Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar

Luiz Fernando Satolo

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre
em Ciências, Área de Concentração: Economia Aplicada

Piracicaba

2008

Luiz Fernando Satolo
Bacharel em Ciências Econômicas

Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar

Orientadora:

Prof^a Dr^a **MIRIAN RUMENOS PIEDADE BACCHI**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre
em Ciências. Área de Concentração: Economia Aplicada

Piracicaba

2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Satolo, Luiz Fernando

Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar / Luiz Fernando Satolo. - - Piracicaba, 2008.

131 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Análise de séries temporais 2. Cana-de-açúcar 3. Indústria sucro-alcooleira I. Título

CDD 338.17361

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

*Dedico este trabalho a toda minha família,
especialmente aos meus pais, Luiz Arnaldo e Marta,
ao meu irmão, Eduardo, e às minhas avós, Lúdia e Inês.*

AGRADECIMENTOS

A meus pais, por todo amor e pelos vários sacrifícios com os construíram a base sólida que me permitiu completar mais esta etapa.

À Prof^a Mirian, pela paciência, pelo bom-humor e pela sensibilidade com que sempre me brindou durante todo o período em que estive sob sua orientação; pela confiança desconfiada, pela liberdade com limites e pelas críticas construtivas com as quais impulsionou o meu desenvolvimento, tanto pessoal quanto profissional.

Aos professores Geraldo S. C. Barros, Marta C. Marjotta-Maistro e Carlos E. F. Vian, que contribuíram de forma significativa para a melhoria deste estudo.

À Prof^a Márcia A. F. D. Moraes e ao Sr. Valdemir N. Machado, da UNICA, que gentilmente cederam algumas das séries utilizadas.

Ao Prof. Weber A. N. Amaral, coordenador do Pólo Nacional de Biocombustíveis, pela feliz oportunidade de fazer parte de sua equipe.

Aos Srs. Ailton Sacramento e John Ireland, da ED&F Man, pela experiência prática única e inigualável.

A todos os meus amigos, colegas, companheiros de trabalho e de pós-graduação: muito obrigado pelo apoio, pela solidariedade e pela torcida.

À Maria A. M. Travallini, nossa querida Maielli, um agradecimento especial: sem o seu zelo, o seu comprometimento com o trabalho e o seu carinho gratuito por todo e qualquer aluno do Programa de Pós-graduação em Economia Aplicada, muitas conquistas (não só minhas, mas de todo o Departamento) não teriam sido alcançadas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE GRÁFICOS	10
LISTA DE QUADROS	13
LISTA DE TABELAS	14
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Apresentação	15
1.2 Objetivos	19
1.3 Estrutura do trabalho	22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Ambientes institucional, organizacional e competitivo no século XX	23
2.2 Agroindústria canavieira	30
2.2.1 Cana, açúcar e álcool: produção e consumo	30
2.2.2 Comercialização da cana-de-açúcar	52
2.2.3 Comércio internacional de açúcar e de álcool	57
2.3 Modelos para a decomposição das flutuações do produto	71
3 MODELO ECONÔMICO	80
3.1 A taxa de crescimento das variáveis	82
3.2 Definição da matriz de relações contemporâneas	84
3.3 Impacto dos choques sobre as variáveis endógenas	86
4 METODOLOGIA	88
4.1 Procedimentos econométricos	94
4.1.1 Teste de raiz unitária	94
4.1.2 Teste de cointegração	95
4.1.3 Inclusão de termos deterministas	98
4.2 Fonte dos dados	100
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	102

6 CONCLUSÕES 119

REFERÊNCIAS 122

ANEXOS..... 127

RESUMO

Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar

Desde meados da década de 70, os mercados brasileiros de açúcar e álcool têm passado por importantes transformações que conduziram o país de volta à posição de líder mundial na produção de cana-de-açúcar. O objetivo deste trabalho é avaliar o papel de choques de oferta (área e produtividade), de demanda (renda doméstica e exportação) e de preços (da cana e de açúcar e álcool) na evolução recente da produção de cana-de-açúcar. Durante a maior parte do período analisado, o setor sucroalcooleiro encontrava-se sob forte regulamentação estatal, com a produção de cana, de açúcar e de álcool limitadas por quotas, preços fixados e exportações determinadas pelo Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA. Nos anos 80, a expansão da cana pode ser atribuída aos incentivos estatais concedidos para estimular a produção e o consumo de álcool combustível. Com o fim da intervenção estatal sobre o setor, um novo modelo para a precificação da cana-de-açúcar tem sido distribuído, desde 1999, parte dos lucros obtidos com a comercialização do açúcar e do álcool ao longo da cadeia produtiva. O modelo econômico proposto é uma versão adaptada das representações utilizadas em Alves (2006) e Spolador (2006) e está fundamentado nas idéias de Blanchard e Quah (1989) para a decomposição das variações da produção em choques de oferta e de demanda. Os testes de raiz unitária seguiram a metodologia proposta por Dickey e Pantula (1987) e os testes de cointegração, a de Johansen (1988). O modelo foi estimado como um Vetor Auto-Regressivo – VAR estruturado, com as inovações sendo calculadas através da decomposição de Bernanke-Sims. Os resultados estimados corroboraram os pressupostos de exogeneidade da área e de endogeneidade da produtividade, do preço da cana, do preço de açúcar e álcool e da exportação. A área mostrou-se insensível a choques nas demais variáveis. Apesar de apresentar uma resposta geralmente positiva, a produtividade mostrou-se pouco sensível a choques não-reflexivos. Os preços (tanto da matéria-prima quanto dos produtos finais) também foram pouco sensíveis a choques nas demais variáveis. A exportação foi a variável mais sensível a choques, apresentando elasticidades maiores que a unidade em resposta a variações inesperadas das taxas de crescimento do preço da cana e da renda doméstica. Choques de oferta e de preços exibiram impacto permanente sobre a produção de cana-de-açúcar, enquanto choques de demanda apresentaram efeitos temporários. Entretanto, as elasticidades acumuladas de choques de oferta sobre a produção convergiram para valores superiores à unidade, e no caso de choques de preço, as elasticidades acumuladas tenderam para 0,25. Constatou-se, através da decomposição da variância dos erros de previsão da área e da produtividade, que os estímulos advindos da oferta são os mais importantes para explicar as flutuações na produção de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Agroindústria canavieira; Cana-de-açúcar; Séries temporais

ABSTRACT

Economic dynamics from fluctuations in the Brazilian sugar cane production

Since the mid 70s, the Brazilian sugar and ethanol markets have passed through noteworthy changes, leading the country back to the position of number one sugar cane producer in the world. The objective of this thesis is to evaluate the whole of shocks in supply (measured by area and yield unexpected variations), in demand (measured by domestic income and exports unexpected variations) and in prices on the recent developments in the sugar cane production. During most of the analyzed period, both sugar & ethanol – S&E sector was under government intervention, with quota-driven productions, fixed prices and regulated exports. In the mid-80s, sugar cane expansion was driven by governmental incentives to improve both the ethanol production and consumption. With the end of the governmental intervention over the S&E sector, a new model for establishing sugar cane prices has, since 1999, distributed the profits gathered in the sugar and ethanol trade throughout the productive chain. The proposed economic model is an adapted version of the representations used in Alves (2006) and Spolador (2006) and is based on the insights of Blanchard & Quah (1989) to analyze the composition of product variations. The unit root tests were performed following Dickey & Pantula (1987) methodology and the co-integration tests, Johansen's (1989). The model was estimated as a structural Auto-Regressive Vector, with innovations calculated through the Bernanke-Sims decomposition. The results confirmed the assumptions about the area's exogeneity and the yield, cane price, average S&E price and exports endogeneity. The area exhibited a non-sensitive response to shocks in other variables. Though presenting a generally positive response, the yield showed a low sensitivity to non-reflexive shocks. Both prices (from raw material and final products) also presented low sensitivity to shocks in other variables. The export was the most sensitive variable, with accumulated elasticity in response to shocks in sugar cane price and in domestic income higher than the unit. Supply and price shocks had a permanent impact over cane production, but demand shocks had a transitory effect over it. However, the accumulated elasticity from supply shocks over production converged to values above the unit, while the ones from price shocks converged to 0.25. Area and yield variance decompositions led to the conclusion that innovations coming from the supply side are the most important in explaining the fluctuations in the sugar cane production in Brazil.

Keywords: Sugar and ethanol sector; Sugar cane; Time series

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição espacial da produção de cana-de-açúcar no Brasil (microrregiões) e em São Paulo (municípios), 2006	33
Figura 2 – Esquema simplificado da produção de açúcar e álcool	37
Figura 3 – Fluxograma do mercado de álcool.....	45
Figura 4 – Esquema simplificado da remuneração aos fornecedores de cana-de-açúcar segundo o método CONSECANA.....	54
Figura 5 – Esquema simplificado da comercialização de açúcar e álcool combustível.	57
Figura 6 – Participação do açúcar na pauta de exportações brasileiras.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da produtividade (em kg/ha) média das lavouras de cana-de-açúcar no Brasil e no Mundo, de 1961 a 2005.....	18
Gráfico 2 – Participação do Estado de São Paulo na evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil, de 90/91 a 06/07.....	20
Gráfico 3 – Participação do Estado de São Paulo na evolução da produção de álcool anidro no Brasil, de 90/91 a 06/07	20
Gráfico 4 – Participação do Estado de São Paulo na evolução da produção de açúcar no Brasil, de 90/91 a 06/07	21
Gráfico 5 – Participação do Estado de São Paulo na evolução da produção de álcool hidratado no Brasil, de 90/91 a 06/07	21
Gráfico 6 – Evolução recente da produção de cana-de-açúcar no Brasil, por região produtora (anos selecionados).....	31
Gráfico 7 – Evolução recente da produção de cana-de-açúcar nos principais Estados da região Norte-Nordeste (anos selecionados).....	32
Gráfico 8 – Evolução recente da produção de cana-de-açúcar nos principais Estados da região Centro-Sul (anos selecionados)	32
Gráfico 9 – Evolução da área plantada e da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, de 1976 a 2006.....	34
Gráfico 10 – Evolução recente da produtividade agrícola da cana-de-açúcar no Brasil, no Centro-Sul, no Sudeste e em São Paulo (anos selecionados).....	35
Gráfico 11 – Açúcar e álcool: evolução do mix de produção e do preço relativo no Brasil, de 1976 a 2006	38
Gráfico 12 – Evolução da produção de açúcar no Brasil, de 1976 a 2006	39
Gráfico 13 – Evolução da produção de açúcar no mundo (países selecionados), de 1976 a 2006	40

Gráfico 14 – Produção mundial de açúcar bruto por matéria-prima, de 1976 a 2006....	41
Gráfico 15 – Evolução do consumo mundial de açúcar, de 1991/92 a 2007/08	42
Gráfico 16 – Variação dos estoques mundiais de açúcar, de 1991/92 a 2007/08.	44
Gráfico 17 – Evolução da produção de álcool hidratado e da frota movida a álcool em circulação no Brasil, de 1976 a 2006.....	46
Gráfico 18 – Evolução da produção de álcool anidro e do consumo aparente médio de gasolina no Brasil, de 1976 a 2006	49
Gráfico 19 – Evolução recente da produção mundial de etanol, de 1997 a 2006.....	50
Gráfico 20 – Evolução do preço real da cana-de-açúcar e do ATR no Estado de São Paulo, de 1976 a 2006	55
Gráfico 21 – Evolução dos índices de preço real de açúcar, álcool hidratado e álcool anidro no Estado de São Paulo, de 1976 a 2006.....	56
Gráfico 22 – Exportações de açúcar refinado, principais países (anos selecionados) ..	63
Gráfico 23 – Exportações de açúcar bruto, principais países (anos selecionados)	63
Gráfico 24 – Importações de açúcar refinado, principais países (anos selecionados) ..	64
Gráfico 25 – Importações de açúcar bruto, principais países (anos selecionados)	64
Gráfico 26 – Evolução das exportações brasileiras de açúcar e álcool, de 1976 a 2006.	66
Gráfico 27 – Evolução dos índices de preço real do açúcar: mercado interno e exportações, de 1976 a 2006.....	67
Gráfico 28 – Exportações de etanol, principais países (anos selecionados).	69
Gráfico 29 – Importações de etanol, principais países (anos selecionados).	69
Gráfico 30 – Séries de produção e exportação de cana-de-açúcar.....	102
Gráfico 31 – Séries de área plantada e produtividade agrícola da cana-de-açúcar	103

Gráfico 32 – Séries de renda e preços domésticos.	103
Gráfico 33 – Decomposição da variância dos erros de previsão da área (n).....	107
Gráfico 34 – Decomposição da variância dos erros de previsão da produtividade (θ)	107
Gráfico 35 – Decomposição da variância dos erros de previsão do preço da cana-de-açúcar (p^s).....	108
Gráfico 36 – Decomposição da variância dos erros de previsão do índice de preços de açúcar e álcool (p^d).....	108
Gráfico 37 – Decomposição da variância dos erros de previsão da exportação (x)	109
Gráfico 38 – Elasticidade-impulso reflexiva acumulada.....	110
Gráfico 39 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre a área.....	111
Gráfico 40 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre a produtividade.....	112
Gráfico 41 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre o preço da cana-de-açúcar.....	113
Gráfico 42 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre o preço médio de açúcar e álcool	114
Gráfico 43 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre a exportação	116
Gráfico 44 – Elasticidade-impulso acumulada sobre a produção	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Faseologia da agroindústria canavieira do Brasil a partir de meados da década de 70	27
Quadro 2 – Cronologia da mistura carburante (álcool anidro e gasolina).....	48
Quadro 3 – Matérias-primas adotadas para a produção de etanol em diferentes países, climas e processos produtivos	51
Quadro 4 – Programas de incentivo à utilização do etanol como combustível em diferentes países.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de empregados formais por região produtora e setor, 2000 e 2005	16
Tabela 2 – Cana-de-açúcar: empregos formais e informais, 1981 e 2005	17
Tabela 3 – Principais destinos das exportações brasileiras de açúcar, 1996 e 2006	65
Tabela 4 – Principais destinos das exportações brasileiras de etanol, 2005 e 2006	70
Tabela 5 – Impacto esperado dos choques	86
Tabela 6 – Distribuição empírica cumulativa de $\hat{\tau}$ para amostra com 25 observações.	95
Tabela 7 – Resultados dos testes de raiz unitária	104
Tabela 8 – Resultados do testes de cointegração	105
Tabela 9 – Parâmetros estimados para os vetores de cointegração	105
Tabela 10 – Coeficientes estimados para a matriz de relações contemporâneas	106

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Recentes acontecimentos atraíram a atenção do mundo para a cadeia produtiva de açúcar e álcool no Brasil. O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, a troca de visitas entre os presidentes Luiz Inácio Lula da Silva e George W. Bush, a popularização da tecnologia de motores híbridos, os anúncios de novas regulamentações para a mistura de etanol à gasolina, a especulada competição food X feed X fuel (alimentação X ração X combustível) por matérias-primas e a perspectiva de lucros crescentes são alguns dos gatilhos que deflagraram uma corrida de investimentos nesse setor. Em 2006, mais de 350 unidades industriais (usinas e destilarias) estavam em operação no Brasil – e outras 126 já estavam em fase de projeto/construção (MARIANTE, 2007).

Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA (2008), no referido ano, o Valor Bruto da Produção – VBP do setor de cana-de-açúcar atingiu R\$ 19,25 bilhões – representando quase 18% do VBP da agricultura nacional, que somou R\$ 107,62 bilhões. As exportações de açúcar e álcool, em 2006, totalizaram US\$ 6,9 bilhões – ou seja, mais de 15% do total exportado pelo agronegócio brasileiro, cujo valor estimado foi R\$ 45,3 bilhões.

A expectativa para o setor ainda é de aumento das exportações, fundamentada não apenas na derrota da União Européia – UE no painel aberto pelo Brasil junto à Organização Mundial do Comércio – OMC para analisar os subsídios concedidos à produção de açúcar, mas também na demanda mundial crescente por energia limpa e renovável. Além disso, deve-se destacar que está também em curso uma notória expansão do mercado doméstico: programas de distribuição de renda (como o Bolsa Escola e o Bolsa Família, por exemplo) aumentaram a renda disponível para consumo nas classes sociais mais baixas, enquanto facilidades no acesso ao crédito contribuíram para um aumento crescente na venda de veículos bicomcombustíveis.

E essa nova onda de expansão do setor sucroalcooleiro vem acompanhada de um aumento no emprego e na renda. Estima-se que, em 2006, cerca de 4,6 milhões de trabalhadores estivessem direta ou indiretamente ligados ao setor sucroalcooleiro

(MARIANTE, 2007). Entre 2000 e 2005, o número de empregos diretos formais (ou seja, com carteira assinada) cresceu significativamente nos três setores que compõem a agroindústria canavieira. Contudo, conforme evidenciado na Tabela 1, esse crescimento não ocorreu de forma homogênea em todo o território brasileiro: no segmento agrícola, o aumento mais expressivo ocorreu na região Norte-Nordeste (NNE); já no segmento industrial, a região que apresentou maior crescimento foi a Centro-Sul (CS), onde o número de empregados formais mais do que duplicou.

Tabela 1 – Número de empregados formais por região produtora e setor, 2000 e 2005

Setor	Região	2000	2005	variação
Cana	NNE	81.191	100.494	23,77%
	CS	275.795	314.174	13,92%
	BR	356.986	414.668	16,16%
Açúcar	NNE	143.303	232.120	61,98%
	CS	74.421	207.453	178,76%
	BR	217.724	439.573	101,89%
Álcool	NNE	25.730	31.829	23,70%
	CS	42.408	96.534	127,63%
	BR	68.138	128.363	88,39%
Total	NNE	250.224	364.443	45,65%
	CS	392.624	618.161	57,44%
	BR	642.848	982.604	52,85%

Fonte: Brasil (2000, 2005 apud MORAES, 2007)

Esse fenômeno não é, entretanto, particular aos últimos anos. Desde a década de 80 observa-se uma tendência de criação de empregos formais, em detrimento a postos de trabalho informais, principalmente na produção de cana-de-açúcar. Embora o balanço entre o aumento do emprego formal e a redução do emprego informal tenha sido negativo em algumas regiões, implicando em uma redução líquida no número total de empregados envolvidos na produção de cana entre 1981 e 2005 (ver Tabela 2), observou-se um aumento no salário real médio em todo o Brasil: o ganho real foi de quase 7%, com destaque para a região CS (onde o salário real médio cresceu cerca de 16%). Isso quer dizer que, além de melhorar quantitativamente, o nível de emprego nas

lavouras de cana-de-açúcar também melhorou qualitativamente – contribuindo, portanto, para o crescimento e para o desenvolvimento da economia brasileira.

Tabela 2 – Cana-de-açúcar: empregos formais e informais, 1981 e 2005

Empregados		1981	2005	variação
SP	com carteira de trabalho	69.638	144.188	107,05%
	sem carteira de trabalho	85.113	9.531	-88,80%
	Total	154.751	153.719	-0,67%
	Salário real médio	R\$559,51	R\$649,01	16,00%
CS	com carteira de trabalho	94.642	214.876	127,04%
	sem carteira de trabalho	137.893	35.562	-74,21%
	Total	232.535	250.438	7,70%
	Salário real médio	R\$489,11	R\$567,05	15,94%
NNE	com carteira de trabalho	137.761	163.405	18,62%
	sem carteira de trabalho	254.720	105.354	-58,64%
	Total	392.481	268.759	-31,52%
	Salário real médio	R\$352,24	R\$306,88	-12,88%
BR	com carteira de trabalho	232.403	378.281	62,77%
	sem carteira de trabalho	392.613	140.916	-64,11%
	Total	625.016	519.197	-16,93%
	Salário real médio	R\$404,94	R\$432,37	6,77%

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1981, 2005 apud MORAES, 2007)

O Brasil destaca-se nos mercados de açúcar e de álcool entre os principais países produtores, consumidores e exportadores por causa de sua competitividade na produção de cana-de-açúcar. Ao longo da história recente, entretanto, esse argumento nem sempre foi válido: conforme pode ser observado no Gráfico 1, a produtividade da cana-de-açúcar no Brasil cresceu significativamente a partir da segunda metade da década de 70, chegando a ultrapassar a média mundial apenas nos anos 80. Esse aumento da produtividade média dos canaviais brasileiros pode ser atribuída à crescente participação da região CS – com destaque para o Estado de São Paulo – na produção nacional.

Como se sabe, o crescimento da produção – fundamentado em ganhos de produtividade – não ocorre de forma sustentada sem uma expansão do mercado: o aumento da demanda (interna ou externa) simultaneamente ao avanço tecnológico é

condição necessária para que se evite uma queda acentuada nos preços, permitindo a difusão de novas tecnologias. Por outro lado, um crescimento da produção sem avanço tecnológico (ou seja, sem ganhos de produtividade) também está ligado a uma expansão do mercado consumidor: havendo crescimento da demanda, o nível de preços aumenta – permitindo que novos produtores entrem no mercado a custos de oportunidade crescentes. Mas, nesse caso, o crescimento da produção ocorre a preços crescentes (ALVES, 2006).

Gráfico 1 – Evolução da produtividade (em kg/ha) média das lavouras de cana-de-açúcar no Brasil e no Mundo, de 1961 a 2005

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Food and Agriculture Organization – FAO (2007)

No caso da produção de cana-de-açúcar no Brasil, quais estímulos predominaram: os da oferta ou os da demanda?

Ao longo desse trabalho, busca-se responder a essa indagação. Fazendo uso da metodologia VAR estrutural, são calculados o impacto de choques e a decomposição da variância associados ao modelo econômico utilizado para representar esse mercado. Estabelecendo-se os impactos, as funções de resposta a impulso – que exibem o comportamento do sistema, ao longo do tempo, após a ocorrência do choque – poderão ser estimadas. Em conjunto com a decomposição da variância do erro de previsão (que permite identificar quais choques foram historicamente mais importantes

para a variação das séries analisadas), será possível identificar qual tem sido a dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar.

Entende-se por dinâmica econômica, os ajustamentos que ocorrem ao longo do tempo em um determinado mercado para compensar a atuação das forças de oferta e de demanda nele existentes.

Flutuação é a instabilidade, no sentido de afastamento de um valor médio mais provável, provocado pelo descompasso entre essas forças. Esse termo foi preferido a crescimento uma vez que, ao longo do período analisado, as variações na produção de cana-de-açúcar nem sempre foram positivas.

Devido à disponibilidade de dados e às grandes disparidades regionais na produção de cana, a análise estará restrita ao Estado de São Paulo. Contudo, como destaca Costa (2000, p. 5): “a relevância de estudar o setor sucroalcooleiro de São Paulo tem residido na representatividade do estado na produção, tanto no contexto do mercado doméstico como do mercado internacional”. Os Gráficos de 2 a 5 comparam a produção brasileira, da região Centro-Sul e de São Paulo dentro do setor sucroalcooleiro. Através desses gráficos fica clara a importância da produção paulista para explicar as variações da cadeia produtiva tanto no contexto regional quanto no nacional: entre as safras 1990/91 e 2006/07, São Paulo foi responsável, em média, por quase 75% da produção do setor sucroalcooleiro na região CS – equivalente a mais 60% das produções de cana, açúcar e álcool no Brasil.

1.2 Objetivos

De forma análoga aos trabalhos de Spolador (2006) e Alves (2006), que analisaram, respectivamente, a dinâmica de crescimento da agricultura e da cotonicultura no Brasil, este estudo pretende explicar a evolução da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo como um resultado de choques de oferta e de demanda. Os dados anuais abrangem o período de 1976 a 2006.

Consideram-se choques de oferta, os que ocorrem sobre a produtividade, a área plantada e o preço da matéria-prima (cana-de-açúcar). Já os choques de demanda podem assumir a forma de choques de renda doméstica, de preços dos produtos finais (açúcar e álcool) ou, também, de exportação dos mesmos.

Gráfico 2 – Participação do Estado de São Paulo na evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil, de 90/91 a 06/07

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de União da Agroindústria Canavieira de São Paulo – UNICA (2007)

Gráfico 3 – Participação do Estado de São Paulo na evolução da produção de álcool anidro no Brasil, de 90/91 a 06/07

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UNICA (2007)

Gráfico 4 – Participação do Estado de São Paulo na evolução da produção de açúcar no Brasil, de 90/91 a 06/07

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UNICA (2007)

Gráfico 5 – Participação do Estado de São Paulo na evolução da produção de álcool hidratado no Brasil, de 90/91 a 06/07

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UNICA (2007)

1.3 Estrutura do trabalho

O presente estudo foi dividido em 6 seções, a saber: introdução, revisão de literatura, modelo econômico, metodologia, resultados e conclusão.

Na primeira seção foram apresentados a importância do setor sucroalcooleiro para a economia brasileira, a representatividade da agroindústria canavieira paulista, os objetivos e o escopo deste trabalho.

A revisão bibliográfica trata das transformações ocorridas no setor sucroalcooleiro a partir do século XX e de modelos para a decomposição das variações do produto em choques. Como se sabe, durante o período que compõe a amostra deste estudo, o setor sucroalcooleiro foi marcado por uma forte intervenção estatal – fato que, potencialmente, distancia a relação observada entre as variáveis da lógica econômica. Por essa razão, buscou-se com as subseções 2.1 e 2.2 uma melhor compreensão da dinâmica em que esteve inserida a agroindústria canavieira, de forma a identificar as variáveis que são cruciais em um modelo para representar adequadamente a evolução da produção de cana-de-açúcar.

O modelo econômico estilizado e as hipóteses que dele se originam (os resultados esperados) são apresentados na seção 3. Na seção seguinte são descritos os procedimentos econométricos e as fontes dos dados. Os resultados e a conclusão compõem, respectivamente, as seções 5 e 6.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ambientes institucional, organizacional e competitivo no século XX

A região Nordeste do Brasil foi a principal região produtora de açúcar do país durante o período colonial e até as primeiras décadas da fase republicana, só perdendo sua hegemonia para o Centro-Sul, diga-se para São Paulo, em meados do século XX. A crise da cafeicultura incentivou o cultivo da cana-de-açúcar, a expansão da fabricação de cachaça e o crescente uso da cultura para alimentação animal (principalmente do gado leiteiro) (VIAN, 2003, p. 62).

Entretanto, devido à existência de terras baratas e abundantes e à utilização de trabalho escravo, a expansão da lavoura canavieira e da produção de açúcar até então ocorreu com o aumento da área cultivada – e não por ganhos de produtividade. O Brasil introduziu inovações tecnológicas com atraso em relação a seus concorrentes internacionais e por isso, no final do século XIX, a produção açucareira nacional havia perdido sua competitividade externa.

O planejamento e a intervenção estatal na produção de açúcar e álcool foram paulatinamente implantados por solicitação dos próprios produtores, sendo cogitados antes da Primeira Guerra Mundial, quando se tornou nítida a retração das exportações e a significativa perda de importância do açúcar no comércio exterior do país e visava controlar as constantes superproduções (VIAN, 2003, p. 71).

Segundo Moraes (2000), a situação da agroindústria canavieira no Brasil era particularmente vulnerável no início da década de 1930: o aumento na capacidade produtiva e a Grande Depressão Mundial contribuíram para uma significativa redução dos preços praticados no mercado interno e externo.

A intervenção governamental assumiu, num primeiro momento, o caráter de defesa dos preços do açúcar no mercado interno por meio da Comissão de Defesa da Produção do Açúcar, criada em 1931. Como a produção continuava a crescer, agora estimulada por preços estabilizados, o passo seguinte foi a limitação da produção, posta em prática após a criação do Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA em 1933. Contudo, essa restrição à produção de açúcar passou a servir de argumento para o não

recebimento da cana de fornecedores pelas usinas – forçando o advento da Lei nº 178, de 09 de Janeiro de 1936, que as obrigou a recebê-la.

A partir da criação do IAA diversas medidas foram tomadas na década de 30 objetivando o controle da oferta de açúcar, dentre elas: proibição da montagem de novas usinas, engenhos e bangüês¹ em todo o território nacional, sem sua prévia autorização; obrigatoriedade do registro de todas as fábricas de açúcar, álcool e aguardente; estímulo da produção de álcool motor; subordinação de todas as refinarias existentes ao Instituto, além de determinar a montagem e operação pelo IAA de refinarias para o beneficiamento do açúcar para mercado interno (MORAES, 2000, p. 47).

Em 1941, foi promulgado o Estatuto da Lavoura Canavieira – ELC (Decreto-Lei nº 3.855, de 21 de Novembro de 1941). Entre outras medidas, o ELC conceituou a figura do fornecedor, instituiu seu cadastro, determinou as condições de fornecimento, a garantia da moagem e a forma de pesagem da cana, impôs limitações e restrições às atividades agrícolas das usinas, disciplinou as cotas de fornecimento e estabeleceu critérios para a fixação do preço da cana.

Lima Sobrinho (1943 apud RAMOS, 1999, p. 98) explicou que:

a intervenção estatal, junto com a estabilização dos preços, criou um fato novo para o complexo, e que alterou o comportamento dos usineiros perante os fornecedores: tratava-se do fim do risco agrícola – vale dizer, com preços estáveis, seja do açúcar, seja da cana. Não se justificava mais (para o usineiro) deixar aos fornecedores a produção da matéria-prima como estratégia de amortecimento dos impactos negativos das oscilações de preços. Assim, com preços garantidos, nada melhor que reter os ganhos das duas produções – a da cana e a do açúcar.

O advento da Segunda Guerra Mundial teve importantes desdobramentos sobre o desenvolvimento da agroindústria canavieira no Brasil: o transporte do açúcar de Pernambuco para São Paulo – que era feito por via marítima – acabou se tornando

¹ Tradicionalmente, desde o Brasil colonial, a designação utilizada para o local destinado à fabricação de açúcar (moenda, casa das caldeiras e casa de purgar) era engenho. Engenho-bangüê, ou apenas bangüê, era o conjunto de instalações que pertenciam à propriedade onde era realizada a produção de açúcar: a fábrica (casa-de-engenho), a casa do proprietário (casa-grande), o lugar onde ficavam os escravos (senzala) etc. No final do século XIX, a incorporação de máquinas para produzir açúcar cristal em alguns engenhos os elevou à categoria de engenhos centrais ou usinas. “Os engenhos centrais não tinham diferença do ponto de vista técnico das usinas, mas sim do ponto de vista econômico: geralmente pertenciam a uma sociedade, não possuíam terras e não desenvolviam atividades agrícolas” (FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO – FUNDAJ, 2007).

arriscado devido à guerra submarina. Com isso, o IAA viu-se obrigado, a partir de 1942, a enfrentar o problema de desabastecimento de açúcar em São Paulo. A solução encontrada foi autorizar a montagem de novas usinas e liberar as cotas, permitindo a instalação de fábricas de rapadura e suspendendo as restrições à produção de açúcar bruto nos estados insuficientemente abastecidos. No mercado de combustíveis, um fator de caráter conjuntural – a escassez dos derivados de petróleo – afetou fortemente a produção de álcool anidro. Entre 1937 e 1941, diversos incentivos foram concedidos, através de leis e decretos, visando aumentar a oferta do combustível (RAMOS, 1999; MORAES, 2000).

O período que vai do pós-guerra até o final da década de 1960 é de fundamental importância para entender a configuração estrutural da agroindústria canavieira no Brasil. Segundo Vian (2003), a agroindústria canavieira já nasceu verticalizada para trás – e tem permanecido assim até hoje – devido à estabilidade estrutural obtida pela estreita relação dos usineiros com o Estado. Ramos (1999, p. 88) explica que, embora a produção integrada tenha sido adotada tanto em Pernambuco quanto em São Paulo (os Estados mais representativos das duas regiões produtoras), os conflitos que dela decorreram eram bastante diferentes:

ao passo que em Pernambuco estava acontecendo uma luta entre a produção da usina ante a do engenho, e do usineiro contra o fornecedor de cana, que apontava na direção da extinção desses últimos, em São Paulo estava ocorrendo um processo exatamente inverso: os engenhos se multiplicavam e iam abocanhando parte do mercado consumidor. Num segundo momento, eles se transformavam em usinas. Em Pernambuco, a luta que predominava era aquela que se travava para escapar da diferenciação para baixo; em São Paulo, a expansão do mercado acabava por permitir uma diferenciação para cima. Em Pernambuco, a expansão da cana levava ao fim das culturas de subsistência nas terras próximas aos canaviais e criava o problema do abastecimento; em São Paulo, a convivência cana-café-outras culturas assegurava esse abastecimento.

Os produtores paulistas, além da interação com a indústria de equipamentos, contavam também com refinarias próximas, quando não próprias. Já no início dos anos 50, constituem cooperativas regionais para comercializar suas próprias produções, passando a tirar proveito dos ganhos de escala oriundos da unificação das etapas finais do processo de produção (refino e distribuição) do açúcar.

No início da década de 1960, uma outra lei evidenciava que havia problemas com as condições de entrega, pesagem e pagamento das canas fornecidas às usinas. A questão principal estava ligada ao prazo e à forma de pagamento, vinculando-se evidentemente ao problema da exacerbação do processo inflacionário no país. [...]

O início dos anos sessenta marcou também o início de uma nova corrida paulista à produção açucareira. Com a erradicação dos cafezais, e com o estímulo dado pela entrada do açúcar brasileiro no mercado preferencial norte-americano, o IAA permitiu a constituição de novas usinas e uma grande elevação dos limites das já existentes. Isso acabaria provocando logo em seguida uma crise de superprodução (RAMOS, 1999, p. 137-138).

Segundo Vian (2003, p. 81),

em meados da década de 1970, quando da reversão das expectativas do mercado internacional do açúcar, o setor havia se expandido e era necessária a continuidade dos aumentos de produção para amortizar os investimentos efetuados. Nesse contexto surgiu, em 1975, o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) para promover a utilização de capacidade ociosa das usinas e enfrentar os problemas do Balanço de Pagamentos ocasionados pelo Choque do Petróleo em 1974.

O autor também explica que, no período 1920/75, o nível de diversificação das empresas no setor era baixo: elas se especializavam na produção de açúcar, relegando o álcool (anidro e hidratado) à condição de subproduto. Em algumas safras, as usinas davam preferência à exportação do melaço, ou até da garapa, em detrimento do uso destes na destilação de álcool. A produção de aguardente, até então produto das usinas paulistas, passou a se constituir em um segmento separado (com empresas voltadas unicamente para sua produção).

O Quadro 1 divide a evolução recente da agroindústria canavieira em quatro fases, delimitadas pelas diferentes formas de intervenção estatal.

O Proálcool foi oficialmente implantado em 1975 tendo como objetivos economizar divisas – com a diminuição das importações de petróleo – e garantir ocupação à capacidade ociosa das unidades industriais. As usinas que não possuíam destilarias anexas foram incentivadas a investir na instalação destes equipamentos, resultando em um incremento da produção de álcool anidro (utilizado como aditivo à gasolina em substituição ao chumbo tetraetila).

Período	Eventos deflagradores	Políticas adotadas	Resultados
1974/75	Queda dos preços mundiais do açúcar. Primeiro choque do petróleo.	Lançamento do PROÁLCOOL.	Crescimento da produção de álcool anidro.
1979/83	Segundo choque do petróleo. Estimativas quanto ao esgotamento das reservas de óleo.	Reforço do PROÁLCOOL.	Crescimento da produção de álcool hidratado.
1985/89	Reversão dos preços do petróleo, crise nas finanças públicas e falta de álcool.	Investimentos na produção nacional de petróleo.	Quebra da confiança no álcool combustível.
Pós-1990	Extinção do IAA. Superprodução de álcool. Reestruturação produtiva: questão social e ambiental.	Medidas paliativas: pacto pelo emprego, Brasil álcool, bolsa brasileira de álcool. Auto-gestão setorial: CONSECANA, grupos de comercialização e redução do número de entidades de representação patronal	Preços e mercados instáveis. Redução no uso de mão-de-obra e intensificação da mecanização da agricultura. Fusões, entrada de empresas estrangeiras e emergência de novas estratégias

Quadro 1 – Faseologia da agroindústria canavieira do Brasil a partir de meados da década de 70

Fonte: Adaptado de Vian (2003)

Na primeira fase do programa, 1975/1979, o IAA incentivou a produção de álcool anidro estipulando o preço de paridade em 44 litros de álcool por saca de 60 quilos de açúcar, o que fazia com que fosse indiferente para a usina produzir um ou outro produto. Foram criadas linhas de crédito subsidiado e garantias de compra do produto. [...]

Em 1979 ocorreu o Segundo Choque do Petróleo, o Proálcool foi ampliado por intermédio de incentivos governamentais à instalação de destilarias autônomas de álcool e da alteração da paridade de preço diante da saca equivalente de açúcar de 44 para 38 litros, tornando a produção do combustível ainda mais compensadora. O Governo Federal tinha o objetivo de aumentar e garantir a oferta de álcool anidro incentivando a instalação de novas unidades produtoras, dado que com a produção concentrada em destilarias anexas existia o risco do não cumprimento das metas de produção, uma vez que as mesmas podiam produzir mais açúcar, diminuindo o volume de álcool no momento em que o preço do primeiro no mercado externo era mais compensador. [...]

As destilarias autônomas eram, em sua maioria, de propriedade de empresários oriundos de outras atividades econômicas. Muitas delas foram instaladas no Oeste e no Nordeste de São Paulo, em Goiás e no Triângulo

Mineiro por pecuaristas, produtores de soja e comerciantes de produtos agropecuários (VIAN, 2003, p. 87).

Na segunda fase do Programa, tanto o Governo Federal quanto os Estaduais incentivaram a compra de carros movidos a álcool com a concessão de financiamentos subsidiados, a redução de impostos – Taxa Rodoviária Única (-52%), Imposto sobre Produtos Industrializados (-50%) e Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (-25%) – e a fixação do preço do álcool em 50% do preço da gasolina.

As políticas de incentivo ao álcool combustível mantiveram e aprofundaram algumas características do Complexo Canavieiro, tais como: a integração vertical para trás, a heterogeneidade produtiva, o baixo aproveitamento dos subprodutos do processamento industrial da cana e a falsa competitividade baseada nos baixos salários e em más condições de trabalho na lavoura e na indústria.

Na produção de álcool, a heterogeneidade é menor do que na de açúcar, pois as destilarias autônomas foram instaladas com condições tecnológicas semelhantes, embora com o tempo as escalas de produção tenham se tornado muito diferentes.

Essas características podiam ter sido combatidas com políticas específicas, mas não foram. As medidas estatais nunca alteraram a estrutura produtiva do setor, visando apenas a minimizar os conflitos regionais e garantir renda para os produtores (VIAN, 2003, p. 90).

Moraes (2000) explicou que, no início da década de 80 (período final de instalação do Proálcool), inicia-se uma nova fase de intervenção estatal, já que os recursos governamentais para programas de investimentos começaram a se esgotar. Nesta época os indicadores macroeconômicos do País eram desfavoráveis, levando a uma política de contenções dos gastos públicos. Em 1986, diversos fatores contribuíram para que se iniciasse uma fase de avaliação do Programa: os preços internacionais do petróleo começaram a declinar, a dependência do país com relação à importação desse produto diminuía devido à sua produção interna crescente, os planos econômicos priorizavam o controle da inflação e do déficit público (suspendendo os financiamentos para a ampliação da capacidade instalada).

O esgotamento das fontes oficiais de recursos evidenciou a dificuldade do governo continuar intervindo no setor, e os conflitos entre produtores e governo indicavam a necessidade de um novo modelo de intervenção governamental (MORAES, 2000, p. 80).

Ainda segundo a autora,

a partir da reforma administrativa do governo Collor, um novo aparato institucional para a política decisória do álcool e do açúcar foi estabelecido, dentro de um contexto de liberalização econômica do país como um todo, apoiado na Constituição Federal de 1988.

Conforme a referida Constituição, o papel de interventor do Estado na economia brasileira alterou-se significativamente, já que ela estabeleceu que o planejamento estatal deve ter somente caráter indicativo, o que acabou por enfraquecer a ação governamental e, no setor sucroalcooleiro, a força do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) (MORAES 2000, p. 85).

Vian (2003, p. 97) destacou que

a democratização aumentou a transparência nas ações dos agentes e do Estado e permitiu um debate impossível de ser feito nos 20 anos anteriores. Mas o setor continuou dividido pelas questões regionais e respectivos enfoques produtivos. Ainda existiam diversas entidades de representação que não concordavam com os rumos que deveriam ser dados ao setor. Então, com a progressiva retirada do Estado das arenas de regulação nos anos 90, a exigência de busca da autogestão ficou comprometida, pois não havia consenso entre os agentes.

A partir da emissão da Portaria Nº 64 do Ministério da Fazenda (em março de 1996), que determinava a liberação dos preços da cana-de-açúcar, do açúcar e do álcool, diversos questionamentos emergiram – principalmente os relacionados à continuidade do uso de álcool hidratado como combustível, já que o mesmo não era competitivo com a gasolina a preços de mercado. Após diversos adiamentos, o processo de desregulamentação – que se completou em 1999 – culminou em uma crise de superprodução de álcool hidratado e em uma grande elevação da oferta de açúcar nos mercados interno e externo (MORAES, 2000; VIAN, 2003).

Desde meados de 1997, vem sendo praticada em São Paulo uma nova fórmula de precificação da cana-de-açúcar que se fundamenta nos preços finais do açúcar e do álcool para fixar as remunerações da cadeia produtiva.

Essa nova metodologia está sendo denominada autogestão, e tem sido adotada como base para cálculo do preço da matéria-prima, pagamento de arrendamentos e para fixação de salários. Tal proposta assenta-se, obviamente, na idéia de divisão de riscos, algo que vigorava antes da criação do IAA (VIAN, 2003, p. 112).

A referida “autogestão” trata-se do Sistema CONSECANA, o qual será apresentado com maiores detalhes no item 2.2.2.

Mais recentemente, pode-se dizer que a intervenção estatal sobre a agroindústria canavieira tem se resumido à manipulação do percentual regulamentado para a adição de álcool anidro à gasolina, conforme exposto no Quadro 2 (p. 48). Com relação aos ambientes organizacional e competitivo, Vian (2003) destaca que diferentes estratégias são observadas: convivem integração e desintegração vertical, *commodities* e produtos diferenciados.

Segundo o autor, a cana-de-açúcar pode ser “parcialmente” enquadrada no modelo de concorrência perfeita, usado para explicar a formação de preço e o cálculo de custos de usinas e fornecedores, por exemplo. Entretanto, o Complexo Sucroalcooleiro apresenta número de empresas e tipo de produtos característicos de oligopólio competitivo; a escala de produção heterogênea impede uma caracterização precisa; o processamento contínuo, a concentração técnica e a presença de economias de escala aproximam o setor de um oligopólio concentrado. Assim, a sua avaliação através de um único modelo de competição deve ser evitada.

2.2 Agroindústria canavieira

2.2.1 Cana, açúcar e álcool: produção e consumo

A produção de cana-de-açúcar no Brasil apresentou um crescimento significativo a partir da década de 60, com destaque para a região Centro-Sul². Conforme ilustra o Gráfico 6, a produção brasileira saltou de quase 18 milhões de toneladas em 1940 para mais de 457 milhões de toneladas em 2006 (só nos últimos 6 anos a produção canavieira aumentou 40%). Apesar do aumento de mais de 600% na produção da região Norte-Nordeste durante o período, sua participação na produção nacional caiu de quase 51% em 1940 para cerca de 14% em 2006.

² “Atualmente fazem parte das referidas regiões os seguintes Estados: *Norte-Nordeste*: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Tocantins; *Centro-Sul*: Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo” (MORAES, 2000).

Tal expansão ocorreu de forma heterogênea inclusive dentro das regiões produtoras: na região Norte-Nordeste, por exemplo, a maior parte do incremento observado na produção de 1940 a 1960 pode ser atribuído a Pernambuco, enquanto o estado de maior projeção entre 1970 e 1990 é Alagoas (ver Gráfico 7); no Centro-Sul, a hegemonia paulista sequer chega a ser ameaçada pelo crescimento observado na produção de todos os demais estados da região em conjunto (ver Gráfico 8).

Gráfico 6 – Evolução recente da produção de cana-de-açúcar no Brasil, por região produtora (anos selecionados)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2007)

Gráfico 7 – Evolução recente da produção de cana-de-açúcar nos principais Estados da região Norte-Nordeste (anos selecionados)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2007)

Gráfico 8 – Evolução recente da produção de cana-de-açúcar nos principais Estados da região Centro-Sul (anos selecionados)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2007)

A Figura 1 representa a distribuição das lavouras de cana-de-açúcar no Brasil, em 2006. As microrregiões (no caso do mapa do Brasil) e os municípios (no caso do mapa de São Paulo) em verde demarcam as áreas com maiores produções. A maior parte da produção brasileira situava-se a sudoeste do Distrito Federal, delimitada ao Sul pelo Noroeste do Paraná e a Oeste pelo Pantanal. Em ordem de importância, as 10 principais microrregiões produtoras do país em 2006 foram: São Joaquim da Barra (SP), Ribeirão Preto (SP), Jaboticabal (SP), Araraquara (SP), São José do Rio Preto (SP), Jaú (SP), Assis (SP), Araçatuba (SP), Piracicaba (SP) e São Miguel dos Campos (AL).

Em São Paulo, as lavouras de cana-de-açúcar se estendem por quase toda região Central e Norte, estando delimitada ao Sul pelos municípios vizinhos a Piracicaba, mas ganhando cada vez mais importância na porção Oeste do Estado. Em 2006, os 10 municípios paulistas com maior produção foram, respectivamente: Morro Agudo, Jaboticabal, Paraguaçu Paulista, Batatais, Barretos, Piracicaba, Olímpia, Valparaíso, Jaú e Lençóis Paulista.

Figura 1 – Distribuição espacial da produção de cana-de-açúcar no Brasil (microrregiões) e em São Paulo (municípios), 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2007)

Nos últimos 30 anos, tanto a produção quanto a área plantada de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo têm aumentado (ver Gráfico 9). Entretanto, suas taxas geométricas médias de crescimento não são equivalentes: 5,34% a.a. e 3,53% a.a., respectivamente. Essa diferença, que resultou em ganhos de produtividade da terra, pode ser atribuída à adoção de inovações no cultivo da cana, tais como (LOPES, 2004):

- Utilização de novas variedades: RB72-454, SP81-3250, SP80-1842;
- Melhores práticas de manejo, com aproveitamento dos subprodutos na adubação das lavouras;
- Aumento na mecanização da colheita;
- Uso mais intensivo de tratores;
- Informatização no planejamento e no gerenciamento da cadeia produtiva.

Gráfico 9 – Evolução da área plantada e da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UNICA (2007), São Paulo (1976-1978), São Paulo (1979-1994) e IBGE (2007)

Caruso (2002) explica que o decréscimo de produção na safra 2000/01 pode ser atribuído a fatores climáticos (seca e geada) e ao esgotamento dos canaviais, que exigem ciclos de renovação quinquenais para a maximização da produtividade média

da lavoura – mas não realizados devido à condição de preços desfavoráveis observada ao longo da cadeia por ocasião da desregulamentação do setor.

Deve-se destacar, entretanto, que tais ganhos de produtividade não ocorreram exclusivamente no Estado de São Paulo (ver Gráfico 10). Pelo contrário: partindo de um nível superior à média nacional em 12 ton/ha em 1970, a produtividade nos canaviais paulistas cresceu 56,8% e atingiu quase 82 ton/ha em 2006; para que a diferença entre as produtividades paulista e nacional fosse reduzida a cerca de 7,5 ton/ha em 2006, os ganhos de produtividade observados no restante do país foram da ordem de 95,6%. Lopes (2004) explica que, com as diferentes estruturas de produção, clima, solo e topografia no Brasil, é de se esperar o desenvolvimento de tecnologias específicas para as distintas realidades regionais – permitindo que a cultura seja lucrativa em diferentes regiões.

Gráfico 10 – Evolução recente da produtividade agrícola da cana-de-açúcar no Brasil, no Centro-Sul, no Sudeste e em São Paulo (anos selecionados)

Fonte: Estimado pelo autor a partir de IBGE (2007)

A cana-de-açúcar é uma matéria-prima de aproveitamento múltiplo. Os produtos intermediários são dotados de certa versatilidade, podendo ser submetidos a diferentes processamentos industriais que resultam em numerosos derivados e

subprodutos (SZMRECSÁNYI, 1979). Como pode ser observado na Figura 2, a transformação da cana em açúcar e/ou álcool tem início com a extração de seu caldo através da moagem.

Se o caldo misto for direcionado à produção de álcool, após operações de preparo e correção, são realizadas a fermentação, a destilação (que tem como subproduto a vinhaça) e a retificação. O resultado desse processo é o álcool hidratado que – após desidratação – pode ser transformado em álcool anidro ou – após adição de uma ou mais substâncias de sabor ou odor repugnante (a fim de impedir seu uso em bebidas, alimentos e produtos farmacêuticos) – pode ser transformado em álcool hidratado desnaturado.

Para a fabricação de açúcar, o caldo passa por operações de clarificação (com gás sulfito e leite de cal) para flocular impurezas, destruir corantes e neutralizar o pH. Nos evaporadores, o excesso de água do caldo limpo (ou clarificado) é retirado, resultando em um líquido espesso chamado xarope. O processo de concentração continua até que a cristalização ocorra por supersaturação. Os cristais formados, envoltos por uma solução açucarada chamada mel, são conhecidos como massa cozida. Nas centrífugas, os cristais são separados do mel, que recircula no processo de concentração até atingir sua esgotabilidade – quando então é retirado com o nome de mel residual, sendo normalmente encaminhado para a produção de álcool. No secador, o açúcar é secado e resfriado, sendo posteriormente peneirado para a eliminação de torrões antes de ser embalado (ARAÚJO, 2002).

O bagaço pode ser destinado a vários fins: no campo serve de cobertura morta e fertilizante orgânico, ou de cama para animais; porém, seu emprego mais comum nas usinas é como combustível para a geração de vapor e energia. As sobras de sua combustão (cinzas e escórias), a torta de filtro e a vinhaça também são passíveis de aproveitamento econômico na forma de fertilizantes. O melaço, por sua vez, se não for utilizado na produção de álcool, também pode ser aproveitado como insumo na fabricação de rações para gado.

Figura 2 – Esquema simplificado da produção de açúcar e álcool

Fonte: Adaptado de Szmrecsányi (1979)

O açúcar Very High Polarization – VHP destina-se essencialmente à exportação. Por ser menos úmido que o açúcar bruto (também conhecido como demerara), e podendo ser refinado domesticamente, este tipo de açúcar é o preferido no mercado internacional. O açúcar refinado permanece, em sua maior parte, no mercado interno. Já o açúcar cristal pode ser consumido tanto no mercado interno (seja através do varejo ou pelas indústrias) quanto no mercado externo.

De 1976 a 2006, o *mix* de produção açúcar-álcool (designação comum para a proporção na qual a cana é direcionada à produção de açúcar ou de álcool) variou

significativamente, conforme ilustra o Gráfico 11. No início do período, mais de 85% de todo Açúcar Total Recuperável – ATR produzido no Brasil foi destinado à produção de açúcar. Com os sucessivos choques do petróleo e a implantação do Proálcool, esse percentual foi rapidamente reduzido – atingindo valores inferiores a 30% no final dos anos 80 e início da década de 90. Com a liberalização comercial e a diminuição gradativa da intervenção estatal sobre o setor a partir de meados dos anos 90, o *mix* de produção manteve-se ao redor de 50% até 2006.

Apesar de apresentar uma forte correlação com a evolução do preço relativo do açúcar e do álcool no mercado doméstico brasileiro, o *mix* de produção parece não responder a variações bruscas do primeiro. De 1999 para 2000, por exemplo, houve uma redução superior a 13% no preço relativo açúcar/álcool, mas o *mix* continuou sua trajetória ascendente até 2002. De 2005 para 2006, o preço relativo aumentou mais de 20%, e o *mix* de produção continuou estável em 50%.

Gráfico 11 – Açúcar e álcool: evolução do mix de produção e do preço relativo no Brasil, de 1976 a 2006

Fonte: Estimado pelo autor a partir de UNICA (2007)

Essa rigidez de curto-prazo pode ser explicada pela firmação de contratos entre as unidades industriais e as empresas responsáveis pela comercialização de

açúcar e álcool – no caso do primeiro produto, frequentemente com a fixação antecipada de preços pelo mercado futuro internacional. Isso implica no comprometimento de entregar pelo menos parte da produção, em determinada data e a um valor acertado – diminuindo riscos, mas reduzindo as chances (que algumas usinas com maior flexibilidade para migrar de um produto para outro teriam) de aproveitar essas variações de rentabilidade. Outros fatores que contribuem para a rigidez da produção no curto-prazo são de ordem técnica e política: as destilarias são dedicadas exclusivamente à produção de etanol, e a flexibilidade das usinas é limitada; diferentes acordos estabelecidos entre o governo brasileiro e produtores de açúcar e álcool têm visado garantir o abastecimento do mercado doméstico.

A evolução da produção total de açúcar no Brasil é apresentada no Gráfico 12. A mudança na tendência de crescimento, que se torna mais acentuada após os primeiros anos da década de 90, coincide com o início da diminuição da intervenção estatal sobre o setor e com a abertura comercial da economia brasileira. Nesse novo contexto institucional, a produção açucareira foi estimulada pela ocorrência de preços internacionais favoráveis.

Gráfico 12 – Evolução da produção de açúcar no Brasil, de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Szmrecsányi (1979), Marjotta-Maistro (2002) e UNICA (2007)

No Gráfico 13, compara-se a evolução da produção de açúcar nos principais países produtores entre 1976 e 2006. Desde 1991, Brasil e Índia têm se alternado na liderança mundial, ambos baseados no cultivo da cana-de-açúcar. Esse também é o caso de Cuba, que até o início da década de 90 tinha toda sua produção com venda garantida, a preços artificialmente altos, para a União Soviética. Já na China e nos Estados Unidos – respectivamente, terceiro e quarto maiores produtores de açúcar em 2006 – a matéria-prima é tanto a cana quanto a beterraba. A produção de açúcar exclusivamente a partir de beterra é significativa na França e na Alemanha, que se alternaram como sexto e sétimo maiores produtores mundiais de açúcar durante a década de 80 e cujas produções se mantiveram relativamente estáveis desde então.

Gráfico 13 – Evolução da produção de açúcar no mundo (países selecionados), de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FAO (2007)

O papel da cana na expansão da oferta mundial é evidenciado no Gráfico 14. Enquanto a produção de açúcar bruto a partir de beterraba cresceu, em média, apenas 0,11% ao ano entre 1976 e 2006, sua produção a partir da cana cresceu cerca de 3% a.a. – permitindo que a oferta total aumentasse 2% a.a. e garantindo o suprimento da demanda mundial, que segundo estimativas do United States Department of Agriculture – USDA (2008) também cresceu, em média, 2% a.a. ao longo das últimas 17 safras (ver Gráfico 15).

Gráfico 14 – Produção mundial de açúcar bruto por matéria-prima, de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FAO (2007)

Os quatro maiores produtores também são os quatro maiores consumidores de açúcar no mundo, apesar de existirem diferenças notórias no balanço entre oferta e demanda de cada um desses países. No Anexo A, há uma estimativa da evolução desses balanços, adaptada das projeções publicadas pelo USDA (2008) sobre o mercado de açúcar. Embora o grau de certeza com relação aos estoques de passagem – os existentes ao final de cada ano-safra – seja muito pequeno (praticamente nulo), esse tipo de análise é constantemente realizada por agentes do mercado, sendo um indicativo do excesso ou da escassez do produto.

Gráfico 15 – Evolução do consumo mundial de açúcar, de 1991/92 a 2007/08

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de USDA (2008)

O mercado brasileiro de açúcar é claramente superavitário, com a produção sendo pelo menos o dobro do consumo doméstico desde a safra 1998/99 – exceção feita à safra 2000/01, quando ocorreu a quebra de safra anteriormente mencionada – mas estimativas de estoques de passagem negativos são justificáveis. Para efeitos contábeis, o ano-safra na região Centro-Sul se estendia, até pouco tempo atrás, de Maio a Abril, e na região Norte-Nordeste, de Outubro a Setembro. Entretanto, o início da colheita é frequentemente antecipado (principalmente por usinas de São Paulo e do Paraná) de forma a garantir o abastecimento mercado interno e aproveitar os preços mais elevados praticados no período de entressafra, sem o custo adicional da armazenagem dos estoques. Mesmo sendo realizada dentro do ano-safra anterior, a produção é contabilizada no ano-safra em que supostamente deveria ter ocorrido – resultando, algumas vezes, em estimativas de estoques de passagem negativos. Recentemente, o ano-safra da região Centro-Sul foi oficializado de Abril a Março.

O mercado norte-americano, por outro lado, é claramente deficitário: entre as safras de 1991/92 e 2007/08, o consumo doméstico excedeu a produção em pelo

menos 1 milhão de toneladas – exceção feita ao ano-safra 1999/00, quando a produção foi recorde. Apesar do aumento da produção chinesa de açúcar, o vigoroso crescimento econômico do país asiático nos últimos anos tem estimulado o consumo doméstico, consolidando-o também como um mercado importador do produto.

Dos quatro maiores mercados mundiais de açúcar, o indiano é certamente o mais instável e provavelmente o mais incerto. Mundialmente conhecida por seus altos índices de pobreza, analfabetismo, desnutrição e problemas ambientais, a Índia tem enfrentado oscilações extremas de escassez e excesso – atribuídas ao clima monçônico³ e à descontinuidade de políticas governamentais para o setor. Números referentes às safras 2003/04 e 2004/05, por exemplo, indicam que o consumo de açúcar superou a produção indiana em mais de 4 e 5,5 milhões de toneladas, respectivamente. Já para as safras 2006/07 e 2007/08, as projeções apontam para excedentes domésticos da ordem de 9 milhões de toneladas (em cada uma) – os quais, em conjunto com os sucessivos recordes de produção brasileira, têm pressionado para baixo os preços internacionais. Ainda segundo o USDA (2008), os estoques mantidos na Índia deverão representar mais de 37% do estoque mundial de açúcar ao final do ano-safra 2007/08. Só nesse último ano, mais de 72% do incremento nos estoques mundiais origina-se do mercado indiano (ver Gráfico 16).

É importante ressaltar que os excessos de oferta no mercado brasileiro, maiores e mais constantes que os indianos, normalmente são escoados através das exportações. A manutenção de estoques tão elevados na Índia pode ser explicada tanto pela falta de uma infra-estrutura logística adequada quanto pela própria instabilidade da oferta. Como o açúcar é um produto fortemente ligado à segurança alimentar do país, o governo indiano controla a variação de preços no mercado interno intervindo sobre as exportações. No Brasil, ao contrário, a desregulamentação do setor (iniciada com a liberalização comercial no começo da década de 90) permitiu um aumento de mais de 200% na produção brasileira de açúcar nos últimos 15 anos-safra.

³ Monção é a designação dada aos ventos sazonais, em geral associados à alternância entre a estação das chuvas e a estação seca, que ocorrem em grandes áreas das regiões costeiras tropicais e subtropicais. A palavra se originou no Oceano Índico e sudeste da Ásia, onde o fenômeno é particularmente intenso, e também é usada como nome da estação climática na qual os ventos sopram de sudoeste na Índia e países próximos e que é caracterizada por chuva intensa (WIKIPEDIA, 2008).

Gráfico 16 – Variação dos estoques mundiais de açúcar, de 1991/92 a 2007/08

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de USDA (2008)

No mesmo extremo, mas de outro lado da cadeia produtiva,

a produção de álcool no Brasil foi incentivada a partir da implementação do PROÁLCOOL (Programa Nacional do Alcool) em 1975, em decorrência da elevação dos preços e da instabilidade de fornecimento de petróleo no mercado internacional (CARUSO, 2002, p. 17).

Dias et al. (2002) evidenciam a existência de um descasamento estrutural entre oferta e demanda no mercado de álcool combustível devido à influência de diferentes fatores sobre essas forças de mercado. Enquanto a primeira depende da relação entre os preços do açúcar e do álcool, a última depende da relação entre os preços da gasolina e do álcool (ver Figura 3). Dessa forma, ora ocorre excesso de demanda devido à elevação do preço do petróleo, ora existe excesso de oferta devido à redução do preço do açúcar no período de safra. Pelo menos até que um mercado internacional para o álcool esteja consolidado, com a sua produção sendo realizada em grande

escala por diferentes produtores, apenas sob algumas circunstâncias o preço de equilíbrio se manterá estável no mercado doméstico desse combustível.

Figura 3 – Fluxograma do mercado de álcool

Fonte: Dias et al. (2002)

A popularização dos veículos híbridos – com motores movidos tanto a álcool quanto a gasolina (também conhecidos como bi-combustíveis ou flex fuels) – amenizou esse problema. Desde 2003, os proprietários de carros com essa tecnologia podem optar pela utilização de um combustível ou outro, de forma a contrabalancear variações no preço relativo.

Conforme exposto anteriormente, no Brasil, dois tipos de álcool combustível são produzidos a partir da cana-de-açúcar: o álcool anidro e o álcool hidratado. Para ser considerado anidro, o álcool pode conter até 1% de água, e seu principal uso é como aditivo à gasolina para um funcionamento mais eficiente dos motores. Se a concentração de água no combustível for superior a 1%, o álcool é dito hidratado e, até o surgimento da tecnologia de motores híbridos, sua produção destinava-se exclusivamente a abastecer a frota nacional de carros movidos exclusivamente a álcool.

No Gráfico 17 pode-se observar que durante toda a década de 80 houve um grande aumento na produção de álcool hidratado no Brasil, acompanhado de perto pela expansão da frota nacional de veículos movidos exclusivamente a álcool. Entretanto, a

demanda pelo combustível cresceu a uma taxa geométrica média maior do que a de sua oferta: 49,5% e 28,2% a.a., respectivamente, entre 1979 e 1989.

Gráfico 17 – Evolução da produção de álcool hidratado e da frota movida a álcool em circulação⁴ no Brasil, de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Alves (2002), UNICA (2007) e Brasil (2007c)

Nota: As observações a partir de 2003 já incluem as vendas de carros híbridos.

Os problemas de abastecimento de álcool, no começo dos anos 90, têm sido vinculados principalmente ao baixo nível de preços alcançados pelo produto durante o período em que o mercado era regulamentado (CARUSO, 2002). Entretanto, foi a redução do preço internacional do petróleo que inviabilizou a manutenção do Proálcool. A insegurança gerada por crises de abastecimento, reduziu as vendas de veículos movidos exclusivamente a álcool – implicando em uma não-renovação da frota em circulação e, conseqüentemente, da demanda pelo combustível – o que culminou em

⁴ A frota em circulação foi estimada acumulando-se as vendas de automóveis e veículos comerciais leves, movidos exclusivamente a álcool ou *flex*, ponderadas pelos fatores de sucateamento estimados pela Petrobras e utilizados em Brasil (2008b). Essa curva de sucateamento considera o sucateamento total da frota aos 40 anos, mas a distribuição não é uniforme (ver Anexo B): por hipótese, cerca de 50% já está sucateada aos 16 anos e mais de 90% aos 30 anos.

uma significativa diminuição da produção de álcool hidratado no final da década de 90. Essa redução na produção de álcool hidratado só não foi maior porque parte do excesso de oferta nesse mercado foi assimilada pela demanda dos proprietários de carros movidos à gasolina, através da mistura informal de combustíveis conhecida como rabo-de-galo.

Embora a demanda por etanol esteja intimamente relacionada à frota circulante de carros movidos a álcool, a proporção na qual o álcool anidro é utilizado como aditivo à gasolina também deve ser considerada. O Quadro 2 apresenta a evolução do percentual para a adição de álcool anidro à gasolina, estabelecido através de diferentes dispositivos legais.

Desde os anos 30, a mistura álcool/gasolina com teor de 5% já era oficialmente permitida no Brasil. Na safra 1965/66 ocorreu uma das piores crises enfrentadas pela agroindústria canavieira: a produção de açúcar excedeu às previsões (mais que duplicando os estoques deste produto) em um contexto de deterioração do preço internacional e de dificuldades no mercado doméstico (MORAES, 2000). Provavelmente, esse foi o motivo do salto na proporção da mistura carburante, que passou para 25% em setembro de 1966. Dez anos depois, a porcentagem estabelecida recuou para um patamar mínimo de 10%, mas variando entre os Estados.

No final de 1977 e ao longo de 1978, a proporção mínima para a adição de álcool à gasolina foi sendo gradativamente elevada, chegando a 20% em setembro de 1978 nas duas regiões produtoras (C-S e N-NE). A consequência desse aumento compulsório na demanda pelo álcool anidro pode ser observada no Gráfico 18: a produção do combustível salta de 300 mil para mais de 1,7 milhão de metros cúbicos. Em 1981, o percentual autorizado para a mistura foi reduzido para 12% em todo território nacional e, desde 1982, o patamar mínimo é cerca de 20% – exceção feita ao ano de 1989, quando ocorreu a crise de excesso de demanda pelo álcool hidratado.

Data do dispositivo legal	TEOR	Abrangência
01.07.1931	0 a 5%	BR
09.09.1966	25%	
01.07.1976	10 a 11%	PE
02.07.1976	11 a 12%	SP
04.10.1976	11 a 15%	PE / AL
07.01.1977	10 a 15%	PR
19.05.1977	11 a 13%	SP
06.06.1977	10 a 12%	RJ
21.07.1977	10 a 12%	PR
03.08.1977	10 a 12%	CE
21.09.1977	18 a 20%	RN / PB / PE / AL
20.10.1977	18 a 20%	SP (Norte) e MG (Sul)
20.12.1977	18 a 20%	SP
03.02.1978	20 a 23%	NE
25.04.1978	23 a 25%	CE / RN / PB / PE / AL
26.07.1978	20%	C-S
05.09.1978	20%	N-NE
22.04.1981	12%	N-NE
30.06.1981	12%	C-S
28.09.1981	12%	BR
17.12.1981	15%	
05.01.1982	20%	
18.05.1982	20%	CS
15.06.1983	20%	BR
20.06.1984	22%	
13.03.1989	18%	
07.08.1989	22%	SP (região metropolitana)
04.09.1989	13%	BR (exceto SP-região metropolitana)
16.11.1989	13%	BR
12.06.1990	22%	SP (região metropolitana)
25.09.1992	22%	BR
28.10.1993	22%	
28.05.1998	22 a 24%	
15.06.1998	24%	
07.08.2000	20 a 24%	
20.08.2000	20%	
31.05.2001	22%	
10.01.2002	24%	
27.05.2002	20 a 25%	
01.07.2002	25%	
01.02.2003	20%	
01.06.2003	25%	
14.10.2005	20%	Área abastecida por Manaus - AM
01.03.2006	20%	BR
20.11.2006	23%	BR
01.07.2007	25%	BR

Quadro 2 – Cronologia da mistura carburante (álcool anidro e gasolina)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2007a)

Outro aspecto interessante relacionado ao mercado de álcool anidro também pode ser observado no confronto do Quadro 2 com o Gráfico 18: em três períodos

diferentes o comportamento da produção dissociou-se do consumo. Até 1982, enquanto o consumo aparente de gasolina apresentava uma tendência de queda (a qual pode, em parte, ser atribuída ao aumento na venda de carros movidos exclusivamente a álcool), a produção de álcool anidro aumentou – respondendo principalmente às variações da regulação estatal, que visava estimular o consumo desse combustível aumentando a mistura carburante; de 1988 a 1990, ao contrário, enquanto o consumo aparente de gasolina aumentava, a produção de álcool anidro diminuiu (em um esforço coordenado pelo Estado, que reduziu a mistura carburante, para tentar abastecer o mercado de álcool hidratado); e após 2000, quando o incremento nas exportações permitiu um aumento na produção de álcool anidro sem a contrapartida do consumo.

Gráfico 18 – Evolução da produção de álcool anidro e do consumo aparente médio de gasolina no Brasil, de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Alves (2002), UNICA (2007) e Brasil (2007c)

Segundo dados de Renewable Fuels Association – RFA (2008), o Brasil foi o líder na produção mundial de etanol até 2004, perdendo a posição para os EUA em 2005 e 2006 (ver Gráfico 19). Marcoccia (2007, p. 40) afirma que:

Estados Unidos, que há menos de dez anos não cogitava a utilização do etanol como combustível, divide atualmente com o Brasil as primeiras posições entre os maiores produtores do mundo: aumenta sua capacidade produtiva visando um plano para diminuir a sua dependência energética em relação aos combustíveis fósseis e prepara-se para a utilização de tal combustível em novas tecnologias de geração de energia. Verifica-se que algo está sendo modificado em relação ao uso do etanol mundialmente. Seu uso, até pouco tempo, limitava-se ao setor de química fina, na área de farmácia e perfumaria.

Gráfico 19 – Evolução recente da produção mundial de etanol, de 1997 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de RFA (2008)

A produção mundial de etanol não se restringe à utilização de cana-de-açúcar. Outras fontes de biomassa são aproveitadas em diversos países. Pode-se destacar o milho, a beterraba branca (açucareira), o sorgo sacarino, o trigo, a mandioca (cassava) e resíduos florestais. Nos últimos 10 anos, países como EUA, França, Espanha, Suécia e China vêm se destacando na utilização dessas matérias-primas para o desenvolvimento de seus programas de fontes alternativas de energia (MARCOCCIA, 2007, p. 43).

O Quadro 3 evidencia qual país tem utilizado cada uma das diferentes matérias-primas para a produção de etanol, bem como os respectivos climas e processos produtivos. A utilização do álcool como combustível em diferentes países

tem sido impulsionada por estímulos essencialmente políticos, e não econômicos. Ratificando o Protocolo de Quioto, 39 países industrializados assumiram o compromisso de reduzir suas emissões de dióxido de carbono (CO₂) e, com a finalidade de atingir os objetivos propostos, vários programas de incentivo ao uso do etanol estão sendo implementados (ver Quadro 4).

Matéria-prima	Países	Clima	Processo produtivo
cana-de-açúcar	Brasil, Índia, Austrália, Peru, Argentina e América Central	tropical	Fermentação
milho	Estados Unidos e Canadá	tropical e temperado	Cozimento e fermentação
beterraba açucareira	França, Alemanha e Espanha	temperado	Cozimento e fermentação
mandioca (cassava)	Tailândia	tropical	Cozimento e fermentação
sorgo	China, Países Africanos e Índia	tropical e temperado	Fermentação

Quadro 3 – Matérias-primas adotadas para a produção de etanol em diferentes países, climas e processos produtivos

Fonte: Adaptado de Marcoccia (2007)

País	Programa
Argentina	Meta de adição de 5% de etanol à gasolina
Austrália	Exige a mistura a 10% de etanol à gasolina
Brasil	Exige a adição de etanol à gasolina na proporção de 25%
Canadá	Exige a mistura com etanol a 7,5% em Manitoba e 10% em Saskatchewan
China	Exige a mistura a 10% em várias províncias
Colômbia	Exige a mistura a 10% em cidades com mais de 500 mil habitantes
EUA	Permite a mistura até 10%; em alguns estados (Connecticut, Missouri, Minnessota e Havaí) a mistura é obrigatória (às vezes, em menor proporção)
Índia	Exige a mistura a 5% em 9 estados e 32 territórios
Tailândia	Exige a mistura a 10% de etanol à gasolina
União Européia	Meta de 2% da energia provenientes de biocombustíveis desde 2005, aumentando para 5,75% em 2010

Quadro 4 – Programas de incentivo à utilização do etanol como combustível em diferentes países

Fonte: Adaptado de Schafer (2005)

2.2.2 Comercialização da cana-de-açúcar

Tendo em vista as diversas peculiaridades da cadeia produtiva de açúcar e álcool até agora evidenciadas, que implicam em um elevado grau de especificidade locacional, temporal e físico (MORAES, 2000), pode-se desenvolver uma análise mais holística dos problemas enfrentados na comercialização da cana-de-açúcar.

Williamson (1996 apud MORAES, 2000), afirma que os ativos envolvidos na produção da matéria-prima e dos produtos industriais caracterizam a existência de dependência bilateral entre as partes. Por isso, a utilização do mercado (compras de cana-de-açúcar no spot) é a forma menos eficiente de se negociar esta matéria-prima. Segundo a autora, as melhores formas de transação para comercialização da cana são as que envolvem relações hierárquicas, como os contratos de fornecimento entre os agentes, o arrendamento de terras pelas usinas ou o cultivo em terras da própria unidade industrial.

Em 1941, o Decreto-Lei Nº 3.855 instituiu o Estatuto da Lavoura Canavieira, que disciplinou rígida e controladamente as relações entre fornecedores de cana e produtores industriais, estabelecendo a forma e fixando as cotas para o fornecimento às usinas, assegurando o recebimento e a moagem das canas pelas mesmas. Além disso, a Lei Nº 4.870 de 1965, que revigorou as disposições do referido Estatuto estabelecendo a participação dos fornecedores na valorização dos estoques e o pagamento da cana pelo teor de sacarose, também contribuiu para que a comercialização do produto estivesse legalmente regulamentada (MORAES, 2000).

Entretanto, é importante ressaltar que, com a mudança no ambiente institucional – iniciada com a promulgação da Constituição Federal de 1988 e acentuada com a desregulamentação do setor sucroalcooleiro a partir de 1990 – mudanças profundas ocorreram no relacionamento entre fornecedores e produtores industriais, implicando na necessidade de se criar uma nova forma de transação que atendesse a ambas as partes. Esse problema foi amenizado com o estabelecimento de um novo sistema de remuneração para a matéria-prima: o método CONSECANA.

Esse método de pagamento da cana, elaborado por técnicos da Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil – ORPLANA e sugerido aos

membros da UNICA, foi definido com base na experiência de outros países – como Austrália, África do Sul, EUA e alguns países da Europa – onde já ocorria o fornecimento autônomo de cana ou de beterraba para a produção de açúcar. Segundo a União dos Produtores de Bioenergia – UDOP (2007), essa metodologia busca basicamente auferir o faturamento obtido pela unidade industrial por tonelada de cana e, através da participação da matéria-prima no custo de produção industrial, determina-se a parcela do faturamento total destinada ao pagamento dos fornecedores. Moraes (2000) explica que a pureza do caldo e o Pol da cana⁵, anteriormente utilizados para calcular o Teor de Sacarose da cana-de-açúcar, continuam servindo de base para o pagamento, mas agora através do cálculo da quantidade total de açúcares recuperáveis. Após a quantificação do ATR na cana e do preço de faturamento por kg de ATR, aplica-se o fator de participação do fornecedor, resultando o preço bruto por tonelada de cana.

Neste modelo de pagamento, o valor da tonelada da cana é determinado a partir da quantidade de ATR contidos na matéria-prima entregue pelo produtor, da participação média da matéria-prima no total de ATR entregue (ponderada pelo *mix* de produção da indústria) e do valor do ATR no Estado (ponderado pelos preços dos produtos fabricados na unidade industrial, açúcar e/ou álcool, praticados no mercado interno estadual e externo). Dessa forma, as oscilações ocorridas nos preços do álcool e do açúcar, desde que repassadas ao preço da tonelada da cana-de-açúcar, distribuem a renda gerada no setor entre os agentes e preservam o produtor. A Figura 4 traz uma representação simplificada da formação de preço da cana-de-açúcar através do método CONSECANA.

Conforme estabelece o Regulamento do CONSECANA (ORPLANA, 2006), os parâmetros tecnológicos que definem a qualidade da matéria-prima são apurados na unidade industrial recebedora, no ato da entrega. A operação do sistema de avaliação da qualidade da matéria-prima – incluindo todas as etapas, desde as pesagens da cana até o processamento de dados – é de responsabilidade da unidade industrial. As normas do sistema de avaliação da qualidade da cana-de-açúcar para o Estado de São

⁵ Pureza (aparente) do caldo é a porcentagem de Pol em relação ao Brix; Pol é o teor de sacarose aparente por cento, em peso, de caldo; Brix é o teor de sólidos solúveis por cento, em peso, de caldo (ORPLANA, 2006).

Paulo, com os procedimentos, as equações e os coeficientes técnicos utilizados para o cálculo do ATR, encontram-se dispostos no Anexo I do mencionado regulamento.

Figura 4 – Esquema simplificado da remuneração aos fornecedores de cana-de-açúcar segundo o método CONSECANA

Fonte: Elaborado pelo autor.

A evolução do preço real da cana-de-açúcar, de 1976 a 2006, pode ser observada na Gráfico 20. Até o início da década de 90, a série apresenta a tendência de diminuição característica das *commodities*. Entretanto, esse comportamento não é observado nos últimos 16 anos – nem mesmo após a adoção do modelo CONSECANA, quando o preço da cana responde claramente às variações do preço do ATR e, portanto, do açúcar e do álcool.

Gráfico 20 – Evolução do preço real da cana-de-açúcar e do ATR no Estado de São Paulo, de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UNICA (2007) e UDOP (2007)

No Gráfico 21, compara-se a evolução dos índices de preço real do açúcar cristal, do álcool hidratado e do álcool anidro praticados no Estado de São Paulo, entre 1976 e 2006. De 1980 a 1995, as três séries de preço apresentam comportamento semelhante, com o açúcar apresentando quedas de preço relativamente maiores do que o álcool anidro ou hidratado. A partir de 1996 essa relação se inverte, exceção feita aos anos 2000 e 2001 quando as quedas de preços praticados no mercado de álcool hidratado foram comparativamente menores.

Tratando especificamente da formação de preços no setor sucroalcooleiro, Costa (2000) verificou que o preço do açúcar refinado aos produtores causa o preço desse mesmo açúcar no varejo. De forma semelhante, nos mercados de álcool combustível, a autora constatou que os preços ao produtor causavam o preço no varejo. Entretanto, no mercado de açúcar cristal, o preço no varejo causou o preço pago aos produtores.

Além disso, os resultados de Costa (2000) indicaram baixa influência entre o preço ao produtor de açúcar cristal e o preço de álcool anidro. Por outro lado, variações de preço de açúcar e de álcool anidro mostraram forte influência sobre o preço do álcool hidratado.

Gráfico 21 – Evolução dos índices de preço real de açúcar, álcool hidratado e álcool anidro no Estado de São Paulo, de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de UNICA (2007) e Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA (2007)

Os resultados do estudo de Alves (2003), analisando a intensidade e a duração da transmissão de oscilações de preços no setor sucroalcooleiro, apontaram para a existência de inter-relações contemporâneas entre os preços de açúcar cristal industrial e destinado à exportação e, também, entre os preços do açúcar cristal ao produtor e no varejo – corroborando os resultados de Costa (2000). Segundo o autor, o preço de exportação do açúcar mostrou-se relativamente independente às variáveis do mercado interno. Cabe ressaltar que, devido ao pequeno número de observações das séries, os mercados de álcool hidratado e de açúcar refinado não foram considerados na

mencionada análise (para uma melhor visualização da cadeia de comercialização, ver Figura 5).

Figura 5 – Esquema simplificado da comercialização de açúcar e álcool combustível

Fonte: Adaptado de Costa (2000)

2.2.3 Comércio internacional de açúcar e de álcool

Uma característica importante na evolução do mercado internacional de açúcar foi a dependência, em vários países, da produção e da comercialização em relação às políticas governamentais.

Essa intervenção no mercado de açúcar apresenta-se diferenciada, conforme o país e a matéria-prima da qual se origina. Por um lado, o açúcar produzido da beterraba (geralmente nos países desenvolvidos) é altamente subsidiado e sujeito a políticas protecionistas de controle da produção e de preços. Em contrapartida, a produção a partir da cana-de-açúcar, destacando-se os países menos desenvolvidos, está sujeita à taxaço pelos próprios governos (geração de receitas), e também às restrições de importação,

tarifárias e não tarifárias, adotadas pelos países mais desenvolvidos (STALDER, 1997, p. 25).

Baru (1987) divide o mercado mundial de açúcar em “preferencial” e “livre” (ou “residual”). De tempos em tempos, o mercado livre é regulado por Acordos Internacionais de Açúcar – AIAs, firmados entre os principais importadores e exportadores líquidos. Embora suas raízes possam ser encontradas na Convenção de Bruxelas de 1902, os AIAs são instituições do período que se segue à Grande Depressão, como uma tentativa de estabilizar a receita dos países exportadores de açúcar.

No período anterior às Guerras Mundiais, o comércio internacional de açúcar ocorria essencialmente entre Colônias e respectivos Impérios. O conceito de mercado preferencial é, essencialmente, posterior ao período de Guerras – com o primeiro acordo sendo estabelecido entre EUA e alguns dos países aliados (como Cuba, por exemplo) sob a designação US Sugar Act of 1948. Esse acordo foi abrogado em 1960, com a revolução cubana (BARU, 1987).

O segundo arranjo importante, que de certa forma foi um resultado do colapso do acordo entre EUA e Cuba, foi o estabelecido entre este último e o Comecon – assegurando ao país caribenho mercado preferencial na URSS e em outros países do Leste europeu. Contudo, um arranjo muito mais importante para as economias em desenvolvimento exportadoras de açúcar foi o estabelecido entre a Comunidade Econômica Européia – CEE e as ex-Colônias da África, Caribe e Pacífico – ACP, resultado da fusão do Commonwealth Sugar Agreement (entre Inglaterra e suas Colônias, de 1951) e da Convenção de Yaounde (entre França e suas Colônias, em 1963). Sob esse acordo, uma quantidade fixa de açúcar era conferida a cada país – com preços geralmente maiores que os prevalentes no mercado livre (BARU, 1987).

Em meados da década de 80, as políticas protecionistas adotadas pelos países desenvolvidos contribuíram decisivamente para um declínio no comércio internacional de açúcar, uma vez que aumentaram a auto-suficiência dos principais importadores. A crise foi agravada por uma dramática redução do consumo per capita nos principais mercados consumidores (nos EUA, por exemplo, a queda foi de 25% entre 1980 e

1985) e pela emergência de produtos substitutos (como os adoçantes artificiais, cujo consumo per capita aumentou quase 167% no mesmo período) (BARU, 1987).

Como a CEE passou de importador a exportador líquido de açúcar, o arranjo estabelecido com ACP passou a sofrer uma forte pressão – levando à criação do Protocolo do Açúcar, na Convenção de Lomé, em 1975. Ficou então estabelecido que a importação da maioria dos produtos originados na ACP estaria livre de taxaço, desde que esse tratamento não favorecesse mais os produtos importados do que os produzidos na própria CEE (BARU, 1987).

Esse regime se manteve praticamente inalterado durante 40 anos. Segundo a BBC Brasil (2002), os preços praticados no mercado preferencial europeu chegaram a ser três vezes mais altos do que os praticados no mercado livre. Em 2002, Brasil e Austrália questionaram os subsídios concedidos pela União Européia – UE aos produtores de açúcar, alegando que os mesmos estariam distorcendo preços e mercados.

Em 2005, a Organização Mundial do Comércio – OMC considerou ilegais os incentivos econômicos da UE para a reexportação do açúcar produzido em suas ex-colônias. Mais tarde, no mesmo ano, os ministros da agricultura da UE aprovaram uma ampla reforma no mercado comum do açúcar. Entre outras medidas, ficou estabelecido que o preço garantido do açúcar branco seria diminuído de 36% ao longo de quatro anos e que um regime de incentivos para a saída voluntária dos produtores menos competitivos seria instaurado. Os países em desenvolvimento, entretanto, continuariam a se beneficiar de acesso preferencial ao mercado comunitário a preços atrativos – sendo, inclusive, oferecida aos países da ACP uma assistência financeira para se adaptarem à mudança (AGRONOTÍCIAS, 2005).

Nos Estados Unidos, um dos mercados mais regulamentados de açúcar no mundo, a política restritiva ainda consiste em limitar o volume importado estipulando quotas e tarifas restritivas para quantidades que as excedem. As quotas permitem importar com uma pequena tarifa, mas no caso do regime preferencial a mesma se torna nula para países que compõem o Acordo Norte-Americano de Livre Comércio – NAFTA (como o Canadá e o México) e algumas outras regiões. Para o ano-safra 2006/07, o país norte-americano fixou a quota tarifária em 57 mil toneladas para o

açúcar refinado e 1,34 milhão de toneladas para o açúcar bruto – dos quais cerca de 14% foram alocados ao Brasil (STALDER, 1997; BRASIL, 2008c).

As exportações do Brasil para os Estados Unidos caíram drasticamente desde a introdução de controles de importação, no início dos anos oitenta (à época, o Brasil chegou a exportar 1,5 milhão de toneladas/ano). Antes do Sugar Program, os Estados Unidos importavam 55% de seu consumo doméstico; hoje, cerca de 17% (BRASIL, 2008c, p. 7).

Apesar do mercado livre ser mais antigo que o preferencial, já que o primeiro existe desde o advento do comércio de açúcar, ele deixou de ser realmente livre no início do século XX, quando os países exportadores começaram a estabelecer acordos comerciais até mesmo em mercados não-regulamentados. A iniciativa foi tomada pelos produtores europeus de açúcar de beterraba que, pressionados por uma redução de preços devido à produção crescente na virada do século, concordaram (durante a Convenção de Bruxelas, em 1902) em controlar a produção e venda de açúcar na Europa (BARU, 1987).

A maior intervenção no comércio livre ocorreu, entretanto, durante a Grande Depressão: em 1930, o Chadbourne Agreement criou formalmente um cartel internacional do açúcar. Os signatários desse acordo foram as associações nacionais de produtores de nove importantes exportadores de açúcar na época – a saber, Bélgica, Cuba, Tchecoslováquia, Alemanha, Hungria, Java, Peru, Polônia e Iugoslávia – que concordaram em fixar quotas específicas de exportação e retirar do mercado todo o estoque físico de açúcar. Esse estoque, dito excedente, deveria ser escoado em partes iguais ao longo dos quatro anos seguintes e debitado das quotas. Os países também concordaram em reduzir a produção para evitar o acúmulo adicional de estoques. Em 1931, esse acordo representava 60% das exportações mundiais de açúcar. Mas, como nem todas as nações exportadoras aderiram ao cartel, o inevitável colapso do acordo ocorreu em 1935 (BARU, 1987; DYE; SICOTTE, 2003).

O primeiro acordo internacional que envolveu todos os principais exportadores de açúcar foi o International Sugar Agreement (AIA em português) de 1937. Destacando a necessidade de se manter uma relação organizada entre oferta e demanda para garantir um abastecimento adequado a preços razoáveis, esse acordo alocou quotas de

exportação para o açúcar comercializado no mercado mundial e exigiu dos mercados compradores o comprometimento de manter os níveis de importações (BARU, 1987).

A segunda Guerra Mundial provocou a ruptura do AIA de 1937, mas um novo AIA foi assinado em 1953, e renegociado em 1958. O fim do US Sugar Act of 1948 e, conseqüentemente, do acordo bilateral entre EUA e Cuba em 1960 forçaram o país caribenho – antes de estabelecer o acordo com o Comecon – a escoar sua produção pelo mercado livre. Isso provocou a queda dos preços mundiais para níveis inferiores aos mínimos especificados no AIA de 1958, exercendo forte pressão sobre o acordo, que terminou em 1963 (BARU, 1987).

Em 1968, sob a chancela da Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento – UNCTAD, um novo AIA foi estabelecido com o objetivo de aumentar a receitas dos países em desenvolvimento exportadores, de assegurar preços que remunerassem adequadamente (mas que não estimulassem um aumento excessivo da produção em países desenvolvidos) e de proporcionar aos países em desenvolvimento não só uma participação adequada nos mercados de países desenvolvidos, mas também um acesso crescente (BARU, 1987).

A política de subsídios à produção de açúcar de beterraba que se desenhou no início dos anos 70 derrubou os preços mundiais (devido ao aumento da produção na CEE) a níveis tão baixos que não houve muito entusiasmo para a negociação de um novo acordo em 1973. Embora isso tenha efetivamente ocorrido no em questão, e novamente em 1975 e 1976 para o período de 1 ano, a renegociação de AIA em 1977 deparou-se com o desinteresse da CEE em continuar com o acordo caso não houvesse uma quota maior para suas exportações (BARU, 1987).

Brasil, Austrália, EUA e os países em desenvolvimento exportadores de açúcar acusaram a CEE de dumping com a venda de produção subsidiada no mercado mundial. Essa prática foi alvo de ataques severos na comunidade internacional, com os EUA chegando a sugerir que o único fator que contribuía para o declínio dos preços no mercado livre era a produção excessiva e subsidiada da CEE. O AIA de 1977 vigorou até 1984 – quando não foi renovado, dado o cenário mundial de crescente auto-suficiência na produção de açúcar (BARU, 1987).

Em 1984 um novo AIA foi firmado, mas sem cláusulas econômicas. Em 1987, durante a Conferência do Açúcar das Nações Unidas, alguns ajustes foram feitos sobre o acordo. Entretanto, em nenhum deles houve a imposição de quotas sobre importações ou exportações pelos países membros. Em 1992, os países membros da International Sugar Organization – ISO⁶ estabeleceram um novo e permanente AIA, contendo provisões com relação à transparência do mercado, mas não econômicas (INSTITUTE FOR TRADE & COMMERCIAL DIPLOMACY – ITCD, 2008).

O impacto de muitas dessas transformações de ordem política no mercado internacional do açúcar podem ser observadas nos Gráficos 22 a 25. Brasil, Tailândia e França se consolidaram como os principais exportadores de açúcar refinado em 2004 – mas é interessante observar que o valor recebido nesse último país, em US\$/t, foi historicamente maior em comparação aos demais. Até meados da década de 90, Cuba foi um importante exportador mundial de açúcar bruto; entretanto, sua participação no mercado internacional foi gradativamente reduzida, possibilitando um crescimento expressivo das exportações brasileiras.

No que se refere aos maiores mercados importadores de açúcar refinado, observa-se uma grande variabilidade ao longo do tempo – resultado da crescente busca pela auto-suficiência no abastecimento, conforme mencionado anteriormente. Já as importações de açúcar bruto se mostram bastante pulverizadas, embora sejam relativamente mais estáveis – com Rússia, Coreia do Sul, Estados Unidos, Japão, Malásia e Reino Unido se destacando como os principais importadores em 2004.

Atualmente, a maior parte do produto é comercializada internacionalmente pelo mercado livre, por intermédio das *tradings*, mesmo com o nível de preços no mercado mundial sendo inferior ao dos mercados preferenciais e sujeitos a grandes oscilações especulativas.

⁶ Os membros exportadores da ISO incluíam, na época: África do Sul, Argentina, Austrália, Áustria, Barbados, Belize, Bolívia, Brasil, Colômbia, Comunidade Européia, Congo, Coreia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Fiji, Filipinas, Finlândia, Guatemala, Guiana, Honduras, Hungria, Índia, Jamaica, Japão, Malavi, Maurícia, México, Nicarágua, Noruega, Paquistão, Panamá, Papua-Nova Guiné, Peru, Reino Unido, Rep. Dominicana, Rússia, Suazilândia, Suécia, Suíça, Tailândia, Uruguai e Zimbábue. Os membros importadores incluem: Canadá, Coreia, Finlândia, Japão, Noruega, Rússia, Suécia e Suíça. Nota: os EUA deixaram a ISO em 1992, por não concordarem com certas medidas do novo acordo.

Gráfico 22 – Exportações de açúcar refinado, principais países (anos selecionados)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FAO (2007)

Gráfico 23 – Exportações de açúcar bruto, principais países (anos selecionados)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FAO (2007)

Gráfico 24 – Importações de açúcar refinado, principais países (anos selecionados)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FAO (2007)

Gráfico 25 – Importações de açúcar bruto, principais países (anos selecionados)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FAO (2007)

Na Tabela 3, compara-se os principais destinos das exportações brasileiras em açúcar em 1996 e 2006. Rússia, Emirados Árabes e Irã, os três maiores importadores de açúcar brasileiro em 2006, são também os países que apresentaram maior crescimento no volume importado. No conjunto de países formado pelos cinco principais destinos nos referidos anos, Nigéria, Argélia e Estados Unidos apresentaram as menores taxas de crescimento – chegando, inclusive, a ser negativa no caso do último país. Além disso, pode-se observar uma tendência à concentração: enquanto as exportações totais cresceram 24,6% no período, as feitas para os países que não se encontravam entre os 5 principais destinos de 1996 ou 2006 cresceram apenas 16,2%.

Tabela 3 – Principais destinos das exportações brasileiras de açúcar, 1996 e 2006

País destino	1996		2006		Δ média a.a.
	Qtde. (tons.)	Rank	Qtde. (tons.)	Rank	
Rússia	521,638	2	4,346,110	1	73,3%
Emirados Árabes	179,784	11	1,231,057	2	58,5%
Irã	42,900	28	1,166,585	3	261,9%
Nigéria	565,742	1	1,126,698	4	9,9%
Malásia	-	n.a.	1,116,024	5	n.a.
Argélia	371,647	3	723,132	9	9,5%
Estados Unidos	370,771	4	212,305	20	-4,3%
Egito	362,369	5	968,203	6	16,7%
Outros	3,008,283	n.a.	7,890,019	n.a.	16,2%
Total	5,423,134	n.a.	18,780,133	n.a.	24,6%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2008a)

Nota: n.a. = não-aplicável

Conforme ilustra o conjunto de gráficos que compõem a Figura 6, a participação do açúcar na pauta de exportações brasileiras passou de 3,03% em 1976 para 1,71% em 1986, 3,38% em 1996 e 2,73% em 2004. O mix entre açúcar bruto e refinado nas exportações variou significativamente nesses anos, com o primeiro representando cerca de dois terços do total em 1976 e 2004, mas alcançando 50% em 1986 e 74% em 1996. Enquanto o açúcar é um produto tradicional na pauta de exportações brasileiras, a participação do álcool nas exportações do setor sucroalcooleiro aumentou 2,5 vezes nos últimos 4 anos: saiu de 7% em 2003 e chegou

a 26% em 2006 – período em que as exportações de açúcar e álcool cresceram, em média, 40% ao ano (ver Gráfico 26).

Figura 6 – Participação do açúcar na pauta de exportações brasileiras.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de United Nations Commodity Trade Statistics – COMTRADE (2008) e FAO (2008)

Gráfico 26 – Evolução das exportações brasileiras de açúcar e álcool, de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2007b) e Brasil (2007c)

Em 1980, o aumento repentino nas exportações de açúcar pode ser explicado, pelo menos em parte, por preços favoráveis no mercado internacional – fato que se repete em 1990 e 1995 (ver Gráfico 27). Já em 2000, as exportações do ano imediatamente anterior (que apresentaram um aumento de quase 43%) induziram o mercado à formação de uma expectativa de preços pessimista: temia-se que, caso as condições favoráveis para a recuperação do mercado interno não se mantivessem, o Brasil inundasse o mercado internacional com açúcar.

Gráfico 27 – Evolução dos índices de preço real do açúcar: mercado interno e exportações, de 1976 a 2006

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de CEPEA (2007) e Brasil (2007c)

Diferentemente do comércio internacional de açúcar, que remonta à Idade Média e se confunde com a história e o desenvolvimento econômico de vários países, o comércio internacional do etanol data de período bem mais recente – embora as prerrogativas sob as quais tem ocorrido não sejam muito diferentes das observadas no primeiro mercado. Conforme exposto anteriormente, os principais mercados mundiais para o álcool combustível são Brasil e EUA – com destaque para o primeiro país, devido ao pioneirismo no estabelecimento de um programa para disseminar o uso do combustível alternativo.

Os Gráficos 28 e 29 evidenciam que o comércio internacional de etanol começa a ganhar volume na década de 80, quando o combustível importado pelos EUA se originava do Brasil e da CEE – neste ultimo caso, via a Iniciativa da Bacia do Caribe – CBI. Em 1983, os EUA concederam acesso livre ao mercado norte-americano para produtos que tivessem pelo menos 35% de seu valor adicionado no Caribe. Esse esquema preferencial induziu à realização de investimentos estrangeiros na região – dentre eles, a instalação de indústrias na Costa Rica e na Jamaica para converter o excesso de vinho europeu em etanol, que era re-exportado aos EUA. Dois anos mais tarde, por pressão do lobby de produtores de etanol, o Congresso norte-americano elevou a exigência de valor adicionado para 70%, praticamente inviabilizando esse mercado preferencial (HOEKMAN et al., 2001).

Nos anos 90, com o fim do Proálcool, a abertura comercial e a necessidade de abastecer o mercado interno, o Brasil também se torna um importante importador de etanol – proveniente tanto da UE (via CBI), quanto da África do Sul e até dos EUA (que ainda continuavam a ser um grande importador). Desde 2000, a disseminação do uso e a perspectiva de ampliação do comércio internacional de etanol provocaram um aumento significativo da produção do combustível no Brasil e nos EUA. Entretanto, em 2004, enquanto o primeiro já havia se tornado o maior exportador mundial de etanol, o segundo ainda era o maior importador.

De acordo com Brasil (2008c),

diversas medidas protecionistas e de incentivo à produção de etanol doméstico dificultam, desde o início dos anos 1980, o acesso do etanol brasileiro ao mercado norte-americano. Em 1978, foram introduzidas isenções fiscais à mistura do etanol na gasolina, originalmente de 54 centavos por galão “misturado” de etanol e hoje correspondente a um crédito fiscal de 51 centavos de dólar por galão, concedido como restituição de imposto de renda às refinarias e distribuidores que misturam o etanol (de qualquer procedência, doméstico ou importado) à gasolina.

Em 1980, como forma de circunscrever o incentivo fiscal apenas ao etanol doméstico, produzido à base do milho do meio-oeste, foi instituída uma tarifa especial de importação de etanol combustível, no valor de 14,27 centavos por litro, ou 54 centavos de dólar por galão (“anulando” o crédito fiscal no caso de mistura de álcool importado). Há países isentos da tarifa especial, ao amparo de regimes preferenciais: Israel, Canadá, México e os países da América Central e do Caribe.

Gráfico 28 – Exportações de etanol, principais países (anos seleccionados)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FAO (2007)

Gráfico 29 – Importações de etanol, principais países (anos seleccionados)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de FAO (2007)

Em 2005 e 2006, conforme pode ser observado na Tabela 4, as exportações brasileiras continuaram em sua trajetória ascendente – crescendo apenas neste último ano mais de 30%. Segundo Brasil (2008c),

na esteira do aumento da demanda interna por etanol resultante do banimento, em maio de 2006, do uso do MTBE (metil-terbutil-éter) como aditivo à gasolina em vários estados norte-americanos, as exportações de etanol do Brasil para os Estados Unidos aumentaram quase 1.000% em relação a 2005, mesmo com a barreira representada pelo direito específico “temporário” de 54 centavos de dólar por galão (vigente até 1º de janeiro de 2009), além da alíquota ad valorem de 2,5%. [...]

Outros exportadores importantes são os países do *Caribbean Basin Trade Partnership Act* (CBTPA), como Jamaica, Costa Rica e El Salvador. Presume-se que o etanol CBTPA, que entra nos Estados Unidos sem pagamento da tarifa especial, é sobretudo álcool brasileiro desidratado no Caribe. Pelos termos do regime preferencial, produtores da região da CBTPA estão hoje autorizados a exportar aos Estados Unidos, sem a tarifa de 54 centavos, um volume de etanol a partir de matéria-prima “não-doméstica” correspondente a até 7% do consumo anual dos Estados Unidos – algo como 376 milhões de galões em 2006 – limite este que nunca foi atingido. Foi introduzido, em 2004, projeto de lei no Senado destinado a “capear” a exportação *duty-free* do etanol reprocessado no Caribe – com teto de 90 milhões de galões/ano. O projeto, contudo, não prosperou.

Em 2006, vários projetos de lei foram apresentados na Câmara e no Senado norte-americanos propondo a eliminação do direito específico que incide sobre o etanol importado. Algumas propostas previam a liberalização completa das importações. Tais iniciativas, no entanto, não avançaram, em razão das já conhecidas resistências de alguns legisladores norte-americanos do meio-oeste.

Tabela 4 – Principais destinos das exportações brasileiras de etanol, 2005 e 2006

País destino	2005		2006		Δ média a.a.
	Qtde. (tons.)	Rank	Qtde. (tons.)	Rank	
Estados Unidos	260.715	3	1.767.060	1	577,8%
Países baixos	259.403	4	346.615	2	33,6%
Japão	315.392	2	225.403	3	-28,5%
Suécia	245.891	5	204.614	4	-16,8%
El Salvador	157.851	7	181.143	5	14,8%
Índia	410.757	1	10.074	18	-97,5%
Outros	942.284	n.a.	691.948	n.a.	-26,6%
Total	2.592.293	n.a.	3.426.857	n.a.	32,2%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2008a)

Nota: n.a. = não-aplicável

2.3 Modelos para a decomposição das flutuações do produto

Como se sabe, as economias sofrem flutuações. Oscilações regulares podem ser claramente observadas na atividade econômica, nos preços, nos salários, no investimento e no consumo. Os diferentes tipos de flutuações são classificados de acordo com a duração do ciclo (McCANDLESS; WALLACE, 1995):

- **Sazonais:** ciclos de 1 ano ou menos, acompanhando o ciclo dos meses e/ou das estações;
- **Ciclos econômicos (ou *business cycles*):** ciclos de 2 a 10 anos, caracterizados pela irregularidade de sua duração e pela dificuldade na previsão de seu comportamento.
- ***Long-wave cycles*:** ciclos que abrangem de 20 a 60 anos.

Já que a periodicidade de dados necessária para a análise das flutuações na produção de cana-de-açúcar é anual, e o período para o qual existem informações disponíveis para a realização desse estudo é de 30 anos, nesta seção serão apresentados apenas modelos econômicos que permitam a decomposição dos ciclos econômicos em choques.

Na teoria macro mais recente tem assumido importância a decomposição dos choques entre oferta e procura como forma de identificar as principais fontes de perturbação. Assim, a nova teoria dos ciclos econômicos reais atribui uma grande importância aos impulsos provocados pelas alterações tecnológicas que provocariam efeitos permanentes sobre o PIB, gerando não só a tendência como o ciclo, seja através da função de produção seja através da substituição intertemporal dos consumidores. As investigações mais recentes utilizando seja modelos simulação seja modelos tipo VAR confluem para uma visão mais eclética em que são importantes ambos tipos de choques (MATEUS, 2007, p. 4).

Jha (1994) adaptou o modelo da Síntese Keynesiana à realidade macroeconômica de países em desenvolvimento. Considerando uma economia pequena, aberta ao comércio internacional, e pressupondo a produção de um determinado bem (embora domesticamente sejam consumidos dois tipos: os nacionais e os importados), a proposta pelo autor é uma versão estocástica do tradicional modelo IS-LM-OA:

$$Y = \alpha_0 - \alpha_1(i - \pi^e) - \alpha_5\tau + \varepsilon_g \quad \text{equação da IS} \quad (1)$$

$$\mu - \pi + \varepsilon_m = \alpha_2 Y - \alpha_3 i - (m - p)_{-1} \quad \text{equação da LM} \quad (2)$$

$$Y = Y_{-1}^e - \alpha_4[\phi\pi^e + (1 - \phi)(\pi^{*e} + \rho^e) - \pi - \varepsilon_s] + \varepsilon_s \quad \text{equação da OA} \quad (3)$$

$$i = i^* + \rho^e + \varepsilon_{i^*} \quad (4)$$

$$\tau = \pi - \pi^* - \varepsilon_{\pi^*} - \rho + \tau_{-1} \quad (5)$$

sendo:

- Y a produção agregada;
- τ o inverso da taxa de câmbio real ($\tau = p - p^* - \hat{e}$);
- p o nível de preços doméstico;
- $\hat{e}$ a taxa de câmbio nominal;
- i a taxa de juros doméstica nominal;
- π a taxa de inflação;
- μ a taxa de crescimento nominal da oferta de moeda;
- m a oferta nominal de moeda;
- ρ $E(\Delta e/e)$;
- ϕ fator de indexação ($0 < \phi < 1$: 0 indica a inexistência de indexação e 1 indica total indexação).

Os sobrescritos e e * denotam, respectivamente, taxas esperadas e variáveis internacionais; α_n são coeficientes; ε_g são choques domésticos no mercado de bens e serviços; ε_m são choques monetários domésticos; ε_s são choques de oferta domésticos; ε_{i^*} e ε_{π^*} são, respectivamente, choques devidos a variações aleatórias na taxa de juros e de inflação estrangeiras.

Outras importantes pressuposições utilizadas na construção desse modelo foram: produtos nacionais e importados são substitutos imperfeitos; a moeda doméstica não é aceita internacionalmente; as taxas de juros e os preços mundiais são dados; a economia doméstica possui um título que pode ser trocado por outro estrangeiro quando suas rentabilidades são equalizadas.

McCandless e Wallace (1995) usam dois métodos para analisar os *business cycles*. O primeiro, denominado abordagem do Ciclo Econômico Real (ou Efetivo), considera que a conjuntura econômica está se alterando com certa regularidade. Nesse

caso, as flutuações econômicas podem ser atribuídas, por exemplo, a mudanças nas preferências ou nas dotações.

O segundo método, uma abordagem que faz uso da intitulada Teoria da Mancha Solar (*Sunspot Theory*), também está baseado na ocorrência de choques estocásticos na economia. Nesse caso, existem algumas variáveis que as pessoas consideram importantes para a tomada de decisão e cujos dados são confiáveis e estão disponíveis. Os indivíduos usam essas informações para determinar seu comportamento e, por isso, as variáveis que acreditam causar os ciclos econômicos realmente o fazem: a economia apresenta ciclos com a mesma duração dos previstos para as variáveis que serviram de base para a tomada de decisão.

Tratando especificamente das flutuações do produto, Alves (2006) destaca que as mesmas eram tradicionalmente vistas como sendo temporárias. Choques de demanda, sejam eles fiscais ou monetários, não teriam efeito de longo prazo na produção agregada, a qual evoluiria ao longo de uma tendência determinista⁷.

Blanchard e Quah (1989) propuseram que o Produto Nacional Bruto norte-americano é afetado por mais de um tipo de distúrbio: choques de demanda e de oferta – que teriam, respectivamente, um efeito temporário e permanente sobre a produção. Essa classificação dos choques está fundamentada no ponto de vista Keynesiano de flutuações: devido à rigidez nominal, que não permite a alteração dos preços (por causa dos custos de ajustamento) nem dos salários (por causa da existência de contratos), as empresas estão dispostas a manter constantes seus preços relativos face a um choque de demanda – provocando apenas variações de curto-prazo na produção; já os choques de oferta, por afetarem a parte real da economia, apresentariam também efeito no longo-prazo.

Os autores definem como choques temporários aqueles cujo efeito atinge o pico depois de 1 ano, desaparecendo no segundo ou terceiro ano. Já os choques permanentes são aqueles que aumentam constantemente ao longo de 2 anos, atingindo um platô no quinto ano. Os seguintes pressupostos foram adotados para a

⁷ Blanchard e Quah (1989) explicam que a tendência é a parte da produção que seria concretizada se todos os preços fossem perfeitamente flexíveis. O ciclo de negócios é a dinâmica da produção concretizada ao longo dessa tendência.

definição de um modelo capaz de decompor as variações do produto em choques de demanda e de oferta:

- Choques temporários (de demanda) não afetam a produção no longo-prazo;
- Choques permanentes (de oferta) podem afetar a produção no longo-prazo;
- Os distúrbios são não-correlacionados;
- Cada um desses componentes pode ser representado, separadamente, como um termo de defasagens distribuídas invertível.

Com essas pressuposições, as variações da produção puderam ser expressas como sendo um processo estacionário da seguinte forma:

$$\Delta Y(t) = A(0)e(t) + A(1)e(t-1) + \dots = \sum_{j=0}^{\infty} A(j)e(t-j) \quad (6)$$

onde:

$$e = \begin{bmatrix} e_d \\ e_s \end{bmatrix}$$

$$\text{var}(e) = 1$$

$$\sum_{j=0}^{\infty} a_{11}(j) = 0 \quad (\text{condição necessária para que } e_d \text{ não tenha efeito de}$$

longo prazo sobre a produção).

A eq. (6) expressa a produção como defasagens distribuídas de e_d e e_s . Como os choques são não-correlacionados, a matriz de variâncias e covariâncias é diagonal. Essa representação foi recuperada de uma versão adaptada do modelo econômico de Fischer (1977) através da decomposição bivariada de Wold, na qual qualquer processo estacionário com média zero pode ser escrito como uma soma de médias móveis mais uma combinação linear de componentes determinísticos que é função do tempo.

O modelo adaptado de Fischer (1977) é:

$$Y(t) = M(t) - P(t) + a\theta(t) \quad \text{demanda} \quad (7)$$

$$Y(t) = N(t) + \theta(t) \quad \text{oferta} \quad (8)$$

$$P(t) = W(t) - \theta(t) \quad \text{mark-up} \quad (9)$$

$$W(t) = W \mid \{E_{t-1}N(t) = \bar{N}\} \quad \text{salário} \quad (10)$$

$$M(t) = M(t-1) + e_d(t) \quad (11)$$

$$\theta(t) = \theta(t-1) - e_s(t) \quad (12)$$

sendo:

- Y a produção agregada;
- N o nível de emprego;
- θ a produtividade do trabalho;
- $\bar{N}$ o nível de pleno emprego;
- P o nível de preços;
- W o salário nominal;
- M a oferta de moeda;
- e_d choque de demanda;
- e_s choque de oferta.

A equação de demanda agregada está fundamentada na teoria quantitativa da moeda, embora também contemple o efeito da produtividade do trabalho (que age indiretamente sobre a demanda pelas variações que pode provocar no investimento). Assumindo tecnologia com retornos constantes de escala, a equação de oferta agregada é, na verdade, uma função de produção: o produto da economia é obtido com a multiplicação da produtividade do trabalho pelo número de trabalhadores empregados. A equação de mark-up descreve o comportamento do nível de preços, que evolui de acordo com a razão entre salário e produtividade do trabalho (custo do fator trabalho). Já a eq. (10) estabelece que, dado o nível de emprego do período anterior, o salário deve ser tal que o torne o nível de pleno emprego do período atual. Para fechar o modelo, foi necessário estabelecer o processo de formação da oferta de moeda e da produtividade do trabalho, representados pelas equações (11) e (12).

A solução desse modelo para o crescimento da produção é:

$$\Delta Y = e_d(t) - e_d(t-1) + a[e_s(t) - e_s(t-1)] + e_s(t) \quad (13)$$

Os resultados das estimativas realizadas para a economia norte-americana não indicaram precisamente a contribuição relativa dos choques de oferta e de demanda às variações da produção no curto e médio prazos. Os resultados variaram significativamente quando tratamentos alternativos foram adotados para quebra estrutural e tendência. Mesmo assim, os autores destacam que os choques de demanda contribuíram substancialmente para as flutuações da produção agregada ao longo do período analisado (de 1950 a 1987).

Spolador (2006) também analisou o crescimento da produção sob a ótica dos choques de oferta e de demanda. Entretanto, deve-se ressaltar que o foco de seu estudo não era a produção agregada, e sim a agrícola. Por isso, o modelo econômico utilizado por Blanchard e Quah (1989) foi adaptado para melhor representar as variações do crescimento da agricultura:

$$y_t^d = m_t - p_t + \mu_t \quad \text{demanda} \quad (14)$$

$$y_t^s = n_t + \theta_t \quad \text{oferta} \quad (15)$$

$$n_t = E(p_t) \quad (16)$$

$$m_t = m_{t-1} + e_{1t}^d \quad (17)$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + e_{2t}^d \quad (18)$$

$$\theta_t = \theta_{t-1} + e_t^s \quad (19)$$

sendo:

y	o produto agrícola;
m	a renda nacional real;
p	os preços relativos da agricultura;
μ	a taxa de câmbio real;
n	a área plantada;
θ	a produtividade da terra;
e_1^d	choque de demanda doméstica;
e_2^d	choque de demanda externa;
e^s	choque de oferta (produtividade).

As principais modificações foram impostas nas equações de demanda e de oferta: considerou-se que a demanda por produtos agrícolas brasileiros pode ser dividida em duas partes, doméstica e externa, representadas pela diferença entre a renda real e os preços relativos da agricultura e pela taxa de câmbio, respectivamente; já a oferta de produtos agrícolas foi representada pela multiplicação da produtividade da terra pela área total plantada. Pressupôs-se que a decisão com relação à área a ser plantada é tomada com base na expectativa de preços para o período. Além disso, para fechar o modelo foram adotadas as equações (17) a (19), que apresentam o comportamento esperado da renda nacional, da taxa de câmbio e da produtividade da terra.

Resolvendo-se o sistema para Δy_t , chega-se a:

$$\Delta y_t = \frac{1}{2}e_{1t-1}^d + \frac{1}{2}e_{2t-1}^d - \frac{1}{2}e_{t-1}^s + e_t^s \quad (20)$$

Logo, pode-se dizer que choques de demanda doméstica e de taxa de câmbio desempenham papéis similares, e contrários ao choque de produtividade do mesmo período. Entretanto, admite-se que apenas este último afete contemporaneamente a taxa de crescimento da agricultura.

Os resultados do autor indicaram que mais de 50% da evolução da produção agrícola brasileira é explicada por ganhos de produtividade. Por outro lado, um aumento de 10% na produtividade, no longo prazo, reduz os preços agrícolas em 1,6% ao passo que aumenta a produção em 4,8%. Já um aumento da demanda externa (representado por uma desvalorização cambial) de 10% aumenta preços e produção em, respectivamente, 3,7% e 2,0%.

Alves (2006) utilizou uma representação semelhante para investigar a importância dos choques de oferta e de demanda na evolução da produção e da área colhida de algodão no Brasil. Entretanto, diferentemente do proposto em Spolador (2006), o autor considerou que a exportação é dada pelo excedente ofertado no mercado interno. O modelo resultante foi:

$$y_t^d = m_t - p_t \quad \text{demanda} \quad (21)$$

$$y_t^s = n_t + \theta_t \quad \text{oferta} \quad (22)$$

$$x_t = y_t^s - y_t^d \quad \text{exportação} \quad (23)$$

$$m_t = m_{t-1} + e_t^d \quad (24)$$

$$\theta_t = \theta_{t-1} + e_t^s \quad (25)$$

$$p_t = p_{t-1} + e_t^p \quad (26)$$

$$n_t = E(p_t) + e_t^n \quad (27)$$

$$e_t^n = e_{t-1}^n + u_t \quad (28)$$

sendo:

y	a produção de algodão;
m	a renda nacional real;
p	o preço do algodão;
n	a área colhida com algodão;
θ	a produtividade da terra;
x	a exportação brasileira de algodão;
e^d	choque de renda interna;
e^s	choque de oferta (produtividade);
e^p	choque de preços;
e^n	choque de área plantada.

No modelo considerou-se que os preços interno e externo apresentam evolução semelhante no longo-prazo, apesar de admitir-se um período de ajustamento entre os mesmos. Características intrínsecas ao mercado de algodão permitiram que o preço interno fosse considerado exógeno. Assim, a taxa de crescimento da produção de algodão (entendida como a oferta do produto no mercado interno) pôde ser escrita como:

$$\Delta y_t = e_t^s + u_t + e_{t-1}^p \quad (29)$$

Esperava-se, portanto, que aumentos de produtividade e de área favorecessem contemporaneamente o crescimento da oferta. Além da equação 29, esse modelo também permitiu recuperar a taxa de crescimento da demanda, da produtividade, da área, da renda e das exportações em função dos choques anteriormente apresentados.

Os resultados de Alves (2006) apontam que 30% do crescimento da produção de algodão no Brasil é explicada pelo comportamento da produtividade da lavoura, sendo outros 15% atribuídos à evolução do preço. Um aumento de 10% no preço do algodão elevaria sua produção em 4% e suas exportações em 20%, em detrimento do consumo – que apresentaria uma redução de 1% a 2%.

3 MODELO ECONÔMICO

O modelo aqui apresentado é uma versão adaptada dos modelos utilizados em Alves (2006) e Spolador (2006), que aplicaram a representação dos choques de oferta e de demanda – proposta por Blanchard e Quah (1989) – em mercados de produtos agrícolas. Tendo em vista que, neste estudo, pretende-se explicar como choques de oferta e de demanda afetaram a evolução da produção de cana-de-açúcar, a equação de demanda pode ser expressa como:

$$y_t^d = m_t - p_t^d \quad (30)$$

onde y_t^d é a quantidade domesticamente demandada de cana-de-açúcar, m é a renda nacional real e p^d é um índice que representa os preços dos produtos finais (açúcar e álcool) praticados no mercado doméstico. Já a oferta pode ser escrita como:

$$y_t^s = n_t + \theta_t \quad (31)$$

onde y_t^s é a quantidade ofertada de cana-de-açúcar, n é a área plantada e θ é a produtividade da terra.

Embora a cana-de-açúcar não seja exportada *in natura*, o açúcar e o álcool são importantes itens da pauta de exportações brasileiras. Por isso, a quantidade de cana produzida e destinada ao mercado externo (x) será aqui representada por:

$$x_t = y_t^s - y_t^d \quad (32)$$

Além dessas equações, para que o modelo econométrico possa ser estimado, fazem-se necessárias algumas pressuposições sobre o processo gerador das séries que se encontram no lado direito das equações (30) e (31). Por tudo o que foi exposto até agora neste trabalho, serão considerados os seguintes choques:

$$m_t = m_{t-1} + e_t^m \quad (33)$$

$$p_t^d = p_{t-1}^d + e_t^d + e_t^s \quad (34)$$

$$p_t^s = p_{t-1}^s + e_t^s + e_t^d \quad (35)$$

$$\theta_t = \theta_{t-1} + e_t^\theta + e_t^s \quad (36)$$

$$n_t = E(p_t^s) + e_t^n \quad (37)$$

sendo: e^m choque de renda interna;
 e^d choque de preço doméstico proveniente da demanda (via preços do açúcar e do álcool);
 e^s choque de preço doméstico proveniente da oferta (via preço da cana-de-açúcar);
 e^θ choque de produtividade;
 e^n choque de área plantada.

Com

$$e_t^n = e_{t-1}^n + u_t \quad (38)$$

Por hipótese, considera-se que todos os choques são não-correlacionados. Dessa forma, deve-se entender os choques de preço da cana (e^s) sobre os preços de açúcar e álcool (p^d) como variações inesperadas no preço relativo entre matéria-prima e produtos finais. Analogamente, choques de preços de açúcar e álcool (e^d) sobre o preço da cana (p^s) também representam essas variações no preço relativo. Por outro lado, deve-se entender choques de produtividade (e^θ) como variações na produtividade da terra (θ) causadas por motivos alheios ao preço da cana – como fatores climáticos, por exemplo. As mudanças no rendimento da lavoura provenientes da adoção de novas práticas de manejo quando os preços da cana variam são representadas pelos choques e^s na equação (36).

Além disso, exceto por e^n , os choques têm médias zero e não apresentam autocorrelações. Os choques de área plantada são por hipótese autocorrelacionados porque, apesar da influência que os preços sobre a área cultivada, a cana-de-açúcar é

uma cultura semi-perene. A rigidez que caracteriza os investimentos realizados (ou não) em canaviais implica em uma interdependência temporal dos choques de área. Já u_t possui as mesmas propriedades que os demais choques, isto é, média zero e ausência de autocorrelação.

3.1 A taxa de crescimento das variáveis

Nesta seção, são apresentadas as expressões que descrevem a taxa de crescimento das variáveis incluídas no modelo.

Da equação (35) tem-se:

$$E(p_t^s) = p_{t-1}^s \quad (39)$$

Substituindo a eq. (39) na eq. (37) tem-se:

$$n_t = p_{t-1}^s + e_t^n \quad (40)$$

a qual, por sua vez, sendo substituída na eq. (31) leva a:

$$y_t^s = p_{t-1}^s + e_t^n + \theta_t \quad (41)$$

Substituindo-se as equações (41) e (30) na eq. (32):

$$x_t = (p_{t-1}^s + e_t^n + \theta_t) - (m_t - p_t^d) \quad (42)$$

ou ainda,

$$x_t = p_{t-1}^s + e_t^n + \theta_t - m_t + p_t^d \quad (43)$$

Assim, a taxa de crescimento do quantum exportado pode ser expressa como:

$$\Delta x_t = \Delta p_{t-1}^s + \Delta e_t^n + \Delta \theta_t - \Delta m_t + \Delta p_t^d \quad (44)$$

De acordo com as equações (33), (34), (35), (36) e (38), sabe-se que:

$$\Delta m_t = e_t^m \quad (45)$$

$$\Delta p_t^d = e_t^d + e_t^s \quad (46)$$

$$\Delta p_t^s = e_t^s + e_t^d \quad (47)$$

$$\Delta \theta_t = e_t^\theta + e_t^s \quad (48)$$

$$\Delta e_t^n = u_t \quad (49)$$

Com a substituição das equações (45) a (49) na eq. (44) chega-se a:

$$\Delta x_t = e_{t-1}^s + e_{t-1}^d + u_t + e_t^\theta - e_t^m + e_t^d + 2e_t^s \quad (50)$$

Portanto, espera-se que choques contemporâneos de oferta (área plantada e produtividade) e de preços domésticos (tanto de cana quanto de açúcar e álcool) afetem positivamente as exportações do setor sucroalcooleiro, enquanto choques contemporâneos de renda doméstica tendam a diminuí-las. Choques defasados dos preços também aumentam as exportações: com o aumento do nível de preços, o consumo doméstico é diminuído e – para se evitar um aumento excessivo de estoques – grande parte do excedente doméstico acaba sendo exportada.

A taxa de crescimento da oferta de cana-de-açúcar pode ser obtida aplicando-se a diferença na eq. (41):

$$\Delta y_t^s = \Delta p_{t-1}^s + \Delta e_t^n + \Delta \theta_t \quad (51)$$

Substituindo as equações (47), (48) e (49) na eq. (51) tem-se que:

$$\Delta y_t^s = e_{t-1}^s + e_{t-1}^d + u_t + e_t^\theta + e_t^s \quad (52)$$

Ou seja, aumentos de preço em um período alteram a expectativa de preços e, por isso, elevam tanto a área quanto a produção no período seguinte. Já aumentos de área (*per se*), de produtividade e de preço da cana favorecem o aumento da oferta contemporaneamente.

As taxas de crescimento da demanda e da área plantada – obtidas pela diferenciação das equações (30) e (40) – são, respectivamente:

$$\Delta y_t^d = e_t^m - e_t^d - e_t^s \quad (53)$$

$$\Delta n_t = e_{t-1}^s + e_{t-1}^d + u_t \quad (54)$$

Com relação às taxas de crescimento das demais variáveis – renda, índice de preços de açúcar e álcool, preço da cana e produtividade – suas fórmulas foram explicitadas, respectivamente, nas equações (45), (46), (47) e (48).

3.2 Definição da matriz de relações contemporâneas

A forma da matriz de relações contemporâneas é de suma importância para a decomposição da variância e a determinação dos impactos em um conjunto de variáveis – os quais, neste estudo, serão utilizados para uma melhor compreensão da dinâmica econômica das flutuações na produção de cana. Por essa razão, a forma através da qual essa matriz foi extraída do modelo econômico será aqui explicitada.

A equação 42 evidencia que o modelo econométrico a ser estimado deve possuir, na verdade, seis variáveis, a saber: *quantum* exportado, preço da cana, índice de preços do açúcar e do álcool, área, produtividade e renda doméstica. Na equação 50, fica claro que a variação do *quantum* exportado depende da variação contemporânea das outras cinco variáveis e, por isso, essa variável é considerada endógena.

O índice de preços do açúcar e do álcool, o preço da cana e a produtividade também são variáveis endógenas – ver equações (46), (47) e (48). No caso dos preços,

p^s e p^d , endogeneidade decorre da existência de uma relação contemporânea bi-causal entre os mesmos. Com relação à produtividade, essa condição resulta do efeito contemporâneo de choques no preço da cana sobre a variável.

De acordo com as equações 45 e 54, somente a renda doméstica e a área são variáveis exógenas: suas variações dependem contemporaneamente apenas dos choques ocorridos na própria variável.

Por tudo o que foi exposto, a matriz de relações contemporâneas pode ser escrita como:

$$A_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

para a seguinte seqüência de variáveis: área plantada (n), produtividade da terra (θ), preço da cana (p^s), índice de preços do açúcar e do álcool (p^d), *quantum* exportado (x) e renda doméstica (m).

Embora essa representação não evidencie a relação da produção com as demais variáveis, pode-se demonstrar que os resultados da estimativa do modelo proposto são equivalentes aos da estimativa de um modelo alternativo no qual as séries de área e produtividade são substituídas pela série de produção. Entretanto, nessa forma alternativa, não se consegue isolar o efeito dos choques de área e produtividade sobre a produção ou as demais variáveis do sistema – implicando na perda de informações de suma importância para explicar a dinâmica das flutuações na produção canavieira. Por isso, optou-se pela estimativa do modelo com as séries de área e produtividade – aplicando-se, posteriormente, as transformações necessárias para avaliar o comportamento da produção em reposta aos choques.

3.3 Impacto dos choques sobre as variáveis endógenas

Com as derivações apresentadas nas seções anteriores é possível definir, *a priori*, os impactos esperados de cada choque considerado sobre as variáveis endógenas do modelo.

Na Tabela 5, são apresentados os impactos correspondentes aos choques definidos na seção 3.1 sobre as variáveis endógenas. O momento de intervenção é sempre o período 1 e o choque apresenta impacto contemporâneo sobre a produção, a exportação, os preços ou a produtividade se o mesmo apresentar o subscrito t nas equações (52), (50), (46), (47) e (48), respectivamente. Nos casos onde o choque é defasado, seu impacto é sentido apenas no período seguinte.

Tabela 5 – Impacto esperado dos choques

Choque de	sobre	$t = 0$	$t = 1$	$t = 2$	$t \geq 3$
n	y^s	y_0^s	$y_1^s = y_0^s + u_1$	$y_2^s = y_1^s$	$y_t^s = y_1^s$
θ	y^s	y_0^s	$y_1^s = y_0^s + e_1^\theta$	$y_2^s = y_1^s$	$y_t^s = y_1^s$
p^s	y^s	y_0^s	$y_1^s = y_0^s + e_1^s$	$y_2^s = y_1^s + e_1^s$	$y_t^s = y_2^s$
p^d	y^s	y_0^s	$y_1^s = y_0^s$	$y_2^s = y_0^s + e_1^d$	$y_t^s = y_2^s$
n	x	x_0	$x_1 = x_0 + u_1$	$x_2 = x_1$	$x_t = x_1$
θ	x	x_0	$x_1 = x_0 + e_1^\theta$	$x_2 = x_1$	$x_t = x_1$
p^s	x	x_0	$x_1 = x_0 + 2e_1^s$	$x_2 = x_1 + e_1^s$	$x_t = x_2$
p^d	x	x_0	$x_1 = x_0 + e_1^d$	$x_2 = x_1 + e_1^d$	$x_t = x_2$
m	x	x_0	$x_1 = x_0 - e_1^m$	$x_2 = x_1$	$x_t = x_1$
p^s	p^d	p_0^d	$p_1^d = p_0^d + e_1^s$	$p_2^d = p_1^d$	$p_t^d = p_1^d$
p^d	p^s	p_0^s	$p_1^s = p_0^s + e_1^d$	$p_2^s = p_1^s$	$p_t^s = p_1^s$
p^s	θ	θ_0	$\theta_1 = \theta_0 + e_1^s$	$\theta_2 = \theta_1$	$\theta_t = \theta_1$

Fonte: Elaborado pelo autor.

Espera-se, portanto, que choques de renda doméstica não tenham impacto sobre a produção de cana-de-açúcar – uma vez que essa variável não entra na equação de oferta, afetando apenas a demanda pelo produto (e, consequentemente, as

exportações). Choques de área plantada e de produtividade devem apresentar impactos contemporâneos sobre a produção e a exportação.

Com relação a choques no preço da cana e no preço médio de açúcar e álcool, seus impactos sobre produção devem ser observados tanto contemporaneamente quanto com defasagem – exceção feita ao efeito do choque no preço de açúcar e álcool sobre a produção, que não deve ser sentido contemporaneamente. Além disso, espera-se que choques no preço da cana tenham impacto contemporâneo sobre o preço de açúcar e álcool e vice-versa. O modelo também permite que choques no preço da cana afetem contemporaneamente a produtividade da lavoura, conforme exposto anteriormente.

Um aspecto importante a ser ressaltado é que, de acordo com o modelo proposto, todos os choques são permanentes. Uma vez ocorrida a variação inesperada, as variáveis endógenas atingem um novo patamar e nele permanecem até que uma nova alteração ocorra.

4 METODOLOGIA

Tomadas em conjunto, as equações apresentadas na seção anterior podem ser consideradas como a forma estrutural de um sistema de equações simultâneas que especifica explicitamente uma relação intertemporal entre as variáveis endógenas e, por isso, é dinâmico (JUDGE et al., 1988).

Um processo vetor auto-regressivo de ordem p , VAR(p), para um sistema com M variáveis, $y_t = (y_{1t}, \dots, y_{Mt})'$, pode ser definido da seguinte forma:

$$y_t = \alpha + \Theta_1 y_{t-1} + \dots + \Theta_p y_{t-p} + v_t \quad (55)$$

Nesse sistema de M equações, $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_M)'$ é um vetor M -dimensional,

$$\Theta_i = \begin{bmatrix} \theta_{11,i} & \cdot & \cdot & \cdot & \theta_{1M,i} \\ \cdot & \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & \cdot & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot & \cdot \\ \theta_{M1,i} & \cdot & \cdot & \cdot & \theta_{MM,i} \end{bmatrix} \quad \text{é uma matriz de coeficientes } (M \times M) \text{ e } v_t = (v_{1t}, \dots, v_{Mt})' \text{ tem}$$

as mesmas propriedades estocásticas que os erros de um sistema de equações simultâneas já em sua forma reduzida. Ou seja, v_t tem média zero, $E[v_t] = 0$, e a mesma matriz de covariâncias não-singular $\Sigma_v = E[v_t v_t']$ para todo t . Além disso, v_t e v_s são não-correlacionados para $t \neq s$. Um processo v_t com essas propriedades é chamado de vetor ruído branco, em analogia com a terminologia utilizada para o erro de processos uniequacionais.

A ordem do VAR pode ser estabelecida de acordo com os critérios de informação de Akaike – AIC e Schwarz – SC, definidos da seguinte forma:

$$AIC(n) = \ln \det(\hat{\Sigma}_n) + \frac{2M^2 n}{T} \quad (56)$$

$$SC(n) = \ln \det(\tilde{\Sigma}_n) + \frac{M^2 n \ln T}{T} \quad (57)$$

onde M é o número de variáveis no sistema, T é o tamanho da amostra e $\tilde{\Sigma}_n$ é uma estimativa da matriz de covariância residual Σ_v obtida com um modelo VAR(n). Os elementos de $\tilde{\Sigma}_n$ são computados como:

$$\tilde{\sigma}_{ij} = \frac{\left(y^i - X \hat{\theta}_i \right)' \left(y^j - X \hat{\theta}_j \right)}{T} \quad (58)$$

Modelos com ordem $n = 0, 1, \dots, P$ são estimados – sendo P um limite máximo pré-estabelecido para a ordem do VAR. Então, matrizes $\tilde{\Sigma}_n$ para $n = 0, 1, \dots, P$ e os valores correspondentes de $AIC(n)$ ou $SC(n)$ são calculados. A ordem p do VAR deve ser tal que minimize AIC ou SC.

Analogamente a um sistema de equações simultâneas na forma reduzida, os parâmetros de um modelo VAR cuja ordem p é conhecida podem ser estimados pelo método de mínimos quadrados. Considerando a m -ésima equação do sistema (55)

$$y_{mt} = \alpha_m + \theta_{m1,1} y_{1,t-1} + \dots + \theta_{mM,1} y_{M,t-1} + \dots + \theta_{m1,p} y_{1,t-p} + \dots + \theta_{mM,p} y_{M,t-p} + v_{mt} \quad (59)$$

e pressupondo T observações, os seguintes vetores podem ser definidos:

$$y^m = \begin{bmatrix} y_{m,1} \\ y_{m,2} \\ \vdots \\ y_{m,T} \end{bmatrix} \quad y_{-i}^m = \begin{bmatrix} y_{m,1-i} \\ y_{m,2-i} \\ \vdots \\ y_{m,T-i} \end{bmatrix}$$

para $i = 0, 1, \dots, p$ e $m = 1, \dots, M$. Ou seja, y_{-i}^m contém as variáveis do vetor y^m defasadas em i períodos. Definindo $v^m = (v_{m1}, \dots, v_{mT})'$, a equação (59) pode ser reescrita como:

$$y^m = \alpha_m j + \theta_{m1,1} y_{-1}^1 + \dots + \theta_{mM,1} y_{-1}^M + \dots + \theta_{m1,p} y_{-p}^1 + \dots + \theta_{mM,p} y_{-p}^M + v^m \quad (60)$$

onde j é um vetor de 1s ($T \times 1$). Compactamente, esse sistema pode ser expresso como:

$$y^m = X\theta_m + v^m \quad (61)$$

sendo $\theta_m = [\alpha_m \quad \theta_{m1,1} \quad \dots \quad \theta_{mM,1} \quad \dots \quad \theta_{m1,p} \quad \dots \quad \theta_{mM,p}]$ o vetor de coeficientes da m -ésima equação do sistema e $X = [j \quad y_{-1}^1 \quad \dots \quad y_{-1}^M \quad \dots \quad y_{-p}^1 \quad \dots \quad y_{-p}^M]$.

Todas as M equações tem a mesma matriz de regressão X . Por isso, escrevendo as M equações como um sistema, chega-se a:

$$y = (I_M \otimes X)\theta + v \quad (62)$$

onde $\otimes$ denota o produto de Kronecker. Utilizando essa mesma notação, desde que v possa ser considerado um vetor ruído branco, a matriz de variâncias e covariâncias é $E[vv'] = \Sigma_v \otimes I_T$ e o estimador de Mínimos Quadrados Generalizados para o sistema é idêntico ao de Mínimos Quadrados – MQ (o qual, por sua vez, equivale a estimar cada equação separadamente).

Sem perda de eficiência na estimativa, cada equação pode ser estimada através do estimador de MQ:

$$\hat{\theta}_m = (X'X)^{-1} X'y^m \quad (63)$$

o que equivale à seguinte expressão para o estimador do sistema completo:

$$\hat{\theta} = [I_M \otimes (X'X)^{-1} X']y \quad (64)$$

Enders (2004) resume as pressuposições necessárias para a estimação e análise dos resultados de um modelo VAR:

- ✓ as variáveis devem ser estacionárias;
- ✓ os erros devem ser ruídos-brancos com desvios-padrões constantes;
- ✓ os erros não podem ser correlacionados.

O uso da metodologia VAR permite a obtenção de elasticidades de impulso para g períodos à frente. Sendo $\Sigma(g)$ a matriz de erros quadrados médios da previsão g passos à frente de um sistema como o da equação (55), pode-se demonstrar que⁸:

$$\Sigma(g) = C_0 \Sigma_v C_0' + C_1 \Sigma_v C_1' + \dots + C_{g-1} \Sigma_v C_{g-1}' = \Sigma(g-1) + C_{g-1} \Sigma_v C_{g-1}' \quad (65)$$

com $C_0 = I$ e $C_i = \sum_{j=1}^{\min(p,i)} \Theta_j C_{i-j}$ para $i = 1, 2, \dots$. Portanto, tem-se que: $C_1 = \Theta_1$,

$C_2 = \Theta_1 C_1 + \Theta_2 C_0 = \Theta_1^2 + \Theta_2$, $C_3 = \Theta_1 C_2 + \Theta_2 C_1 + \Theta_3 C_0 = \Theta_1^3 + \Theta_1 \Theta_2 + \Theta_2 \Theta_1 + \Theta_3$ e assim sucessivamente. Seguindo a mesma notação utilizada anteriormente, um sistema VAR(p) estacionário pode ser expresso na forma de médias móveis⁹:

$$y_t = \mu + v_t + C_1 v_{t-1} + \dots = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} C_i v_{t-i} \quad (66)$$

sendo $\mu = E[y_t] = (I - \Theta_1 - \dots - \Theta_p)^{-1} v$. O elemento da linha k e da coluna j de C_i representa a reação da k -ésima variável ao choque de uma unidade na variável j , i períodos atrás – desde que seu efeito não esteja contaminado por outros choques. Por essa razão, as respostas a inovações são calculadas com um modelo VAR

⁸ Para maiores detalhes ver Judge et al. (1988, p. 765).

⁹ Judge et al. (1988, p. 772).

transformado, cuja matriz de covariâncias (Σ_v) é diagonal – não havendo, portanto, correlação contemporânea entre as variáveis.

Já que a matriz Σ_v de um VAR(p) é positiva definida, existe uma matriz não-singular P tal que $P\Sigma_vP' = I$.¹⁰ Assim, a representação MA de y_t pode ser reescrita na seguinte forma:

$$y_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} C_i P^{-1} P v_{t-i} = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \Psi_i w_{t-i} \quad (67)$$

onde $\Psi_i = C_i P^{-1}$ e $w_t = (w_{1t}, \dots, w_{Mt})' = P v_t$. As matrizes Ψ_i representam as reações do sistema y_t a choques unitários em w_{mt} , cujos elementos apresentam variância unitária e são não-correlacionados.

Caso o sistema seja estimado com as variáveis em logaritmos, as elasticidades de impulso podem ser calculadas através da seguinte fórmula:

$$\text{Elasticidade}_{1,2} = \frac{\text{efeito de um choque em } y_2 \text{ sobre } y_1 \text{ no período } t}{\text{efeito de um choque em } y_2 \text{ sobre } y_2 \text{ no primeiro período}} \quad (68)$$

Tais elasticidades possibilitam a avaliação, através de simulação, do comportamento das variáveis em resposta a inovações individuais dos componentes do sistema.

Além disso, a metodologia VAR também possibilita a decomposição histórica da variância dos erros de previsão g períodos à frente, com porcentagens sendo atribuídas a cada variável do sistema. A partir da equação (65) pode-se escrever que:

$$\begin{aligned} \Sigma(g) &= \Sigma_v + C_1 \Sigma_v C_1' + \dots + C_{g-1} \Sigma_v C_{g-1}' = \\ &= P^{-1} P \Sigma_v P' (P^{-1})' + C_1 P^{-1} P \Sigma_v P' (P^{-1})' C_1' + \dots + C_{g-1} P^{-1} P \Sigma_v P' (P^{-1})' C_{g-1}' = \\ &= \Psi_0 \Psi_0' + \Psi_1 \Psi_1' + \dots + \Psi_{g-1} \Psi_{g-1}' \end{aligned} \quad (69)$$

¹⁰ Judge et al. (1988, p. 956).

O m -ésimo elemento da diagonal de $\Psi_i \Psi_i'$ é a soma dos quadrados de cada elemento da m -ésima linha de Ψ_i . Isso quer dizer que a variância do erro de previsão g passos à frente da variável y_m é igual à soma dos m -ésimos elementos diagonais de $\Psi_0 \Psi_0', \Psi_1 \Psi_1', \dots, \Psi_{g-1} \Psi_{g-1}'$. Assim, a variância do erro de previsão pode ser decomposta em componentes atribuídos a choques em cada variável:

$$\psi_{mj,0}^2 + \psi_{mj,1}^2 + \dots + \psi_{mj,g-1}^2 \quad (70)$$

sendo $\psi_{mj,i}$ (o mj -ésimo elemento de Ψ_i) a contribuição dos choques na j -ésima variável à variância do erro de previsão da m -ésima variável, i períodos à frente.

Com esses resultados, pode-se verificar se os pressupostos quanto à endogeneidade ou exogeneidade das variáveis são adequados para as séries utilizadas, bem como classificar os choques ocorridos no passado em ordem de importância para explicar os desvios observados em relação às previsões iniciais.

Deve-se destacar que a abordagem VAR tem sido criticada pela ausência de conteúdo econômico em seus resultados: cabe ao pesquisador apenas escolher as variáveis a serem incluídas no modelo e ordená-las de forma apropriada. A menos que um modelo estrutural possa ser identificado a partir da forma reduzida de um modelo VAR, as inovações derivadas da decomposição de Choleski não possuem uma interpretação econômica direta. Entretanto, já que o modelo econômico serviu como base para a definição da matriz de relações contemporâneas, a abordagem utilizada nesse estudo trata-se de um VAR estrutural, e as inovações foram calculadas através da decomposição de Bernanke-Sims.

4.1 Procedimentos econométricos

4.1.1 Teste de raiz unitária

A metodologia utilizada para a realização dos testes de raiz unitária foi a de Dickey e Pantula (1987). Ao contrário dos testes de Dickey-Fuller, que têm como pressuposto a existência de no máximo uma raiz unitária nas séries temporais, essa seqüência de testes leva em consideração a existência de múltiplas raízes unitárias – diminuindo a probabilidade de se considerar estacionária uma série que, na verdade, precisa de duas ou três diferenças para se tornar $I(0)$.

Segundo o procedimento proposto pelos autores, a seqüência de testes é realizada do maior para o menor grau prático de diferenciação. Como as variáveis econômicas raramente apresentam ordem de integração superior a 2, a seqüência foi iniciada testando a existência de duas raízes unitárias (H_0), através da seguinte regressão:

$$\Delta^2 y_t = \rho_1 \Delta y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta^2 y_{t-i+1} + e_t \quad (71)$$

na qual o erro, e_t , é um ruído branco, ρ_1 e β_i são parâmetros. O número (i) de defasagens incluído no modelo foi determinado de acordo com os critérios de Akaike e Schwarz, respeitando o pressuposto de ausência de correlação entre os resíduos, indicada pelo teste Q de Ljung Box. Nessa primeira etapa do teste, o parâmetro de interesse é ρ_1 e, se a hipótese de nulidade (H_0 : $\rho_1 = 0$) não for rejeitada conclui-se que a série possui duas raízes unitárias, ou seja, é $I(2)$; caso contrário (H_A : $\rho_1 < 0$), passa-se para a segunda etapa do teste.

Nesta fase, testa a existência de uma raiz unitária (H_0) contra a estacionariedade (H_A) ajustando-se o modelo:

$$\Delta^2 y_t = \rho_1 \Delta y_{t-1} + \rho_2 y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta^2 y_{t-i+1} + e_t \quad (72)$$

O primeiro termo do segundo membro da equação (66) deve ser mantido, já que ele é significativamente menor do que zero. Mas o parâmetro de interesse agora é ρ_2 : se a hipótese de nulidade ($H_0: \rho_2 = 0$) não for rejeitada, a série possui uma raiz unitária, ou seja, é $I(1)$; caso contrário ($H_A: \rho_2 < 0$), conclui-se que a série é estacionária, i.e., $I(0)$.

Termos deterministas, como constante e tendência, também podem ser incluídos nos modelos para diminuir problemas de correlação de resíduos. Os valores críticos para esses testes também seguem as distribuições τ (para modelos sem constante e sem tendência), τ_μ (para modelos com constante e sem tendência) e τ_τ (para modelos com constante e com tendência), organizados na Tabela 6.

Tabela 6 – Distribuição empírica cumulativa de $\hat{\tau}$ para amostra com 25 observações

Modelo	Estatística	Valores críticos para intervalo de confiança		
		90%	95%	99%
Com constante e com tendência	τ_τ	-3,60	-3,95	-4,38
Com constante e sem tendência	τ_μ	-2,99	-3,33	-3,75
Sem constante e sem tendência	τ	-1,95	-2,26	-2,65

Fonte: Fuller (1996)

Caso duas ou mais séries apresentem ordem de integração maior ou igual a 1, deve-se testar a existência de tendências comuns entre as mesmas através de testes de cointegração.

4.1.2 Teste de cointegração

A metodologia utilizada para o teste de cointegração foi a proposta por Johansen (1988), que contempla tanto a existência de mais de um vetor de cointegração quanto a endogeneidade de regressores. Esse teste consiste na estimativa de um sistema que

contém exatamente h relações de cointegração através do método de Máxima Verossimilhança de Informação Plena – MVIP.

Dando continuidade à representação de um processo VAR(p) conforme definido na equação (51), pode-se escrever que¹¹:

$$y_t = \xi_1 \Delta y_{t-1} + \xi_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \xi_{p-1} \Delta y_{t-p+1} + \alpha + \rho y_{t-1} + v_t \quad (73)$$

sendo:

$$\rho = \Theta_1 + \Theta_2 + \dots + \Theta_p \quad (74)$$

$$\xi_s = -[\Theta_{s+1} + \Theta_{s+2} + \dots + \Theta_p] \quad (75)$$

para $s = 1, 2, \dots, p-1$. Subtraindo-se y_{t-1} dos dois lados da eq. (73), tem-se que:

$$\Delta y_t = \xi_1 \Delta y_{t-1} + \xi_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \xi_{p-1} \Delta y_{t-p+1} + \alpha + \xi_0 y_{t-1} + v_t \quad (76)$$

sendo:

$$\xi_0 = \rho - I_n = -(I_n - \Theta_1 - \Theta_2 - \dots - \Theta_p) = -BA' \quad (77)$$

onde B é uma matriz ($M \times h$) composta pelos parâmetros que representam velocidades de ajustamento aos desvios em relação às tendências de longo prazo e A' é uma matriz ($h \times M$) composta pelos parâmetros de cointegração. Pressupondo que existem h relações de cointegração e que cada variável y_{mt} é $I(1)$, apenas h combinações lineares de y_{t-1} aparecem na eq. (76).

O número de vetores de cointegração (h) é igual ao *rank* de ξ_0 , ou seja, equivale ao número de raízes características (λ) de ξ_0 que são diferentes de zero. Assim, para determinar h , aplica-se sequencialmente o teste da estatística traço:

¹¹ Para maiores detalhes ver Hamilton (1994, p. 580).

$$\lambda_{raço} = -T \sum_{i=h+1}^M \ln(1 + \hat{\lambda}_i) \quad (78)$$

sendo $\hat{\lambda}_i$ os valores estimados para as raízes características de ζ_0 . Se todas as raízes são iguais a zero, cada uma das expressões $\ln(1 + \hat{\lambda}_i)$ também será igual a zero e as variáveis são ditas não-cointegradas. Dessa forma, a hipótese nula sendo testada é:

$$H_0 : \lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_M = 0 \quad (79)$$

contra a hipótese alternativa de que ao menos um λ_i é diferente de zero. Esse mesmo teste pode ser expresso da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} H_0 : h &= 0 \\ H_A : h &> 0 \end{aligned} \quad (80)$$

Caso a hipótese nula seja rejeitada, deve-se dar seqüência ao teste para determinar o número de vetores de cointegração. Ordenando as raízes características de tal forma que $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_M$, o passo seguinte é testar:

$$H_0 : \lambda_2 = \lambda_3 = \dots = \lambda_M = 0 \quad (81)$$

o que equivale a:

$$\begin{aligned} H_0 : h &\leq 1 \\ H_A : h &> 1 \end{aligned} \quad (82)$$

Como a hipótese de não-cointegração já foi rejeitada no teste anterior, caso H_0 não seja rejeitada neste teste pode-se concluir que as séries apresentam apenas 1 vetor de cointegração. Se a hipótese nula for rejeitada, dá-se continuidade ao teste até que h seja determinado.

Confirmando-se que as séries são cointegradas, o modelo VAR deve ser estimado na forma da equação (61), incluindo-se os h vetores de cointegração identificados. Essa representação é conhecida como Vector Error Correction Model – VECM.

4.1.3 Inclusão de termos deterministas

Para melhorar o ajustamento do modelo e eliminar o problema de correlação de resíduos, termos deterministas também podem ser incluídos no VECM. Nesse caso, o modelo geral pode ser expresso como:

$$\Delta y_t = \xi_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \xi_{p-1} \Delta y_{t-p+1} + \xi_0 y_{t-1} + \alpha + \Psi D_t + v_t \quad (83)$$

sendo α uma constante e D_t um vetor de variáveis não-estocásticas (binárias, por exemplo).

Os vetores de cointegração também podem apresentar termos deterministas. Sob essa hipótese, de acordo com a eq. (65), pode-se escrever que:

$$\xi_0 = -BA' = -B \begin{pmatrix} \beta \\ \alpha_1 \end{pmatrix}' \quad (84)$$

onde α_1 representa o coeficiente da constante dentro do termo de correção de erro. Substituindo-se a eq. (79) na eq. (78) tem-se:

$$\Delta y_t = \xi_1 \Delta y_{t-1} + \dots + \xi_{p-1} \Delta y_{t-p+1} - B \begin{pmatrix} \beta \\ \alpha_1 \end{pmatrix}' \begin{pmatrix} y_{t-1} \\ 1 \end{pmatrix} + \alpha_2 + \Psi D_t + v_t \quad (85)$$

A significância da constante dentro dos vetores de correção de erro pode ser testada comparando-se as raízes características de ξ_0 do modelo geral com as de um

modelo restrito. Pressupondo-se que a matriz A da equação (79) possa ser expressa da seguinte forma:

$$A = H\varphi \quad (86)$$

sendo H a matriz de *design* ($M \times M - k$), φ uma matriz de constantes arbitrárias ($M - k \times h$), k o número de restrições impostas e h o número de vetores de cointegração, a seguinte restrição deveria ser imposta em H para se testar a significância da constante:

$$A_{(M \times h)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}_{(M \times M-1)} \varphi_{(M-1 \times h)} \quad (87)$$

Após a imposição da restrição desejada, calcula-se o valor de:

$$T \sum_{i=1}^h [\ln(1 - \lambda_i^*) - \ln(1 - \lambda_i)] \quad (88)$$

sendo λ_i^* as raízes características de ζ_0 do modelo restrito. Essa estatística possui distribuição χ^2 com h graus de liberdade. Se a hipótese nula for rejeitada, $\lambda_i^* \neq \lambda_i$ e a constante deve ser mantida no vetor de cointegração. Caso contrário, a mesma não é significativa e deve ser retirada do termo de correção de erro.

4.2 Fonte dos dados

Para avaliar o impacto de choques de oferta e de demanda sobre a produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, 14 séries de dados anuais foram utilizadas, deflacionadas pelo IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas (quando em R\$) e pelo Consumer Price Index do United States Bureau of Labor and Statistics (quando em US\$).¹²

A produção de cana-de-açúcar, em toneladas, foi a divulgada pela UNICA¹³. A área plantada no Estado de São Paulo, em hectares, foi obtida no IBGE e complementada com os dados do Anuário Estatístico do Estado de São Paulo. Já a produtividade agrícola, em ton/ha, foi estimada com a divisão da produção pela área plantada.

O preço da cana-de-açúcar foi representado pela série obtida junto à UNICA, completada com os dados da UDOP para o período em que o método CONSECANA já estava em vigor. O índice que representa o nível de preços domésticos dos produtos finais foi calculado com a média dos preços de açúcar e álcool praticados no mercado interno ponderados pelas respectivas quantidades produzidas, em cana equivalente¹⁴.

Os preços doméstico de açúcar e álcool foram representados pelas médias anuais dos preços mensais divulgados pela UNICA¹⁵, e – dada a disponibilidade de dados – as séries de produção brasileira de açúcar, de álcool anidro e de álcool hidratado foram utilizadas nos cálculos. Essas séries são divulgadas pela UNICA e foram completadas com os dados publicados em Szmrecsányi (1989) e Marjotta-Maistro (2002), no caso do açúcar, e em Alves (2002), no caso dos dois tipos de álcool.

A série de exportação foi representada pela quantidade, em cana equivalente, de açúcar e álcool exportada durante o período analisado. As exportações de açúcar e álcool foram recuperadas através do Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior – ALICEWEB para os anos subsequentes a 1989. As séries referentes à exportação de

¹² O banco de dados composto por essas séries, bem como as outras que delas foram derivadas, encontra-se no Anexo C.

¹³ A série foi gentilmente cedida pela Profa. Dra. Márcia Azanha Ferraz Dias de Moraes, do Departamento de Economia, Administração e Sociologia da ESALQ/USP.

¹⁴ Os coeficientes utilizados para calcular a quantidade equivalente de cana-de-açúcar foram os mesmos utilizados pelo sistema CONSECANA para calcular o preço da cana:

- Açúcar: 1,0495;
- Álcool hidratado: 1,7409;
- Álcool anidro: 1,8169.

¹⁵ A série foi gentilmente cedida pelo Sr. Valdemir Nunes Machado, da UNICA.

açúcar foram completadas com dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. No caso do álcool, entretanto, não se encontrou dados referentes aos anos anteriores.

A renda doméstica foi representada pelo índice de salário médio na indústria de São Paulo – construído a partir da série de variação anual do referido salário real, publicada pelo IPEA.

O período considerado na análise foi de 1976 a 2006, totalizando 31 observações. Os valores foram transformados em logaritmos e tanto os testes econométricos como a estimação do modelo foram realizados utilizando-se o *software* Regression Analysis of Time Series – RATS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, são apresentadas as séries utilizadas na estimativa do modelo. No Gráfico 30, encontram-se as séries de produção (y^s) e de exportação (x). Enquanto a primeira série apresentou uma tendência crescente ao longo de quase todo o período em análise, a segunda se mostrou relativamente estável até 1994 e crescente a partir desse ano.

Gráfico 30 – Séries de produção e exportação de cana-de-açúcar

Fonte: Dados da pesquisa.

No Gráfico 31, encontram-se duas das três séries que, por hipótese, geraram os choques de oferta: área plantada (n) e produtividade (θ). Já no Gráfico 32, são ilustradas as séries que originaram os choques de demanda: preço de açúcar e álcool (p^d) e renda (m) domésticos – além do terceira variável que origina choques de oferta: o preço da cana (p^s).

Os resultados dos testes de raiz unitária, organizados na Tabela 7, indicaram que todas as séries são $I(1)$. Por esse motivo, o modelo VAR foi ajustado com as variáveis nas primeiras diferenças.

Tabela 7 – Resultados dos testes de raiz unitária

Séries	Defasagens ($p - 2$)	2 raízes unitárias	1 raiz unitária
estatística τ			
n	1	-3,667*	3,007
θ	0	-5,730*	0,923
p^s	0	-4,893*	-1,894
p^d	1	-4,698*	-1,743
x	0	-6,278*	1,651
estatística τ_τ			
m	1	-5,403*	-1,691

Fonte: Resultados da pesquisa.

* Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

O teste de Johansen indicou a existência de dois vetores de cointegração entre as séries – um significativo até o nível de probabilidade 1% e outro até 5% (Tabela 8). Os vetores de cointegração incluídos no modelo estimado encontram-se na Tabela 9. O teste χ^2 indicou que as constantes dentro dos vetores de cointegração eram significativas e, por isso, as mesmas foram mantidas.

Com relação à inclusão de termos deterministas fora do vetor de cointegração, diferentes combinações foram testadas: mudança de tendência em 2000 provocada pelo final do processo de desregulamentação do setor, mudança de tendência em 1994 devido à abertura comercial da economia brasileira, mudança de tendência em 1990 com o fim do Proálcool, mudança de nível em 1983 representando o salto de produtividade, um pulso em 2000 devido à quebra de safra. Entretanto, o melhor ajustamento do modelo ocorreu com inclusão de apenas uma tendência linear (*drift*).

Tabela 8 – Resultados do testes de cointegração

H_0	H_A	$\lambda_{traço}$	Valor-P
$h = 0$	$h > 0$	151,132*	0,000
$h \leq 1$	$h > 1$	80,749**	0,024
$h \leq 2$	$h > 2$	47,045	0,184
$h \leq 3$	$h > 3$	26,401	0,324
$h \leq 4$	$h > 4$	11,433	0,509
$h \leq 5$	$h > 5$	4,117	0,407

Fonte: Resultados da pesquisa.

* Significativo ao nível de probabilidade de 1%.

** Significativo ao nível de probabilidade de 5%.

Tabela 9 – Parâmetros estimados para os vetores de cointegração

Séries	h_1	h_2
n	7,861	5,279
θ	-1,457	-2,395
p^s	0,808	1,186
p^d	0,274	3,100
x	-0,831	-1,071
m	-2,669	1,538
constante (α_1)	-86,705	-73,323

Fonte: Resultados da pesquisa.

Conforme pode ser observado na Tabela 10, exceto pelo coeficiente estimado para a influência contemporânea do nível de preços de açúcar e álcool (p^d) sobre a exportação do setor sucroalcooleiro (x), os coeficientes apresentaram os sinais esperados. Embora o teste t não seja aplicável com o mesmo rigor que em modelos uniequacionais às estimativas da metodologia VAR, essas estatísticas foram apresentadas para se ter uma idéia da precisão com que os coeficientes foram obtidos. Deve-se destacar a influência do preço da cana sobre a produtividade e do preço de açúcar e álcool sobre as exportações, cujas estatísticas t (em valor absoluto) foram maior e igual a 2, respectivamente. Não se pode descartar, também, a influência da renda doméstica sobre as exportações.

Apesar da relação negativa entre os preços de açúcar e álcool e as exportações não estar em concordância com o modelo econômico proposto – ver eq. (43) – o resultado obtido não é completamente vazio de significado econômico. Ao contrário: de acordo com o modelo proposto, as exportações são determinadas pelo excesso de oferta no mercado interno e, por isso, o nível doméstico de preços pode ser visto como um indicador de excesso/escassez do produto no mercado interno. Ou seja, um aumento no preço do açúcar e/ou do álcool pode representar também uma escassez relativa (i.e., uma diminuição do excedente exportável) desses produtos – implicando em uma relação inversamente proporcional entre a exportação e o nível doméstico de preços.

Tabela 10 – Coeficientes estimados para a matriz de relações contemporâneas

Influência		Coeficiente estimado	Estatística t
de	sobre		
p^s	θ	0,318	2,589
p^d	p^s	0,214	0,015
p^s	p^d	0,273	0,011
n	x	0,612	0,376
θ	x	0,298	0,411
p^s	x	0,558	0,775
p^d	x	-0,841	-2,000
m	x	-1,091	-1,100

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Os sinais dos coeficientes já se encontram na forma em que devem ser analisados.

A decomposição histórica das variâncias dos erros de previsão, 10 períodos à frente, para as cinco variáveis diretamente relacionadas ao setor sucroalcooleiro – a saber: área (n), produtividade (θ), preço da cana (p^s), índice de preço médio de açúcar e álcool (p^d) e exportação em cana equivalente (x) – são ilustradas, respectivamente, pelos Gráficos 33 a 37. Os resultados corroboram os pressupostos de exogeneidade da área, que teve mais de 93% da variância do erro previsão sendo explicados pela própria série, e de endogeneidade das demais variáveis.

Gráfico 33 – Decomposição da variância dos erros de previsão da área (n)

Fonte: Resultados da pesquisa.

Gráfico 34 – Decomposição da variância dos erros de previsão da produtividade (θ)

Fonte: Resultados da pesquisa.

Gráfico 35 – Decomposição da variância dos erros de previsão do preço da cana-de-açúcar (p^s)

Fonte: Resultados da pesquisa.

Gráfico 36 – Decomposição da variância dos erros de previsão do índice de preços de açúcar e álcool (p^d)

Fonte: Resultados da pesquisa.

Gráfico 37 – Decomposição da variância dos erros de previsão da exportação (x)

Fonte: Resultados da pesquisa.

A produtividade foi responsável por 53,32% da variação da própria série, sendo o preço da cana (com 23,62%) a segunda variável mais importante para explicá-la. Cerca de 60,52% da variação da série de preço da cana foram explicados pela própria variável e cerca de 28,13%, pelos preços de açúcar e de álcool. É interessante observar que, durante o período analisado, o preço médio dos produtos finais foi mais importante para explicar a variação do preço da matéria-prima do que vice-versa: o preço da cana foi responsável por apenas 13,68% da variação do preço médio de açúcar e álcool (com essa última série sendo responsável por 70,9% da própria variação).

Entre as séries analisadas, a de exportação foi a mais endógena: apenas 45,62% de sua variação foi explicada pela própria série. A segunda variável mais importante para explicar a variação do erro de previsão da exportação foi o preço médio de açúcar e álcool no mercado doméstico (20,08%), seguida pelo preço da cana (17,42%) e renda doméstica (12,16%). Variações de área e produtividade não apresentaram um elevado poder explicativo sobre variações da exportação do setor sucroalcooleiro: 2,76% e 1,96%, respectivamente.

As elasticidades-impulso reflexivas – ou seja, as respostas de cada variável do sistema a choques¹⁶ ocorridos na própria variável – são apresentadas no Gráfico 38. De maneira geral, observa-se que os efeitos de choques reflexivos no setor sucroalcooleiro tenderam a se dissipar rapidamente, com as variáveis convergindo para um novo patamar de crescimento passados apenas 3 anos da variação inesperada. A produtividade agrícola foi a única variável que apresentou uma resposta mais que proporcional ao efeito do choque: por exemplo, o impacto de um aumento inesperado de 1% no crescimento da produtividade seria sentido também nas safras seguintes, atingindo o pico de 1,3% após um ano e convergindo para 1,15% no longo-prazo. Uma possível explicação para esse comportamento da produtividade são os ganhos associados à curva de aprendizagem: em um primeiro momento, a adoção de variedades mais adaptadas ao clima ou de novas técnicas de cultivo têm um impacto imediato sobre o rendimento da lavoura; entretanto, esses ganhos são maximizados apenas com o passar do tempo, após o domínio das novas práticas.

Gráfico 38 – Elasticidade-impulso reflexiva acumulada

Fonte: Resultados da pesquisa.

¹⁶ Como o modelo foi estimado nas diferenças, a interpretação dos resultados deve ser feita considerando-se que os choques são variações inesperadas na taxa de crescimento (ou redução).

O Gráfico 39 ilustra a resposta da taxa de crescimento da área a variações inesperadas na taxa de crescimento das demais variáveis que fazem parte do modelo estimado. Como se pode observar, a área cultivada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo foi praticamente insensível a choques na produtividade, no preço médio de açúcar e álcool, na renda, na exportação e no preço da cana. Entretanto, observou-se um crescimento expressivo da área durante todo o período analisado. Esse comportamento foi possivelmente motivado pela manutenção de uma rentabilidade relativamente elevada para essa atividade agrícola durante todo o período em que esteve regulamentada.

Gráfico 39 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre a área

Fonte: Resultados da pesquisa.

Diferentemente do que se observou no caso da área, a taxa de crescimento da produtividade apresentou uma resposta geralmente positiva a choques nas demais variáveis (ver Gráfico 40). As elasticidades-impulso acumuladas para choques na exportação, na renda, no preço de médio açúcar e álcool, na área e no preço da cana sobre a área variaram entre 0,11 e 0,25 – indicando que a taxa de crescimento da produtividade foi inelástica a choques nessas variáveis. Choques positivos de demanda

(sejam através de aumentos no preço médio de açúcar e álcool, na renda doméstica ou nas exportações) tendem a aumentar a taxa de crescimento do preço da cana recebido pelos produtores – estimulando o uso de técnicas mais dispendiosas que proporcionam ganhos de produtividade.

Gráfico 40 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre a produtividade

Fonte: Resultados da pesquisa.

Como se sabe, a cana de 1º corte (ou seja, a cana plantada no ano anterior e que foi colhida pela primeira vez) apresenta uma produtividade maior do que a observada em cortes mais velhos. Essa pode ser a razão pela qual um choque de 1% na área aumentou a taxa de crescimento da produtividade agrícola média do período seguinte em 0,37%.

Por outro lado, um choque de 1% no preço da cana provocou um aumento contemporâneo de 0,31% na taxa de crescimento da produtividade – mas que tende a ser reduzido já no período seguinte. Esse resultado pode estar ligado ao fato de que um aumento nos preços tende a intensificar os tratos culturais.

No Gráfico 41 estão representadas as elasticidades-impulso acumuladas de choques na área, na produtividade, na exportação, na renda e no preço médio de açúcar e álcool sobre o preço da cana. Observa-se que a variável que apresentou o maior impacto sobre o preço da matéria-prima foi o preço médio dos produtos finais, cuja elasticidade acumulada foi de 0,4%.

Gráfico 41 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre o preço da cana-de-açúcar

Fonte: Resultados da pesquisa.

Conforme exposto na revisão de literatura, os preços praticados no setor sucroalcooleiro foram, durante muitos anos, administrados pelo Governo. Por esse motivo, provavelmente, os preços se mostraram exógenos a variações na área, na produtividade, na exportação e na renda doméstica. Contudo, para garantir o desenvolvimento do setor, os preços eram fixados em níveis remuneradores tanto para os produtores de cana quanto para os produtores de açúcar e álcool. Logo, havia uma relação contemporânea entre o nível de preços dos produtos finais e da matéria-prima, a qual não pode ser ignorada.

Essa relação também pode ser observada, no sentido oposto, através do Gráfico 42. Um aumento de 1% no crescimento do preço da cana provocou, em média, um aumento contemporâneo de 0,27% no crescimento do preço médio de açúcar e álcool. Choques de exportação também não apresentaram impactos significativos sobre o preço médio de açúcar e álcool no longo-prazo. Nesse caso, os choques de área e de produtividade apresentaram o impacto esperado sobre o nível de preços: as elasticidades impulso acumuladas são, respectivamente, -0,16 e -0,33. Assim como sobre o preço da cana, o choque de renda apresentou um impacto negativo sobre o preço de açúcar e álcool: um aumento de 1% no crescimento da renda desaceleraria em 0,45% a taxa de crescimento do preço médio dos produtos.

Gráfico 42 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre o preço médio de açúcar e álcool

Fonte: Resultados da pesquisa.

Esse último resultado tem algumas possíveis explicações. Pode ser que os aumentos de renda verificados coincidam com uma diminuição do preço médio de açúcar e álcool decorrente da liberalização do setor e dos ganhos em produtividade. Assim, variações positivas de renda podem estar relacionadas a variações negativas de

preços provocadas por mudanças conjunturais do mercado e, nesse caso, não se pode inferir sobre relações de dependência entre essas variáveis.

Além disso, não se pode esquecer que, na falta de uma outra variável que representasse de forma adequada a renda média no Estado de São Paulo, a mesma foi representada pelo salário industrial médio na estimativa do modelo. Portanto, pode ser que essa variável, por se referir a uma categoria específica, não seja uma boa proxy.

Como se pode observar no Gráfico 43, a exportação foi a variável que apresentou maior sensibilidade a choques nas demais variáveis. De acordo com os resultados estimados, a taxa de crescimento da quantidade exportada de açúcar e álcool, em cana equivalente, foi elástica a variações contemporâneas na taxa de crescimento da renda e a variações na taxa de crescimento do preço da cana no período imediatamente anterior. Por exemplo, caso ocorra um choque de renda de 1% em determinado ano, a taxa de crescimento da exportação do setor sucroalcooleiro se reduz em 1,09% no mesmo ano – mas cresce 0,45% (em comparação ao nível inicial) no ano seguinte, convergindo para uma redução de 0,35% no longo-prazo. Já um choque positivo de 1% na taxa de crescimento do preço da cana provocaria um aumento contemporâneo de 0,42% na taxa de crescimento das exportações, atingindo um pico de 1,4% no ano seguinte e convergindo para aumento de 0,81%.

Contudo, a taxa de crescimento da exportação se mostrou inelástica a choques da produtividade, do preço médio de açúcar e álcool e da área. Nos três casos, as elasticidades-impulso acumuladas foram positivas e pequenas (respectivamente: 0,04, 0,13 e 0,2).

Um aumento inesperado de 1% na taxa de crescimento da produtividade dos canaviais paulistas levou a um aumento contemporâneo de 0,3% na taxa de crescimento da exportação do setor sucroalcooleiro – mantendo-a nesse ritmo mais acelerado por 2 anos. Por outro lado, um choque positivo de 1% na taxa de crescimento área provocou um aumento contemporâneo de 0,61% na taxa de crescimento da exportação.

Gráfico 43 – Elasticidade-impulso acumulada das demais variáveis sobre a exportação

Fonte: Resultados da pesquisa.

Um choque positivo no preço de açúcar e álcool, por sua vez, apresentou um impacto contemporâneo negativo sobre a taxa de crescimento da exportação. Esse resultado, contrário ao que se esperava, pode ser explicado entendendo-se as variações do nível de preços médio de açúcar e álcool como um indicativo do excesso ou da escassez desses produtos no mercado doméstico. Sob essa ótica, choques positivos indicariam que a população estaria encontrando dificuldades para ter acesso aos produtos do setor sucroalcooleiro – que poderiam ter suas exportações reduzidas para atender ao mercado doméstico e controlar o nível de preços.

Todos os resultados apresentados até agora são de suma importância para uma melhor compreensão da dinâmica econômica em que o setor sucroalcooleiro esteve inserido desde 1976. Contudo, busca-se neste trabalho explicar a evolução da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo através de choques de oferta e demanda. Essa representação não pôde ser observada diretamente através do modelo proposto. Já que a equação 31 – que representa a oferta (ou seja, a produção) de cana – é um modelo aditivo cujas variáveis fazem parte do modelo estimado, o impacto de choques das outras variáveis sobre a produção pode ser obtido somando-se o impacto

de tais choques sobre a área e sobre a produtividade. Para permitir uma melhor visualização, essas combinações de resultados são ilustradas no Gráfico 44.

No curto-prazo, a resposta da produção a choques de oferta – sejam eles oriundos da variação da área ou da produtividade – foi bastante semelhante. Um aumento inesperado de 1% na taxa de crescimento da área ou da produtividade, por razões óbvias, aumentou a taxa de crescimento contemporânea da produção em 1%. No ano seguinte, a taxa de crescimento da produção aumentou ainda mais – sendo, em média, 1,26% maior que a observada antes da inovação.

No longo-prazo, entretanto, padrões distintos puderam ser observados. Choques de oferta (área e produtividade) tiveram impactos mais que proporcionais sobre a produção, com elasticidades-impulso acumuladas de 1,14 e 1,09, respectivamente. Por outro lado, choques de preço, tanto da própria cana quanto do açúcar e do álcool, apresentaram impactos menos que proporcionais sobre a produção, com elasticidades-impulso acumuladas convergindo para 0,25 (em ambos os casos). A produção também se mostrou inelástica a choques de demanda (renda doméstica e exportação) – mas, nesse caso, as elasticidades impulso acumuladas foram ainda menores (respectivamente: 0,09 e 0,10).

A resposta da produção a choques de preço, no curto-prazo, dependeu de sua origem: um aumento inesperado de 1% na taxa de crescimento do preço da cana aumentou em 0,32% a taxa de crescimento contemporânea da produção, enquanto o mesmo aumento de 1% na taxa de crescimento do preço de açúcar e álcool a aumentaria em apenas 0,07%. Embora a relação contemporânea entre o preço dos produtos finais e da produção não tenha sido explicitada na matriz de relações contemporâneas, essa relação existe – ainda que de forma indireta: a produção é afetada contemporaneamente por choques no preço da cana, o qual é afetado por choques no preço de açúcar e álcool ocorridos no mesmo período. Assim, via preço da matéria-prima, choques no preço dos produtos finais afetam a produção.

Com relação aos choques de demanda, a resposta da produção no curto-prazo também diferiu de uma variável para outra. O impacto de um choque de 1% na exportação sobre a produção atingiu o pico 1 ano após sua ocorrência, aumentando em 0,14% a taxa de crescimento da produção. Já o impacto de um choque 1% na renda

doméstica sobre a exportação foi sentido apenas 2 anos após sua ocorrência, quando aumenta a taxa de crescimento da produção em 0,17%.

Gráfico 44 – Elasticidade-impulso acumulada sobre a produção

Fonte: Resultados da pesquisa.

6 CONCLUSÕES

A análise da dinâmica econômica observada no setor sucroalcooleiro entre 1976 e 2006 evidenciou que a evolução da área cultivada com a cana-de-açúcar no Estado de São Paulo não pode ser explicada por choques de oferta (representados pela produtividade e pelo preço da cana) nem por choques de demanda (renda doméstica, preço médio de açúcar e álcool e exportação). No período em que o setor era regulamentado, o significativo crescimento da área pode ser decorrente dos níveis de preços remuneradores que foram estabelecidos pelo Estado: como os preços eram definidos tomando-se como base custos médios de produção, os produtores mais eficientes foram estimulados a expandir a produção – o que ocorre, inicialmente, através do aumento da área cultivada. Após a liberalização do setor, a continuidade desse crescimento pode ser atribuída à ocorrência de condições favoráveis nos mercados interno e externo com a expectativa de consolidação de um mercado internacional para o etanol.

Por outro lado, mais de 40% da variação histórica da produtividade se deve às outras variáveis, com destaque para o preço da cana. Já que a produção de cana-de-açúcar pode ser representada pela multiplicação da área cultivada e da produtividade da terra, as variáveis mais importantes para explicar a evolução da produção são as mais importantes para explicar a evolução da área e da produtividade. Assim, pode-se concluir que o preço da cana foi a variável de maior importância para explicar o crescimento da produção – haja visto seu expressivo efeito sobre a produtividade. Os choques de oferta predominaram ao longo do período analisado, conduzindo a evolução recente da produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo aos níveis atuais.

De maneira geral, os resultados estimados com o modelo econômico proposto foram satisfatórios e apresentaram os sinais esperados. A baixa magnitude estimada para as elasticidades-impulso, em muitos casos, pode ser explicada pela intensa regulação estatal que pairou durante muitos anos sobre o setor sucroalcooleiro. Embora o processo de desregulamentação no Brasil tenha sido completado em 1999, o impacto estimado para a maior parte dos choques sobre a produtividade, sobre o preço médio

de açúcar e álcool, sobre as exportações e sobre a produção foram permanentes – o que quer dizer que o efeito de choques ocorridos sobre tais variáveis no passado podem ser observáveis ainda hoje.

A constatação de que as variações do preço da cana-de-açúcar foram menos importantes para explicar as variações do preço médio de açúcar e álcool do que o contrário, pode estar refletindo a adoção do modelo CONSECANA para precificação da matéria-prima nos últimos anos. Durante o período de intervenção estatal, o governo fixava tanto o preço da cana quanto o preço do açúcar e do álcool. Nesse contexto, esperar-se-ia que o poder de explicação recíproco fosse equivalente. Com o CONSECANA, o preço da cana é determinado com base nos preços praticados nos mercados de açúcar e álcool e, por isso, esperar-se-ia uma relação causal apenas dos produtos finais para a matéria-prima. O resultado obtido pode ser visto como uma média de tais efeitos, ponderada pelo período em que cada conjuntura esteve vigente.

A comparação dos resultados estimados neste estudo com os obtidos por Alves (2006), que analisou a produção de algodão, revela que a produção de cana-de-açúcar é menos elástica a choques de preço: enquanto um aumento não-antecipado de 1% no crescimento do preço do algodão aumentaria em 0,4% o crescimento de sua produção, no caso da cana-de-açúcar, um aumento análogo elevaria em apenas 0,25% o crescimento da produção. Isso também se repete no tocante às exportações: um choque positivo de 1% no preço do algodão aumentaria em 2% a taxa de crescimento de suas exportações, enquanto um choque positivo de 1% no preço da cana aumentaria em apenas 0,81% a taxa de crescimento das exportações de açúcar e álcool.

Uma das principais contribuições desse estudo foi a adaptação do modelo utilizado por Spolador (2006) e Alves (2006) ao setor sucroalcooleiro, fato que permitiu avaliar o impacto de choques de oferta e de demanda sobre a produção de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e captar o efeito de variações da produtividade agrícola dessa cultura sobre as exportações do setor. Considerando o preço da cana-de-açúcar e o preço médio de açúcar e álcool como variáveis de ajustamento do mercado, os resultados estimados estão em linha com a proposta de Blanchard e Quah (1989):

choques de demanda (renda doméstica e exportação) sobre a produção são temporários; já os choques de oferta (área e produtividade) são permanentes.

A principal limitação é o curto período das séries que, por questões relacionadas à metodologia utilizada, restringe o número de variáveis que poderiam ser utilizadas no modelo. Fica como sugestão para trabalhos futuros, quando o período pós-desregulamentação e a amostra puderem ser maiores, a inclusão de outras variáveis como o preço internacional de açúcar e álcool, o preço do petróleo e/ou até o preço da energia elétrica (nesse último caso, tendo em vista as perspectivas do setor).

REFERÊNCIAS

- AGRONOTÍCIAS. **UE reforma radicalmente o sector do açúcar para proporcionar aos seus produtores uma competitividade a longo prazo**. 25 nov. 2005. Disponível em: <<http://www.agroportal.pt/x/agronoticias/2005/11/25h.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2008.
- ALVES, L.R.A. **Transmissão de preços entre produtos do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo**. 2002. 123 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- _____. **A reestruturação da cotonicultura no Brasil: fatores econômicos, institucionais e tecnológicos**. 2006. 122 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- ARAÚJO, A. de. **Indicadores da função motomecanização aplicados em usina de açúcar e álcool em um ambiente gerenciado por processos: um estudo de caso**. 2002. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- BARU, S. Structural changes in the international sugar economy. **Social Scientist**, New Delhi, v. 15, n. 4/5, p. 58-76, Apr./May 1987.
- BBC Brasil. **Subsídios ao açúcar provocam disputa política na OMC**. 22 nov. 2002. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/economia/021122_acucarc1.shtml>. Acesso em: (15 fev. 2008)
- BLACHARD, O.J.; QUAH, D. The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances. **The American Economic Review**, New York, v. 39, n. 4, p. 665-673, Sep. 1989.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Serviços: mistura carburante**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/USINAS_DESTILARIAS/MISTURA_CARBURANTE/MISTURA_CARBURANTE_VARIACAO_DE_PERCENTUAL.PDF>. Acesso em: 24 mar. 2007a.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estatísticas: comércio exterior brasileiro**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 1 fev. 2008a.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Emissões de gases de efeito estufa por fontes móveis, no setor energético: primeiro inventário brasileiro de emissões**

antrópicas de gases de efeito estufa (Relatórios de referência), 2006. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8848.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2008b.

BRASIL. Ministério de Relações Exteriores. **Barreiras a produtos brasileiros nos Estados Unidos**. Rio de Janeiro: FUNCEX, 2007. 26 p. Disponível em: <<http://www.brasilemb.org/docs/Barreiras07.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2008c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet – Aliceweb**. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2007b.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Ipeadata**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br>>. Acesso em: 26 mar. 2007c.

CARUSO, R.C. **Análise da oferta e demanda de açúcar no Estado de São Paulo**. 2002. 93 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Indicadores de preços**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/cepea/>>. Acesso em: 6 abr. 2007.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. Superintendência Técnica. **Balanco e perspectivas da agropecuária brasileira: 2007 e 2008**. Disponível em: <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

COSTA, C.C. da. **Formação de preços de açúcar e álcool combustível anidro e hidratado no Estado de São Paulo**. 2000. 104 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DIAS, G.L. da S.; BARROS, J.R.M. de; BARROS, A.L.M. de. Modelo de intervenção mínima para o setor canavieiro. In: MORAES, M.A.F.D. de; SHIKIDA, P.F.A. (Org.). **Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo: Atlas, 2002, p. 43-68.

DICKEY, D.A.; PANTULA, S.G. Determining the order of differencing in autoregressive processes. **Journal of Business and Economic Statistics**, Alexandria, v. 5, n. 4, p. 455-461, Oct. 1987.

DYE, A.; SICOTTE, R. **How brinkmanship saved Chadbourne: credibility and the International Sugar Agreement of 1931**. Feb. 2003. 39 p. Disponível em: <<http://www.econ.yale.edu/seminars/echist/eh03/dye-032703.doc.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2008.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. Hoboken, John Wiley, 2004. 460 p.

FISCHER, S. Long-term contracts, rational expectations, and the optimal money supply rule. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 85, n. 1, p. 191-205, Feb. 1977.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO.

Statistical databases: FAOSTAT – agriculture. Disponível em:

<<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>>. Acesso em: 10 fev. 2007.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO – FUNDAJ. **Pesquisa escolar:** usinas de açúcar em Pernambuco. Disponível em:

<<http://www.fundaj.gov.br/notitia/servlet/newstorm.ns.presentation.NavigationServlet?publicationCode=16&pageCode=319&textCode=682&date=currentDate>>. Acesso em: 12 abr. 2007.

FULLER, W.A. **Introduction to statistical time series**. New York: John Wiley, 1996. 698 p.

HAMILTON, J.D. **Time series analysis**. New Jersey: Princeton University Press, 1994. 799 p.

HOEKMAN, B.; NG, F.; OLARREAGA, M. **Eliminating excessive tariffs on exports of least developed countries**. Washington: The World Bank, May 2001. (Policy Research Working Paper, 2604). Disponível em:

<http://econ.worldbank.org/external/default/main?pagePK=64165259&piPK=64165421&theSitePK=469372&menuPK=64216926&entityID=000094946_01061405084793>.

Acesso em: 18 fev. 2008.

INSTITUTE FOR TRADE & COMMERCIAL DIPLOMACY – ITCD. **Glossary:** trade related organizations: FGHIJK. Disponível em:

<http://www.itcdonline.com/introduction/glossary3_f-k.html>. Acesso em: 14 fev. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco de dados agregados:** sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA.

Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

JHA, R. **Macroeconomics for developing countries**. London: Routledge, 1994. 321 p.

JUDGE, G.G.; HILL, R.C.; GRIFFITHS, W.E.; LÜTKEPOHL, H.; LEE, T. **Introduction to the theory and practice of econometrics**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1988. 1024 p.

LOPES, J.L. **Avaliação do processo de convergência da produtividade da terra na agricultura brasileira no período de 1960 a 2001**. 2004. 208 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARCOCCIA, R. **A participação do etanol brasileiro em uma nova perspectiva na matriz energética mundial**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Energia) – Instituto

de Eletrotécnica e Energia / Escola Politécnica / Instituto de Física / Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MARIANTE, A. **Apoio do BNDES ao setor de biocombustíveis**. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 16 out. 2007. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/empresa/download/apresentacoes/mariante_biocombustiveis.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2008.

MARJOTTA-MAISTRO, M.C. **Ajustes nos mercados de álcool e gasolina no processo de desregulamentação**. 2002. 197 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MATEUS, A.M. **Vulnerabilidade, choques e ajustamentos numa pequena economia aberta**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2007. Disponível em: <<http://docentes.fe.unl.pt/~amateus/publicacoes/choques.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2007.

McCANDLESS, G.T. Jr.; WALLACE, N. **Introduction to dynamic macroeconomic theory: an overlapping generations approach**. Cambridge: Harvard University Press, 1995. 372 p.

MORAES, M.A.F.D. de. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. Americana: Caminho Editorial, 2000, 238 p.

_____. O mercado de trabalho da agroindústria canavieira: desafios e oportunidades. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 605-619, out./dez. 2007.

ORGANIZAÇÃO DE PLANTADORES DE CANA DA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL – ORPLANA. **Regulamento**. Disponível em: <<http://www.orplana.com.br/arquivos/regulamento.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2006.

RAMOS, P. **Agroindústria canavieira e propriedade fundiária no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1999. 245 p.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION – RFA. **Annual industry outlook**. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/industry/outlook/>>. Acesso em: 10 fev. 2008.

SÃO PAULO (Estado). Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA. **Boletins de safra do IAA**. São Paulo, 1976-1978.

SÃO PAULO (Estado). Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE. **Anuário Estatístico do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1979-1994.

SCHAFER, L. **Renewable energy services**: An examination of U.S. and foreign markets, under section 332(g) of the Tariff Act of 1990: (Testimony). 2005. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/objects/documents/66/itctestimony041905.pdf>>. Acesso em: 15 Fev. 2008.

SPOLADOR, H.F.S. **Impactos dinâmicos dos choques de oferta e demanda sobre a agricultura brasileira**. 2006. 108 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

STALDER, S.H.G. de M. **Análise da participação do Brasil no mercado internacional de açúcar**. 1997. 121 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

SZMRECSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil (1930-1975)**. São Paulo: Hucitec, 1979. 540 p.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – UNICA. **Referência**: estatísticas. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/index.php?Secao=referencia>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA – UDOP. **CONSECANA**: histórico do CONSECANA. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/geral.php?item=noticia&cod=3903>>. Acesso em: 17 mar. 2007.

UNITED NATIONS COMMODITY TRADE STATISTICS – COMTRADE. **Statistics division**: database. Disponível em: <<http://comtrade.un.org/db/>>. Acesso em: 1 fev. 2008.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Sugar**: world markets and trade. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/hp/circlst.html#Sugar:%20World%20Markets%20and%20Trade>>. Acesso em: 6 fev. 2008.

VIAN, C.E. de F. **Agroindústria canavieira**: estratégias competitivas e modernização. Campinas: Átomo, 2003. 216 p.

WILLIAMSON, O.E. **The mechanisms of governance**. New York: Oxford University Press, 1996. 448 p.

ANEXOS

ANEXO A – Balanço entre oferta e demanda de açúcar

Pais	Estoque inicial	Produção	Importação	Oferta total	Exportação	Consumo doméstico	Estoque final
(valores brutos, em 1.000 toneladas)							
Estados Unidos							
1991/1992	820	6.627	2.071	9.518	559	8.170	789
1992/1993	789	7.111	1.827	9.727	389	8.343	995
1993/1994	995	6.945	1.604	9.544	415	8.467	662
1994/1995	662	7.191	1.664	9.517	472	8.470	575
1995/1996	575	6.686	2.536	9.797	327	8.667	803
1996/1997	803	6.536	2.517	9.856	191	8.866	799
1997/1998	799	7.276	1.962	10.037	162	8.903	972
1998/1999	972	7.597	1.655	10.224	209	9.079	936
1999/2000	936	8.203	1.484	10.623	112	9.049	1.462
2000/2001	1.462	7.956	1.443	10.861	128	9.306	1.427
2001/2002	1.427	7.167	1.393	9.987	124	9.028	835
2002/2003	835	7.644	1.569	10.048	129	8.960	959
2003/2004	959	7.843	1.598	10.400	268	8.953	1.179
2004/2005	1.179	7.718	1.478	10.375	181	8.986	1.208
2005/2006	1.208	6.713	3.123	11.044	184	9.320	1.540
2006/2007	1.540	7.652	1.887	11.079	383	9.075	1.621
2007/2008	1.621	7.665	1.989	11.275	227	9.342	1.706
Brasil							
1991/1992	82	9.200	-	9.282	1.607	7.400	275
1992/1993	275	9.800	55	10.130	2.425	7.500	205
1993/1994	205	9.930	6	10.141	2.861	7.500	(220)
1994/1995	(220)	12.500	55	12.335	4.300	8.000	35
1995/1996	35	13.700	-	13.735	5.800	8.100	(165)
1996/1997	(165)	14.650	-	14.485	5.800	8.500	185
1997/1998	185	15.700	-	15.885	7.200	8.800	(115)
1998/1999	(115)	18.300	-	18.185	8.750	9.100	335
1999/2000	335	20.100	-	20.435	11.300	9.100	35
2000/2001	35	17.100	-	17.135	7.700	9.250	185
2001/2002	185	20.400	-	20.585	11.600	9.450	(465)
2002/2003	(465)	23.810	-	23.345	14.000	9.750	(405)
2003/2004	(405)	26.400	-	25.995	15.240	10.140	615
2004/2005	615	28.370	-	28.985	18.100	10.300	585
2005/2006	585	26.850	-	27.435	17.090	10.630	(285)
2006/2007	(285)	31.450	-	31.165	20.850	10.800	(485)
2007/2008	(485)	32.100	-	31.615	20.600	11.400	(385)
Índia							
1991/1992	3.763	15.249	-	19.012	590	12.977	5.445
1992/1993	5.445	12.447	-	17.892	390	13.800	3.702
1993/1994	3.702	11.704	1.500	16.906	30	13.900	2.976
1994/1995	2.976	16.410	65	19.451	40	13.841	5.570
1995/1996	5.570	18.225	-	23.795	940	14.820	8.035
1996/1997	8.035	14.616	27	22.678	422	15.697	6.559
1997/1998	6.559	14.592	1.000	22.151	21	16.700	5.430
1998/1999	5.430	17.436	1.075	23.941	10	16.977	6.954
1999/2000	6.954	20.219	438	27.611	25	17.296	10.290
2000/2001	10.290	20.480	-	30.770	1.360	17.845	11.565
2001/2002	11.565	20.475	100	32.140	1.130	19.760	11.250
2002/2003	11.250	22.140	10	33.400	1.410	19.980	12.010
2003/2004	12.010	15.450	500	27.960	300	19.580	8.080
2004/2005	8.080	13.590	1.800	23.470	20	19.170	4.280
2005/2006	4.280	21.140	50	25.470	1.510	19.785	4.175
2006/2007	4.175	30.640	-	34.815	1.800	21.500	11.515
2007/2008	11.515	31.780	-	43.295	3.000	23.000	17.295
China							
1991/1992	586	8.492	1.230	10.308	1.420	7.650	1.238
1992/1993	1.238	8.300	506	10.044	1.500	7.800	744
1993/1994	744	6.505	1.469	8.718	1.114	7.200	404
1994/1995	404	6.299	4.110	10.813	414	7.948	2.451
1995/1996	2.451	6.686	1.775	10.912	952	8.040	1.920
1996/1997	1.920	7.789	1.014	10.723	435	8.268	2.020
1997/1998	2.020	8.631	420	11.071	308	9.012	1.751
1998/1999	1.751	8.969	543	11.263	572	8.907	1.784
1999/2000	1.784	7.525	687	9.996	433	8.476	1.087
2000/2001	1.087	6.849	1.083	9.019	129	8.650	240
2001/2002	240	8.305	1.375	9.920	460	9.355	105
2002/2003	105	11.380	842	12.327	120	10.950	1.257
2003/2004	1.257	10.730	1.220	13.207	60	11.600	1.547
2004/2005	1.547	11.240	1.200	13.987	50	12.180	1.757
2005/2006	1.757	9.446	1.234	12.437	234	11.500	703
2006/2007	703	12.855	1.330	14.888	160	13.000	1.728
2007/2008	1.728	13.850	850	16.428	210	14.300	1.918
MUNDO							
1991/1992	24.543	116.527	30.381	141.070	30.831	114.029	26.591
1992/1993	26.591	112.099	28.937	138.690	28.937	114.037	24.653
1993/1994	24.653	109.731	29.849	134.384	29.849	112.064	22.320
1994/1995	22.320	116.161	30.601	138.481	30.601	112.886	25.595
1995/1996	25.595	122.212	32.457	147.807	34.282	116.574	29.408
1996/1997	29.408	122.496	32.803	151.904	35.925	119.667	29.115
1997/1998	29.115	124.997	32.494	154.112	35.386	122.918	28.302
1998/1999	28.302	130.228	34.697	158.530	36.196	123.738	33.293
1999/2000	33.293	135.641	35.110	168.934	39.557	126.859	37.628
2000/2001	37.628	130.662	38.763	168.290	37.699	129.842	39.512
2001/2002	39.512	134.386	37.960	173.898	41.179	134.457	36.222
2002/2003	36.222	148.874	39.731	185.096	45.828	138.217	40.782
2003/2004	40.782	141.732	39.391	182.514	45.595	139.111	37.199
2004/2005	37.199	141.687	40.146	178.886	45.727	140.455	32.850
2005/2006	32.850	144.860	46.062	177.710	49.741	142.967	31.064
2006/2007	31.064	164.066	45.597	195.130	49.810	149.385	41.532
2007/2008	41.532	167.116	43.845	208.648	50.835	155.009	46.649

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de USDA (2008)

ANEXO B – Curvas de sucateamento para automóveis e comerciais leves

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Brasil (2008b)

ANEXO C - Banco de dados com as principais séries utilizadas

(continua)

ano	igpdi	cpi	produção cana SP (t ^a)	área cana SP (ha)	produtividade cana SP (t/ha)	índice preço real açúcar	índice preço real álcool anidro	índice preço real álcool hidratado	produção açúcar BR	produção álcool anidro BR	produção álcool hidratado BR
1976	1,3664E-10	170,5	41.301.785	764.062	54,056	235,305	235,117	236,565	6.850.980	300.000	364.000
1977	1,9492E-10	181,5	52.766.355	1.085.500	48,610	243,722	213,528	213,528	8.305.980	1.777.000	293.000
1978	2,7042E-10	195,4	54.785.664	1.215.600	45,069	233,357	225,476	225,476	7.476.000	2.096.000	395.000
1979	4,1623E-10	217,4	59.789.664	1.271.000	47,041	220,212	228,232	228,232	6.979.980	2.712.000	671.000
1980	8,3334E-10	246,8	65.967.350	1.358.100	48,573	203,870	216,820	216,820	8.100.000	2.104.000	1.602.000
1981	1,7490E-09	272,4	70.424.639	1.457.660	48,313	208,537	226,816	226,816	7.935.000	1.413.000	2.750.000
1982	3,4184E-09	289,1	90.352.863	1.609.000	56,155	196,990	218,434	218,434	8.857.000	3.550.000	2.274.000
1983	8,6992E-09	298,4	112.127.599	1.463.100	76,637	174,409	193,772	193,772	9.086.000	2.469.000	5.392.000
1984	2,7896E-08	311,1	110.276.606	1.601.800	68,845	169,003	185,812	185,812	8.849.000	2.102.000	7.150.000
1985	9,0808E-08	322,2	121.693.556	1.701.560	71,519	177,885	193,176	193,176	7.819.000	3.208.000	8.612.000
1986	2,1998E-07	328,4	112.570.386	1.776.850	63,354	139,542	151,909	151,909	8.156.000	2.168.000	8.338.000
1987	7,1458E-07	340,4	123.517.870	1.830.100	67,492	146,012	160,381	160,381	7.983.000	1.983.000	9.474.000
1988	5,6068E-06	354,3	124.556.258	1.842.950	67,585	127,275	141,382	141,382	8.070.000	1.726.000	9.978.000
1989	1,0000E-04	371,3	122.674.934	1.839.600	66,686	101,594	112,561	112,561	7.236.000	1.341.000	10.557.000
1990	2,3000E-03	391,4	131.814.535	1.811.980	72,746	92,354	105,849	105,849	7.365.344	1.309.000	10.474.000
1991	1,1600E-02	408,0	137.281.277	1.852.400	74,110	94,583	108,693	108,693	8.604.321	1.984.000	10.768.000
1992	1,2700E-01	420,3	136.562.226	1.889.500	72,274	98,140	112,767	112,767	9.318.490	2.216.000	9.470.000
1993	2,7988E+00	432,7	143.832.064	1.895.750	75,871	87,989	101,118	101,118	9.332.896	2.523.000	8.774.000
1994	7,0162E+01	444,0	148.941.517	2.173.200	68,536	88,801	102,055	102,055	11.703.315	2.867.000	9.825.000
1995	1,1749E+02	456,5	152.097.970	2.258.900	67,333	81,090	92,857	92,857	12.653.029	3.040.000	9.631.000
1996	1,3053E+02	469,9	170.424.122	2.493.180	68,356	100,000	100,000	100,000	13.659.380	4.600.000	9.634.000
1997	1,4085E+02	480,8	180.596.909	2.446.300	73,825	98,906	99,763	99,763	14.880.691	5.689.000	9.720.000
1998	1,4633E+02	488,3	199.521.253	2.564.950	77,788	90,913	82,920	83,191	17.942.109	5.692.000	8.236.000
1999	1,6289E+02	499,0	194.234.474	2.555.000	76,021	74,753	64,866	65,858	19.387.515	6.134.000	6.934.000
2000	1,8533E+02	515,8	148.256.436	2.484.790	59,666	113,619	103,618	128,016	16.248.705	5.536.000	4.905.000
2001	2,0453E+02	530,4	176.574.250	2.567.178	68,781	116,421	104,338	128,507	19.218.011	6.465.098	5.070.936
2002	2,3215E+02	538,8	192.486.643	2.660.950	72,338	109,926	88,254	93,637	22.567.260	7.015.466	5.607.759
2003	2,8507E+02	551,1	207.810.964	2.817.604	73,754	107,217	93,533	86,510	24.925.793	8.912.050	5.896.655
2004	3,1188E+02	565,8	230.310.237	2.951.804	78,024	82,820	73,190	68,356	26.642.636	8.309.353	7.103.798
2005	3,3048E+02	585,0	242.828.824	3.084.752	78,719	94,577	86,645	82,676	25.834.486	7.765.653	8.170.229
2006	3,3618E+02	603,9	264.336.825	3.284.681	80,476	134,427	100,283	99,335	29.681.578	8.311.651	9.451.482
unidade			toneladas	hectares	ton/ha				toneladas	metros cúbicos	metros cúbicos

ANEXO C - Banco de dados com as principais séries utilizadas

(conclusão)

ano	produção total ATR BR	índice preço real açúcar e álcool (p^i)	quantidade exportada açúcar - BR	quantidade exportada álcool - BR	quantidade exportada ATR - BR	produção cana BR	exportações em cana equivalente BR (x)	preço real cana-de-açúcar (p^d)	índice salário médio real indústria SP (m)
1976	8.368.861	235,388	1.345.569		1.412.175	103.173.456	17.409.652	96,546	35,234
1977	12.455.841	234,659	2.658.973		2.790.592	120.081.696	26.902.967	95,303	37,031
1978	12.341.940	230,486	2.128.251		2.233.599	129.144.944	23.372.180	92,402	40,216
1979	13.421.066	223,854	1.978.147		2.076.066	138.898.880	21.485.865	87,846	41,985
1980	15.112.629	209,638	2.766.190		2.903.116	148.650.560	28.555.578	85,012	43,874
1981	15.682.537	217,123	2.841.242		2.981.883	155.924.112	29.647.465	85,646	47,823
1982	19.704.223	208,326	2.701.860		2.835.602	186.646.608	26.860.003	83,041	53,323
1983	23.408.616	185,884	2.632.169		2.762.461	216.036.960	25.494.621	74,981	50,763
1984	25.553.584	179,703	3.195.057		3.353.212	222.317.840	29.173.161	71,081	52,388
1985	29.027.287	188,853	2.696.499		2.829.976	247.199.472	24.100.376	70,643	59,408
1986	27.014.385	147,990	2.675.056		2.807.471	238.443.008	24.780.199	55,614	67,844
1987	28.474.358	156,153	2.348.045		2.464.273	268.504.000	23.237.300	56,539	62,959
1988	28.976.135	137,259	1.935.261		2.031.056	258.294.000	18.104.887	48,887	68,310
1989	28.409.326	109,610	1.168.662	31,211	1.283.218	252.290.000	11.395.660	41,196	73,434
1990	28.342.438	102,169	1.554.642	29,772	1.685.690	262.674.144	15.622.760	38,566	64,622
1991	31.380.976	104,633	1.651.137	7,111	1.745.787	260.887.888	14.513.723	41,153	61,843
1992	30.292.328	108,045	2.401.653	166,717	2.823.444	271.474.880	25.303.242	42,699	71,676
1993	29.653.570	96,781	3.087.840	213,088	3.627.847	244.530.704	29.916.125	38,291	79,632
1994	34.596.024	97,349	3.436.294	234,590	4.032.618	292.101.824	34.048.276	38,658	87,197
1995	35.569.338	88,464	6.213.206	256,065	6.986.004	303.699.488	59.648.168	35,191	94,811
1996	39.465.090	100,000	5.360.833	209,046	6.006.011	317.105.984	48.258.903	39,020	100,000
1997	42.875.177	99,451	6.427.639	117,275	6.958.884	331.612.672	53.822.617	39,298	105,463
1998	43.510.091	86,469	8.459.395	94,341	9.049.542	345.254.976	71.808.619	39,068	110,334
1999	43.563.462	69,759	12.147.648	325,776	13.340.859	333.848.000	102.237.491	34,266	108,570
2000	35.650.489	114,246	6.508.052	181,806	7.160.524	327.704.992	65.820.681	29,318	111,468
2001	40.743.732	115,556	11.225.585	276,540	12.283.697	345.942.016	104.296.947	36,081	118,035
2002	46.193.287	100,503	13.611.156	607,213	15.388.154	364.391.008	121.387.872	29,854	118,904
2003	52.617.410	98,966	13.053.629	605,900	14.800.643	396.012.000	111.393.402	30,629	114,948
2004	55.425.712	76,970	15.948.479	1.926.634	20.238.429	415.205.835	151.610.392	25,919	119,687
2005	55.446.260	89,506	18.280.441	2.080.494	22.965.373	422.956.646	175.185.072	27,319	119,199
2006	62.706.340	116,996	18.870.133	2.733.244	24.770.235	455.291.462	179.849.064	38,321	128,339
unidade	toneladas		toneladas	metros cúbicos	toneladas	toneladas	toneladas	R\$/tonelada	