

**ANÁLISE DA ELASTICIDADE DA DEMANDA DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR
E ETANOL NO MERCADO INTERNO BRASILEIRO SOB A PERSPECTIVA DE
QUEBRA ESTRUTURAL**

Nanisia Pereira de Oliveira

Mestranda em economia PPGECON/UFPE
Endereço: Rua Iracema Araújo Freire, 170 – Maurício de Nassau
Caruaru – PE. CEP: 55.014-450
e-mail: nanisia.oliveira@gmail.com

Alan Francisco Carvalho Pereira

Mestrando em economia PPGECON/UFPE
e-mail: alanpereira1993@hotmail.com

Wellington Ribeiro Justo

Professor associado URCA. Doutor em Economia pela UFPE
e-mail: justowr@yahoo.com.br

ANÁLISE DA ELASTICIDADE DA DEMANDA DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ETANOL NO MERCADO INTERNO BRASILEIRO SOB A PERSPECTIVA DE QUEBRA ESTRUTURAL

Resumo: O álcool é um importante produto da cultura canavieira, que pode ser usado como fonte de energia renovável e energia fóssil e utilizado para fins carburantes em substituição aos derivados do petróleo. O objetivo do trabalho consiste na estimação da demanda de cana-de-açúcar, principal matéria-prima para o etanol e açúcar pela ótica da elasticidade. A metodologia consiste em análises de elasticidade-preço e elasticidade renda para a cana, o açúcar e o etanol no Brasil no período do primeiro trimestre de 2000 ao quarto trimestre de 2015 observando se houve quebra estrutural nas relações entre as variáveis através do teste de Bai e Perron recentemente disponibilizado nos pacotes estatísticos. Os resultados apontaram que há quebras estruturais em todas as séries. Assim, ficou evidenciada a importância de se considerar as quebras estruturais no cálculo das elasticidades haja vista que os valores mudam a depender do período considerado.

Palavras-Chaves: Bai Perron; Sensibilidade; Políticas Públicas.

ANALYSIS OF THE ELASTICITY OF DEMAND FOR SUGARCANE, SUGAR AND ETHANOL IN THE BRAZILIAN MARKET FROM THE PERSPECTIVE OF STRUCTURAL BREAK

Abstract: Alcohol is a major product of sugar cane, which can be used as a source of renewable energy and fossil energy and used for fuel purposes to replace petroleum. The objective of this study is the estimation of the demand for sugarcane, the main raw material for ethanol and sugar from the perspective of elasticity. The methodology consists of analysis of price elasticity and income elasticity for sugarcane, sugar and ethanol in Brazil in the first quarter of 2000 the period the fourth quarter of 2015 observing whether structural break in the relationship between the variables through the Bai Perron test newly available in statistical packages. The results showed that there are structural breaks in all series. Thus, the authors emphasize the importance of considering structural breaks in the calculation of elasticities given that the values change depending on the period considered.

Keywords: Bai Perron; sensitivity; Public policy.

Classificação JEL: C3, C10, D4.

1. Introdução

Da cana-de-açúcar origina-se não só o açúcar, como também derivados de usos alternativos: o *melaço*, a aguardente, e o bagaço da cana e serve também como matéria-prima na produção de álcool, mais conhecido como etanol. O álcool é um importante produto da cultura canavieira, que pode ser usado como fonte de energia renovável e energia fóssil e utilizado para fins carburantes, em substituição aos derivados do petróleo. Desse modo, pode se dizer então que a cultura canavieira está ligada à duas questões fundamentais: uma relacionada à segurança alimentar via produção e consumo de açúcar; e outra relacionada às questões energéticas via produção e consumo de etanol (SHIKIDA, 2014).

No final do século XX, o elevado preço do petróleo contribuiu para formulação de programas de substituição de combustível fósseis. Neste cenário de crise no preço do óleo natural, o etanol adquire grande importância no mercado internacional. No Brasil, maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o governo federal observou uma oportunidade de expandir o mercado e tornar o país também o maior e exportador do produto. Surgiria assim, um país líder na produção de álcool (SCHLESINGER, 2014).

Atualmente a produção agroindustrial brasileira está baseada em duas grandes monoculturas: soja e cana-de-açúcar, que são usadas na produção de combustíveis (SCHLESINGER, 2014). O presente trabalho analisará o mercado produtor de cana-de-açúcar, açúcar e etanol pela ótica da sensibilidade. Ou seja, será realizada uma análise da elasticidade da demanda de cana, açúcar e etanol do Brasil.

Dessa forma, o estudo objetiva estimar a elasticidade-preço, e elasticidade renda da cana, açúcar e etanol e elasticidade preço-cruzada do etanol no mercado interno do Brasil entre o primeiro trimestre de 2000 ao quarto trimestre de 2015, sabendo que a cana-de-açúcar é a matéria-prima, e o açúcar e o etanol são bens concorrentes, observando se houve quebra estrutural nas relações entre as variáveis consideradas. Especificamente deseja-se, estimar uma regressão ignorando possíveis quebras estruturais e estimar novamente após a identificação de quebras estruturais após a aplicação do teste de Bai-Perron; e, por último, estimar um modelo com *dummies* para cada período considerando as quebras obtidas no referido teste.

A análise da elasticidade da demanda apresenta grande relevância na tomada de decisão tanto para o setor privado quanto para o setor público. O método OLS com quebras estruturais foi escolhido porque admite que a relação entre as variáveis explicativas e a dependente seja dinâmica ao longo do tempo. Dada a relevância desse setor para o agronegócio brasileiro e pela pouca exploração de trabalhos que consideram estimações com quebras estruturais para estimação das elasticidades, espera-se que este seja o diferencial do trabalho e a contribuição do artigo para literatura haja vista que embora o teste tenha sido desenvolvido há duas décadas, somente recentemente foi incorporado nas rotinas dos softwares econométricos.

Assim, a importância do estudo deve-se ao fato de compreender a dinâmica entre elasticidade preços e elasticidade renda da demanda da cana-de-açúcar e seus derivados para o Brasil. Considera-se na análise da demanda da cana, o preço da cana-de-açúcar, o PIB per capita e o índice de produção de derivados da cana. A demanda do açúcar é em função do preço do açúcar, e do PIB per capita. E a análise da demanda de álcool é em função do preço do mesmo, do preço da gasolina e o PIB per capita.

O artigo está estruturado em quatro seções além dessa introdução. Na próxima seção será apresentada a revisão da literatura sobre evidências da utilização da elasticidade da demanda. Na terceira seção é discutida a metodologia utilizada para a análise. Na parte quatro são apresentados os resultados e discussões sobre as estimativas. Por fim, na última seção são apresentadas as considerações finais.

2. Revisão de literatura

Evidências empíricas na literatura econômica mostram a importância da utilização de métodos para explicar o comportamento da demanda dos produtos agrícolas e agroindustriais no mercado. A estimação da elasticidade da demanda de um bem costuma ser um bom indicador para realização de análises a qual permite uma melhor compreensão do funcionamento do mercado. Tal importância fica evidenciada pelos numerosos estudos com foco nos mercados interno e externo.

Barros *et. al.* (2002) estimaram funções de oferta de exportação de produtos agropecuários brasileiros, usando na análise modelos ajustados por Mínimos Quadrados Ordinários com a inclusão do termo de erro para o caso de variáveis cointegradas. Na análise, as elasticidades apresentaram sinais coerentes com modelo econômico. Os autores mostraram que o impacto do crescimento da economia brasileira sobre as exportações do agronegócio revelou-se significativo, sugerindo que a limitação do mercado doméstico contribui de modo que maiores volumes sejam exportados. Mostraram também que a taxa de câmbio é um importante fator determinante das exportações dos produtos agrícolas brasileiros. A exportação de açúcar apresentou-se sensível em relação ao mercado interno. Os autores mencionaram também que os preços externos dos produtos que são mais afetados pelo mercado é o do açúcar, da soja e da carne industrializada.

A análise da elasticidade da demanda apresenta grande relevância tanto para o setor privado quanto para o setor público. A análise pode auxiliar os agentes na tomada de decisão sobre estratégias empresariais na fixação de preços para mercado externo, com vistas também a maximização do lucro. Pelo lado do governo a elasticidade da demanda pode auxiliar no processo de definição de políticas comerciais e de programas de ajustamento do setor externo. (GALLET, 2012; RESENDE FILHO *et. al.*, 2012; MELZ, 2014).

Alves e Bachi (2004), também utilizaram a estimação de uma função oferta de exportação brasileira de açúcar com modelos de auto regressão vetorial no período de outubro de 1995 a dezembro de 2008. Em sua análise os autores constataram que um aumento da demanda das exportações brasileira e a desvalorização cambial impactam de forma positiva a exportação do açúcar brasileiro.

Outros autores que também usam elasticidade são Oliveira *et. al.* (2008), no qual estimaram as elasticidades-preço e renda da demanda de álcool combustível no Brasil no período de julho de 2001 a outubro de 2009 por meio de modelos VAR/VEC. Os resultados obtidos foram conforme o esperado, ou seja, de acordo com a teoria microeconômica, em que a elasticidade preço do etanol hidratado apresentou sinal negativo (-11,26), a elasticidade preço da gasolina foi de 12,79, bem substituto, ou seja, apresentou sinal positivo em relação à demanda de etanol hidratado, e a elasticidade renda em relação à demanda do etanol foi de 0,45 onde também apresentou sinal positivo e classificado como um bem normal.

Junior e Bone (2010) analisaram a demanda da cana-de-açúcar, açúcar e etanol do Brasil pela ótica da sensibilidade para o período de 1997 a 2008. Em seus resultados os autores observaram que o setor sucroalcooleiro é um mercado onde a quantidade demandada do açúcar e do álcool não responde às variações dos preços. Segundo os autores, isto ocorre visto que o açúcar é um bem essencial à cesta básica brasileira e não releva uma parcela significativa do orçamento do consumidor. Para a quantidade demandada de etanol o preço do mesmo não foi significativo. Em relação à demanda da cana-de-açúcar, verificaram que o coeficiente do preço da cana-de-açúcar é estatisticamente não significativo. Os coeficientes da produção industrial de derivados da cana-de-açúcar (0,21006) e o PIB per capita nacional a preços de 2008 em reais (2,65) foram estatisticamente significantes apresentando sinais positivo e coerentes conforme o esperado.

Na exportação de carne bovina brasileira Resende (2012) e Gallet (2012) utilizaram estimativas da elasticidade da demanda com relação ao preço e a renda, na qual evidenciou ser um fator importante na tomada de decisão no setor público e no privado.

Melz *et al.* (2014) analisaram o mercado de carne bovina com as quebras estruturais. Estimaram elasticidade da demanda com respeito ao preço, preço cruzado e a renda, da carne bovina brasileira vendida no mercado internacional no período 2003/2013. Os autores utilizaram o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) com quebras estruturais a partir do qual verificaram três quebras estruturais, em agosto 2006, novembro de 2011 e maio de 2010. Constataram na análise a existência de quebras estruturais que deve ser consideradas.

Barbosa *et al.* (2014) evidenciaram a importância do setor sucroalcooleiro no contexto do mercado brasileiro e internacional. Na análise da oferta de exportações brasileiras de açúcar no período de 1978 a 2008, os autores utilizam o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), e chegam ao resultado que a exportação do açúcar é mais sensível às variações na produção e menos sensível às variações na taxa de câmbio.

Gonçalves e Coelho (2015) analisaram o mercado de etanol combustível com estimativas de elasticidade preço e renda da demanda do etanol hidratado. Além das variáveis independentes, preço do etanol, preço da gasolina e a renda incluíram no modelo a frota dos veículos para explicar a variável dependente, também utilizaram o modelo VAR/VEC. Os autores sugeriram que a demanda por etanol é bem elástica ao preço do etanol e ao preço da gasolina atendendo assim, a teoria econômica.

3. Metodologia

3.1 Estimação da elasticidade da demanda

A estimação econométrica da elasticidade para um determinado bem pode ser realizada utilizando a teoria clássica do modelo de regressão linear, realizando apenas algumas manipulações matemáticas simples. Essas manipulações e estimação por meio de MQO são baseadas em uma função de regressão exponencial definida, segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), de acordo com a seguinte expressão:

$$Y_i = \delta \alpha X_i^\beta e^\mu \quad (1)$$

Para que seja possível a estimação do modelo, basta aplicar o logaritmo neperiano em ambos os lados para linearização da função como se segue acrescentando o termo de erro aleatório (WOOLDRIDGE, 2006):

$$\ln Y_i = \alpha + \beta \ln X_i + \mu, \text{ onde } \alpha = \ln \delta \quad (2)$$

Tomando a equação 2, e aplicando o cálculo diferencial para derivá-la em relação à X_i , e, posteriormente, resolvendo-a para β , observa-se que o coeficiente é a própria elasticidade de Y_i em relação à X_i como se segue:

$$\beta = \frac{\frac{\Delta Y_i}{Y_i}}{\frac{\Delta X_i}{X_i}} = \left(\frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i} \right) \left(\frac{X_i}{Y_i} \right) \quad (3)$$

Aplicando a definição anterior para analisar a elasticidades nos mercados de Cana-de-açúcar, açúcar e etanol, serão considerados um conjunto com três modelos para cada mercado:

Um modelo sem considerar quebras estruturais, ou seja, uma regressão MQO sem restrições; um modelo considerando MQO com quebras estruturais obtidas no teste de Bai-Perron, explicado mais a frente, e por último, um modelo com variáveis *dummies* para cada período de quebra considerado.

A vantagem de se estimar um modelo de regressão com quebras estruturais está no fato de considerar que a relação entre as variáveis para tal mercado, neste caso analisando elasticidade da demanda, seja dinâmica ao longo do tempo com mudanças significativas nos parâmetros (BAI e PERRON, 1998). No contexto da elasticidade, considerar quebras ao longo dos períodos analisados tem relevância, pois se identifica a sensibilidade da variável dependente, em diferentes períodos, para com choques exógenos em suas variáveis explicativas como preço, preço de bens substitutos e no produto per capita do país.

Para a demanda de cana-de-açúcar serão consideradas as três equações de regressão a seguir:

$$\ln DAC = \alpha + \beta_1 \ln(IPDC) + \beta_2 \ln(P_{cana}) + \beta_3 \ln(PIB_{pc}) + \varepsilon_1 \quad (4)$$

$$\ln DAC = \alpha + \beta'_{1j} \ln(IPDC) + \beta'_{2j} \ln(P_{cana}) + \beta'_{3j} \ln(PIB_{pc}) + \varepsilon_2 \quad (5)$$

$$\ln DAC = \alpha + \beta''_1 \ln(IPDC) + \beta''_2 \ln(P_{cana}) + \beta''_3 \ln(PIB_{pc}) + \beta''_4 D_j + \varepsilon_3 \quad (6)$$

Onde,

DAC é a série da demanda nacional aparente de cana-de-açúcar em mil toneladas;

$IPDC$ é o índice de produção industrial para os derivados da cana-de-açúcar;

P_{cana} é o preço de cotação da tonelada de cana-de-açúcar; e,

PIB_{pc} é o PIB per capita brasileiro trimestral estimado a preços constantes.

A variável $IPDC$ foi considerada com o intuito de captar o efeito do aumento da atividade industrial dos derivados da cana-de-açúcar para o aumento da demanda para esse bem como apresentado por Gonçalves e Coelho (2015), para essa variável e para a variável PIB_{pc} espera-se sinais positivos. Para a variável P_{cana} o sinal esperado é negativo, representando a elevação do preço da cana e, conseqüentemente, diminuição na sua procura.

A equação 4 representa o modelo sem restrições de quebra estrutural; a equação 5 representa o modelo de MQO para 1, ...j quebras estruturais definidas no teste de Bai-Perron, e a equação 6 representa o modelo de MQO considerando quebras estruturais, porém considerando apenas uma variável *dummy* para os 1, ...j períodos de quebra no e deixando os coeficientes β 's fixos ao longo do período.

Da mesma forma, para a demanda de açúcar serão consideradas as três equações:

$$\ln DA = \alpha + \beta_1 \ln(P_{açúcar}) + \beta_2 \ln(PIB_{pc}) + \varepsilon_1 \quad (7)$$

$$\ln DA = \alpha + \beta'_{1j} \ln(P_{açúcar}) + \beta'_{2j} \ln(PIB_{pc}) + \varepsilon_2 \quad (8)$$

$$\ln DA = \alpha + \beta''_1 \ln(P_{açúcar}) + \beta''_2 \ln(PIB_{pc}) + \beta''_3 D_j + \varepsilon_3 \quad (9)$$

Onde,

DA é a série da demanda nacional por açúcar em mil toneladas;

$P_{açúcar}$ é o preço de cotação da saca de 50 Kg (quilogramas) do açúcar comercializado no país; e,

PIB_{pc} é o PIB per capita brasileiro trimestral estimado a preços constantes.

Por último, para a demanda nacional por etanol as três equações são:

$$\ln DEt = \alpha + \beta_1 \ln(P_{gasolina\ c}) + \beta_2 \ln(P_{etanol}) + \beta_3 \ln(PIB_{pc}) + \varepsilon_1 \quad (10)$$

$$\ln DEt = \alpha + \beta'_{1j} \ln(P_{gasolina\ c}) + \beta'_{2j} \ln(P_{etanol}) + \beta'_{3j} \ln(PIB_{pc}) + \varepsilon_2 \quad (11)$$

$$\ln DEt = \alpha + \beta''_1 \ln(P_{gasolina\ c}) + \beta''_2 \ln(P_{etanol}) + \beta''_3 \ln(PIB_{pc}) + \beta''_4 D_j + \varepsilon_3 \quad (12)$$

Onde,

DEt é a série da demanda nacional por etanol em metros cúbicos;

$P_{gasolina\ C}$ é preço médio de revenda do litro da gasolina comum no mercado interno, considerada substituto do etanol;

P_{etanol} é o preço médio de revenda do litro do etanol no mercado interno; e,

PIB_{pc} é o PIB per capita brasileiro trimestral estimado a preços constantes.

Após estimar os três modelos de regressão para a demanda dos três bens considerados, serão aplicados alguns critérios para verificar qual modelo se ajusta melhor aos dados na análise das elasticidades da demanda de cada bem. Essas análises de ajustamento serão baseadas nos critérios de R^2 ajustado, informação de Akaike, informação de Schwarz e informação de Hannan-Quinn.

3.2 Testes realizados sobre as séries

Para a análise correta da elasticidade para os mercados de cana-de-açúcar, açúcar e etanol, é necessária a realização de alguns testes sobre as séries temporais dos dados. O teste utilizado para detectar presença de raiz unitária nas séries foi o Dickey-Fuller por mínimos quadrados generalizados com a característica de ponderamento introduzida pelo GLS. O teste DF-GLS, como é conhecido, é considerado um teste potente de segunda geração dos testes de raiz unitária e foi desenvolvido por Elliot et al., (1996).

E execução do DF-GLS considera a retirada de tendência determinística dos dados por meio de uma regressão por mínimos quadrados generalizados. Após a retirada da tendência, o teste é executado com a hipótese nula de existência de raiz unitária. As hipóteses alternativas são decompostas em duas categorias (WOOLDRIDGE, 2006):

- H_{a1} : a série não possui raiz unitária com tendência linear;
- H_{a2} : a série não possui raiz unitária sem tendência linear;

O teste aplicado para identificar quebras ou mudanças na estrutura do modelo de regressão exponencial será o de Bai-Parron, desenvolvido por Bai e Perron (1998). Basicamente, o teste é aplicado sobre o modelo de MQO estimando diferentes regressões com subperíodos menores avaliados como períodos de quebras após a realização de um teste de mudança de coeficiente e tem a vantagem por introduzir também a consideração de quebras na variância da regressão, tornando-o assim, o teste mais criterioso de estabilidade de um modelo.

O teste de Bai-Parron é dividido em duas etapas. Na primeira, identifica-se o número de quebras no modelo de regressão. Na segunda, é realizado um teste de significância F sobre as quebras encontradas considerando valores críticos de Bai-Parron (BAI e PERRON, 1998).

Cada quebra é identificada considerando o período de tempo que tem o maior coeficiente de determinação, R^2 , dentre o número de quebras estudadas. Assim, o número ótimo de quebras será aquele que maximiza o R^2 para cada subperíodo considerado. O teste F de cada subperíodo é realizado considerando a razão da Soma dos Quadrados dos Resíduos do modelo restrito (considerando quebras) sobre a Soma dos Quadrados dos Resíduos do modelo irrestrito (modelo original sem quebra) (BAI e PERRON, 1998).

3.3 Fonte de dados

Os dados relativos às séries de demanda aparente (ou consumo) de cana-de-açúcar; preço de cotação da cana-de-açúcar; demanda total e preço do açúcar foi obtido no portal eletrônico da União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA) em periodicidade mensal. A estimação da demanda aparente de cana-de-açúcar se dá, segundo notas metodológicas, pela necessidade produtiva do setor sucroalcooleiro baseado em informações dos produtores de derivados da cana.

As informações relativas à quantidade demandada de etanol no país, bem como o preço do etanol e da gasolina do tipo comum, foram obtidas junto a Agência Nacional de Petróleo,

Gás natural e Biocombustíveis (ANP) com periodicidade mensal desde setembro de 1999 a novembro de 2015, com estimativas para dezembro. A demanda por etanol, neste trabalho, foi considerada com a agregação das informações para todos os tipos produzidos para fins automotivos (hidratado e anidro).

Para as informações do índice de produção para os derivados de cana-de-açúcar e o PIB a preços correntes, essas foram no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com periodicidade trimestral. A estimativa do PIB per capita foi feita considerando a projeção de população brasileira anual a partir de janeiro de 2000, no site do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Para cada trimestre foi obtida a taxa média de crescimento efetiva considerando a taxa de crescimento para com o ano anterior, posteriormente dividiu-se o PIB pela população estimada trimestralmente. O mesmo procedimento foi aplicado ao deflator implícito do PIB para se chegar à série de PIB per capita a preços constantes utilizada no presente trabalho.

O período de análise definido foi do primeiro trimestre de 2000 ao quarto trimestre de 2015, considerando esse último período uma projeção para os dados de demanda, índice de produção dos derivados da cana e PIB. Essas estimativas disponíveis nos endereços eletrônicos pesquisados. A transformação das séries de demanda em trimestral se deu pela soma dos três meses relativos a cada trimestre. Para a transformação das séries de preços em trimestral, optou-se pela agregação pela média mensal dos três meses relativos a cada trimestre de cada ano considerado.

4. Resultados e discussões

Para todas as séries de dados utilizados foi realizado o teste de Breusch-Goldfrey (BG) para detecção de autocorrelação serial. Em todas as séries, a hipótese nula do teste não pode ser rejeitada ao nível de significância de 10%, ou seja, foi descartada a presença de autocorrelação e as análises puderam seguir normalmente.

Iniciando a análise dos resultados, na Figura 1 é apresentado o comportamento do consumo aparente de cana-de-açúcar entre o primeiro trimestre de 2000 e o quarto trimestre de 2015. Como pode ser observado ao longo do período analisado, a série de consumo de cana apresenta oscilações visíveis, intercaladas com períodos de aumento e por períodos de queda na quantidade total. No período como um todo (entre 2000 e 2015), a tendência do consumo é crescente passando de aproximadamente 66 milhões de toneladas, no primeiro trimestre de 2000, para 232 milhões de toneladas, no quarto trimestre de 2015. Um aumento de mais de 250%, considerando os dois valores. A taxa média de aumento anual equivalente, com base nesse percentual é de 3,92%.

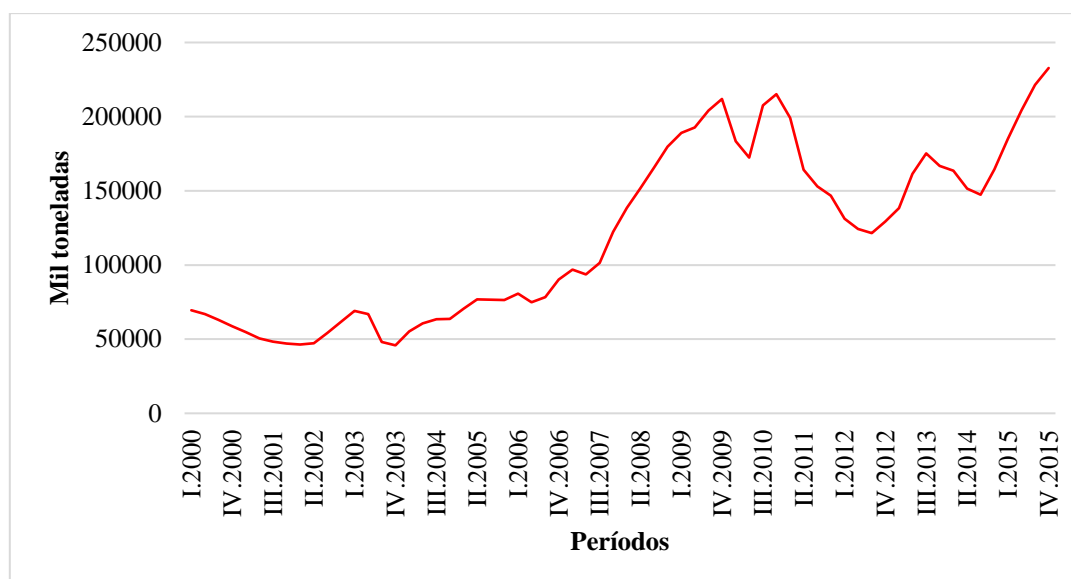


Figura 1 – Evolução do consumo aparente de cana-de-açúcar no Brasil entre 2000 e 2015¹.
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da UNICA.

A análise dos subperíodos que compõem essa série é importante para tentar relacionar influências de choques externos sobre a quantidade de consumo aparente de cana-de-açúcar. Entre o primeiro trimestre de 2000 e o segundo trimestre de 2002, a tendência do consumo de cana é decrescente podendo ser relacionada com a ruptura da âncora cambial (então vigente no país como um dos pilares do plano de estabilização) no segundo semestre de 1999, acompanhada com as sucessivas quedas no preço do petróleo (principal matéria-prima concorrente na produção de combustível). A soma desses fatores pode ter efeito significativo sobre a diminuição do comércio do produto.

A partir do terceiro trimestre de 2002, ao quarto trimestre de 2003, observa-se uma nova queda no consumo de cana precedida por um leve aumento. Mais uma vez, a explicação mais latente para esse movimento é a valorização cambial ocorrida, a partir do quarto trimestre de 2002 como efeito das mudanças políticas ocorridas do Brasil, afetando assim, a demanda externa sobre demanda de cana. A partir do primeiro trimestre de 2004, ao quarto trimestre de 2009, o movimento do consumo é crescente como resultado da ampliação das políticas de crédito e financiamento rural implementadas, bem como altos investimentos privados no setor sucroalcooleiro realizados como consequência dos incentivos e renúncias fiscais do governo federal no período. Como exemplo, pode ser citado o programa de financiamento e apoio ao setor sucroalcooleiro realizado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento conhecido como BNDES PASS.

A partir do quarto trimestre de 2009, os resultados da crise mundial iniciada nos estados Unidos atingem o mercado nacional de cana-de-açúcar e este sofre uma grande retração em sua demanda nacional. A estimativa, de acordo com os dados apresentados no gráfico, é que entre 2010 e 2012 a diminuição na quantidade total de cana consumida seja de aproximadamente 32,54% passando de 215.183,34 para 121.546,84 milhões de toneladas por trimestre.

A Figura 2 mostra a evolução no consumo total de açúcar no período analisado. De acordo com gráfico, a série do consumo de açúcar segue, basicamente, a mesma tendência da série anterior de cana-de-açúcar. Resultado esse esperado, já que a cana é a matéria-prima básica principal para a produção do açúcar. Algumas análises adicionais podem ser discutidas.

¹ Consumo aparente estimado pela União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA) com base no volume comercializado no país. Dados mensais transformados em trimestrais pela agregação dos três meses equivalente a cada trimestre. As informações para novembro e dezembro de 2015 são estimativas.

Primeiramente, é possível que a tendência decrescente observada ao longo de 2003, mais forte para o mercado de açúcar quando comparado com a Figura 1, pode ser resultado de uma maior influência do choque cambial para este produto, levando em consideração o encarecimento das importações de maquinário para a produção, posteriormente transmitida para o preço do açúcar, além do fato do encarecimento das exportações de açúcar com a baixa na taxa de câmbio.

Outra observação obtida pela análise da Figura 2, é no choque sobre a demanda a partir de 2009. Nesse gráfico, observa-se que o consumo de açúcar nesse período sofreu uma queda menor do que quando comparado com a diminuição no consumo aparente de cana-de-açúcar. Esse resultado está relacionado com o fato de o açúcar ser um produto alimentício de grande peso na mesa dos brasileiros, principalmente nas classes mais baixas, com substitutos apresentando preços mais elevados (adoçantes). A demanda brasileira de açúcar, nesse caso, pode ser relativamente inelástica às mudanças e choques externos sobre o produto nacional. Análise mais acurada será realizada à frente após a estimação do modelo de elasticidade para cada um dos três produtos considerados.

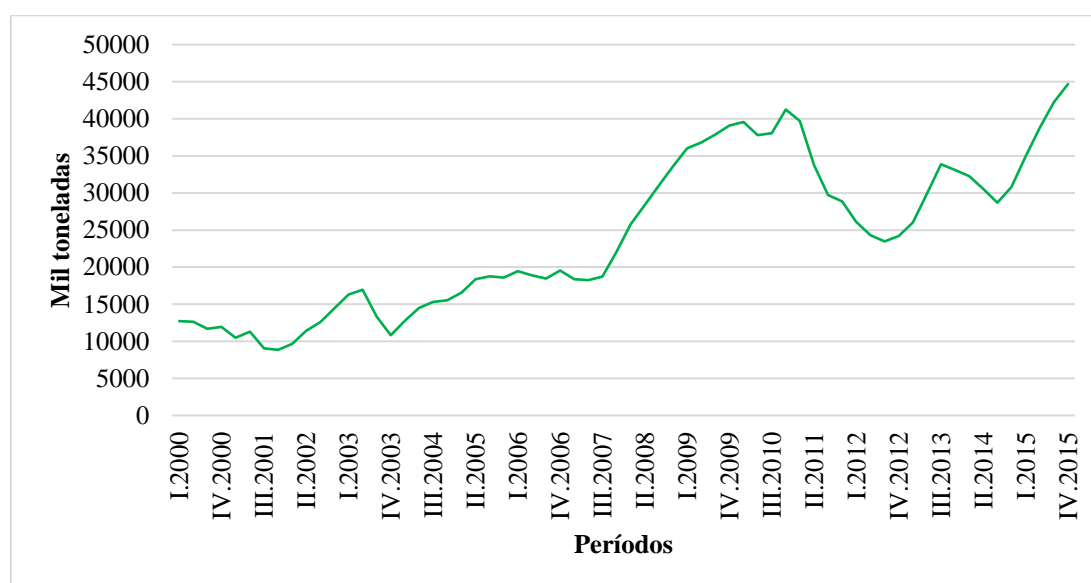


Figura 2 – Evolução do consumo total de açúcar de todos os tipos no Brasil entre 2000 e 2015.
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da UNICA.

Na Figura 3, é apresentada a evolução do comportamento da demanda nacional de etanol entre 2000 e 2015. Entre o primeiro trimestre de 2000 e o segundo trimestre de 2002, o consumo brasileiro de etanol segue a mesma tendência decrescente apresentada pela cana-de-açúcar e pelo açúcar anteriormente. Adicionalmente, pode se observar que a tendência crescente observada nas séries anteriores só ocorre aqui a partir do quarto trimestre de 2003, embora começa no primeiro trimestre do mesmo ano para o mercado de etanol. A evolução no consumo nacional acompanha a crescente tendência no mercado automotivo, passando de aproximadamente 1,2 milhões de metros cúbicos no primeiro trimestre de 2000 para uma estimativa de 4,7 milhões de metros cúbicos para o quarto trimestre de 2015. Um aumento em torno de 290% para a demanda nacional de etanol.

Analisando pontos específicos da série, observa-se que o menor consumo registrado foi no segundo trimestre de 2003 com aproximadamente 700 mil metros cúbicos. A maior variação negativa da série é apresentada entre o quarto trimestre de 2009, e o segundo trimestre de 2010 onde a demanda nacional de etanol passa de 4,3 milhões de metros cúbicos para 2,8 milhões de metros cúbicos. A previsão de consumo para o quarto trimestre de 2015 é de 4,7 milhões de metros cúbicos, equivalente a uma diminuição de 1,7% tomando como referência o trimestre imediatamente anterior com base nos dados coletados.

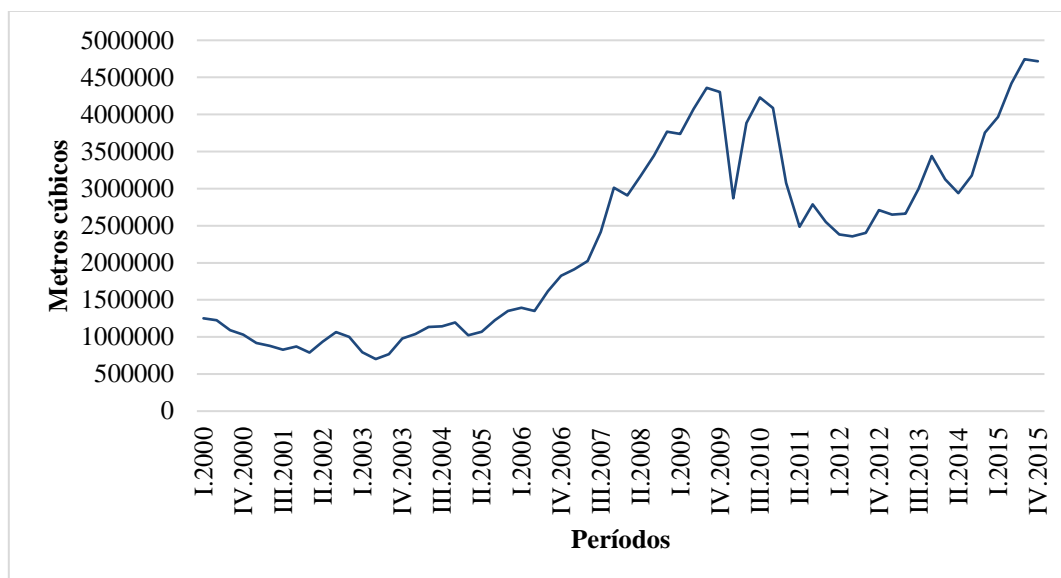


Figura 3 – Evolução da quantidade total consumida de Etanol entre 2000 e 2015.
 Fonte: Elaboração própria com base nos dados da UNICA.

Parte-se então para a análise da estacionaridade das séries. De acordo com os resultados para o teste de raiz unitária de Dickey-Fuller Aumentado ou ADF apresentados na Tabela 1, todas as nove séries utilizadas no presente trabalho apresentam estacionaridade em nível. Algumas mostraram não apresentar raiz unitária com constante e tendência; outras com constante e outras sem constante. Desse modo, é rejeitada a hipótese nula de que as séries possuem raiz unitária e assim pode se seguir com as estimações dos três modelos de demanda para análise das elasticidades.

Os níveis de significância aplicados foram 10%, 5% e 1%. Para a série da quantidade aparente consumida de cana-de-açúcar no Brasil, esta foi estacionária a 1% com tendência e constante e em 5% e 10% com constante e sem constante, respectivamente. A série do consumo nacional do açúcar foi estacionária a 5% com constante e tendência e estacionária a 10% com constante. Para essa mesma série, não se pode rejeitar a hipótese nula considerando os dados sem constante. Para a quantidade de etanol consumido, esta série foi estacionária ao nível de 1% de significância considerando constante e tendência e apenas constante. A mesma também foi estacionária ao nível de 5% na especificação sem constante.

O preço nacional da cana-de-açúcar foi estacionário ao nível de 1% com constante e tendência e estacionário a 5% com constante e sem constante. Para a série do preço nacional do açúcar, a estacionaridade foi observada ao nível de 1% com constante e tendência, 5% com constante e 10% sem constante. Para o preço do etanol, este foi estacionário a 1% com constante e tendência e sem tendência, e a 5% apenas com constante.

Tabela 1 – Estatística *t* do teste de raiz unitária de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para as séries das variáveis utilizadas na análise da elasticidade nos três modelos.

Variáveis	Constante e tendência	Def.	Com constante	Def.	Sem constante	Def.
Consumo de Cana-de-açúcar	-3,0647***	0	-1,9921**	5	-2,5284*	0
Consumo de Açúcar	-4,0591**	8	-2,6384*	0	-3,3488	2
Consumo de Etanol	-0,0217***	4	-0,0141***	4	-0,0179**	2
Preço da Cana-de-açúcar	-1,7767***	5	-1,1548**	5	-1,4658**	2
Preço do Açúcar	-1,6279***	2	-1,0582**	7	-1,3431*	0
Preço do Etanol	-2,6905***	3	-1,7488**	3	-2,2197***	5
Preço da Gasolina Comum	-1,5660*	1	-1,0179*	2	-1,2919*	7
Prod. Derivados da Cana	-2,1924**	5	-1,4251	8	-1,8088	1
PIB per capita	5,2588***	4	3,4182*	2	4,3385*	2

Nota: ***, **, e * indicam, respectivamente, 1%, 5%, 10% de significância.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da UNICA, IBGE e ANP.

Para a série do preço interno da gasolina comum usada como bem substituto do etanol, essa foi estacionária ao nível de 1% nos três testes realizados. A série trimestral do índice de produção dos derivados da cana-de-açúcar foi estacionária ao nível de 5% no modelo com constante e tendência e para a especificação com constante, para o modelo sem constante não se pode rejeitar a hipótese nula de existência de raiz unitária. O PIB per capita nacional a preços constantes, foi estacionário ao nível de 1% no modelo com constante e tendência e ao nível de 10% considerando as especificações com e sem constante.

A aplicação do teste de Bai-Perron para verificação da existência de quebras estruturais e identificação de quais subperíodos devem ser considerados em cada modelo de regressão. Foi aplicado o teste para os três modelos analisados neste trabalho. Para cada um dos modelos, observou-se a existência de quebras estruturais nas estimações dos coeficientes para as variáveis explicativas como pode ser observado na Tabela 2.

Para o modelo I, considerando a demanda aparente de cana-de-açúcar como função do índice de produção de derivados da cana, do preço da cana-de-açúcar e do PIB per capita, foi observada a existência de uma quebra no segundo trimestre de 2004. Considerando as estatísticas F e F (dispersão), o valor crítico do teste foi 29,7101 estatisticamente significativo ao nível de 5% de significância.

Para o modelo II, considerando a demanda de açúcar como função do preço do açúcar e do PIB per capita, foram observadas duas quebras estruturais nos períodos equivalentes ao segundo trimestre de 2005 e terceiro trimestre de 2008. Também considerando os dois tipos de estatística F, o valor crítico do teste foi 15,7205 estatisticamente significativo ao nível de 1% de significância.

No modelo III, considerando o consumo do etanol como função do seu preço; do preço da gasolina comum e do PIB per capita, foram encontradas 3 quebras nos períodos de tempo equivalentes ao segundo trimestre de 2002; ao quarto trimestre de 2005, e primeiro trimestre de 2011. Para esse modelo, os valores da estatística F e F (dispersão) são estatisticamente significativos ao nível de 1% com um valor crítico do teste foi 18,9323.

Tabela 2 – Teste de Bai-Perron para seleção do número de quebras estruturais para o modelo de regressão.

Modelo	Nº. de quebras	F	F (Dispersão)	Valor Crítico
I	1	7,4275	7,4275	29,7101**
II	2	9,1523	27,4570	15,7205***
III	3	6,1927	24,7708	18,9323***
Quebras consideradas				
I	2000.T1-2004.T1	2004.T2-2015.T4	-	-
II	2000.T1-2005.T1	2005.T2-2008.T2	2008.T3-2015.T4	-
III	2000.T1-2002.T1	2002.T2-2005.T3	2005.T4-2010.T4	2011.T1-2015.T4

Nota:***, **, e * indicam, respectivamente, 1%, 5%, 10% de significância.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da UNICA, IBGE e ANP.

Considerando as quebras fornecidas pelo teste de estabilidade estrutural e fazendo uma relação dessas com algumas características de cada período, a quebra no modelo I, relativa ao segundo trimestre de 2004, pode estar relacionada com a criação de linhas de financiamento e incentivos aos produtores do setor pelo governo federal, por meio do BNDES, como o programa PASS citado anteriormente. No modelo II, as quebras no segundo trimestre de 2005 e terceiro trimestre de 2008, podem estar relacionadas, respectivamente, com incentivos e desoneração do setor açucareiro com o programa Reintegra de dezembro de 2004 e com os primeiros impactos da crise mundial de 2008. As mesmas análises podem ser aplicadas ao mercado do

etanol, considerando agora o período de valorização do preço do petróleo no mercado internacional que encareceu a gasolina a partir do segundo trimestre de 2002.

Algumas informações relacionadas ao melhor ajustamento entre os modelos de elasticidade são apresentadas na Tabela 3. Entre as opções de estimação, podem se estimar um modelo MQO tradicional, desconsiderando assim a questão de quebras estruturais; estimar um modelo considerando as quebras estruturais obtidas no teste de Bai-Perron; e, por último, estimar um modelo com *dummies* para cada período considerando as quebras obtidas no referido teste.

Considerando essas três especificações, alguns critérios para selecionar o melhor modelo são resumidos em 4 categorias: R² ajustado, critério de informação de Akaike, critério de informação de Schwarz e o critério de informação de Hannan-Quinn. Para o primeiro, se considera o melhor ajustamento aquele modelo que apresenta o maior valor do R² ajustado; para os demais a opção pelo melhor modelo se dá com o menor valor apresentado por cada critério.

No modelo I, para a quantidade demandada de cana-de-açúcar, o melhor modelo é o estimado com uma quebra estrutural como pode ser observado pelo R² ajustado e pelos menores valores dos critérios de discutidos acima. No modelo II, para análise da demanda de açúcar no Brasil, o modelo com duas quebras estruturais se mostrou também o mais adequado quando comparado com o MQO sem quebras e com o modelo com variáveis *dummies* por períodos. E, por último, no modelo III, para a demanda de etanol, o modelo considerando as três quebras estruturais do teste de Bai-Perron também se apresentou como melhor ajustamento e de maior poder explicativo quando se considera as outras duas especificações alternativas mencionadas no presente trabalho.

Tabela 3 – Comparação entre as três especificações do modelo para cada um dos bens considerando a análise do melhor ajustamento.

Modelo	Especificação	R ² ajustado	AIC	SC	HQ
I	Sem quebras	0,9935	-3,4405	-3,3056	-3,3873
	Com quebras	0,9955	-3,7411	-3,4712	-3,6348
	Com <i>dummies</i>	0,8199	-1,7144	-1,5289	-1,6414
II	Sem quebras	0,6443	0,3122	0,4134	0,3521
	Com quebras	0,8836	-0,7205	-0,4170	-0,6009
	Com <i>dummies</i>	0,7640	-0,2042	-0,0018	-0,1244
III	Sem quebras	0,6816	0,7156	0,8505	0,7687
	Com quebras	0,9418	-0,8772	-0,4725	-0,7178
	Com <i>dummies</i>	0,8117	-0,0808	0,1890	0,0255

Nota: AIC: Critério de informação de Akaike; SC: Critério de informação de Schwarz; HQ: Critério de informação de Hannan-Quinn

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ÚNICA, IBGE e ANP.

Na Tabela 4, constam os resultados para a demanda de cana-de-açúcar considerando as três especificações. O teste de White foi realizado e não se identificou heterocedasticidade ao nível máximo de 10% de significância. Os sinais dos coeficientes estão de acordo com o esperado para as variáveis levando em consideração as três especificações. No modelo sem quebras, o coeficiente da variável PIB per capita não é estatisticamente significativo. O índice de produção dos derivados da cana mostra que o aumento de 1 ponto percentual na produção de derivados da cana, tem efeito positivo de aumentar a demanda por cana-de-açúcar em 0,99 pontos percentuais aproximadamente. O coeficiente de elasticidade preço da demanda para este caso mostra que a demanda de cana para esse modelo é considerada inelástica no limite.

No modelo com quebras estruturais, a influência da atividade produtiva dos derivados de cana-de-açúcar aumenta após o segundo trimestre de 2004 de 0,42 para 0,71 pontos percentuais de resposta na demanda de cana para cada um ponto percentual do aumento da produção dos derivados. A elasticidade preço da demanda continua a ser inelástica após o

período de quebra com uma resposta a variações percentuais nos preços de 0,47. A elasticidade renda, considerando o PIB se mostra abaixo de uma unidade antes e depois da quebra, e no segundo período, um aumento de 1 ponto percentual no PIB per capita tem efeito de aumentar a demanda de cana em 0,0176 pontos percentuais. Desse modo, a demanda de cana-de-açúcar também é inelástica às variações no PIB per capita, mas o sinal positivo indica que a cana-de-açúcar é um bem normal.

Tabela 4 – Modelo de elasticidade para o consumo aparente de Cana-de-açúcar, sendo especificado sem quebra, com quebras e com variável *dummy* para o período de quebra considerado.

Variáveis	Sem quebras	Com quebras		Com <i>dummy</i>
		00.T1-04.T1	04.T2-15T4	
<i>Constante</i>	6,4248**	7,8305**	9,4209***	8,952*
<i>log</i> (Prod. Derivados da Cana)	0,9982***	0,4269**	0,7155***	0,4041**
<i>log</i> (Preço da Cana-de-açúcar)	-0,0054*	-1,1898***	-0,4741**	-0,3354*
<i>log</i> (PIB per capita)	0,0095	0,0542*	0,0176**	0,5096*
d1	-	-	-	-0,0225*

Nota: ***, **, e * indicam, respectivamente, 1%, 5%, 10% de significância. d1 é variável *dummy* para o período de quebra observado no teste que quebra estrutural.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da UNICA, IBGE e ANP

Considerando uma variável *dummy* para o período posterior à queda, essa mostra que após o segundo trimestre de 2004, o efeito do tempo sobre a demanda é negativo, deixando-a assim mais rígida às mudanças exógenas, ou seja, mais inelástica. Neste caso, uma variação negativa de 2,25% sobre a demanda de cana. Para a variável do índice de produção dos derivados da cana, uma variação de 1 ponto percentual tem efeito de aumentar a demanda em 0,4041 pontos percentuais. A demanda é inelástica ao preço, pois um aumento de um ponto percentual é refletido em uma diminuição na demanda em 0,3354 pontos percentuais. Uma variação unitária percentual no PIB per capita também é refletida em uma resposta na demanda por cana em 0,5096 pontos percentuais.

Para a demanda por açúcar, a Tabela 5 traz o modelo sem quebras estimado como função das variáveis preço interno do açúcar e PIB per capita. Pelo teste de White, foi descartada a presença de heterogeneidade sobre os resíduos das regressões. O coeficiente da variável preço do açúcar, não se mostrou estatisticamente significativo no seu efeito sobre a quantidade demandada do produto para o modelo sem quebras estruturais. A sensibilidade da demanda para com variações sobre o PIB per capita se mostrou, elástica e estatisticamente significativa ao nível de 10%, nesse caso, um aumento de um ponto percentual no PIB tem efeito de aumentar a demanda por açúcar em 1,0156 pontos percentuais, ou seja, mais que proporcionalmente, significando assim, que para esse período, o açúcar pode ser considerado bem superior.

Tabela 5 – Modelo de elasticidade para a quantidade consumida de Açúcar, sendo especificado sem quebra, com quebras e com variáveis *dummies* para os períodos de quebras considerados.

Variáveis	Sem quebras	Com quebras			Com <i>dummies</i>
		00.T1-2005.T1	05.T2-08.T2	08.T3-15.T4	
<i>Constante</i>	17,2525***	4,9694***	15,2767***	12,6474**	15,0587***
<i>log</i> (Preço do Açúcar)	-0,8216	-0,2709*	-1,0253**	-0,6169***	-0,8209***
<i>log</i> (PIB per capita)	1,0156*	0,1205*	0,1547***	0,0024***	0,3658*
d1	-	-	-	-	0,1043**
d2	-	-	-	-	-0,1113*

Nota: ***, **, e * indicam, respectivamente, 1%, 5%, 10% de significância. d1 e d2 são variáveis *dummies* para os períodos de quebras observados no teste que quebra estrutural.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da UNICA, IBGE e ANP.

Considerando as quebras obtidas no teste de Bai-Perron, um aumento percentual unitário no preço do açúcar refletia uma diminuição de 0,2709 pontos percentuais até o primeiro trimestre de 2005. No período da primeira quebra a demanda passa a ser elástica com um coeficiente estimado de -1,0253 e a partir do terceiro trimestre de 2008 volta a ser inelástica com uma resposta de -0,6169 para um aumento de 1 ponto percentual no preço. Para o PIB per capita, até o primeiro trimestre de 2005, um aumento de 1 ponto percentual neste, refletia em um aumento de 0,1205 pontos percentuais na demanda de açúcar. Esse coeficiente passa a ser 0,1547 na primeira quebra relativa ao segundo trimestre de 2005. A partir da terceira quebra, no terceiro trimestre de 2008, uma variação percentual no PIB per capita tem impacto quase nulo, estimado em 0,0024 pontos percentuais, sobre a demanda de açúcar nacional como foi discutido acima na análise gráfica. Isso corrobora a justificativa para a menor variação quando comparada com os gráficos da cana e do etanol como efeitos da crise mundial a partir de 2008. Neste caso, em todas as situações é um bem normal e no modelo que ignora as quebras é um bem superior. Essas estimações estão de acordo com o trabalho de (GONÇALVES; COELHO, 2015).

No modelo com *dummies* por período de quebra, um aumento unitário percentual no preço do açúcar tem como resposta uma diminuição da demanda em aproximadamente 0,82 pontos percentuais. A elasticidade para com variações no PIB per capita é menor que uma unidade, estimada em 0,3658. Para os coeficientes das variáveis binárias, na primeira quebra entre o segundo trimestre de 2005 e o segundo trimestre de 2008, o sinal positivo do coeficiente d1 diz que nesse período a demanda foi deslocada para cima, refletindo um aumento. O sinal negativo e estatisticamente significativo de d2 mostra exatamente o contrário para o período que se inicia a partir do terceiro trimestre de 2008, ou seja, a demanda foi deslocada para baixo nesse período. Sendo assim, observa-se, respectivamente um aumento de aproximadamente 10 % e diminuição de aproximadamente 11% sobre a demanda de açúcar.

Na Tabela 6, é apresentado o modelo para a demanda nacional de etanol. Para este também não foi detectada a presença de heterogeneidade sob a perspectiva do teste de White em todos os modelos. Considerando o modelo de MQO sem quebras, os coeficientes do preço do etanol e do PIB per capita não se mostraram estatisticamente significativos, ou seja, nessa especificação essas variáveis não têm efeito sobre a demanda de etanol. O sinal do coeficiente do preço da gasolina comum, considerada bem substituto, foi negativo igual a -0,6825 se mostrando, assim, contrário ao discutido pela teoria.

Tabela 6 – Modelo de elasticidade para a quantidade consumida de etanol, sendo especificado sem quebra, com quebras e com variáveis *dummies* para os períodos de quebras considerados.

Variáveis	Sem quebras	Com quebras				Com <i>dummies</i>
		00.T1-02.T1	02.T2-05.T3	05.T4-10.T4	11.T1-15.T4	
<i>Constante</i>	23,5187**	5,7148**	13,7644***	19,7155*	47,167***	13,4393***
<i>log</i> (Preço da gasolina C)	-0,0969**	-0,3115	0,1711**	3,7527**	1,2492*	0,0554*
<i>log</i> (Preço do etanol)	-1,0475	-0,1385***	-0,4379**	-0,3486**	-2,8038**	-0,5984
<i>log</i> (PIB per capita)	-0,6825	1,8473*	0,0144***	0,0041*	0,3778	0,3933
d1	-	-	-	-	-	-0,1113*
d2	-	-	-	-	-	-0,3677*
d3	-	-	-	-	-	-0,3052***

Nota: ***, **, e * indicam, respectivamente, 1%, 5%, 10% de significância. d1, d2 e d3 são variáveis *dummies* para os períodos de quebras observados no teste que quebra estrutural.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da UNICA, IBGE e ANP.

No modelo de MQO com quebras estruturais, o preço da gasolina não tem influência na quantidade demandada de etanol antes da primeira quebra. Para o preço do etanol, um aumento unitário percentual neste é refletida em uma diminuição da demanda em 0,1385 pontos percentuais. A demanda é altamente elástica a uma variação no PIB per capita antes da primeira

quebra com um coeficiente estimado em 1,8473 e estatisticamente significativo ao nível de 10%, significando assim que o etanol pode ser analisado como bem superior para esse período, bem semelhante aos resultados obtidos por (GONÇALVES; COELHO, 2015).

Na primeira quebra, que vai do segundo trimestre de 2002 ao terceiro trimestre de 2005, um aumento percentual de uma unidade no preço da gasolina tem efeito de aumentar a demanda por etanol em 0,1711 pontos percentuais. A elasticidade preço da demanda é menor que uma unidade estimada em -0,4379. A elasticidade da demanda de etanol para o PIB per capita também é menor que uma unidade estimada em 0,0144, ou seja, considerado como bem normal.

Para a segunda quebra, que vai do quarto trimestre de 2005 ao quarto trimestre de 2010, um aumento percentual de uma unidade no preço da gasolina tem efeito de aumentar a demanda por etanol em 3,7527 pontos percentuais, isso mostra o aumento e ganho do mercado desse produto em relação à gasolina comum com o aumento dos carros *flex* como discutido no trabalho de Oliveira *et. al.* (2008), bem como consequência da competitividade do álcool em relação à gasolina. Possivelmente como efeito da política de controle do preço da gasolina que diminui a competitividade do álcool. A elasticidade preço da demanda ainda é menor que uma unidade estimada em -0,3486 também mostrando o aumento da sensibilidade para com seu preço. A elasticidade da demanda de etanol para o PIB per capita também é menor que uma unidade e muito próxima de zero estimada em 0,0041.

Para a terceira quebra, a partir do primeiro trimestre de 2011, a elasticidade cruzada com a gasolina comum foi estimada em 1,2492. A elasticidade preço da demanda também foi bastante superior a uma unidade estimada em -2,8038. O PIB per capita não teve coeficiente de elasticidade estatisticamente significativo, ou seja, não teve influência sobre a quantidade demandada nesse período.

No modelo com variáveis *dummies*, a elasticidade cruzada foi estimada em 0,0554 pontos percentuais para cada aumento unitário no preço da gasolina. As variáveis preço do etanol e PIB per capita têm sinais de acordo com o esperado, mas não foram estatisticamente significativas, não tendo, desse modo, influências para esse modelo sobre a demanda nacional de etanol. Na análise das variáveis binárias, todas as três apresentaram sinais negativos significando assim, que a demanda por etanol foi deslocada para baixo nos três períodos consecutivos.

5. Considerações finais

O mercado da cana-de-açúcar brasileira passou por uma série de mudanças nas últimas três décadas. Tais mudanças refletem não só o mercado do açúcar como também na economia e sociedade. Observou-se que a quantidade total do consumo da cana, do açúcar e do etanol apresentou oscilações visíveis, intercaladas com períodos de aumentos e de quedas. A análise dos subperíodos que compõem a série mostrou-se importante para indicar possíveis efeitos de choques externos sobre a quantidade de consumo aparente de cana-de-açúcar.

De tal modo, o objetivo deste trabalho foi estimar a elasticidade-preço, e elasticidade renda da cana, açúcar e etanol e elasticidade preço-cruzada do etanol, sabendo que a Cana-de-açúcar é a Matéria-prima e o açúcar e o álcool são bens concorrentes vendidos no mercado interno brasileiro. O período analisado compreende o primeiro trimestres de 2000 ao quarto trimestre de 2015, observando se houve quebra estrutural nas relações entre as variáveis consideradas. O método de MQO com quebras estruturais identificadas pelo método de Bai Perron permitiu identificar uma quebra para a série da cana, duas para o açúcar e três para o álcool. O procedimento com quebras mostrou-se estatisticamente ser mais adequado.

A estimação das elasticidades preço e renda e preço cruzadas estimadas mostraram-se sensíveis às quebras estruturais. Observaram-se mudanças tanto de magnitude como de

significância dos coeficientes dos modelos estimados a depender do período considerado enaltecendo, desta forma, a importância da utilização da metodologia utilizada.

Ademais o uso da estimação dos modelos com quebras estruturais é corroborado pela análise gráfica das séries das variáveis onde, também foi possível a identificação de efeitos de políticas públicas que influenciaram o comportamento das variáveis em subperíodos distintos onde estes efeitos se fizeram presentes.

A desconsideração das quebras estruturais pode, portanto, levar a estimação dos valores dos parâmetros nas equações de demanda de forma inadequada. Em caso destas estimativas serem levado a efeito para adoção de políticas públicas setoriais poderiam causar grandes distorções nestes mercados.

Desse modo, no contexto da elasticidade, considerar quebras ao longo dos períodos analisados tem relevância ao permitir aferir a sensibilidade da demanda dos bens em diferentes períodos para com choques exógenos em suas variáveis explicativas como preço, preço de bens substitutos e no produto per capita do país. Como sugestão de trabalhos futuros pode-se realizar uma análise de cointegração entre as séries para captar efeitos de contemporâneos e de longo prazo entre as variáveis.

Referências

ANP. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>.

ALVES, L. R. A.; BACHI, M. R. P. **Oferta de Exportação de Açúcar do Brasil**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 42, n. 1, p. 9-33, 2004.

BAI, J.; P. PERRON. **Estimating and Testing Linear Models with Multiple Structural Changes**. Econometrica 66, 47-78. 1998.

BARBOSA, C. R.; QUEIROZ, I. A.; ALVES, A.V. S. e SOARES, N. S. **Análise Econométrica da oferta de exportação brasileira de cana-de-açúcar no período de 1978 a 2008**. In: IV semana do economista e IV egressos, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus, 2014.

BARROS, G. S. D. C.; BACCHI, M. R. P.; BURNQUIST, H. L. **Estimação de equações de oferta de exportação de produtos agropecuários para o Brasil (1992/2000)**. Texto para discussão n. 865. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, mar 2002.

BILAS, R. A. **Teoria microeconômica: uma análise gráfica**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.

ELLIOT, G. ROTHENBERG, T. J. STOCK, J. H. **Efficient test for an autoregressive unit root**. Econometrica, v. 64, p. 813-836, jul. 1996.

GALLET, C. A. **The income elasticity of meat: a meta-analysis**. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, n. 54, p.477-490. 2010.

GONÇALVES, A. C. R. V.; COELHO, P. S. **Análise do mercado sucroalcooleiro e das elasticidades preço e renda da demanda por etanol hidratado**. In: Anais: 53º. Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, João Pessoa- PB, 2015.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: McGraw Hill, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Ipeadata, 2013. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/>.

JOHNSTON, J.; DINARDO, J. **Métodos econométricos**. Alfragide: McGraw-Hill. Portugal, 2001. 531 p.

JUNIOR, L. J. C. BONE, R. B. **Demanda de cana-de-açúcar, açúcar e etanol revisitada**. São Paulo. In: XXX encontro nacional de engenharia de produção, 2010.

MAS-COLELL, A., WHINSTON, M. D., GREEN, J. R. **Microeconomic Theory**. New York, Oxford University Press, 1995.

MELZ, L.J.; FILHO, P. J. M.; GASTARDELO, T. A. R. **Elasticidade da demanda da carne bovina brasileira no mercado internacional: Evidências de quebras estruturais**. In: Anais: 52º. Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Goiânia, 2014.

OLIVEIRA, P.M.; ALENCAR, R. J.; SOUZA, S. G. **Energia Renovável: uma análise sobre a oferta e demanda de etanol no Brasil**. In: Anais: 48º. Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Acre, 2008.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D.L. **Econometric models and econometric Forecasts**. 4 ed. Nova York: McGraw-Hill, 524 p. 2004.

RESENDE FILHO, M. D. A. et al. **Sistemas de equações de demanda por carnes no Brasil: especificação e estimação**. Revista de Economia e Sociologia Rural, 1, jan-mar p. 33-50. 2012.

SCHLESINGER, S. **Biocombustíveis: energia não mata a fome**. ActionAid, Mato Grosso, p. 1-40. 2014.

UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br>.

VARIAN, H. R. **Intermediate microeconomics**. 8. ed. New York-London: W. W. Norton & Company, 2010.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: uma abordagem moderna**. São Paulo: Pioneira Thomson Leaning, 684 p. 2006.