

Análise do impacto de mudanças institucionais sobre a produção de açúcar no Brasil entre 1980 a 2015

Analysis of the Impact of Institutional Changes on Sugar Production in Brazil between 1980 to 2015

Diogo Ferraz¹

Fabíola Cristina Ribeiro de Oliveira²

Maria Rita Pontes Assumpção³

Resumo

O objetivo deste trabalho é mensurar o impacto de mudanças institucionais sobre a produção de açúcar no Brasil, entre 1980 e 2015. Foram consideradas três mudanças institucionais: a inovação do açúcar (tipo *Very High Polarization*); a desregulamentação setorial e; a queda dos subsídios europeus à produção desta *commodity*. A relevância deste trabalho está no fato destas mudanças serem analisadas empiricamente (teste de hipóteses, taxa de crescimento e modelo econométrico). O resultado do teste de hipóteses comprovou que a produção média de açúcar se alterou antes e depois de cada evento. As taxas de crescimento demonstraram que, após cada mudança, o ritmo de produção foi alterado, sobretudo para a região Centro-Sul e no estado de São Paulo. O modelo econométrico demonstrou que as mudanças institucionais alteraram a inclinação da curva de produção do açúcar. Comprova-se que a inovação do açúcar VHP foi a mudança institucional que mais impactou a produção brasileira.

Palavras-chave: Açúcar. Mudanças Institucionais. Setor Sucroalcooleiro. Econometria.

Abstract

This paper analyzes the impact of institutional changes on sugar production in Brazil between 1980 and 2015. Three of these institutional changes were considered: the Very High Polarization (VHP) sugar innovation; Sectoral deregulation; The fall of European subsidies to the production of this commodity. The relevance of this work lies in the fact that these changes - already recognized in the discussions on the development of the sugar and alcohol sector - are analyzed empirically using statistical techniques (hypothesis test, growth rates and econometric model). The hypothesis test proved that the average sugar production changed before and after each event. The growth rates showed that, after each change, the rhythm of production was changed, especially for the Center-South region and for the State of São Paulo. Econometric models have confirmed that institutional changes have altered the slope of the sugar production curve and provide estimates of this growth. It is verified that the innovation of VHP sugar was the institutional change that most impacted Brazilian production.

Keywords: Sugar. Institutional Changes. Sugarcane Sector. Econometrics.

1 PhD candidate em Economia na Universidade de Hohenheim (Stuttgart/Alemanha) e Doutorando em Engenharia de Produção na Universidade de São Paulo (EESC/USP) diogoferraz@usp.br

2 Doutora em Economia Aplicada pela ESALQ/USP Professora na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-Campinas) e na Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) fbcoliveira@hotmail.com

3 Doutora em Engenharia de Produção pela USP Professora da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) mrpontes@unimep.br

1 Introdução

O governo brasileiro, desde os anos 1930, determinava a quantidade que deveria ser produzida de açúcar e etanol para cada usina. A forte intervenção estatal contribuiu, entre as décadas de 1930 e 1980, para a organização e competitividade do setor. As regras definiam base para o equilíbrio entre a produção das usinas e a oferta do produto para o mercado e exportação por meio da fixação de cotas. Isto explica a manutenção no cenário competitivo de usinas nas diferentes regiões produtoras de açúcar no Brasil. Estas diferenças eram observadas, especialmente, no estado de São Paulo e nos estados do Nordeste (IEL/CNI & SEBRAE, 2005).

As usinas paulistas se destacaram neste processo, adotando mais intensamente mudanças organizacionais e tecnológicas. Estas usinas buscaram capacitação em sua forma de gerenciar, colher a cana (mecanicamente) e levá-la para ser processada e produzir açúcar de mais qualidade e transportá-lo mais rapidamente. Estas mudanças foram possíveis pelas iniciativas de pesquisa para inovação tecnológica, promovidas pelo Centro Tecnológico da Copersucar (CTC), hoje Centro Tecnológico Canavieiro (Moares & Zilberman, 2014).

Com a liberalização econômica, teve início um processo de desregulamentação da economia brasileira. Este processo se aprofundou a partir dos anos 1990, sendo que em 1999 o setor sucroalcooleiro foi efetivamente desregulamentado. Quando o Estado deixou de intervir no setor, a relação dos agentes desta cadeia produtiva foi alterada. A definição dos preços passou para uma lógica do livre mercado (Belik et al., 1998).

Algumas usinas paulistas foram mais assertivas na resposta aos novos desafios, especialmente aquelas que adotaram a logística como recurso competitivo e desenvolveram capacitação para negociação da cana-de-açúcar e açúcar para ex-

portação. Devido à inovação do açúcar, passaram a exportar o VHP (*Very High Polarization*). Este tipo de açúcar apresenta menor umidade, evitando problemas de empedramento em seu manuseio e armazenagem. Segundo Machado (2012), açúcares mais puros são mais secos para uma boa conservação. A inovação no produto açúcar melhorou o transporte e manuseio do produto.

A desregulamentação do setor tirou o Estado das transações para exportação. A abertura de mercado permitiu também a participação de capital externo nos grupos sucroalcooleiros (Assumpção, 2003). Com isso, o Brasil se fortalece no mercado mundial. Por meio de suas organizações de cooperação e defesa de interesses do setor, passa a atuar politicamente na ampliação do mercado mundial.

Bruno et al. (2014) destaca a participação do Brasil na Organização Mundial do Comércio (OMC), com críticas às políticas protecionistas dos países europeus produtores de açúcar. A OMC considerou válidas as alegações brasileiras e decidiu pela suspensão dos subsídios aos produtores na Europa. Este fato permitiu a abertura à importação pela comunidade europeia do açúcar de outros países produtores.

Com foco em mudanças ocorridas no setor sucroalcooleiro nas últimas décadas, este estudo delimita sua análise de 1980 até 2015. Neste período, o setor sucroalcooleiro teve inovação no produto/açúcar e alterações na regulação das trocas nos mercados nacional e internacional. Essas três mudanças são analisadas neste artigo, cujo problema abordado é analisar como essas mudanças alteraram a curva de produção do açúcar no Brasil. Portanto, este artigo tem como objetivo mensurar o impacto destas mudanças no ambiente institucional do setor sucroalcooleiro sobre a produção de açúcar no Brasil entre 1980 a 2015.

A relevância deste estudo se dá pela importância do *agribusiness* na economia brasileira.

Este representou, em 2015, 22,3% do Produto Interno Bruto – PIB e 38% da mão de obra empregada (IBGE, 2015). Neste cenário, destaca-se a participação do complexo sucroalcooleiro, que representa cerca de 8% do PIB agrícola brasileiro e 35% do PIB paulista (UNICA, 2016). Além disso, este artigo contribui por demonstrar empiricamente aquilo que outros estudos abordaram sobre a evolução do setor sucroalcooleiro. Muitos destes estudos foram conduzidos por pesquisadores da USP, UNICAMP, UFSCar e UNESP, especialmente, como apontados neste trabalho.

Este trabalho é composto por outras quatro seções, além desta introdução. A segunda seção faz uma breve contextualização do setor sucroalcooleiro, por meio de uma revisão da literatura. A terceira seção apresenta os aspectos metodológicos utilizados neste trabalho, destacando o Teste de Hipóteses, as Taxas Anuais de Crescimento e o Modelo Econométrico desenvolvido para o problema analisado. A quarta seção discute os resultados encontrados, iniciando pela análise das hipóteses estabelecidas anteriormente. Em seguida, são apresentadas as estimativas das taxas anuais de crescimento e, finalmente, as estimativas encontradas para os modelos econométricos. A quinta e última seção apresenta as considerações finais deste estudo, bem como as limitações e perspectivas para estudos futuros.

2 Uma breve contextualização da produção de açúcar

2.1 O Açúcar no Brasil e no Mundo na virada do século

Segundo dados da *United States Department of Agriculture* (USDA, 2016), o *market share* da produção mundial de açúcar, em 2015, pode ser dividido em: Brasil (20,5%), Índia (17,3%), União Europeia (9,6%), China (6,3%) e Tailândia

(6,2%). Estados Unidos e Austrália também são importantes produtores e correspondem juntos a 7,2% da oferta mundial.

Em relação ao comércio mundial do açúcar, o Brasil detém praticamente metade das transações, sendo que na safra 2014/2015 foram produzidos 35,548 milhões de toneladas desta *commodity* (Figueira et al., 2013; UNICA, 2016). O Centro-Sul teve um peso relativo superior (90%) à região Norte-Nordeste (10%), que mantém sua produção relativamente estabilizada desde 1990 (Neves et al., 2016). Além disso, São Paulo é o principal estado produtor, detendo 61,6% do total produzido no Centro-Sul do país (UNICA, 2016).

As exportações brasileiras deste produto estão concentradas no Centro-Sul, que em 2015 foi responsável por 91,9% do total de açúcar exportado, o que representa cerca de 17,39 milhões de toneladas. O estado de São Paulo é o maior responsável pelas transações internacionais, exportando 10,82 milhões de toneladas (Pereira et al., 2010; UNICA, 2016).

O açúcar brasileiro pode ser comercializado no mercado interno ou mercado externo. Contudo, o mercado externo é responsável pela maior parcela das negociações comerciais. Em 2015, o Brasil exportou 24 milhões de toneladas de açúcar, o que corresponde US\$ 7,64 bilhões (UNICA, 2016). Mais da metade das exportações de açúcar foi destinado para sete países. Dentre os principais destinos estão: China (13,1%), Bangladesh (13%), Argélia (8,6%), Índia (8%), Nigéria (5,3%), Rússia (5,2%) e Malásia (5,2%). O restante foi exportado para mais de 100 países, dentre eles Estados Unidos e membros da União Europeia (SECEX, 2016).

A Índia tem apresentado crescimento constante no consumo e oscilações na produção de açúcar (USDA, 2016). O aumento populacional e o desenvolvimento econômico indiano explicam o crescimento do consumo de açúcar neste país,

conforme Neves & Conejero (2010). Estes autores apontam problemas estruturais para o crescimento da produção de açúcar na Índia, como a falta de terras agricultáveis, usinas ineficientes e forte regulamentação estatal.

A Tailândia produziu 10,8 milhões de toneladas de açúcar na safra 2014/2015 (USDA, 2016). O baixo e constante consumo de açúcar, além das boas condições climáticas de cultivo da cana, torna o país o principal exportador de açúcar no mercado asiático (Neves & Conejero, 2010). Para Neves & Conejero (2010), o açúcar tailandês pode competir com o brasileiro, devido à proximidade e fretes mais baratos para a Ásia.

A China, maior importadora do açúcar brasileiro, apresentou queda na produção de açúcar nos últimos anos, o que alavanca as exportações do Brasil, Tailândia e Austrália (USDA, 2016).

Os 27 países membros da União Europeia produziram juntos 16,7 milhões de toneladas em 2015, embora a produção venha apresentando declínio nos últimos anos (USDA, 2016). Segundo Costa & Burnsquist (2006), a redução da produção europeia é resultado do fim dos subsídios à produção e à exportação, em 2004, após decisão da Organização Mundial do Comércio – OMC.

Esta breve análise dos principais países produtores e consumidores de açúcar evidenciam o potencial de crescimento do mercado mundial desta *commodity*. Percebe-se que países emergentes, como Índia, China e Rússia, são os principais mercados consumidores.

2.2 Mudanças institucionais

Segundo Farina et al. (1997), o Estado e as políticas públicas, a cultura organizacional, a estrutura social e a forma de organização dos agentes econômicos e sociais influem de maneira significativa na formulação das estratégias empresariais e em suas mudanças. Segundo Belik et al. (1998), as mudanças institucionais que ocorrem

na economia brasileira a partir da segunda metade de 1980 impactaram diretamente o setor canavieiro, que passou a funcionar segundo a lógica de mercado. Estes autores apontam a tendência da divisão do setor segundo as características geográficas de suas empresas, as ligações políticas da sua base e segundo a força dos seus capitais. A partir dos anos de 1990, este movimento se intensifica, devido a concentração de usinas, dada a fragilidade financeira de algumas empresas.

Belik et al. (1998) indicam que as mudanças institucionais afetaram diretamente os atributos do produto e as formas de governança setorial. Algumas destas mudanças são analisadas empiricamente neste artigo para avaliar seu impacto no crescimento da produção brasileira do açúcar: inovação no produto; desregulamentação setorial e queda dos subsídios à produção europeia.

2.2.1 Desenvolvimento do açúcar tipo *Very High Polarization* (VHP) (1993/1994)

Foi Schumpeter (1961) quem concedeu uma nova abordagem ao estudo da dinâmica econômica, enfatizando o papel das inovações na economia. O processo de inovação pode ser desenvolvido em diversas áreas. Por exemplo, no processo, no mercado, em novas fontes de suprimentos, na forma de organização da indústria e no produto (Souza-Pinto et al., 2015).

Trevizoli & Neves (2015) argumentam que a política de inovação do setor sucroalcooleiro brasileiro está embasada na relação entre custo e benefício na adoção de uma inovação. Segundo estes autores, os produtores sucroalcooleiros costumam priorizar inovações com menor tempo de desenvolvimento e aplicação, além de requererem retorno financeiro satisfatório, preferencialmente no curto prazo.

Shikida et al. (2010, 2011), analisando o setor sucroalcooleiro no estado de São Paulo,

Minas Gerais e Paraná, ressaltam a importância da capacitação tecnológica deste setor, tornando o açúcar e o etanol mais competitivos no mercado internacional. Segundo Shikida et al. (2011), o estado de São Paulo é o que mostra maior número de empresas do setor sucroalcooleiro com investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para inovação de produto, por exemplo, em pesquisas sobre o *new sugar* (produto não calórico e não cariogênico).

O açúcar *Very High Polarization* (VHP) foi desenvolvido em 1993, destinado ao mercado externo. Este açúcar é mais adequado à exportação por agilizar as operações logísticas. Devido ao baixo teor de umidade, o VHP pode ser tratado com fluidez nos processos de manuseio, movimentação e armazenagem. Por isso, é o tipo mais exportado pelo Brasil para o refino em outros países (Robles et al., 2009; Neves & Conejero, 2010).

Devido a estas características, o VHP, além de constituir inovação tecnológica de produto, induziu a inovações nos procedimentos operacionais / logísticos e gerenciais no escoamento à exportação. Estas inovações contribuíram para o aumento da eficiência para o setor, com consequente elevação da competitividade no mercado internacional.

Entende-se que essa inovação, devido a proporcionar diminuição nos custos logísticos, possa determinar o aumento na produção (oferta) para exportação. Porém, isto não é determinante na demanda internacional desta *commodity*. O uso do açúcar VHP também foi adotado por outros países, como é o caso da Austrália (Neves & Trombini, 2014). Assim, embora o desenvolvimento deste produto possa ter elevado a produção brasileira, isto também pode ter ocorrido em outros países.

Sabe-se também que, segundo Gasques & Conceição (2002), com a valorização do câmbio à época da criação do VHP, as *commodities* agrí-

colas brasileiras se tornaram mais caras para exportação. O câmbio tem efeito significativo sobre a exportação do açúcar, podendo aumentar ou diminuir o nível de exportações de acordo com as variações cambiais.

Frente às características expostas sobre o açúcar VHP nesta sessão e aos fatores relacionados ao ambiente econômico, o impacto da inovação do produto sobre a produção de açúcar no Brasil é investigado de forma empírica.

2.2.2 Desregulamentação do Setor Sucroalcooleiro (1999/2000)

Após a desregulamentação do setor sucroalcooleiro, o Estado deixou de interferir na fixação de cotas de produção e exportação de açúcar e etanol. O Governo Brasileiro também deixou de delimitar os preços, seja para a cana-de-açúcar ou nos preços internos e de exportação desses produtos (Neves et al., 2010; Moraes & Zilberman, 2014).

A saída do Estado da regulamentação do setor causou um movimento nas usinas, que buscaram reformulação estratégica, exigindo maior racionalidade das unidades produtoras. Também requereu maior eficiência e eficácia nas transações no mercado interno, elevando o nível de concorrência entre as firmas (Assumpção, 2001). Algumas usinas mais preparadas, direcionaram investimentos para redução de custos e aumento da qualidade dos produtos. Outras diversificaram suas atividades, desenvolvendo capacitação para atender o mercado internacional do açúcar (Moraes & Zilberman, 2014).

Este novo cenário determinou que ocorressem alianças estratégicas entre grupos de usinas competitivas e empresas de capital estrangeiro, para investimentos na diversificação em atividades complementares (operações retroportuárias). Por outro lado, as usinas menos competitivas subordinaram-se a outras seja no recebimento de financiamento da safra (com a contraparti-

da de venda de açúcar no final da mesma) e/ou nas operações logísticas para escoamento dos produtos para os terminais portuários. Além disso, houve compra direta de usinas ou participação acionária em grupos de usinas (IEL/CNI & SEBRAE, 2005).

Assim, a desregulamentação do setor sucroalcooleiro, somada à abertura da economia brasileira, provocou mudanças na estrutura do mercado, no sistema de produção e na forma como a cadeia produtiva do açúcar estava organizada, impulsionando seu crescimento (Moraes & Zilberman, 2014; Salgado Júnior et al., 2014).

2.2.3 Queda nos subsídios internacionais do açúcar (2003/2004)

Segundo Burnquist & Bacchi (2002), o mercado internacional de açúcar é considerado um dos mais restritos. Neste aspecto, o governo brasileiro, ao lado de outros países em desenvolvimento, atuou para mitigar o protecionismo para o mercado desta *commodity* agrícolas e agroindustriais.

Segundo Perera et al. (2006), os subsídios às exportações são considerados como prática desleal de comércio, uma vez que interferem no mercado, prejudicando os produtores mais eficientes. Exemplos de mercados fortemente regulamentados são Estado Unidos e União Europeia. As políticas protecionistas mantidas nestes locais visam sustentar os preços domésticos, geralmente em níveis superiores aos praticados no mercado internacional (Costa & Burnsquist, 2004).

Segundo Costa & Burnsquist (2006), o protecionismo europeu teve como objetivo assegurar os preços de açúcar para os produtores em patamar superior aos preços do mercado internacional. Esta política consistia em um sistema de distribuição de quotas de produção e determinação dos preços do açúcar. Costa (2004) afirma que a

política aplicada à produção de açúcar incorporou subsídios às exportações. Esses países importavam açúcar excedente a sua produção e também açúcar produzido na Ásia, Pacífico e Caribe.

O Governo Brasileiro iniciou uma campanha na Organização Mundial do Comércio (OMC) em novembro de 2002, contra a manutenção destes subsídios. Nesta campanha, o Brasil contestava a exportação de açúcar excedente produzido e a re-exportação de açúcar importado.

Em abril de 2005, a OMC julgou correta a contestação do Governo Brasileiro e não permitiu que os países membros da União Europeia continuassem exportando o açúcar excedente. Segundo Costa & Burnsquist (2004, 2006) e Perera et al. (2006) está fatia do mercado foi absorvida por outros países exportadores, como o Brasil, a Tailândia e a Austrália.

3 Aspectos metodológicos

As mudanças institucionais abordadas na sessão anterior sugerem que aqueles eventos possam ter afetado o setor sucroalcooleiro e, conseqüentemente, a produção de açúcar. A hipótese inicial defendida neste trabalho é que mudanças institucionais influenciam o crescimento da produção brasileira do açúcar. Defende-se, portanto, que a inclinação da curva de produção de açúcar se altera ao longo do tempo, de acordo com as mudanças institucionais analisadas.

Desta forma, a primeira hipótese testada neste artigo se refere ao desenvolvimento do açúcar tipo *Very High Polarization* (VHP) (1993/1994), que após sua criação, o escoamento do açúcar para exportação tornou-se mais eficaz e eficiente. Este fato se deu por mudanças no sistema logístico do açúcar para exportação, o que pode ter impactado positivamente a produção brasileira de açúcar. Sendo assim, temos:

H_{1₀}: a criação do açúcar VHP impactou positivamente a produção do açúcar, exercendo efeito estatisticamente significativo.

H_{1_a}: a criação do açúcar VHP não possui efeito estatístico sobre a produção do açúcar.

A segunda hipótese que será testada se refere à desregulamentação do setor sucroalcooleiro (1999/2000). Esta mudança institucional exigiu maior racionalidade das usinas, que a partir das novas regras se iniciou um período de maior eficiência e eficácia nas transações no mercado interno da cana e do açúcar, elevando o nível de concorrência entre as firmas.

H_{2₀}: a desregulamentação do setor sucroalcooleiro impactou positivamente a produção do açúcar, exercendo efeito estatisticamente significativo.

H_{2_a}: a desregulamentação do setor sucroalcooleiro não possui efeito estatístico sobre a produção do açúcar.

A terceira hipótese testada neste artigo se refere à queda no subsídio europeu do açúcar (2004/2005). A queda da política de subsídio abriu oportunidade para os países produtores de açúcar aumentassem sua inserção no mercado internacional.

H_{3₀}: a queda nos subsídios do açúcar na Europa impactou positivamente a produção do açúcar no Brasil, exercendo efeito estatisticamente significativo.

H_{3_a}: a queda nos subsídios do açúcar na Europa não possui efeito estatístico sobre a produção do açúcar brasileiro.

Finalmente, a quarta hipótese que este trabalho se propõe analisar se refere ao efeito de todas

as mudanças institucionais sobre a curva de produção do açúcar no Brasil.

H_{4₀}: todas as mudanças institucionais (criação do açúcar VHP, desregulamentação do setor sucroalcooleiro e queda dos subsídios na Europa), quando analisadas em conjunto, afetaram positivamente a produção do açúcar no Brasil, exercendo efeito estatisticamente significativo.

H_{4_a}: as as mudanças institucionais, quando analisadas em conjunto, não possuem efeito estatístico sobre a produção do açúcar brasileiro.

3.1 Teste de hipóteses

O teste de hipóteses, dentre outras possibilidades, verifica se a média de uma mesma variável difere entre dois grupos distintos (Hill et al., 2010). Adotou-se este teste para analisar a diferença de média da curva de produção do açúcar no Brasil, em diferentes fases, do período analisado.

O teste de hipótese irá comparar a diferença entre a média de produção antes e após uma destas mudanças institucionais consideradas. Para isso, a curva de produção é dividida em dois grupos. Entende-se como Grupo 1 o período anterior à mudança institucional. O Grupo 2 corresponde ao período após a mudança.

O teste de hipóteses compara uma hipótese inicial (nula) com outra hipótese chamada alternativa. A hipótese nula determina que a média de produção para o período anterior à mudança institucional (μ_1) é igual a média do período posterior (μ_2). A hipótese alternativa defende que a média de produção antes da mudança institucional (μ_1) é diferente da média após esta mudança (μ_2). Portanto, o teste de hipóteses elaborado neste estudo procura que a hipótese nula seja rejeitada em favor da hipótese alternativa. A significância

estatística do teste indicará que uma mudança institucional afetou a curva de produção do açúcar no Brasil.

De forma genérica, as hipóteses podem ser indicadas da seguinte forma:

$$\begin{aligned} H_0 : \mu_1 &= \mu_2 \\ H_a : \mu_1 &\neq \mu_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Além das três mudanças institucionais para a produção brasileira do açúcar, a análise destas hipóteses considera o efeito em regiões distintas (Brasil, Centro-Sul, Norte-Nordeste e estado de São Paulo).

Para o teste de hipótese de uma única variável será utilizado o teste t de Student. Este teste avalia a significância estatística da diferença entre duas médias de amostras independentes para uma única variável. Segundo Hill et al. (2010), com base no valor de uma estatística de teste, que é, ela própria, uma variável aleatória, é possível decidir rejeitar ou não a hipótese nula. O cálculo de t é expresso pela seguinte expressão:

$$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{S_{\mu_1\mu_2}} \quad (2)$$

Onde:

μ_1 = média do grupo 1;

μ_2 = média do grupo 2;

$S_{\mu_1\mu_2}$ = erro padrão da diferença em médias de grupos.

Embora o teste t indique existir (ou não) diferença entre as médias de produção de açúcar nos períodos analisados, ele não mensura o ritmo de crescimento da produção de açúcar ao longo do tempo. Para tanto, recorre-se ao cálculo de taxas de crescimento.

3.2 O cálculo de taxas anuais de crescimento

Para detectar o ritmo do crescimento da produção de açúcar nos períodos analisados, são estimadas taxas de crescimento, conforme proposto por Oliveira (2009). Sendo Z_t os valores da variável em estudo, com t variando de zero a n-1, tem-se:

$$Z_t = Z_0(1+r)^t \quad (3)$$

onde r é a taxa de crescimento no período de 0 a t.

Aplicando logaritmo natural na expressão acima, obtém-se:

$$\ln Z_t = \ln Z_0 + t \ln(1+r) \quad (4)$$

Que corresponde a uma equação linear:

$$Y_t = \alpha + \beta t \quad (5)$$

em que:

$$Y_t = \ln Z_t; \quad \alpha = \ln Z_0; \quad \beta = \ln(1+r) \quad (6)$$

Segue-se que:

$$r = \exp(\beta) - 1 \quad (7)$$

Segundo Sartoris (2013), nos modelos log-lineares, se a variável Z representar o tempo, o coeficiente β representa a taxa de crescimento (médio) da variável Y ao longo do tempo. Assim, neste estudo as taxas de crescimento mostram o ritmo do crescimento da produção de açúcar, podendo ser comparadas em fases distintas, de acordo com as mudanças institucionais. Contudo, as taxas de crescimento não

comprovam se houve alteração na inclinação da curva de produção, decorrente das mudanças institucionais. Para comprovação desta hipótese, recorre-se à econometria.

3.3 Modelo econométrico

Com o intuito de buscar estimativas que comprovem a Hipótese 4, este estudo propõe a formulação de modelo econométrico que analise a relação entre a produção de açúcar e o tempo, considerando as mudanças institucionais. Optou-se pela análise de regressão linear múltipla, pois, conforme afirma Wooldridge (2010, p. 64), esta técnica é mais receptiva à análise *ceteris paribus*. Isto permite controlar explicitamente outros fatores que, de maneira simultânea, afetam a variável dependente.

A regressão múltipla permite verificar se o crescimento médio da produção de açúcar se altera após uma mudança institucional. O modelo proposto possui relação *log*-linear com ajuste poligonal, cuja abscissa é o ano em que ocorreu a mudança institucional em análise. Estima-se uma equação onde a variável dependente é o logaritmo da produção de açúcar para cada ano analisado e o tempo constitui uma variável do tipo binária de caráter explanatório, utilizada para captar a mudança na inclinação entre segmentos consecutivos da poligonal que expressa a produção de açúcar (Hoffmann, 2006, p. 219).

O logaritmo da produção de açúcar ($Y_{produção}$) é a variável dependente. Desta forma, o modelo geral de regressão utilizado é:

$$\log(Y_{produção}) = \alpha + \beta X_j + \gamma_h Z_{hj}(X_j - \theta_h) + \varepsilon_j \quad (8)$$

Onde α , β e γ são parâmetros e ε_j é um erro aleatório, homocedástico, que representa os efeitos de todas as variáveis que não foram consideradas nos modelos, obedecendo as propriedades

estatísticas usuais. A variável binária explanatória (tempo = Z_j) é medida em anos e será estimada na equação, considerando a relação entre a trajetória temporal e a produção como função de poligonal. Assim, é possível captar o aumento da taxa de retorno a partir da mudança institucional avaliada. Sendo assim, o modelo inclui a variável $X = Z_j(X_j - \theta)$, em que θ é a abscissa do vértice, ou seja, é o ano a partir do qual a taxa de retorno torna-se maior, e Z_j é uma variável binária tal que:

$$Z_j = 0 \text{ para } X_j \leq \theta$$

$$Z_j = 1 \text{ para } X_j > \theta$$

Pode-se verificar que γ é a mudança na inclinação do segmento da poligonal, em relação à inclinação do segmento anterior do evento analisado.

Este estudo propõe seis modelos para análise. Cada modelo considera um vértice diferente para o ajuste da abscissa, levando em consideração o período que ocorreu a mudança institucional. A Tabela 1 mostra cada modelo econométrico proposto.

4 Resultados e Discussão

4.1 Resultados do teste de hipóteses

A primeira hipótese analisada se refere ao ano safra de 1993/1994, quando ocorreu o desenvolvimento do açúcar VHP. O teste *t* foi estatisticamente significativo para todas as regiões analisadas e demonstrou que houve mudança na média de produção após a inovação do produto açúcar. Desta forma, comprova-se estatisticamente a primeira hipótese deste artigo, que defende que a criação do açúcar VHP impactou positivamente a produção do açúcar. Contudo,

Tabela 1: Definição dos modelos estimados com ajuste poligonal

Modelo	Mudança Institucional	Ano	Vértice (anos)
Modelo 1	Desenvolvimento açúcar Very High Polarization	1993/94	15°
Modelo 2	Desregulamentação do setor sucroalcooleiro	1998/99	19°
Modelo 3	Término dos subsídios internacionais do açúcar	2004/05	25°
Modelo 4	Desenvolvimento VHP e Desregulamentação Setorial	1993/94 e 1998/99	15° e 19°
Modelo 5	Desenvolvimento VHP e Término dos subsídios	1993/94 e 2004/05	15° e 25°
Modelo 6	Desenvolvimento VHP e Desregulamentação Setorial	1993/94, 1998/99 e 2004/05	15°, 19° e 25°

Fonte: Elaborado pelos autores.

o coeficiente do teste foi maior para o estado de São Paulo (8,09), região Centro-Sul (7,67) e Brasil (7,46) do que para o Norte-Nordeste (2,95), sugerindo que a alteração média da produção foi maior em todo o país, exceto para a região Norte-Nordeste.

No que se refere à segunda hipótese (desregulamentação do setor em 1998/1999), o teste apontou que, após esta mudança institucional, houve alteração na média de produção de açúcar. Desta forma, a segunda hipótese deste artigo foi estatisticamente comprovada, validando a afirmação de que a desregulamentação do setor sucroalcooleiro impactou positivamente a produção do açúcar. Novamente, os maiores coeficientes encontrados foram para o Centro-Sul (9,89), Brasil (8,9) e São Paulo (8,83) do que para o Norte-Nordeste (3,84). Vale ressaltar que todas as regiões apresentaram significância estatística ao nível de 1%.

Em relação à queda dos subsídios europeus (terceira hipótese), o teste foi estatisticamente significativo ao nível de 1% para todas as regiões, ou seja, pode-se afirmar que esta mudança institucional também alterou a média de produção do açúcar após 2004/2005. Esta mudança parece ter impactado mais o estado de São Paulo (8,47), Brasil (8,42) e Centro-Sul (8,19) do que a região Norte-Nordeste (3,8), tendo em vista a grandeza dos coeficientes estimados no teste de hipótese. A Tabela 2 resume os dados encontrados neste teste.

Tabela 2: Resultados do teste de hipóteses para a produção do açúcar

Mudança institucional	Ano-Safra	Região	GI	Stat t	Valor-p
Criação do Açúcar Very High Polarization	1993/1994	Brasil	26	7,46	0,001
		Centro-Sul		7,67	0,001
		Norte-Nordeste		2,95	0,01
		São Paulo		8,09	0,001
Desregulamentação do setor	1998/1999	Brasil	28	8,90	0,001
		Centro-Sul		9,89	0,001
		Norte-Nordeste		3,84	0,001
		São Paulo		8,83	0,001
Queda dos subsídios internacionais	2004/2005	Brasil	20	8,42	0,001
		Centro-Sul		8,19	0,001
		Norte-Nordeste		3,80	0,002
		São Paulo		8,47	0,001

Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da UNICA (2016)

Vale ressaltar que o teste de hipóteses apenas comprova que a média entre o período anterior à mudança institucional difere do período posterior deste mesmo evento. Contudo, este teste não mensura o crescimento da produção do açúcar. Em busca desta resposta, a próxima sessão apresenta estimativas para as taxas de crescimento da produção desta *commodity*.

4.2 Estimativas das taxas de crescimento da produção de açúcar

As estimativas demonstraram que o crescimento da produção de açúcar tem se sustentado no Brasil, em especial, a partir da inovação do açúcar e desregulamentação do setor sucroalcooleiro. Portanto, os resultados encontrados estão em conformidade com os estudos sobre a evolução do setor sucroalcooleiro, quanto à produção do açúcar.

Tomando o ano de 1980 como base igual a 100, verifica-se que o crescimento acumulado na produção de açúcar até 2015 foi maior na região Centro-Sul (608,92%), seguida pelo estado de São Paulo (552,11%), Brasil (430,65%) e Norte-Nordeste (118,63%). Dito de outra forma, o crescimento em São Paulo, em termos percentuais, foi 4,6 vezes maior do que no Norte-Nordeste.

A taxa média de crescimento da produção do açúcar no Brasil, entre 1980 e 2015, foi de 5,64% a.a. O Centro-Sul (7,02%) e o estado de São Paulo (6,73%) apresentaram médias anuais superiores à média nacional e da região Norte-Nordeste (1,14%). Contudo, ao longo deste período, o crescimento anual médio também mudou.

Enquanto no período anterior à criação do Açúcar VHP, entre 1980 a 1993, era de 0,06% a.a., para o período posterior (1994 a 1999) a taxa média de crescimento foi de 8,58% a.a. A inovação do produto/açúcar parece ter impactado mais o Centro-Sul, pois a taxa de crescimento que era de 0,9% a.a. antes do advento do produto, passou para 11,71% a.a. para o período posterior (1994-1999). O mesmo ocorreu com o estado de São Paulo, cuja taxa de crescimento passou de 1,16% a.a. para 10,86% a.a., para os mesmos períodos considerados. Entretanto, na região Norte-Nordeste, para o período anterior (-1,99% a.a.) e posterior (-4,81% a.a.) ao desen-

volvimento do açúcar VHP, a taxa de crescimento permaneceu negativa.

Na análise do período correspondente à desregulamentação do setor, a região Norte-Nordeste que apresentava taxa decrescente (-4,81% a.a.) durante o período anterior à esta mudança institucional (1994/1995 até 1998/1999) tornou-se positiva após a desregulamentação (11,72% a.a.) (199/2000 até 2002/2003). Contudo, se se leva em consideração o período entre 1999/2000 e 2014/2015, a taxa de crescimento do Norte-Nordeste é de apenas 1,33% a.a.

A análise do impacto da desregulamentação indica que a taxa média de crescimento entre 1999/2000 e 2003/2004 (após a desregulamentação) foi maior para o Brasil (6,27% a.a.), Centro-Sul (5,50% a.a.) e estado de São Paulo (5,19% a.a.). Por outro lado, levando em consideração o período entre 1999/2000 e 2014/2015, o crescimento médio foi maior para o Centro-Sul (6% a.a.), Brasil (5,35% a.a.) e estado de São Paulo (5,08% a.a.).

A partir da queda dos subsídios do açúcar na União Europeia (2004/2005), foi possível calcular outra taxa média anual de crescimento. Para o período entre 2004/2005 e 2014/2015, Centro-Sul (4,79% a.a.), estado de São Paulo (3,74% a.a.) e Brasil (3,95% a.a.) apresentaram taxas melhores do que o Norte-Nordeste (-1,62% a.a.), que novamente, demonstrou decréscimo na produção durante este período.

Por este motivo, confirma-se que a queda dos subsídios ao açúcar se mostrou como um novo ponto de interferência na produção do açúcar brasileiro. Contudo, o mesmo não pode ser afirmado para a região Norte-Nordeste, já que a taxa de crescimento após a queda dos subsídios foi negativa.

Vale destacar que a diferença no ritmo de crescimento do açúcar para as diferentes regiões analisadas ajuda a explicar a diferença no coefi-

ciente do teste de hipóteses, discutidos na sessão anterior. As regiões que apresentaram maiores taxas de crescimento são aquelas cujos coeficientes foram maiores, demonstrando maior variação na média de produção entre os períodos analisados.

Conclui-se, portanto, que os dados demonstram que a produção de açúcar no Brasil para o período analisado tem se sustentado, embora de forma assimétrica, já que as maiores taxas de crescimento foram observadas na região Centro-Sul e no estado de São Paulo. Estes resultados confirmam os estudos sobre o setor sucroalcooleiro.

Indica-se também que o crescimento acentuado após o advento do açúcar VHP e pós-desregulamentação do setor não tem sido no mesmo ritmo para o período após a queda dos subsídios na Europa.

O teste de hipóteses e as taxas de crescimento demonstraram que a média e o ritmo de crescimento da produção de açúcar se alteraram positivamente ao longo do tempo, em especial, quando se leva em consideração as mudanças institucionais propostas. Contudo, estes testes não avaliam estatisticamente se houve alteração na curva de produção decorrente dos eventos analisados. Em busca desta resposta, a próxima sessão apresenta as estimativas dos modelos econométricos.

4.3 Estimativas dos modelos econométricos

Os modelos econométricos foram ajustados para estimar o efeito das mudanças institucionais sobre a produção de açúcar no Brasil, a fim de testar as três primeiras hipóteses deste artigo, tendo em vista que os modelos econométricos permitem uma apuração estatística mais eficaz do que o Teste de Hipóteses. Além disso, o modelo também foi desenvolvido para testar a quarta hipótese deste artigo, o que não foi possível desenvolver pelo Teste de Hipóteses tradicional, tendo em vista a necessidade de analisar conjuntamente a influência das mudanças insti-

Tabela 3: Taxa de crescimento médio¹ da produção do açúcar no Brasil e regiões

Região	Período	Tx. de Crescimento	valor-P
São Paulo	1980/1981 até 2014/2015	6,73	1,47E-14
	1980/1981 até 1993/1994	1,16	0,290545516
	1994/1995 até 1998/1999	10,86	0,005449956
	1999/2000 até 2002/2003	5,19	0,602220965
	2003/2004 até 2014/2015	3,74	2,82E+00
	1999/2000 até 2014/2015	5,08	3,81E-02
Centro-Sul	1980/1981 até 2014/2015	7,02	2,79E-15
	1980/1981 até 1993/1994	0,90	0,342207064
	1994/1995 até 1998/1999	11,71	0,00248392
	1999/2000 até 2002/2003	5,50	0,575677218
	2003/2004 até 2014/2015	4,79	3,22E-01
	1999/2000 até 2014/2015	6,00	3,18E-04
Norte-Nordeste	1980/1981 até 2014/2015	1,14	0,000265335
	1980/1981 até 1993/1994	-1,99	0,057011664
	1994/1995 até 1998/1999	-4,81	0,112982002
	1999/2000 até 2002/2003	11,72	0,183167984
	2003/2004 até 2014/2015	-1,62	0,091712988
	1999/2000 até 2014/2015	1,33	0,16466907
Brasil	1980/1981 até 2014/2015	5,64	1,05E-14
	1980/1981 até 1993/1994	0,06	0,914453788
	1994/1995 até 1998/1999	8,58	0,001096006
	1999/2000 até 2002/2003	6,27	0,403229519
	2003/2004 até 2014/2015	3,95	1,43E+00
	1999/2000 até 2014/2015	5,35	4,27E-03

⁽¹⁾ É a estimativa do coeficiente de uma regressão log-linear contra o tempo. O teste t indica a existência ou não de uma tendência nos dados.

Fonte: Elaborado pelos autores, com base nos dados da UNICA (2016).

tucionais sobre a curva de produção do açúcar no Brasil.

O primeiro modelo estimou o efeito do desenvolvimento do açúcar VHP sobre a produção de açúcar (Hipótese 1). O resultado deste modelo sugere que, antes do advento deste tipo de açúcar (1980 a 1993), o crescimento da produção, em média, foi de 1,83% a.a. Para o período após a inovação do açúcar, a produção passou a crescer, em média, 3,26% a.a., portanto, estima-se que esta mudança institucional contribuiu para um incremento de 1,43% a.a. na média. Vale destacar que este modelo foi estatisticamente significativo ao nível de 1%, além de apresentar alto coeficiente de determinação (93%).

Este primeiro modelo confirma a Hipótese 1 e permite afirmar que a inovação do açúcar para o tipo VHP impactou positivamente a produção de açúcar no Brasil. Esta afirmação é possível, tendo em vista a significância estatística ao nível de 5% do parâmetro que ajusta a poligonal (Z_1).

Um segundo modelo foi estimado para captar o efeito da desregulamentação setorial (Hipótese 2). Este modelo demonstrou que o crescimento médio de 2,02% no período entre 1980/1981 a 1998/1999 (antes da desregulamentação do setor) foi menor do que o crescimento médio (3,03%) para o período posterior (1999/2000 a 2014/2015) a esta mudança institucional. Isto significa que a desregulamentação setorial contribuiu, em média, com um incremento de 1,01% a.a. para o crescimento do açúcar no Brasil. Novamente, destaca-se que este modelo foi estatisticamente significativo ao nível de 1%, além de apresentar alto coeficiente de determinação (93%).

O segundo modelo comprova a Hipótese 2 deste artigo, que afirma que a desregulamentação do setor sucroalcooleiro tornou a curva de produção de açúcar mais inclinada positivamente, o que corresponde a um ritmo de crescimento mais acentuado. Isso porque o parâmetro que ajusta a

poligonal (Z_2) foi estatisticamente significativo ao nível de 5%.

O terceiro modelo estimou o efeito da queda dos subsídios europeus (Hipótese 3). Enquanto para o período anterior a 2003/2004 a produção média de açúcar foi de 2,37% a.a., a produção média foi de 2,80% após a mudança institucional. Estas estimativas demonstram que houve um incremento médio de 0,43% decorrente deste evento. Ressalta-se que o coeficiente de determinação (92%) foi alto e que o modelo foi estatisticamente significativo ao nível de 1%.

Embora o modelo tenha apresentado significância estatística, o parâmetro que ajusta a poligonal (Z_3) não foi significativo. Neste aspecto, a Hipótese 3 deste trabalho é rejeitada neste modelo econométrico, não podendo afirmar que a queda dos subsídios na Europa teve efeito significativo sobre a produção de açúcar no Brasil. Entretanto, existem outros resultados que suportam o efeito positivo da queda dos subsídios sobre a produção de açúcar no Brasil. Sendo assim, acredita-se que a falta de significância deste parâmetro decorra do baixo número de observações após esta mudança institucional, que é a mais recente dentre as analisadas. Embora as estimativas deste modelo sirvam para mensurar um possível efeito desta mudança sobre a curva de produção, ainda não se pode afirmar, pelo menos com rigor estatístico, que a queda dos subsídios na Europa alterou a inclinação da curva de produção brasileira. A Tabela 4 resume os resultados encontrados para os modelos.

Foram estimados outros três modelos que captassem o efeito de mudanças institucionais em conjunto (Tabela 5). Ao contrário dos modelos apresentados anteriormente, os modelos com mais de um ajuste poligonal captam o efeito de duas ou mais mudanças institucionais analisadas. Estes modelos são importantes, pois é possível isolar o efeito de cada uma das mudanças institucionais sobre a curva de produção de açúcar no Brasil.

Tabela 4: Resultados dos modelos econométricos para a produção do açúcar

Variável	Modelo 1			
	Coef.	Dif.% ¹	Teste t	Prob. t
Constante	3.810	-	118.107	7,95E-40
X1_tempo	0,018	1.835	6.544	2,27E-02
Ajuste Poligonal (Z ₁)	0,014	3.256	2.505	0,01753872
R-quadrado ajustado	0,93			
Teste F ⁽³⁾	224,43			

Variável	Modelo 2			
	Coef.	Dif.% ¹	Teste t	Prob. t
Constante	3.799	-	117.454	9,48E-39
X1_tempo	0,020	2.019	7.989	4,05E-04
Ajuste Poligonal (Z ₂)	0,010	3.030	2.051	0,048524644
R-quadrado ajustado	0,93			
Teste F ⁽³⁾	211,45			

Variável	Modelo 3			
	Coef.	Dif.% ¹	Teste t	Prob. t
Constante	3.768	-	122.601	2,41E-39
X1_tempo	0,023	2.373	11.770	3,65E-09
Ajuste Poligonal (Z ₃)	0,004	2.798	0,679	0,501952951
R-quadrado ajustado	0,92			
Teste F ⁽³⁾	187,92			
Número de observações	35			

¹ Valores obtidos calculando o crescimento percentual da produção de açúcar: $100[\exp(\text{coeficiente})-1]$.

² Crescimento percentual do açúcar em relação a um ano adicional de produção. Abscissa mede o retorno da produção de açúcar depois que esta ultrapassa o ano safra 1993/1994 para o Modelo 1, ano-safra 1998/1999 para o Modelo 2 e 2003/2004 no Modelo 3. Obtém-se o coeficiente calculando, $100[\exp(\beta + \gamma) - 1]$

³ Os valores de F são estatisticamente significativos ao nível de 1%.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados da UNICA (2016)

O quarto modelo estimou o efeito da criação do açúcar VHP (Z₁) e da desregulamentação do setor sucroalcooleiro (Z₂). Este modelo, além de apresentar significância estatística ao nível de 1%, também apresentou maior grau de explicabilidade, tendo em vista que o coeficiente de determinação foi de 96%. Isto demonstra o melhor ajuste em relação aos modelos anteriores, que estimaram o efeito de cada mudança institucional separadamente.

O resultado do quarto modelo demonstra que após a inovação do açúcar, o crescimento

médio da produção foi de 3,33%. Por outro lado, a desregulamentação setorial contribuiu com 1,31% sobre a produção. Portanto, verifica-se que a inovação do açúcar contribuiu mais para o aumento da produção de açúcar do que a desregulamentação setorial. Este resultado sugere que a melhora na eficiência logística, nas condições de manuseio e transporte do açúcar impactou mais que a saída do Estado na regulamentação setorial, para o crescimento na produção da *commodity* brasileira.

Além disso, é possível afirmar que ambos eventos alteraram a inclinação da curva de produção do açúcar, já que os parâmetros que ajustam a poligonal foram estatisticamente significativos ao nível de 1% e 5%, respectivamente. Isto comprova as Hipóteses 1 e 2 deste artigo.

O quinto modelo estimou o efeito da criação do açúcar VHP (Z₁) e a queda dos subsídios na Europa (Z₃). Este modelo também foi significativo ao nível de 1%, além de apresentar coeficiente de determinação de 97%. Verifica-se que, após o advento do VHP, a curva de produção cresceu em média 4,25% a.a. Por outro lado, após a queda dos subsídios na Europa, a produção brasileira cresceu em média 1,58% a.a. Portanto, os resultados novamente indicam que a inovação do açúcar afetou mais a curva de produção do que a queda

Tabela 5: Resultados dos modelos econométricos com duas ou mais poligonais

Variável	Modelo 4			
	Coef.	Dif.% ¹	Teste t	Prob. t
Constante	3.879	-	127.740	0,0001
X1_tempo	0,008	0,830	2.550	0,0159
Ajuste Poligonal (Z ₁)	0,024	3.329	5.230	0,0001
Ajuste Poligonal (Z ₂)	-0,020	1.307	-2.130	0,0414
R-quadrado ajustado	0,96			
Teste F ⁽³⁾	235,20			

Variável	Modelo 5			
	Coef.	Dif.% ¹	Teste t	Prob. t
Constante	3.887	-	160.540	0,0001
X1_tempo	0,007	0,670	2.660	0,0124
Ajuste Poligonal (Z ₁)	0,035	4.251	7.680	0,0001
Ajuste Poligonal (Z ₂)	-0,026	1.581	-4.880	0,0001
R-quadrado ajustado	0,97			
Teste F ⁽³⁾	368,23			

Variável	Modelo 6			
	Coef.	Dif.% ¹	Teste t	Prob. t
Constante	3.913	-	118.107	0,0001
X1_tempo	0,001	0,149	6.544	0,5027
Ajuste Poligonal (Z ₁)	0,044	4.683	2.505	0,0001
Ajuste Poligonal (Z ₂)	-0,028	1.783	2.505	0,0001
Ajuste Poligonal (Z ₃)	-0,030	-1.217	2.505	0,0001
R-quadrado ajustado	0,98			
Teste F ⁽³⁾	480,96			

¹ Valores obtidos calculando o crescimento percentual da produção de açúcar: $100[\exp(\text{coeficiente})-1]$.

² Crescimento percentual do açúcar em relação a um ano adicional de produção. Abscissa mede o retorno da produção de açúcar depois que esta ultrapassa o ano safra 1993/1994 para o Modelo 1, ano-safra 1998/1999 para o Modelo 2 e 2003/2004 no Modelo 3. Obtém-se o coeficiente calculando, $100[\exp(\beta + \gamma) - 1]$

³ Os valores de F são estatisticamente significativos ao nível de 1%.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados da UNICA (2016).

dos subsídios na Europa. Outro resultado importante deste modelo foi a comprovação estatística de que estes eventos alteraram a inclinação da curva de produção brasileira. Isto porque ambos parâmetros apresentaram significância estatística ao nível de 1%. Isto comprova as Hipóteses 1 e 3 deste trabalho.

Finalmente, o sexto modelo estimou o efeito das três mudanças institucionais sobre

a curva de produção do açúcar no Brasil, a fim de analisar a Hipótese 4. Este modelo apresentou o maior coeficiente de determinação (98%), demonstrando melhor grau de explicabilidade dentre os modelos estimados. A Figura 1 ilustra o crescimento médio da produção do açúcar após cada mudança institucional analisada pelo Modelo 6.

Os resultados da estimativa para as regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul do país, além do estado de São Paulo, não apresentaram significância estatística. Por este motivo, optou-se por não apresentar tais estimativas, considerando que essa análise requer estudo futuro.

Em resumo, os resultados dos modelos econométricos, confirmam os resultados discutidos em estudos anteriores sobre a influência das mudanças

institucionais na produção brasileira de açúcar, já abordados extensivamente.

Foi possível observar que a inovação do açúcar VHP foi a mudança institucional que mais afetou a produção brasileira de açúcar (4,68%), em relação aos demais eventos analisados. A desregulamentação setorial também impactou a produção (1,78%), embora sua contribuição tenha sido menor do que aquela encontrada para o

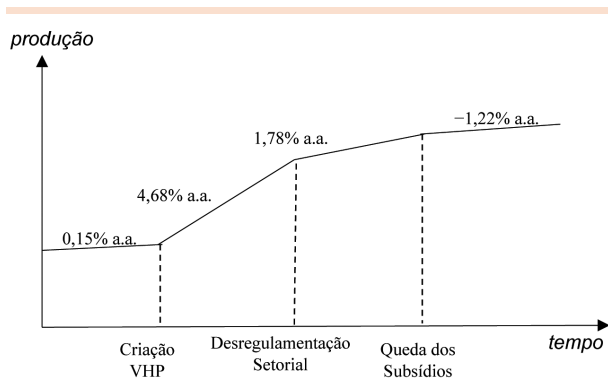


Figura 1: Curva de Produção do açúcar no Brasil com ajuste poligonal

VHP. Por fim, a queda dos subsídios na Europa (-1,22%) teve menor implicação no crescimento da produção de açúcar no Brasil. As estimativas deste modelo comprovam a Hipótese 4 deste trabalho, que afirma que as três mudanças institucionais, quando analisadas em conjunto, possuem influência estatisticamente significativa sobre a produção brasileira de açúcar. Ademais, tendo em vista o maior coeficiente de determinação do sexto modelo, verifica-se sua maior aderência ao problema analisado do que o terceiro modelo que havia rejeitado a Hipótese 3 (quando analisada isoladamente). O Quadro 1 resume os resultados encontrados pela análise econométrica abordada neste estudo.

Em resumo, os resultados dos modelos econométricos demonstram a importância da adoção do açúcar VHP para a produção do açúcar, mais do que a desregulamentação setorial e a queda dos subsídios na Europa. Este resultado comprova a importância

de investimentos tecnológicos para eficiência das operações na cadeia de suprimento do produto, especialmente de *commodities* agrícolas.

5 Considerações finais

Este trabalho analisou o impacto de mudanças institucionais sobre a produção do açúcar no Brasil, ocorridas entre 1980 a 2015. Foi construída uma hipótese, a fim de verificar o impacto da inovação no produto açúcar sobre a curva de produção desta *commodity*. Desta forma, a inovação do açúcar VHP facilitou o manuseio e armazenagem do produto, além de otimizar o uso dos modais de transporte para exportação. Argumentou-se que a maior eficiência nas ações da cadeia de suprimento do açúcar influenciaria o crescimento da produção. As estimativas apresentadas confirmaram a hipótese estabelecida neste trabalho, tendo em vista que após a criação do açúcar VHP, a média de produção e as ta-

Quadro 3: Resumo dos resultados dos modelos econométricos

Modelo	Variável	Sig.	Coef.	Resultados
Modelo 1	Z1	1%	3,26%	Houve alteração na produção após a inovação no produto.
Modelo 2	Z2	5%	3,03%	Houve alteração na produção após a desregulamentação setorial.
Modelo 3	Z3	-	2,80%	Alteração não foi comprovada após a queda dos subsídios.
Modelo 4	Z1	1%	3,33%	Houve alteração na produção após a inovação no produto.
	Z2	5%	1,31%	Houve alteração na produção após a desregulamentação setorial.
Modelo 5	Z1	1%	4,25%	Houve alteração na produção após a inovação no produto.
	Z3	1%	1,58%	Houve alteração na produção após a queda dos subsídios.
Modelo 6	Z1	1%	4,68%	Houve alteração na produção após a inovação no produto.
	Z2	1%	1,78%	Houve alteração na produção após a desregulamentação setorial.
	Z3	1%	-1,22%	Houve alteração na produção após a queda dos subsídios.

Fonte: Elaborado pelos autores.

xas de crescimento diferiram antes e depois desta mudança institucional. Os modelos econométricos comprovaram que houve alteração (positiva) na inclinação da curva de produção do produto e que este evento foi mais influente que a desregulamentação e a queda de subsídios na Europa na produção brasileira de açúcar.

Outra mudança analisada foi a desregulamentação do setor sucroalcooleiro. A hipótese construída para esta mudança institucional foi que, conforme apontam diversos autores, a desregulamentação exigiu maior racionalidade do setor, alterando a estratégia das firmas e suas formas de regulação em suas transações comerciais. Observou-se que após a saída do Estado, além de mudanças na média de produção e o maior ritmo de crescimento da produção de açúcar, a curva de produção do açúcar tornou-se mais acentuada. Este resultado comprovou a hipótese analisada de que a desregulamentação do setor sucroalcooleiro tem influenciado positivamente a produção do açúcar no Brasil.

Outra hipótese testou se a queda dos subsídios ao açúcar na Europa aumentou a produção do açúcar brasileiro, devido a facilidade de aumentar sua participação no mercado internacional. Os resultados confirmaram parcialmente este pressuposto. De acordo com os modelos econométricos, quando se analisa o efeito da queda dos subsídios sobre a produção de açúcar separadamente, não é possível afirmar que houve alteração na inclinação da curva de produção. Portanto, a hipótese inicial estabelecida neste trabalho foi rejeitada. Ao analisar o efeito deste evento em conjunto com outras mudanças institucionais, a partir de um modelo econométrico mais robusto, pode-se afirmar que a queda dos subsídios teve efeito sobre a curva de produção, embora seu impacto tenha sido menor do que a inovação do açúcar e a desregulamentação setorial.

Esta é uma contribuição deste trabalho, tendo em vista que quando se isola o efeito de cada mudança institucional, por meio de modelos econométricos com regressão linear múltipla, é possível encontrar significância estatística distinta daquelas encontradas em modelos de regressão linear para cada mudança institucional.

Neste aspecto, em relação à falta de significância estatística para a queda dos subsídios europeus no modelo com uma poligonal (Modelo 3), a falta de significância estatística pode ter decorrido do número de observações após a mudança institucional. Como solução, sugere-se replicar este estudo no futuro, incorporando as estimativas de produção de açúcar para os próximos anos, o que aumenta o número de observações após a última mudança institucional. Isto poderá tornar significativo o parâmetro que estima a poligonal do modelo.

Uma limitação deste trabalho diz respeito às variáveis utilizadas nos modelos econométricos. Considera-se que outras variáveis poderiam ter sido inseridas nos modelos, por exemplo, Produto Interno Bruto e a taxa de câmbio. Contudo, a introdução de variáveis em séries de tempo poderia trazer problemas econométricos para o modelo, como a autocorrelação (Hoffmann, 2006). A ampliação de variáveis para estudo similar fica como sugestão para trabalhos futuros.

À guisa de conclusão, pode-se afirmar que a mudança institucional que mais afetou a produção brasileira de açúcar foi a inovação do produto açúcar. Este é um resultado prático importante, pois afeta a decisão das empresas em investir na inovação do produto, a fim de contribuir para o crescimento da produção. Os resultados apresentados demonstram que a criação do açúcar VHP e a desregulamentação setorial tiveram maior impacto na produção do que uma mudança no mercado internacional (queda dos subsídios).

Referências

- Assumpção, M. P. (2001). *A Liga do Açúcar: integração da cadeia produtiva do açúcar à rede de suprimento da indústria de alimentos*. Tese (Doutorado), POLI/USP, Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo.
- Assumpção, M. P. (2003). Restructuring of the Sugar Supply to the Industrially-Processed Food Chain: the Brazilian case. Em A. Reidar, & L. Geofrey, *Globalization, Localization and Sustainable Livelihoods* (pp. 43-55). Englant: Ashgate Publishing Limited.
- Belik, W., Ramos, P., & Vian, C. F. (1998). Mudanças Institucionais e seus Impactos nas Estratégias dos Capitais do Complexo Agroindustrial Canavieiro no Centro-Sul do Brasil. *Anais do XXXVI Encontro Nacional da Sober*. Poços de Caldas.
- Bruno, F. R., Azevedo, A. Z., & Massuquetti, A. (2014). Os contenciosos comerciais e os principais casos de retaliação do Brasil à prática de subsídios agrícolas na Organização Mundial do Comércio. *Revista Ciência Rural*, 44, pp. 188-195.
- Brunquist, H. L., & Bacchi, M. P. (2002). Análise de Barreiras Protetionistas no Mercado de Açúcar. Em M. D. Moraes, & P. A. Shikida, *Agroindústria Canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios*. São Paulo: Atlas.
- Costa, B. C. (2007). *Aspectos Logísticos do Escoamento do Açúcar Paulista: trecho usina-porto de Santos*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Departamento de Engenharia de Produção, São Carlos.
- Costa, C. C. (2004). *Medidas protecionistas utilizadas pelos Estados Unidos e União Europeia para o açúcar: impacto sobre a economia das regiões exportadoras do Brasil*. Tese (Doutorado), ESALQ/USP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- Costa, C., & Brunquist, H. (jan.-março de 2006). O subsídio cruzado às exportações de açúcar da União Europeia: impacto sobre as exportações brasileiras de açúcar. *Economia Aplicada*, 10(1), pp. 91-109.
- Farina, E. Q., Azevedo, P. F., & Saes, M. M. (1997). *Competitividade: Mercado, Estado e Organizações*. São Paulo: Editora Singular.
- Figueira, S. F., Peorsa, B. B., & Belik, W. (2013). Impacto da desregulamentação e da concorrência. *Agroanalysis*.
- Gasques, J. G., & Conceição, J. R. (2002). *Indicadores de Competitividade e de Comércio Exterior da Agropecuária Brasileira*. Texto para Discussão 908, Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada (IPEA), Brasília.
- Hill, R. C., Judge, G. G., & Griffiths, W. E. (2010). *Econometria* (3. ed.). São Paulo: Saraiva.
- Hoffmann, R. (2006). *Análise de regressão: uma introdução à Econometria* (4. ed.). São Paulo: Hucitec.
- IEL/CNI & SEBRAE. (2005). *O Novo Ciclo da Cana: Estudo sobre a Competitividade do Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar e Prospecção de Novos Empreendimentos*. Brasília: IEL/CNI & SEBRAE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2015). Dados Estatísticos. Acesso em 08 de Janeiro de 2016, disponível em www.ibge.gov.br/home/default.php
- Machado, S. S. (2012). *Tecnologia da Fabricação do Açúcar*. Inhumas: IFG, Santa Maria. Acesso em 27 de dezembro de 2016, disponível em http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/tecnologia_fabricacao_acucar.pdf
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2016). AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Brasília. Acesso em 08 de Janeiro de 2016, disponível em <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>
- Moares, M. F., & Zilberman, D. (2014). *Production of Ethanol from Sugarcane in Brazil: from state intervention to a free market*. USA: Springer International Publishing.
- Neves, M. F., & Conejero, M. A. (2010). *Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial*. São Paulo: Atlas.
- Neves, M. F., & Trombini, V. G. (2014). A dimensão do setor Sucroenergético: mapeamento e quantificação da safra 2013/14. *Markestrat*.
- Neves, M. F., Gray, A. W., & Bourquard, B. A. (2016). Copersucar: a world leader in sugar and ethanol. *International Food and Agribusiness Management Review*, 19(2), pp. 207-240.
- Neves, M. F., Trombini, V. G., & Consoli, M. A. (2010). Measurement of Sugar Cane Chain in Brazil. *International Food and Agribusiness Management Review*, 13(3), pp. 37-54.
- Oliveira, F. R. (2009). *Ocupação, emprego e remuneração na cana-de-açúcar e em outras atividades agropecuárias no Brasil, de 1992 a 2007*. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Departamento de Economia Aplicada, Piracicaba.
- Perera, L. J., Puerta, V. L., Barrat, T. C., Bagatin, J. C., & Bataglia, F. B. (2006). Competência versus Protecionismo: perspectivas das exportações de açúcar brasileiras, face à queda dos subsídios da União Europeia. *Revista FACEF Pesquisa*, 9(2).
- Pereira, M. A., Crepaldi, M. R., & Calarge, F. A. (2010). A questão da sustentabilidade voltada ao desempenho organizacional: uma análise exploratória em empresas do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. *Exacta*, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 269-278.

- Robles, L. T., Assumpção, M. R., & Costa, B. C. (2009). Logistics Capabilities On Sugar Cane Exportation Business: a multicase study. *VII International PENSA Conference*. São Paulo.
- Salgado Júnior, A. P., Carlucci, F. V., Bonacim, C. G., Novi, J. C., & Pacagnella Júnior, A. C. (2014). Investment Potential for New Sugarcane Plants in Brazil Based on Assessment of Operational Efficiency. *International Food and Agribusiness Management Review*, 17(2), pp. 41-64.
- Sartoris, A. (2013). *Estatística e Introdução à Econometria*. São Paulo: Saraiva.
- Schumpeter, J. A. (1961). *Capitalismo, socialismo e democracia*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura.
- Schumpeter, J. A. (1978). *The Theory of Economic Development*. Oxford: Oxford University Press.
- Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). (2016). Dados Estatísticos. Brasília. Acesso em 20 de Janeiro de 2016, disponível em <http://www.mdic.gov.br/>
- Shikida, P. A., Azevedo, P. F., & Vian, C. F. (2010). Uma análise das capacidades tecnológicas da agroindústria canavieira de Minas Gerais. *Revista de Economia e Agronegócio*, 8(2), pp. 251-278.
- Shikida, P. A., Azevedo, P. F., & Vian, C. F. (2011). Desafios da Agroindústria Canavieira no Brasil Pós-desregulamentação: uma análise das capacidades tecnológicas. *RESR*, 49(3), pp. 599-628.
- Souza-Pinto, H., Oliveira, M. R. G., Souto, K. B., Oliveira, T. B. P., & Chaves, M. M. (2015). O grau de inovação em diferentes setores da economia: uma abordagem a partir do Grau de Inovação Setorial (GIS). *Exacta – EP*, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 155-166.
- Trevizoli, M. R., & Neves, M. F. (janeiro-junho de 2015). Gestão da Inovação em Empresas da Indústria Sucreenergética. *Revista de Administração da FATEA - RAF*, 10(10), pp. 6-14.
- União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA). (2016). Unidata. Acesso em 20 de Janeiro de 2016, disponível em <http://www.unica.com.br>
- United States Department of Agriculture (USDA). (2016). Sugar: world production supply and distribution. USA. Acesso em 09 de Janeiro de 2016, disponível em <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introductory Econometrics* (4. ed.). South-Western.

Recebido em 11 dez. 2017 / aprovado em 11 abr. 2018

Para referenciar este texto

Ferraz, D., Oliveira, F. C. R., & Assumpção, M. R. P. Análise do impacto de mudanças institucionais sobre a produção de açúcar no Brasil entre 1980 a 2015. *Exacta*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 127-145. jan./mar. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v17n1.8108>>

