar.

acordo com o esperado, um impulso na produção de álcool gerou impacto negativo em relação à variável preço da gasolina (13.7), que registrou maior queda no longo prazo.<sup>54</sup>

A Figura 14 apresenta as repostas das variáveis endógenas sobre um impulso no preço recebido pelo produtor de cana<sup>55</sup>. A resposta da exportação de açúcar (14.3) é positiva e tende a justificar o comportamento do setor. Esse resultado pode indicar que um impulso no preço recebido pelo produtor motiva um aumento da oferta de açúcar, contribuindo, assim, para o crescimento das exportações brasileiras.

As respostas das produções de álcool (14.2) e produção de açúcar (14.1) em relação a um impulso no preço recebido pelo produtor de cana apresentam resultados semelhantes e indicam que um possível aumento no preço recebido pelo produtor motive um crescimento de ambos os produtos no longo prazo, pois o impulso pode expandir oferta futura da matéria prima. A resposta do preço recebido pelo produtor de cana (14.4) a um próprio impulso, como já esperado, gera um impacto positivo.

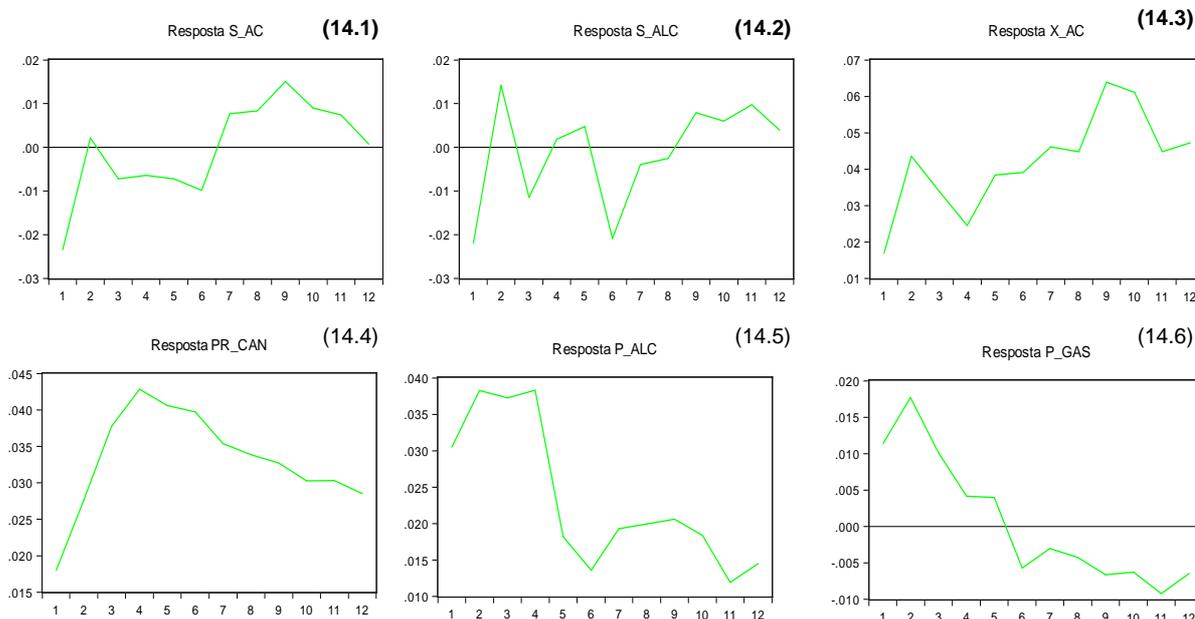
O comportamento do preço do álcool (14.5) é positivo a um impulso no preço recebido pelo produtor de cana e esse resultado é semelhante ao apresentado no modelo A. Logo, este fato, em parte, pode ser justificado também pela elevação dos custos de produção do álcool.

---

<sup>54</sup> Parte-se do pressuposto que um aumento da oferta de álcool, que reduz seu preço, motiva uma queda no preço da gasolina.

<sup>55</sup> A resposta da variável preço do açúcar no varejo não foi analisada devido aos resultados do teste de Granger indicarem que PV\_AC causa PR\_CAN.

**Figura 14: Resposta a um impulso generalizado na variável preço recebido pelo produtor de cana de açúcar (PR\_CAN) para o modelo B**

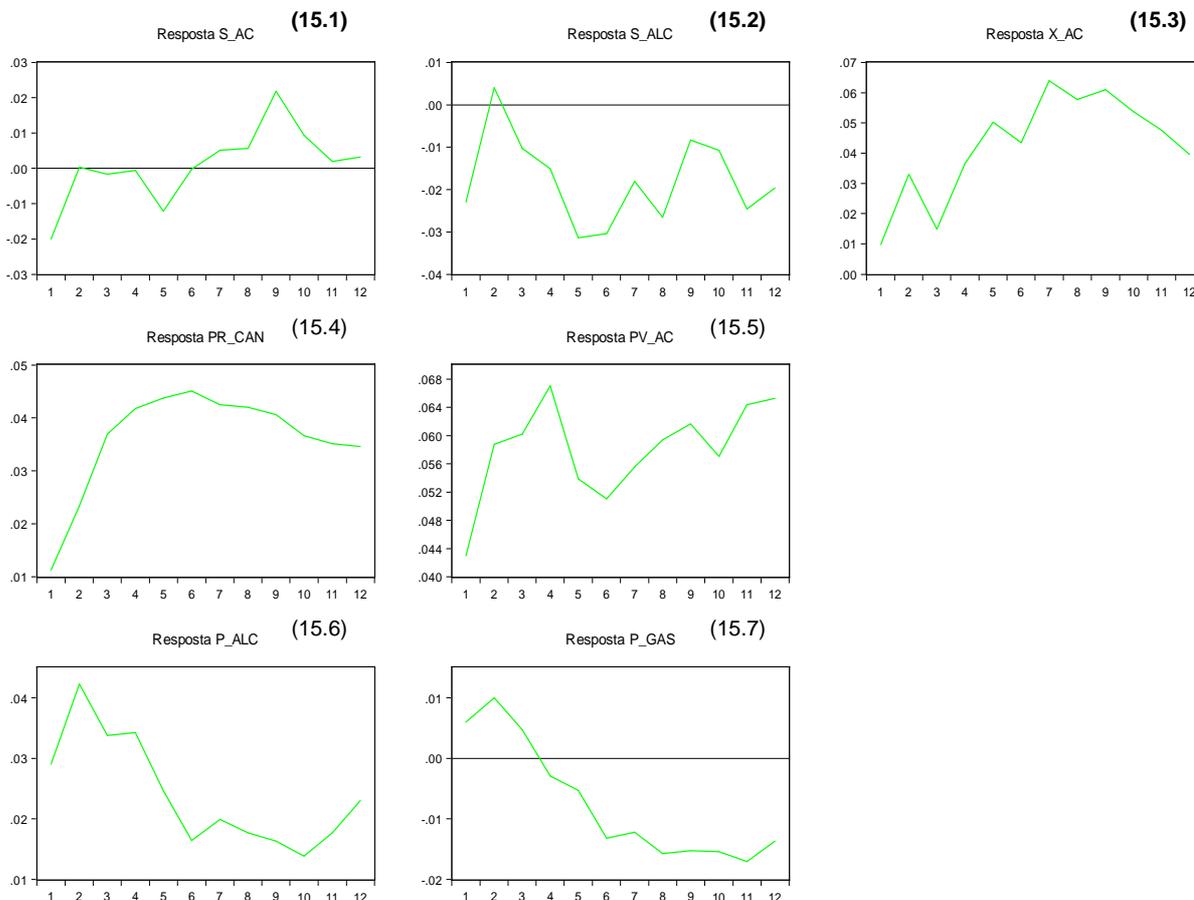


A resposta do preço da gasolina (14.6) é positiva, aproximadamente, até o quinto trimestre e negativa nos trimestres subsequentes. Uma possível explicação para esse comportamento pode se dar devido ao fato de que o impulso no preço recebido pelo produtor de cana, que em parte pode ser explicado por uma elevação da oferta de álcool, motiva uma queda no preço da gasolina no longo prazo<sup>56</sup>.

Um impulso generalizado no preço do açúcar do varejo pode ser observado na Figura 15, destacando-se o comportamento inverso da variável produção de álcool (15.2). A resposta negativa, em parte, pode ser justificada devido ao um impulso no preço do açúcar do varejo motivar no mesmo sentido a decisão do produtor em ofertar mais açúcar. Em contrapartida, a resposta do preço do álcool (15.6) é positiva a um impulso do preço do açúcar no varejo. Logo, este fato corrobora com a análise anterior, indicando que um possível aumento de preço do álcool pode ser oriundo de uma redução na oferta do produto decorrente do impulso no preço do açúcar no varejo. A resposta do preço do açúcar no varejo (15.5) é positiva e apresenta comportamento de acordo com o esperado.

<sup>56</sup> Ressalta-se que apesar desse indício, não se pode afirmar que somente que este fato afete o comportamento do preço da gasolina. Ademais deve se analisar outros fatores tais como custo de prospecção e formação do preço do petróleo no mercado internacional.

**Figura 15: Resposta a um impulso generalizado na variável preço do açúcar no varejo (PV\_AC) para o modelo B**



A resposta da variável preço recebido pelo produtor de cana (15.4) é positiva ao longo dos períodos, atingindo maior elevação, aproximadamente, no sexto trimestre. Pode se concluir que um impulso no preço do açúcar no varejo motive no mesmo sentido uma elevação no preço recebido pelo produtor.

Em relação à resposta da variável exportação de açúcar (15.3), a mesma apresenta comportamento positivo com tendência de evolução no longo prazo. Contudo, a variável produção de açúcar (15.1) é negativa no curto prazo, indicando que um impulso no preço do açúcar varejo pode causar, inicialmente, uma redução nas quantidades ofertadas. A partir do sétimo trimestre, a resposta é positiva, o que pode indicar uma elevação no longo prazo da oferta decorrente de um impulso no preço do açúcar no varejo. A resposta da variável preço da gasolina (15.7) em relação a um impulso no preço do açúcar no varejo apresentou comportamento semelhante ao impulso generalizado da Figura 14, sendo que os mesmos motivos podem em parte explicar esse comportamento.

Na Figura 16 são apresentadas as repostas das variáveis endógenas sobre um impulso generalizado no preço do álcool<sup>57</sup>. Nota-se que a resposta do preço recebido pelo produtor de cana (16.4) é positiva em relação a um impulso no preço do álcool. Este comportamento é adequado a um possível aumento da oferta de álcool.

A resposta do preço do álcool (16.5) sobre o próprio impulso é positiva e apresenta resultados condizentes ao esperado. Por sua vez, a resposta da produção de álcool (16.2) oscila negativamente na maioria dos períodos e, logo, esse resultado é o inverso do esperado. A resposta da produção de açúcar (16.1) no curto prazo é negativa e a partir do sétimo trimestre possui comportamento positivo. Tal resultado no curto prazo pode ser justificado pelo fato de que um impulso no preço do álcool influencia na decisão do produtor de cana de açúcar em elevar a produção de álcool. No longo prazo, o efeito diverge com o esperado.<sup>58</sup> porém esse comportamento poderia ser válido caso o produtor eleve também a produção de açúcar.

A resposta da exportação de açúcar (16.3) é positiva e pode estar relacionada, caso o impulso no preço do álcool impactar no mesmo sentido na decisão do produtor em produzir açúcar. Logo, essa análise é duvidosa, pois a dinâmica do setor, geralmente, responde ao contrário e, neste caso, o mais esperado seria uma queda no comportamento das exportações decorrentes de um detrimento da produção de açúcar gerada por um impulso no preço do álcool.

A resposta do preço da gasolina (16.6) em relação a um impulso do preço do álcool é positiva até o quinto trimestre e negativa nos trimestres subsequentes. O resultado no curto prazo pode estar relacionado, caso o impulso do preço do álcool motive uma maior demanda por gasolina, inferindo, assim, no seu preço. No longo prazo, o comportamento é inconclusivo, pois pode estar sendo ocasionado por outros fatores não abordados neste estudo<sup>59</sup>.

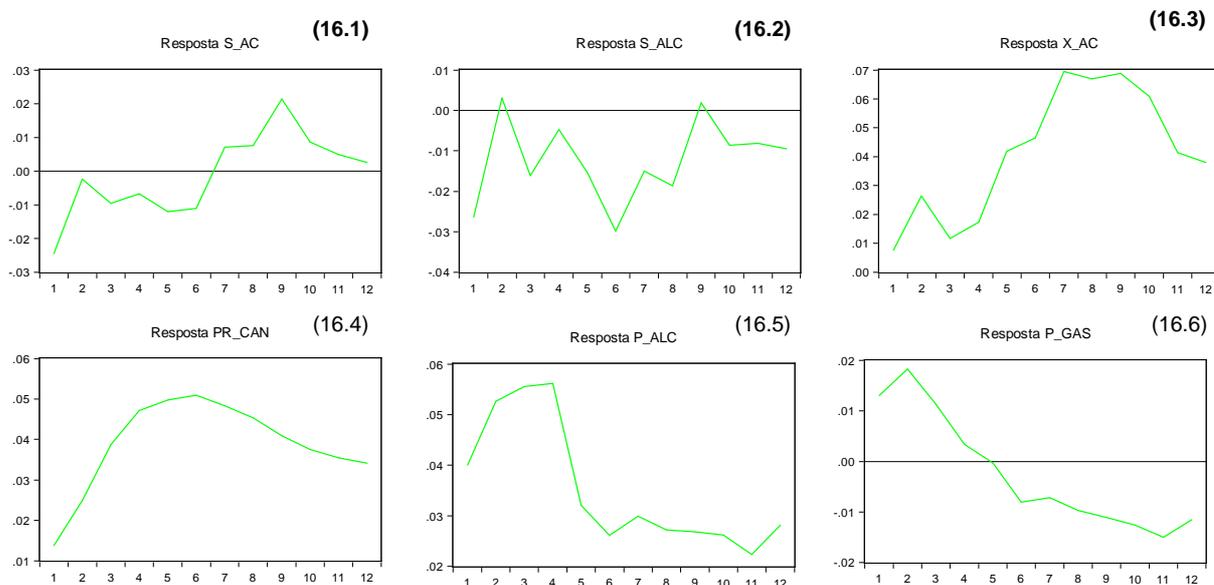
---

<sup>57</sup> A resposta do preço do açúcar no varejo não foi apresentada devido ao resultado positivo do teste de causalidade de Granger.

<sup>58</sup> Porém esse comportamento poderia ser válido caso o produtor eleve também a produção de açúcar.

<sup>59</sup> Outro fator impactante pode ser relacionado pelo fato de que o álcool combustível faz parte da composição gasolina.

**Figura 16: Resposta a um impulso generalizado na variável preço do álcool (P\_ALC) para o modelo B**

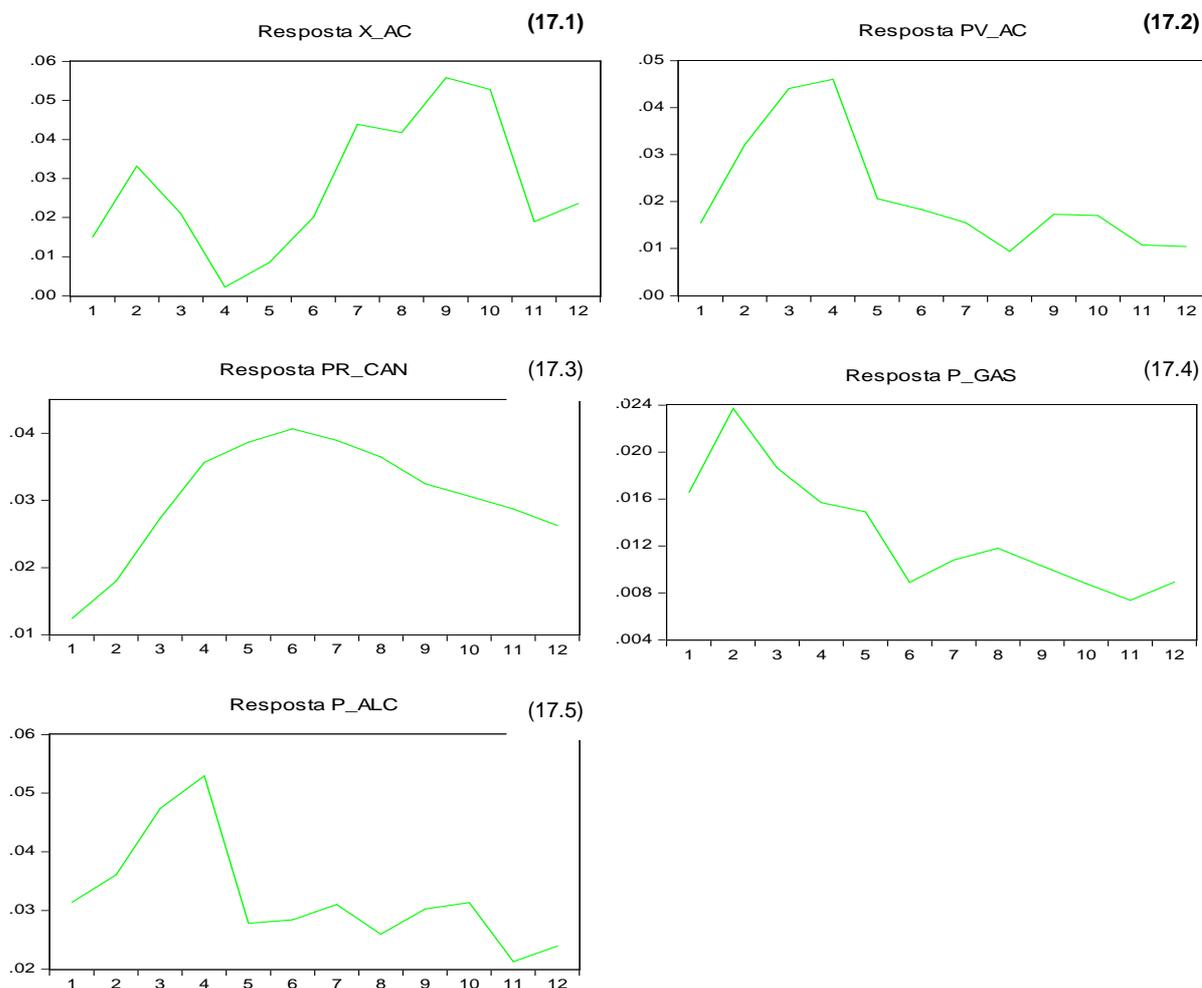


As respostas das variáveis em relação a um impulso generalizado no preço da gasolina podem ser observadas na Figura 17. A variável preço da gasolina (17.4) em relação ao próprio impulso apresentou resultado positivo e de acordo com o esperado.

A resposta do preço do álcool (17.5) em relação a um impulso no preço da gasolina é positiva no longo prazo. Tal resultado, em parte, pode ser explicado por uma opção do consumidor em elevar a demanda por álcool devido a um choque no preço da gasolina. Ademais, observa-se que todas as respostas das demais variáveis em relação a um impulso no preço da gasolina também apresentaram resultados positivos. Desse modo, esses comportamentos podem indicar que, em parte, as variáveis de exportação de açúcar (17.1), preço do açúcar no varejo (17.2) e preço recebido pelo produtor de cana (17.3) são influenciadas pelos movimentos no preço da gasolina. Em outras palavras, um choque no preço da gasolina pode ser benéfico para o setor, pois tende a ampliar a produção de álcool e açúcar, além de aumentar seus preços<sup>60</sup>.

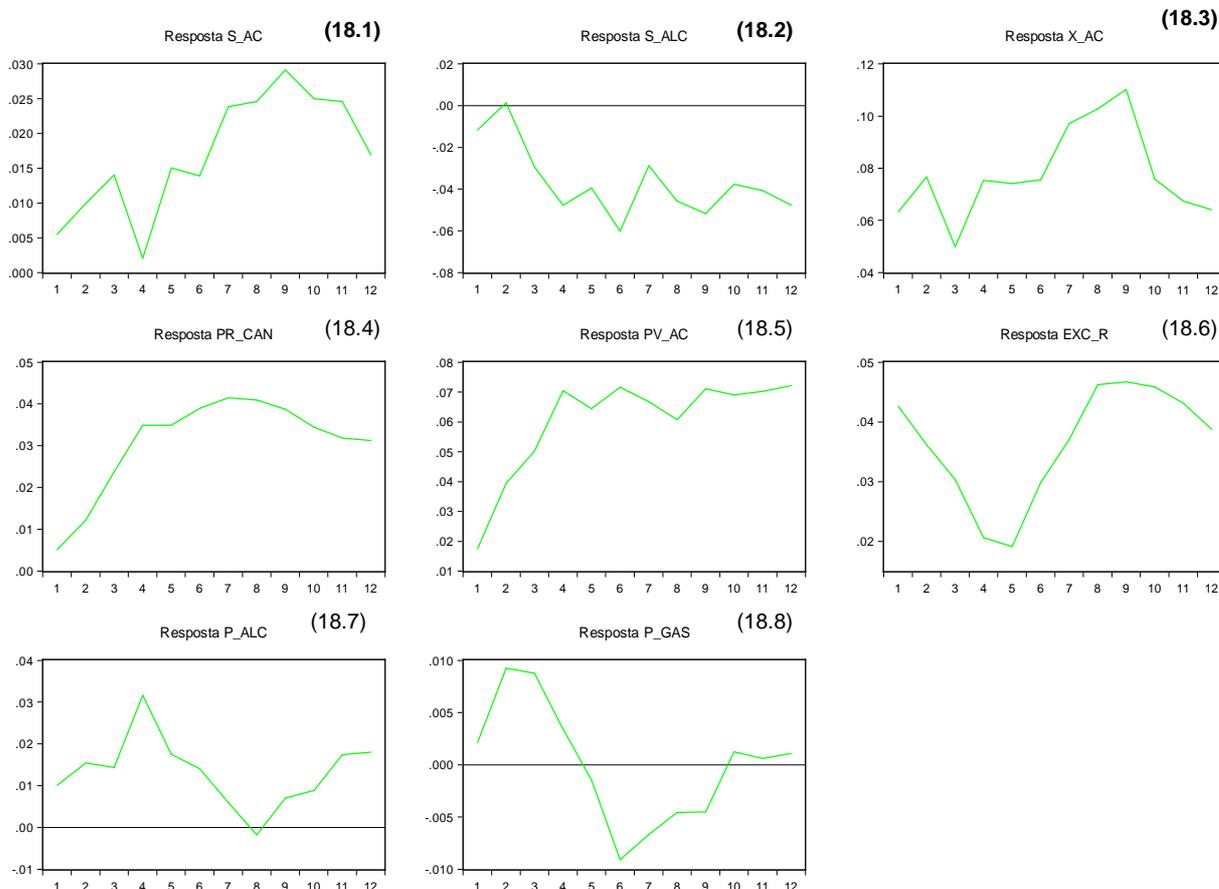
<sup>60</sup> As variáveis de produção de açúcar e álcool não foram analisadas, pois as mesmas, no sentido Granger, causam o preço da gasolina. Todavia, esse indicio pode não ser coerente uma vez a gasolina é influenciada por outros fatores.

**Figura 17: Resposta a um impulso generalizado na variável preço da gasolina (P\_GAS) para o modelo B**



Por fim, a Figura 18 apresenta as respostas das variáveis endógenas em relação a um impulso generalizado na taxa de câmbio. Observa-se uma consonância entre o comportamento das variáveis produção de açúcar (18.1) e exportação de açúcar (18.3). Logo, ambas possuem uma relação positiva de longo prazo e atingem, aproximadamente, no nono trimestre os maiores níveis de crescimento. Este fato corrobora com a dinâmica do setor e ressalta a importância do câmbio para um país exportador. No sentido contrário e de acordo com o esperado, a resposta da produção de álcool (18.2) é negativa a um impulso na taxa de câmbio devido à mesma motivar um detrimento da produção de álcool para suprir a oferta de açúcar. Já em relação à resposta do preço do álcool (18.7), observa-se um comportamento positivo no preço, que pode ser justificado pela redução da oferta de álcool. A resposta do câmbio (18.6) é positiva ao próprio impulso.

**Figura 18: Resposta a um impulso generalizado na variável taxa de câmbio (EXC\_R) para o modelo B**



A resposta da variável preço recebido pelo produtor (18.4) é positiva devido ao aumento na demanda por matéria prima decorrente da expansão da oferta de açúcar. O preço do açúcar no varejo (18.5) também apresenta relação positiva a um impulso na taxa de câmbio. Esse resultado pode estar relacionado ao aumento na demanda do açúcar brasileiro decorrente de uma desvalorização cambial, que pode tornar os preços relativos mais baixos. O comportamento do preço da gasolina (18.8) é positivo até o quinto trimestre e oscila em patamares negativos nos semestres subsequentes. Tal resultado pode estar relacionado com o preço do álcool, porém o comportamento torna análise inconclusiva.

No geral, os resultados do modelo B foram satisfatórios e, em parte, indicam o comportamento da dinâmica do setor. Dentre os diversos impulsos, um resultado teve resposta inconclusiva e cinco respostas, devido ao sentido Granger, não foram analisadas, visto que indicaram relação de causalidade. A Tabela 11 apresenta os resumos dos resultados estimados para o modelo B.

**Tabela 11: Principais resultados do modelo B**

Resp.	Impulso							
	X_AC	PV_AC	S_AC	S_ALC	PR_CAN	P_ALC	P_GAS	EXC_R
X_AC		++ CP e LP	**	-- CP e LP	++ CP e LP	++ CP e LP	++ CP e LP	++ CP e LP
PV_AC	++ CP e LP		-- CP e LP	-- CP e LP	**	**	++ CP e LP	++ CP e LP
S_AC	++ CP e LP	-- CP e ++ LP		++ CP	-- CP e ++ LP	-- CP e ++ LP	**	++ CP e LP
S_ALC	-- CP e LP	-- CP e LP	++ CP e LP		-- CP e ++ LP	-- CP e LP	**	-- CP e LP
PR_CAN	++ CP e LP	++ CP e LP	-- CP e LP	-- CP e LP		++ CP e LP	++ CP e LP	++ CP e LP
P_ALC	-- CP e LP	++ CP e LP	-- CP e LP	-- CP e LP	++ CP e LP		++ CP e LP	++ CP e LP
P_GAS	-- CP e LP	++ CP e --LP	-- CP e ++ LP	-- CP e LP	++ CP e --LP	++ CP e --LP		Inconclusivo
EXC_R	***	***	***	***	***	***	***	

Nota: (\*\*) não analisado pelo resultado causalidade de Granger; (\*\*\*) não analisado no sentido teórico; (++) resposta predominantemente positiva; (--) resposta predominantemente negativa; (LP) longo prazo; (CP) curto prazo.

Na próxima subseção, são discutidos e comparados os principais resultados dos modelos A e B.

#### 4.3.3 Comparação e análise dos resultados dos modelos A e B

De acordo com os resultados encontrados nos modelos A e B, observa-se uma consonância em algumas respostas em relação aos impulsos em ambos os modelos. As respostas da produção de açúcar e preço recebido pelo produtor de cana em relação a um impulso na variável exportação de açúcar confirmam essa relação e apresentam um movimento positivo no longo prazo. No entanto, para o mesmo impulso, a resposta da produção de álcool foi positiva no curto prazo para o modelo A e negativa para o modelo B no curto e longo prazo.

Um impulso na produção de açúcar apresentou a mesma correlação de resultados em ambos os modelos nas repostas do preço recebido pelo produtor de cana e preço do álcool<sup>61</sup>. Já no impulso da produção de álcool, quatro respostas obtiveram resultados semelhantes, porém ressalta-se que no modelo A, as exportações de açúcar geraram comportamento inconclusivo.

As respostas do impulso no preço recebido pelo produtor de cana nos modelos, em geral, indicaram uma relação positiva nas variáveis de exportação de açúcar e preço do álcool. O comportamento das exportações pode ser explicado sob a ótica de que aumentos no preço recebido pelo produtor motivam no mesmo sentido a expansão da oferta de açúcar. O preço do álcool, por sua vez, pode ser

<sup>61</sup> As variáveis de preço internacional do açúcar (modelo A) e preço do açúcar no varejo (modelo B) também apresentaram o mesmo comportamento no curto e longo prazo. Considera-se que ambas são *proxies* de preço.

influenciado pela elevação nos custos de produção, que, em parte, podem ser repassados para o produto.

Em relação a um impulso no preço do álcool, a resposta do preço recebido pelo produtor de cana apresentou, em ambos os modelos, a mesma relação positiva, indicando que aumentos no preço motivam no mesmo sentido a renda do produtor. Todavia, as respostas das variáveis exportações de açúcar e produção de álcool para o modelo A foram inconclusivas em relação a um impulso no preço do álcool<sup>62</sup>. A resposta da produção de açúcar em relação ao um choque no preço do álcool foi negativa no curto prazo para ambos os modelos. Tal resultado indica que um impulso no preço do álcool pode influenciar na decisão do produtor, direcionando parte da produção de açúcar para a produção de álcool.

Com exceção da resposta inconclusiva do preço da gasolina no modelo B, o choque na taxa de câmbio gerou impacto positivo na maioria das variáveis inseridas nos modelos. Tal efeito apresenta sinais coerentes com a dinâmica do setor, pois o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de açúcar e possui influência direta na formação do preço internacional.

No que tange ao comportamento da variável preço da gasolina inserida no modelo B, observou-se uma resposta positiva em todas as variáveis testadas. Logo, esse resultado é relevante, pois mostra que gasolina pode ser determinante para os níveis de produção e de preço do setor sucroalcooleiro.

O comportamento das variáveis endógenas sobre um impulso no preço internacional do açúcar no modelo A, em suma, apresentaram resultados positivos ao longo dos períodos, com exceção da resposta da produção de álcool, que gerou resultados inconclusivos devido às constantes oscilações. No modelo B, um impulso no preço do açúcar no varejo apresentou uma relação inversa no comportamento da produção de álcool, onde, em parte, o resultado negativo pode ser sustentado por uma possível expansão da oferta de açúcar. Contudo, as demais respostas das variáveis endógenas apresentaram comportamento e sinais de acordo com o esperado.

Neste contexto, com base nos resultados econométricos encontrados, pode-se destacar que o modelo B apresentou os resultados mais coerentes e conclusivos em relação ao esperado. Ademais, esses resultados vão ao encontro com os

---

<sup>62</sup> As respostas foram conclusivas para o modelo B, indicando que as exportações são positivas ao longo dos períodos e a produção de álcool é negativa no curto prazo e positiva no longo prazo.

aspectos teóricos sobre os determinantes da oferta de açúcar e álcool abordados no segundo capítulo. Em outras palavras, a inserção das variáveis preço da gasolina e taxa de câmbio foram capazes de influenciar de forma significativa as variáveis do setor.

Desse modo, fica evidenciado que choques na exportação brasileira de açúcar impactam positivamente na renda recebida pelo produtor e no preço do açúcar do varejo, além de promoverem uma expansão da oferta de açúcar em detrimento da produção de álcool. Ressalta-se, também, que dentre os diversos resultados do modelo B, um impulso na produção de açúcar gera um efeito positivo na produção de álcool e negativo no preço do álcool. Esse resultado, em parte, pode ser justificado pela produção de açúcar e álcool dependerem da mesma matéria prima e, dessa forma, ambos os produtos são favorecidos. Adicionalmente, os comportamentos das demais variáveis de preços e de taxa de câmbio também corresponderam com as expectativas para explicar e compreender melhor a dinâmica da oferta do açúcar e do álcool brasileiro.

Entretanto, alguns resultados não foram coerentes com o esperado, destacando-se que um choque nas produções de álcool e açúcar não foi capaz de elevar os preços da matéria prima. Um choque no preço do álcool, por sua vez, também não mostrou relação significativa com um aumento na produção de álcool. Nesse mesmo sentido, um impulso na exportação de açúcar gerou resultados controversos em relação à resposta do preço álcool, pois se esperava um aumento do preço devido a uma provável queda na produção.

## 5 CONCLUSÕES

Através da teoria de oferta agrícola, analisaram-se as principais variáveis condicionantes da curva de oferta do setor açucareiro e alcooleiro brasileiro. As variáveis utilizadas na presente pesquisa foram: preço internacional do açúcar, preço do açúcar no varejo, preço recebido pelo produtor de cana de açúcar, preço do álcool, preço da gasolina, taxa de câmbio, exportações de açúcar, produção de açúcar e produção de álcool. Além de algumas variáveis ponderadas de preços que foram deflacionadas pelo IPCA geral. Os procedimentos econométricos para analisar as inter-relações das variáveis com os modelos de forma simultânea foram implementados através do método de vetor auto-regressivo com mecanismo de correção de erros, que indicou a robustez e a consistência nos modelos A e B com quatro defasagens.

O modelo B com quatro defasagens apresentou os resultados mais consistentes e conclusivos em relação ao embasamento teórico dos capítulos iniciais. Nesse sentido, os testes de causalidade de Granger indicaram que, ao nível de significância de 5%, as variações da produção de açúcar causam o preço da gasolina e que, em parte, esse comportamento pode ser justificado por uma redução na oferta de álcool no mercado decorrente de um choque na produção açucareira. No sentido de Granger, com o mesmo nível de significância, conclui-se, também, que as variações da produção de álcool causam as variações no preço da gasolina, indicando, assim, uma possível relação econômica de bens substitutos. Todavia, esse resultado deve ser interpretado com cautela, visto que o preço da gasolina é influenciado por outras variáveis não compreendidas nesse estudo.

As variações no preço do açúcar no varejo causam, a um nível de significância de 5%, as variações no preço recebido pelo produtor de cana, corroborando com a dinâmica do setor. Com a mesma significância, as exportações de açúcar causam a produção de açúcar e este comportamento evidencia a dependência e a importância do mercado brasileiro para o desenvolvimento do setor com o mercado internacional. Ao nível de 10% de significância, com base em Granger, também ficou definido que o preço do açúcar no varejo causa o preço do álcool, o que pode indicar um possível efeito de substituição no *mix* de produção.

As análises das funções impulso resposta em relação a um impulso nas exportações de açúcar mostraram, em geral, uma relação positiva com o preço recebido pelo produtor de cana e com a oferta de açúcar. Tal comportamento vai ao encontro com o esperado e corrobora com a teoria de oferta agrícola. No sentido contrário, um impulso nas exportações de açúcar influencia negativamente no comportamento da produção de álcool. Ademais, a resposta do preço do álcool apresentou resultados controversos.

Um impulso na produção brasileira de açúcar impactou positivamente na variável produção de álcool, ou seja, pode-se concluir que o aumento da produção de açúcar motiva, no mesmo sentido, o produtor em produzir álcool visto que ambos os produtos dependem da mesma matéria prima. Logo, a expansão de oferta de álcool, ocasionado por um choque na produção açucareira, reflete negativamente no comportamento preço do álcool. Já em relação ao comportamento do preço da gasolina, observa-se uma tendência negativa no curto prazo, seguida de oscilações positivas no longo prazo. O preço do açúcar no varejo apresentou resultado negativo ao longo dos períodos em relação a um impulso na produção de açúcar, fato este possivelmente provocado pela intensidade no choque da oferta. Já em relação ao comportamento do preço recebido do produtor de cana, o resultado foi incoerente, pois se esperava uma relação positiva.

No que tange, ao choque na produção de álcool, pode-se concluir a dinâmica e o comportamento da oferta em relação a impulsos na produção pelo fato de que um choque na produção de álcool motiva, no mesmo sentido, a produção de açúcar. Logo, por consequência e com resultados semelhantes ao impulso anterior, esse efeito gera uma resposta negativa nos preços do álcool e do açúcar no varejo. No preço recebido pelo produtor de cana, avalia-se o resultado como contra-intuitivo. A resposta da variável exportação de açúcar e preço da gasolina apresentaram resultados negativos em relação a um choque na produção de álcool.

O impulso na variável preço recebido pelo produtor de cana em relação às respostas nas produções de açúcar e álcool indica uma relação de longo prazo positiva, justificando as análises anteriores. Adicionalmente, o comportamento positivo é observado nas variáveis de exportação de açúcar e preço do álcool. O preço da gasolina apresentou relação positiva no curto prazo, oscilando negativamente nos períodos subsequentes.

Em termos gerais, observa-se o comportamento semelhante ao impulso anterior nas variáveis de produção de açúcar, exportação de açúcar, preço recebido pelo produtor de cana, preço do álcool e preço da gasolina em relação a um choque no preço do açúcar no varejo. Contudo, a variável produção de álcool apresentou comportamento inverso, ou seja, esse resultado pode estar indicando uma preferência do produtor em produzir açúcar devido ao impulso no preço do varejo.

Um impulso no preço do álcool impactou positivamente nas variáveis de exportação de açúcar e preço recebido pelo produtor de cana. Para a produção de açúcar, o efeito é negativo no curto prazo e positivo no longo prazo. Essa tendência pode estar relacionada diretamente com a decisão do produtor de cana de açúcar em oferta maior quantidade de ambos os produtos. A resposta da produção de álcool é negativa e pode ser justificada por uma possível elevação na demanda de mercado. O resultado do comportamento do preço da gasolina, em relação a esse impulso, pode estar relacionado com o aumento de preço do álcool, onde no curto prazo ocorra o efeito substituição por parte do consumidor.

As respostas em relação a um impulso no preço da gasolina apresentaram resultados positivos em todas as variáveis testadas, sendo que o preço do álcool teve maior impacto nos primeiros trimestres, indicando um possível aumento do consumo decorrente da elevação do preço da gasolina.

Nesse sentido, um choque na variável câmbio apresentou resultados coerentes e positivos em relação ao comportamento das variáveis produção de açúcar, exportação de açúcar, preço recebido pelo produtor de cana, preço do açúcar no varejo e preço do álcool. Porém, e de acordo com o esperado, a resposta da produção de álcool é negativa a um impulso no câmbio e, logo, conclui-se que as expansões da oferta de açúcar motivadas pelas variações cambiais podem ter causado uma queda na produção de álcool. Por fim, o comportamento da variável preço do álcool é positivo no curto prazo e oscila negativamente nos períodos subsequentes.

Conclui-se, então, que as inter-relações de preços e níveis de produções, analisadas no presente estudo, determinam de forma adequada o comportamento e a dinâmica da oferta de açúcar e do álcool brasileiro. Neste sentido, finaliza-se o presente trabalho recomendando-se novas pesquisas com a inclusão de novas variáveis e metodologias, que busquem captar a dinâmica da oferta do açúcar e do

álcool brasileiro, possibilitando, assim, interpretações alternativas sobre o comportamento do setor sucroalcooleiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADVFN BRASIL. **ICE U.S.** Disponível em: <[http://http://wiki.advfn.com/pt/ICE\\_U.S.](http://http://wiki.advfn.com/pt/ICE_U.S.)>. Acesso em: 31 mar. 2011.

Centro de Inteligência de Mercado (AGROCIM). **O agronegócio em destaque – cana de açúcar.** Disponível em: <<http://www.agrocim.com.br/.../Analise-de-Mercado-Canadeacucar-2709-a-0410./>>. Acesso em: 24 mar. 2011.

ALBANEZ, T; BONIZIO, R.C; RIBEIRO, E. M. S. Uma análise da estrutura de custos do setor sucroalcooleiro. **Custo e @gronegócio on line**, Ribeirão Preto, 2008. Disponível em: <<http://www.custoseagronegociosonline.com.br>>. Acesso em: 09 set. 2011.

ALVES, J. A; LIMA, R. C. Transmissão de preços entre os mercados de açúcar espacialmente separados no Brasil: uma análise de co-integração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande (MS). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2010.

ALVES, L. R. A. **Transmissão de preços entre produtos do setor sucroalcooleiro do estado de São Paulo.** 2002. 107p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

ALVES, L. R. A; BALLAMINUT, C. E. C; RIBEIRO, R. G; SHIOMI, G. M. Viabilidade econômica da produção de algodão, soja e cana-de-açúcar no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco (AC). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2008.

ALVES, Lucilio; BACCHI, M. R. P. **Oferta de exportação de açúcar no Brasil.** Rio de Janeiro: Editora, 2004. 25p. vol.42.

ANÁLISE ENERGIA. **Anuário 2011.** São Paulo: IBEP Gráfica, 2011.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (ANFAVEA). **Estatísticas.** Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em: 31 dez. 2010.

BACCHI, M. R. P.; ALVES, L. R. A.; SILVEIRA, A. M. Exportações brasileiras de açúcar: um modelo de auto regressão vetorial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, n. XL, 2002, Passo Fundo (RS). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2002.

BAER, Werner. **A economia brasileira**. 2 ed. São Paulo: Nobel, 2002. p. 33-34.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BACEN). **Taxas de câmbio**. Disponível em: <<http://bcb.gov.br/>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

BANERJEE, Anindya; DOLADO, Juan; GALBRAITH, W. J.; HENDRY, F. D. **Co-integration, error-correction, and the econometric analysis of non stationary data** (advanced texts in econometrics). New York: Oxford University Press inc, 1993.

BENINI, R. A. C.; BACHA, C. J. C. Análise das políticas públicas para a produção e abastecimento de trigo no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande (MS). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2010.

BERTOTTI, G.; MASSUQUETTI, A. Determinantes da oferta e demanda de tomate no Brasil, de 1994 a 2008. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, Ano XIX, n. 4, p.38-49, out./nov./dez. 2010.

BESANKO, David; BRAEUTIGAM, Ronald R. **Microeconomia uma abordagem completa**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BITTENCOURT, G. M.; FONTES, R. M. O. Competitividade das exportações brasileiras de etanol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande (MS). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2010.

BRANDT, Sergio Alberto, **O Mercado Agrícola Brasileiro**. São Paulo: Nobel, 1979.

BUENO, R. L. S. **Econometria de Séries Temporais**. 1ª Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G.; BACCHI, M. R. P. Análise da interdependência dos mercados de soja e milho no Brasil e Paraná: uma aplicação da metodologia VEC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre (RS). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2009.

CARUSO, R. C. **Análise da oferta e demanda de açúcar no Estado de São Paulo**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

CIRANI, C. B. S. C.; MORAES, M. A. F. D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 48, n. 4, p. 45-66, out./dez. 2010.

COLLA, C; CUNHA, A. A; MAZZUQUETTI, R. N.; SHIKIDA, P. F. A. A relação marca, preço e consumo do açúcar: um estudo realizado em Cascavel/PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina (PR). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2007.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Conjuntura Agropecuária**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=526&t=2>>. Acesso em 25 dez. 2011

Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado do Paraná (CONSECANA PARANÁ). **Método de cálculo das projeções de preço**. Disponível em: <<http://www.faep.com.br/consecana/metodo.asp>>. Acesso em: 31 mar. 2011.

COSTA, Mario Luiz Oliveira. **Setor sucroalcooleiro: da rígida intervenção ao livre mercado**. São Paulo: Método, 2003. p.69-189.

CUNHA, C. A.; CUNHA, A. A.; ARAUJO, K. D. Análise dos preços da cana-de-açúcar sob regime *shift*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco (AC). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2008.

ENDERS, W. **Applies econometric time series**. New York: John Wiley & Sons, 1995. 403p.

ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. J. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. **Econometrica**, Cambridge, v.55, p.251-276, mar. 1987.

FELIPE, F. S.; MAXIMIANO, M. L. Dinâmica da agricultura no estado de São Paulo entre 1995-2005: uma análise através do modelo “shift share”. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco (AC). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2008.

FERNANDES, S. M.; WANDER, A. E.; FERREIRA, C. M. Análise da competitividade do arroz brasileiro: vantagem comparativa revelada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco (AC). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2008.

FILHO, J. B. S. B.; ALVES, L. R. A.; VILLAR, P. M. Estudo da competitividade da produção de algodão entre Brasil e Estados Unidos – safra 2003/04. **Revista De Economia E Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 47, n.1, p. 59-88, 2009.

FREITAS, S. M.; MARGARIDO, M. A.; BARBOSA, M. Z.; FRANCA, T. J. F. Análise da dinâmica de transmissão de preços no mercado internacional de farelo de soja, 1990-1999. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.48, n.1, p. 4, 2001.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **FGV Dados**. Disponível em: <<http://portalibre.fgv.br/>>. Acesso em: 23 jan. 2011.

FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**. São Paulo: Nacional, 2003. p.11-72.

FURTADO, Milton Braga. **Síntese da economia brasileira**. 7 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 2000. p. 22-35; 205-206.

GARÓFALO, Gilson de Lima; CARVALHO, Luiz Carlos Pereira de. **Teoria microeconômica**. São Paulo: Atlas, 1995. p. 296-316.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. ed. 3. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. Tradução de Maria José Cyhlar Monteiro. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. p.313-379; 635-687.

HARRIS, R. **Using cointegration analysis in econometric modelling**. New York: Prentice Hall, 1995.

HILL, R. C., JUDGE, G. G., GRIFFITHS, E. W. **Econometria**. São Paulo: Saraiva, 1999.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). **Banco de Dados/Outras Estatísticas**. Disponível em:

<[http://www.iea.sp.gov.br/out/producao/prev\\_safra.php](http://www.iea.sp.gov.br/out/producao/prev_safra.php)>. Acesso em: 22 set. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA (IPEA). **Estimativas para a produção de açúcar no Brasil**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 13 mar. 2010.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of cointegration vectors. **Journal of Economics Dynamics and Control**, New York City, v.12, p. 231- 254, 1988.

LÉLIS, M. T. C. **Um modelo de investimento aplicado ao Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

MADDALA, G. S. **Introdução a econometria**. Rio de Janeiro: LTC, 2003. p. 220-280.

MANFIO, D. A. **Análise da transmissão de preços e margem de comercialização do feijão preto no estado do Paraná no período de 1982 a 2004**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Centro de Pesquisas Econômicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005.

MARGARIDO, M. A.; TUROLLA, F. A; FERNANDES, J. M. Análise da elasticidade de transmissão de preços no mercado internacional de soja. **Pesquisa e Debate**, São Paulo, v.12, n.2 (20), p. 5-40, 2001.

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

MARTINS, A. P.; MACIEL, M. F.; ROSADO, P. L.; LÍRIO, V. S. Análise da competitividade do açúcar brasileiro no mercado internacional, 1990 a 2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco (AC). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2008.

MENDONÇA, T. G.; ROCHA, L. E. V. Análise dos indicadores de competitividade das exportações brasileiras de soja em grão, 1986 a 2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza (CE). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Estatísticas de comércio exterior brasileiro**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Publicações**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

MORAES, Marcia, A. F. D. **Desregulamentação da agroindústria canavieira: novas formas de atuação do estado e desafios do setor privado**. São Paulo: Atlas, 2002.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial**. São Paulo: Atlas, 2010.

NOGUEIRA, P. R. de M. Longe do equilíbrio. **Agroanalysis**, São Paulo, v.20, n.3, p.36-38, fev. 2011.

PASTORE, Affonso Celso. **A Resposta da Produção Agrícola aos Preços no Brasil**. São Paulo: Apec, 1973.

POERSCHKE, R. P.; PRIEB, R. I. P. A insustentável leveza da integração regional: um estudo a luz da realidade do arroz mercosulino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 45., 2007, Londrina (PR). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2007.

PRADO, JÚNIOR, C. **História econômica do Brasil**. 26 ed. São Paulo: Brasiliense, 1981. 354p.

RAMOS, Pedro. **Heterogeneidade e integração produtiva na evolução recente da agroindústria canavieira do centro-sul (1985- 2000)**. São Paulo: Atlas, 2002. p. 241-260.

SEREIA, V. J.; CAMARA, M. R. G.; GIL, M. O. Competitividade das exportações brasileiras de suco de laranja no período 1990 a 2001. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, número., 2004, Cuiabá (MT). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2004.

SHIKIDA, P. F. A.; MARGARIDO, M. A. Uma análise econométrica da sazonalidade dos preços da cana-de-açúcar, no estado do Paraná, 2001-2007. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39. p. 13, 2009.

SILVEIRA, A. M. **A relação entre os preços de açúcar nos mercados doméstico e internacional.** 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2004.

SIMON, C. P; BLUME, L. **Matemática para economistas.** Porto Alegre: Bookman, 2004.

SOUZA, A. N. **Estudo das demandas de etanol e gasolina no Brasil no período 2001 a 2009.** 2010. Dissertação (Mestrado) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

SUZIGAN, Wilson. **Indústria brasileira: origem e desenvolvimento.** São Paulo: Hucitec, 2000. p. 213-228.

THOMPSON JR, Arthur A.; FORMBY, John P. **Microeconomia da firma: teoria e prática.** 6 ed. Tradução de José Luiz Oreiro. Rio de Janeiro: Prentice Hall, 1998. p. 15-26; 320-326.

TOMASETTO, M. Z. C. **Transmissão de preços no mercado de cana-de-açúcar entre os estados de São Paulo e Paraná.** 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, PR, 2010.

TRICHES, D.; SILVA, A. B. M.; MORAES, R. C.; SILVA, S.S. A análise da convergência e das inter-relações dos indicadores macroeconômicos dos países integrantes do Mercosul. **IPES UCS**, Caxias do Sul, texto 22, p.27, 2006.

TRICHES, D.; SILVA, S. S.; MASSUQUETI, A. Análise do desempenho das exportações brasileiras de açúcar e as restrições da União Europeia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande (MS). **Anais ...** Piracicaba: SOBER, 2010.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR (ÚNICA). **Setor Sucroenergético/Dados e Cotações.** Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 12 abr. 2008.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR (ÚNICA). **Setor Sucroenergético/Dados e Cotações.** Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 01 fev. 2011.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Foreign Agricultural Service**. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/>>. Acesso em: 31 dez. 2011.

USINAS E DESTILARIAS DO OESTE PAULISTA (UDOP). **Dados de safra**. Disponível em <[http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias\\_estatistica](http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias_estatistica)>. Acesso em: 19 jul. 2010.

VARIAN, H. R. **Microeconomia**: princípios básicos. 5 ed. Tradução de Ricardo Inosoja, Maria José Cyhlar Monteiro . Rio de Janeiro: Campus, 1999.

VASCONCELOS, M. F. S. **Competitividade do comércio internacional de soja**. 1994. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1994.

VERBEEK, Marno. **A guide to modern econometrics**. 3 ed. Rotterdam: RSM Erasmus University, 2008. p. 85-127; 171-195; 269-353.

VIAN, Carlos E. F. **Agroindústria Canavieira: Estratégias Competitivas e Modernização**. Campinas: Átomo, 2003. p. 7-49.

## ANEXOS

### Anexo 1: Ciclos da produção canavieira no Brasil

Período	Fases e eventos	Políticas adotadas e resultados
Final do século XIX	Crises de superprodução, perda de participação relativa no mercado externo para produtores mais modernos.	Desvalorização cambial, subsídios para a implantação de engenhos industriais, surgimento de usinas.
1929/1933	Crise mundial e superprodução de açúcar. Disputa de mercado entre Pernambuco e São Paulo.	Criação do IAA (cotas de produção e controle de preços).
1939/1945	Guerra mundial e escassez de açúcar e gasolina no mercado brasileiro.	Incentivo ao consumo de álcool combustível (crescimento da produção paulista).
1959/1962	Revolução Cubana. Problemas sociais no Nordeste e erradicação dos cafezais em São Paulo.	Tentativa de modernização da produção nordestina, exportações para os EUA (crescimento da produção paulista).
1968/1971	Alta dos preços internacionais, otimismo em relação ao mercado mundial de açúcar.	Programa de modernização agroindustrial financiado pelo IAA.
1974/1975	Queda nos preços mundiais do açúcar. Primeiro choque do petróleo.	Criação do programa Proálcool. Crescimento da produção de álcool anidro.
1979/1983	Segundo choque do petróleo.	Crescimento da produção de álcool hidratado.
1985/1989	Crise nas finanças públicas. Escassez de álcool no mercado brasileiro.	Investimentos na produção nacional de petróleo.
Pós-1990	Extinção IAA. Desregulamentação do setor sucroalcooleiro. Brasil passa a ser referência no mercado internacional de açúcar.	Autogestão setorial e criação de grupos de comercialização de álcool e açúcar. Fusões e entrada de empresas estrangeiras e intensificação de tecnologias no cultivo da cana.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Vian (2003).

**Anexo 2: Evolução da produção brasileira de açúcar no período 1990/91 a 2009/10**

(em toneladas)

Ano-safra	Brasil	Centro-Sul	Norte-Nordeste
1990/01	7.365.344	4.508.828	2.856.517
1991/02	8.604.321	5.834.689	2.769.632
1992/03	10.066.490	6.936.421	3.130.068
1993/04	10.269.996	8.004.790	2.265.206
1994/05	12.618.165	9.406.688	3.211.477
1995/06	13.522.129	10.184.555	3.337.574
1996/07	14.802.380	11.617.538	3.184.842
1997/08	14.880.691	11.354.475	3.526.216
1998/09	17.942.109	15.160.279	2.781.830
1999/00	19.387.515	16.900.182	2.487.333
2000/01	16.256.105	12.643.341	3.612.764
2001/02	19.218.011	15.972.162	3.245.849
2002/03	22.567.260	18.778.055	3.789.205
2003/04	24.925.793	20.420.477	4.505.316
2004/05	26.621.221	22.085.132	4.536.089
2005/06	25.905.723	22.084.810	3.820.913
2006/07	29.882.433	25.784.133	4.098.300
2007/08	31.026.170	26.200.606	4.825.564
2008/09	31.506.859	27.207.472	4.299.387
2009/10	33.073.479	28.721.95	4.311.525

Fonte: Única (2011)

**Anexo 3: Média preço internacional do açúcar 1990 a 2009 (US\$)**

<b>Ano</b>	<b>Preço</b>
1990	15,5824
1991	13,2604
1992	11,6529
1993	11,0767
1994	12,8920
1995	14,0440
1996	13,9003
1997	13,0957
1998	10,6975
1999	6,9668
2000	7,4857
2001	9,1075
2002	6,9495
2003	7,6249
2004	7,0342
2005	9,3351
2006	13,6997
2007	11,5509
2008	12,0361
2009	14,8544

Fonte: FGV Dados (2011).

## Anexo 4: Testes de raiz unitária

Dickey-Fuller Estendido $\Delta$ (ADF)							
Série	$\tau$	$p$ valor	$\tau_{\mu}$	$p$ valor	$\tau_{\tau}$	$p$ valor	Integração
<i>s_ac</i>	-12.003	0.000	-11.956	0.000	-11.879	0.000	I(0)
<i>s_alc</i>	-12.091	0.000	-11.985	0.000	-11.876	0.000	I(0)
<i>x_ac</i>	-6.783	0.000	-5.845	0.000	-5.774	0.000	I(0)
<i>pr_can</i>	-3.634	0.000	-3.897	0.003	-3.907	0.017	I(0)
<i>pv_ac</i>	-5.227	0.000	-5.318	0.000	-5.322	0.003	I(0)
<i>pi_ac</i>	-6.354	0.000	-6.393	0.000	-6.339	0.000	I(0)
<i>p_alc</i>	-6.630	0.000	-6.905	0.000	-6.891	0.000	I(0)
<i>p_gas</i>	-5.618	0.000	-6.841	0.000	-7.503	0.000	I(0)
<i>exc_r</i>	-5.987	0.000	-5.999	0.000	-6.365	0.000	I(0)
<i>p_ac_pond2</i>	-5.268	0.000	-5.236	0.000	-5.257	0.000	I(0)
<i>p_alc_pond</i>	-7.044	0.000	-7.024	0.000	-6.985	0.000	I(0)
<i>p_gas_pond</i>	-6.895	0.000	-7.124	0.000	-7.599	0.000	I(0)

Phillips-Perron (PP)							
Série	$\tau$	$p$ valor	$\tau_{\mu}$	$p$ valor	$\tau_{\tau}$	$p$ valor	Integração
<i>s_ac</i>	0.705	0.866	-2.673	0.085	-5.237	0.000	I(1)
<i>s_alc</i>	0.793	0.881	0.164	0.968	-0.111	0.993	I(1)
<i>x_ac</i>	1.733	0.979	-0.538	0.876	-3.734	0.028	I(1)
<i>pr_can</i>	-1.775	0.981	-1.406	0.573	-2.330	0.411	I(1)
<i>pv_ac</i>	-0.785	0.372	-0.704	0.847	-2.224	0.479	I(1)
<i>pi_ac</i>	0.910	0.901	-1.273	0.637	-2.752	0.221	I(1)
<i>p_alc</i>	1.674	0.977	-1.538	0.510	-2.792	0.206	I(1)
<i>p_gas</i>	3.222	0.999	-2.498	0.121	-0.589	0.976	I(1)
<i>exc_r</i>	-0.191	0.613	-1.953	0.306	-0.621	0.974	I(1)
<i>p_ac_pond2</i>	0.274	0.762	-0.223	0.197	-2.543	0.307	I(1)
<i>p_alc_pond</i>	0.470	0.813	-2.443	0.134	-2.885	0.174	I(1)
<i>p_gas_pond</i>	1.208	0.940	-1.749	0.401	-0.676	0.970	I(1)

Phillips-Perron $\Delta$ (PP)							
Série	$\tau$	$p$ valor	$\tau_{\mu}$	$p$ valor	$\tau_{\tau}$	$p$ valor	Integração
<i>s_ac</i>	-15.452	0.000	-27.865	0.000	-41.624	0.000	I(0)
<i>s_alc</i>	-4.512	0.000	-4.565	0.000	-5.277	0.000	I(0)
<i>x_ac</i>	-6.992	0.000	-7.949	0.000	-7.812	0.000	I(0)
<i>pr_can</i>	-3.703	0.000	-3.955	0.003	-3.971	0.015	I(0)
<i>pv_ac</i>	-5.162	0.000	-5.138	0.000	-5.130	0.000	I(0)
<i>pi_ac</i>	-6.357	0.000	-6.385	0.000	-6.329	0.000	I(0)
<i>p_alc</i>	-6.630	0.000	-6.873	0.000	-6.862	0.000	I(0)
<i>p_gas</i>	-5.806	0.000	-6.892	0.000	-7.503	0.000	I(0)
<i>exc_r</i>	-5.966	0.000	-5.904	0.000	-6.252	0.000	I(0)
<i>p_ac_pond2</i>	-5.299	0.000	-5.268	0.000	-5.258	0.000	I(0)
<i>p_alc_pond</i>	-7.020	0.000	-6.999	0.000	-6.979	0.000	I(0)
<i>p_gas_pond</i>	-6.991	0.000	-7.167	0.000	-7.602	0.000	I(0)

### Anexo 5: Teste de cointegração de Johansen para o modelo A com uma defasagem

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.624532	177.7874	125.6154	56.81581	46.23142
r≤1	0.541094	120.9716	95.75366	45.17680	40.07757
r≤2	0.388278	75.79483	69.81889	28.50570	33.87687
r≤3	0.282674	47.28913	47.85613	19.26903	27.58434
r≤4	0.217611	28.02010	29.79707	14.23340	21.13162
r≤5	0.197617	13.78671	15.49471	12.76978	14.26460
r≤6	0.017380	1.016927	3.841466	1.016927	3.841466

\* Estatística Traço indica 3 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 2 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

### Anexo 6: Teste de cointegração de Johansen para o modelo A com duas defasagens

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.513321	143.5711	125.6154	41.04857	46.23142
r≤1	0.471601	102.5226	95.75366	36.36054	40.07757
r≤2	0.341957	66.16203	69.81889	23.85367	33.87687
r≤3	0.281155	42.30836	47.85613	18.81624	27.58434
r≤4	0.205121	23.49212	29.79707	13.08525	21.13162
r≤5	0.155605	10.40687	15.49471	9.640709	14.26460
r≤6	0.013352	0.766163	3.841466	0.766163	3.841466

\* Estatística Traço indica 2 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância

\*\* Estatística Máximo autovalor não indica vetores de cointegração ao nível de 5% de significância

### Anexo 7: Teste de cointegração de Johansen para o modelo A com três defasagens

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.660561	187.8518	125.6154	60.50577	46.23142
r≤1	0.577116	127.3460	95.75366	48.19676	40.07757
r≤2	0.458434	79.14928	69.81889	34.34427	33.87687
r≤3	0.330316	44.80500	47.85613	22.45314	27.58434
r≤4	0.179197	22.35186	29.79707	11.05846	21.13162
r≤5	0.136253	11.29341	15.49471	8.202645	14.26460
r≤6	0.053697	3.090761	3.841466	3.090761	3.841466

\* Estatística Traço indica 3 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 3 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

**Anexo 8: Teste de cointegração de Johansen para o modelo A com quatro defasagens**

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.742037	236.657	125.6154	74.52159	46.23142
r≤1	0.638308	162.1354	95.75366	55.93285	40.07757
r≤2	0.613568	106.2026	69.81889	52.29397	33.87687
r≤3	0.319549	53.90859	47.85613	21.17494	27.58434
r≤4	0.292131	32.73365	29.79707	19.00226	21.13162
r≤5	0.168266	13.73139	15.49471	10.13335	14.2646
r≤6	0.063325	3.598031	3.841466	3.598031	3.841466

\* Estatística Traço indica 5 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 3 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

**Anexo 9: Teste de cointegração de Johansen para o modelo B com uma defasagem**

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.638055	216.6252	159.5297	58.94330	52.36261
r≤1	0.574385	157.6820	125.6154	49.54473	46.23142
r≤2	0.477779	108.1372	95.75366	37.68051	40.07757
r≤3	0.408539	70.45671	69.81889	30.45928	33.87687
r≤4	0.303081	39.99743	47.85613	20.94301	27.58434
r≤5	0.169683	19.05442	29.79707	10.78498	21.13162
r≤6	0.121672	8.269441	15.49471	7.524612	14.26460
r≤7	0.012760	0.744829	3,841,466	0.744829	3,841,466

\* Estatística Traço indica 4 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 2 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

**Anexo 10: Teste de cointegração de Johansen para o modelo B com duas defasagens**

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.743476	235.2629	159.5297	77.55046	52.36261
r≤1	0.599053	157.7124	125.6154	52.09373	46.23142
r≤2	0.497983	105.6187	95.75366	39.27989	40.07757
r≤3	0.387619	66.33880	69.81889	27.95281	33.87687
r≤4	0.261695	38.38599	47.85613	17.29371	27.58434
r≤5	0.210770	21.09228	29.79707	13.49177	21.13162
r≤6	0.107512	7.600512	15.49471	6.483306	14.26460
r≤7	0.019409	1.117206	3,841,466	1,117,206	3,841,466

\* Estatística Traço indica 3 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 2 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

### Anexo 11: Teste de cointegração de Johansen para o modelo B com três defasagens

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.800741	310.6428	159.5297	90.33633	52.36261
r≤1	0.704125	220.3065	125.6154	68.19790	46.23142
r≤2	0.611152	152.1086	95.75366	52.89574	40.07757
r≤3	0.569096	99.21287	69.81889	47.14470	33.87687
r≤4	0.364333	52.06817	47.85613	25.37254	27.58434
r≤5	0.217422	26.69563	29.79707	13.72903	21.13162
r≤6	0.183808	12.96660	15.49471	11.37391	14.26460
r≤7	0.028040	1.592690	3.841466	1.592690	3.841466

\* Estatística Traço indica 5 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 4 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

### Anexo 12: Teste de cointegração de Johansen para o modelo B com quatro defasagens

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.908818	445.1510	159.5297	131.7194	52.36261
r≤1	0.827965	313.4315	125.6154	96.80311	46.23142
r≤2	0.757887	216.6284	95.75366	78.00935	40.07757
r≤3	0.715938	138.6191	69.81889	69.22089	33.87687
r≤4	0.472433	69.39818	47.85613	35.17134	27.58434
r≤5	0.305190	34.22684	29.79707	20.02646	21.13162
r≤6	0.139253	14.20038	15.49471	8.247488	14.26460
r≤7	0.102583	5.952891	3.841466	5.952891	3.841466

\* Estatística Traço indica 6 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 5 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

### Anexo 13: Teste de cointegração de Johansen para o modelo C com uma defasagem

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.649852	219.4120	159.5297	60.86513	52.36261
r≤1	0.632864	158.5469	125.6154	58.11726	46.23142
r≤2	0.439116	100.4296	95.75366	33.53798	40.07757
r≤3	0.377368	66.89161	69.81889	27.48038	33.87687
r≤4	0.327186	39.41123	47.85613	22.98458	27.58434
r≤5	0.160995	16.42665	29.79707	10.18124	21.13162
r≤6	0.090666	6.245408	15.49471	5.512498	14.26460
r≤7	0.012557	0.732910	3.841466	0.732910	3.841466

\* Estatística Traço indica 3 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 2 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

#### **Anexo 14: Teste de cointegração de Johansen para o modelo C com duas defasagens**

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.802206	238.4124	159.5297	92.37011	52.36261
r≤1	0.570671	146.0423	125.6154	48.19530	46.23142
r≤2	0.518091	97.84702	95.75366	41.61002	40.07757
r≤3	0.345020	56.23700	69.81889	24.11962	33.87687
r≤4	0.221595	32.11738	47.85613	14.27899	27.58434
r≤5	0.204882	17.83839	29.79707	13.06806	21.13162
r≤6	0.074595	4.770324	15.49471	4.418868	14.26460
r≤7	0.006147	0.351455	3.841466	0.351455	3.841466

\* Estatística Traço indica 3 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 3 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

#### **Anexo 15: Teste de cointegração de Johansen para o modelo C com três defasagens**

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.856587	342.1400	159.5297	108.7536	52.36261
r≤1	0.681426	233.3864	125.6154	64.05842	46.23142
r≤2	0.636786	169.3280	95.75366	56.71473	40.07757
r≤3	0.593911	112.6133	69.81889	50.46619	33.87687
r≤4	0.330890	62.14706	47.85613	22.50121	27.58434
r≤5	0.288913	39.64585	29.79707	19.09377	21.13162
r≤6	0.254751	20.55208	15.49471	16.46610	14.26460
r≤7	0.070366	4.085980	3.841466	4.085980	3.841466

\* Estatística Traço indica 8 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 4 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

#### **Anexo 16: Teste de cointegração de Johansen para o modelo C com quatro defasagens**

Nº de vetores de cointegração	Estatística		Valor	Estatística	
	Autovalor	Traço	Crítico*	Max. Autovalor	Crítico**
r=0	0.961025	520.2441	159.5297	178.4660	52.36261
r≤1	0.886611	341.7781	125.6154	119.7312	46.23142
r≤2	0.740345	222.0468	95.75366	74.16205	40.07757
r≤3	0.670339	147.8848	69.81889	61.03300	33.87687
r≤4	0.516390	86.85177	47.85613	39.95622	27.58434
r≤5	0.374868	46.89555	29.79707	25.83862	21.13162
r≤6	0.265528	21.05693	15.49471	16.97320	14.26460
r≤7	0.071560	4.083730	3.841466	4.083730	3.841466

\* Estatística Traço indica 8 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

\*\* Estatística Máximo autovalor indica 8 vetores de cointegração ao nível de 5% de significância.

### Anexo 17: Testes de normalidade dos resíduos

Modelo A	Cholesky (Lutkepohl)			Doornik-Hansen			Urzúa		
Lags	Jarque-Bera	Df	Prob	Jarque-Bera	Df	Prob	Jarque-Bera	Df	Prob
1ª	24.18904	14	0.0435	48.98694	14	0.0000	40.0196	294	0.0000
2ª	4.203130	14	0.9941	18.47916	14	0.1858	363.1908	294	0.0036
3ª	11.80872	14	0.6217	25.81071	14	0.0274	428.6005	294	0.0000
4ª	10.32555	14	0.7380	15.99220	14	0.3139	283.2754	294	0.6628
Modelo B	Cholesky (Lutkepohl)			Doornik-Hansen			Urzúa		
Lags	Jarque-Bera	Df	Prob	Jarque-Bera	Df	Prob	Jarque-Bera	Df	Prob
1ª	100.2553	16	0.0000	72.37826	16	0.0000	727.9019	450	0.0000
2ª	63.93948	16	0.0000	53.51961	16	0.0000	634.4129	450	0.0000
3ª	40.76839	16	0.0006	56.94544	16	0.0000	622.7362	450	0.0000
4ª	17.73184	16	0.3398	46.52641	16	0.0001	440.1634	450	0.6210
Modelo C	Cholesky (Lutkepohl)			Doornik-Hansen			Urzúa		
Lags	Jarque-Bera	Df	Prob	Jarque-Bera	Df	Prob	Jarque-Bera	Df	Prob
1ª	70.49445	16	0.0000	72.38036	16	0.0000	652.8057	450	0.0000
2ª	57.91168	16	0.0000	44.99513	16	0.0001	768.9444	450	0.0000
3ª	48.12183	16	0.0000	42.32207	16	0.0004	563.6744	450	0.0002
4ª	11.06466	16	0.8055	24.04316	16	0.0886	431.8874	450	0.7223