UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

TRÊS ENSAIOS SOBRE O SETOR PRODUTOR
DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

André Luis Squarize Chagas

Orientador: Carlos Roberto Azzoni

SÃO PAULO

2009

Profa. Dra. Suely Vilela
Reitora da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Carlos Roberto Azzoni
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Joaquim Martins Guilhoto
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Dante Mendes Aldrighi
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

ANDRÉ LUIS SQUARIZE CHAGAS

**TRÊS ENSAIOS SOBRE O SETOR PRODUTOR
DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL**

Tese apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção do título de Doutor Economia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Azzoni

SÃO PAULO

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Chagas, André Luís Squarize

Três ensaios sobre o setor produtor de cana-de-açúcar no Brasil /
André Luís Squarize Chagas. – São Paulo, 2009.

112 p.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2009

Bibliografia.

1. Economia agrícola 2. Cana-de-açúcar 3. Econometria 4.
Geografia econômica 5. Economia regional I. Universidade de
São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade.
II. Título.

CDD – 338.1

Para meus pais, Ronaldo e Antonia,
minha esposa, Elisandra,
e meus filhos, Pedro e Alícia.

AGRADECIMENTOS

Fazer uma lista de agradecimentos é sempre uma aventura inglória, muito mais quando se trata de um trabalho realizado durante longo período, como é o caso de uma Tese. O maior risco é o de se esquecer de mencionar alguém, pois os descuidos decorrentes das falhas da mente são tão recorrentes quanto indesejados. Há também o risco de não conseguir transformar em palavras toda a gratidão e reconhecimento que se tem pela ajuda e apoio de algumas pessoas. Esse risco é tanto maior quanto mais próximas são essas pessoas de nosso convívio cotidiano. Finalmente, existem aqueles que desejam não serem mencionados, já que entendem sua ajuda como ato gracioso e dele não esperam nem recompensa e nem reconhecimento. Para quem escreve os agradecimentos sempre permanecerá o receio de não incorrer em nenhum desses riscos, sempre sabendo que eles são, em certo sentido, inevitáveis.

Mas, não me furtarei a me aventurar, já que o próprio ato de viver é aventura, e, mesmo sabendo dos riscos incorridos, farei agradecimentos. Sou grato a todo o pessoal de apoio do Instituto de Pesquisas Econômicas, pessoas fundamentais para fazerem com que aquelas tarefas, pretensamente simples, mas indispensáveis à consecução do trabalho, aconteçam. Às secretárias do programa de pós-graduação, Márcia e Gisele, agradeço desculpando-me pelo trabalho que todo aluno sempre dá. Para a Márcia o agradecimento é dobrado, já que ela também me agüentou durante o mestrado.

Agradeço aos colegas de Pós-Graduação com os quais pude interagir nesse período, Gustavo Barros, Ana Barufi e Marcelo Toledo, com os quais nunca se “joga conversa fora”. Um obrigado especial ao grande amigo professor Dr. Sergio Naruhiko Sakurai, parceiro de graduação e mestrado, que teve a paciência de ler parte do material e fazer sugestões muito oportunas, ainda que por lapso (ou relapso) eu não as tenha aproveitado todas.

Agradeço também à FIPE e à FUNDACE, instituições que contribuíram para a subsistência deste pesquisador (e da esposa, e da filha...) durante o desenvolvimento da pesquisa. À pesquisadora Maria Helena Zockun e ao professor André Lucirton Costa, coordenadores de projetos que subvertem a noção comum de chefes.

Agradecimento especial ao CNPQ que financiou parte significativa dos trabalhos dessa Tese (projeto 552835/2007-2). Espero que o resultado e as externalidades que tenha gerado, ou venha a gerar, sirvam de retribuição a esse investimento.

Especiais agradecimentos também devem ser dados ao professor Marco Antônio Sandoval de Vasconcelos (o Marcão), a quem não ousou tratar por Senhor, pela amizade, sociedade e confiança - muitas vezes não tão merecida assim; ao professor Rudinei Toneto-Jr., orientador em muitos momentos, e amigo o tempo todo, incentivador para a produção da maior parte do material ora apresentado; ao meu orientador, professor Carlos Roberto Azzoni, que desde o início deu a liberdade necessária para que o trabalho fosse concluído da forma como está. Agradeço-lhe a dedicação e a solicitude que me foi dispensada. Sou grato, ainda, a todos os que, de alguma forma, colaboraram na elaboração e revisão deste trabalho, embora não tenham culpa pelos erros que permanecem.

A meus pais, a quem serei sempre eterno devedor “do capital inicial”. Meus irmãos, Fernando e Lucas, meus sobrinhos, Caio e Yuri, amigos por destino e opção. Aos meus amigos: Celso Corrêa, Pe. Chico, D. Arnaldo Ribeiro, Dr. Hélio, Maria Thereza e tantos outros, presentes ou distantes, sócios (não capitalistas) dessa empreitada, agradeço o carinho e a compreensão sempre devotados, e a paciência de suportarem meus (muitos) momentos de mau humor. Aos meus amores, meus filhos, Pedro Afonso e Alícia Luisa, razões para se viver. À minha esposa e companheira, Elisandra, a quem as palavras são insuficientes para expressar toda gratidão: obrigado por estar ao meu lado “na alegria e na tristeza, na saúde e na doença”.

Penso que a verdade, no que tenha de apreensível, não está em texto algum, mas na vida e na história.

Penso que ela só pode ser lida através da observação direta ou da reconstituição histórica criteriosa de contextos sociais concretos e da comparação sistemática dos mesmos.

Nosso papel é, pois, o de nos fazermos herdeiros do discurso da ciência, apenas para refazê-lo com base na exploração exaustiva do valor explicativo tanto dos contextos sociais concretos que observamos como das circunstâncias de lugar e posição, desde as quais vemos a eles e aos seus contornos.

Para fazê-lo com a ousadia dos clássicos, porém, é indispensável observar, comparar e interpretar de olhos postos no trânsito entre o que foi e o que pode ser, e com a disposição de conhecer para intervir e influir, no sentido de que venham a se concretizar na história, amanhã, as possibilidades mais generosas dela.

Darcy Ribeiro

RESUMO

A demanda crescente por fontes energéticas limpas em substituição ao petróleo tem provocado grande expansão dos biocombustíveis - combustíveis produzidos a partir de produtos agrícolas. Para o Brasil, esse processo, antes de representar um entrave ao crescimento, pela necessidade de mudanças da matriz energética, representa grande oportunidade de geração de valor e renda, uma vez que o país apresenta nítidas vantagens comparativas na produção desses combustíveis de fontes renováveis. No país, o principal biocombustível é o etanol, cuja matéria-prima é cana-de-açúcar. O setor produtor de cana-de-açúcar tem passado por intensas transformações, com atração de capital estrangeiro, abertura de novas plantas industriais e intensificação dos processos de fusões e aquisições. Subsistem dúvidas, no entanto, com relação aos impactos sociais e econômicos do setor para a economia como um todo. Nessa tese são analisados três desses impactos. O primeiro trata do efeito do aumento da produção de cana-de-açúcar sobre os preços da terra e dos alimentos. Também são analisados os impactos do setor sobre as condições sociais das localidades que concentram a produção. Finalmente, são investigados os impactos do setor sobre a arrecadação municipal. Os resultados obtidos sugerem que a expansão da produção de cana-de-açúcar não é a causa de aumentos dos preços da terra e dos de alimentos; não existem efeitos (positivos ou negativos) do setor sobre as condições sociais das localidades produtoras; e o setor pode contribuir positivamente para o aumento da arrecadação local.

ABSTRACT

The growing demand for clean energy sources to replace petroleum has substantially expanded the use of biofuels – fuels produced from agricultural products. For Brazil, instead of representing a hindrance to growth because of the need for changes in the country's energy mix, this represents a great opportunity to generate value and income, since the country has clear comparative advantages in producing these fuels from renewable sources. The main biofuel in the country is ethanol, made from sugarcane. The country's cane growing sector has been undergoing intense transformations, with the attraction of foreign capital, opening of new distilleries and intensification of mergers and acquisitions. However, doubts have been raised about the socioeconomic effects of the spread of sugarcane growing, such as the effects on the environment, labor market, social conditions and food prices, among others. This thesis analyzes three of these impacts. The first is the effect of the increased production of sugarcane on land and food prices. The second is the effect on social conditions in the regions where cane growing is concentrated. The third is the impact on municipal tax revenues. The results suggest that the expansion of cane growing is not the cause of increased land and food prices, that the sector has no significant effects (positive or negative) on social conditions in cane growing regions, and that the sector can contribute positively by increasing local tax revenue.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	1
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS	5
INTRODUÇÃO	7
1 ANÁLISE DO IMPACTO DA EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE O PREÇO DA TERRA E DOS ALIMENTOS	15
1.1. Introdução.....	15
1.2. Preocupações associadas à expansão da cana-de-açúcar	16
1.3. Metodologia	22
1.3.1. Os Modelos VAR E VEC.....	22
1.3.2. Estimação	25
1.4. Estimação e resultados	26
1.4.1. Dados.....	26
1.4.2. Testes de Raiz Unitária e Estimação do VAR para determinação da ordem de defasagem.....	29
1.4.3. Teste de Cointegração e Análise de Causalidade.....	30
1.4.4. Diagnóstico dos Resíduos e Testes de Robustez.....	35
1.5. Conclusão	37
2 AVALIANDO OS IMPACTOS DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE INDICADORES SOCIAIS DE REGIÕES PRODUTORAS	41
2.1. Introdução.....	41
2.2. Produção de cana-de-açúcar e condições sociais	43
2.3. Metodologia	44
2.3.1. Propensity Score Matching Espacial.....	44
2.3.2. Kernel Matching.....	48
2.3.3. Considerações a Respeito do Viés	50
2.3.4. Análise de Sensibilidade Utilizando o Método de Limites de Rosenbaum	52
2.3.5. Base de Dados	54

2.4.	Resultados	56
2.4.1.	Propensity Score Espacial	60
2.4.2.	Efeito do Tratamento Sobre os Tratados.....	62
2.4.3.	Análises de Sensibilidade e Robustez	63
2.5.	Conclusão	66
3	A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO E SEU IMPACTO NAS RECEITAS MUNICIPAIS	69
3.1.	Introdução.....	69
3.2.	Expansão da cana em São Paulo	72
3.3.	Desempenho fiscal dos municípios produtores de cana-de-açúcar	79
3.4.	Metodologia	82
3.4.1.	Painéis Dinâmicos	82
3.4.2.	Base de dados	86
3.4.3.	Modelos Estimados	89
3.5.	Resultados	91
3.6.	Conclusão	96
	CONCLUSÕES.....	99
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Produção de cana-de-açúcar por região produtora	19
Figura 1.2: Regiões de expansão da produção de cana-de-açúcar	20
Figura 1.3: Séries em nível (a), transformadas (b) e em primeiras diferenças (c)	28
Figura 2.1: IDH-M 2000 por AMC	57
Figura 2.2: Produção de cana-de-açúcar como proporção da área agrícola total - AMC - média 1991 a 2000	58
Figura 3.1: Área Plantada Total como Proporção da Área do Município [painéis a, b e c] e Área Plantada de Cana-de-Açúcar como Proporção da Área Agrícola Total do Município [painéis c, d e f]	76
Figura 3.2: Variação no Uso da Terra - São Paulo, 1996-2006	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Distribuição territorial - Estimativa (milhões de ha).....	18
Tabela 1.2: Uso da terra no cerrado (milhões de ha)	21
Tabela 1.3: Teste de raiz unitária	29
Tabela 1.4: Testes de Diagnóstico dos Resíduos do VAR.....	30
Tabela 1.5: Testes de Cointegração.....	31
Tabela 1.6: Teste de restrição sobre os parâmetros do vetor de cointegração	32
Tabela 1.7: Vetor de cointegração re-estimado.....	32
Tabela 1.8: Teste de restrição sobre os coeficientes de ajustamento	33
Tabela 1.9: Coeficientes de ajustamento re-estimados	34
Tabela 1.10: Teste de causalidade de Granger	35
Tabela 1.11: Testes de Diagnóstico dos Resíduos do VEC	36
Tabela 1.12: Testes de Robustez do Modelo.....	36
Tabela 2.1: IDH-M 2000 médio para as regiões de tratamento e controle - amostra total	59
Tabela 2.2: IDH-M 2000 médio para as regiões de tratamento e controle - amostra restrita ..	60
Tabela 2.3: Modelo logit para estimação do <i>propensity score</i> espacial.....	62
Tabela 2.4: Estimativa do efeito do tratamento sobre os tratados.....	63
Tabela 2.5: Análise de sensibilidade (Rosenbaum bounds) para o IDH e seus componentes .	64
Tabela 2.6: Testes de robustez da estimativa	66
Tabela 3.1: Quantidade produzida, área plantada, rendimento da terra e valor da produção na cultura de cana-de-açúcar, Brasil e estado de São Paulo – 1990 a 2007.....	73
Tabela 3.2: Desempenho fiscal <i>per capita</i> e população média por tipo de município, média de 1990 a 2006	81
Tabela 3.3: Balanceamento do painel: número de observações incluídas a cada período	87
Tabela 3.4: Modelos para arrecadação própria <i>per capita</i>	92
Tabela 3.5: Modelos para cota-parte do ICMS <i>per capita</i>	94
Tabela 3.6: Modelos para cota-parte do IPVA <i>per capita</i>	95

INTRODUÇÃO

A demanda crescente por fontes energéticas limpas, em substituição ao petróleo, tem provocado grande expansão da chamada agroenergia (FAO, 2008), isto é, a produção de combustíveis a partir de produtos agrícolas, com destaque para o etanol e o biodiesel. Estes produtos podem ser obtidos de diferentes fontes de matéria-prima. No caso do etanol, destacam-se a cana-de-açúcar e o milho e, no caso do biodiesel, a soja, a canola, o dendê, a mamona, entre outras diversas fontes. As novas necessidades energéticas conferem aos combustíveis derivados de produtos agrícolas maior destaque, além de significar maior potencial de geração de renda para os países que têm vantagem comparativa na produção desses bens.

Por isso, para o Brasil, as transformações ambientais e a necessidade de adoção de novas fontes energéticas, antes de representar um entrave ao crescimento, pela necessidade de mudanças da matriz energética, representam grande oportunidade de geração de valor e renda, uma vez que o país apresenta nítidas vantagens comparativas na produção de combustíveis de fontes renováveis (HOFFMANN, 2006).

No Brasil, a produção de etanol é feita da cana-de-açúcar, que também pode ser utilizada para a produção de açúcar, para a co-geração de energia elétrica e outros subprodutos. O etanol produzido no país é voltado principalmente para atender o mercado doméstico, menos de 20% direciona-se para exportação. Seu uso pode ser como combustível direto (álcool hidratado) ou como aditivo à gasolina (álcool anidro). Algumas aplicações químicas experimentais também utilizam o etanol de cana-de-açúcar (RNCOS, 2007).

No caso do açúcar, a maior parte da produção destina-se ao mercado externo, em torno de 70% do total produzido. Nos últimos anos verificou-se uma forte expansão da demanda dos dois produtos (açúcar e etanol). No caso do açúcar, a ampliação do mercado mundial, em função da elevação da renda e dos amplos processos de urbanização nas economias emergentes explicam essa demanda adicional; e, no caso do etanol, o crescimento se dá em

função das maiores preocupações ambientais no mundo em geral e do advento dos veículos com motor flexfuel, no mercado brasileiro.

A economia brasileira possui elevada competitividade na produção, tanto do açúcar, quanto do etanol. O Brasil é o principal país exportador mundial, respondendo por mais da metade das exportações mundiais de etanol e 40% do mercado internacional de açúcar (F.O. LICHT, 2003).

A produção de cana-de-açúcar foi a primeira atividade relevante para a economia brasileira. Sua plantação e a produção do açúcar para exportação podem ser consideradas as principais atividades econômicas do início da colonização do país¹. Ainda hoje, o setor sucroalcooleiro está entre os mais tradicionais e relevantes setores da economia brasileira. No século passado, houve aceleração da produção de cana-de-açúcar a partir da década de setenta, por conta do Programa Nacional do Álcool (Proálcool). Esse programa, inicialmente, estipulou a adição do álcool à gasolina, mas, posteriormente, a utilização do próprio álcool como combustível (e não apenas como aditivo), com vistas à substituição do petróleo e seus derivados, em especial a gasolina. Havia também a intenção de incrementar o uso do álcool no setor químico (MELO; FONSECA, 1981). Durante os anos oitenta houve, no Brasil, um claro predomínio da fabricação e utilização de automóveis movidos exclusivamente a álcool, o que contribuiu para a expansão do plantio da cana-de-açúcar.

A queda do preço do petróleo e a crise do Proálcool, no bojo da crise do setor público como um todo, entre as décadas de 80 e 90, marcam um período de estagnação na produção do setor (SHIKIDA; BACHA, 1999; WELTER; SHIKIDA, 2002). No início dos anos 90, intensas mudanças começam a ocorrer no setor, com o fim do protecionismo público, marcado pela extinção do Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), no início dos anos 90, bem como pela promulgação de uma série de medidas direcionadas para a formação de um mercado interno

¹ “A cana-de-açúcar (...) é dignamente a Rainha deste vasto e doce Império do Brasil (...) Esta Rainha é que dá mais a Portugal do que a Índia, no açúcar que faz da cana, como diamantes e pérolas que assim se chamam os açúcares finos (...) o Brasil pela cana, pelos bizalhos dos diamantes, que embarca em milhares de caixas todos os anos, é a verdadeira Índia e mina dos Portugueses.” (ROSÁRIO, Frei Antônio. **Frutas do Brasil**, Lisboa, 1702 *apud* MARANHÃO, 2006, p. 14).

de cana-de-açúcar, de açúcar, de álcool e de outros subprodutos, sem a intervenção direta do governo que tinha caracterizado o setor desde os anos trinta (BARROS; MORAES, 2002).

Sem a presença direta do governo na formação das quotas de produção e de exportação e na formação de preços dos produtos, o setor precisou adotar inovações tecnológicas no processo de produção da matéria-prima no campo. Dentre elas, destaca-se a intensificação da mecanização em todas as etapas do processo de produção, especialmente nas plantas localizadas no centro-sul do País (VIAN; BELIK, 2003). A prática, ainda comum, é que parte do plantio é mecanizada e parte feita manualmente. Já o carregamento e o transporte podem ser considerados completamente mecanizados. A colheita passa por um ritmo acelerado de substituição do modo manual para o sistema mecanizado² (STADUTO; SHIKIDA; BACHA, 2004).

No segmento industrial percebem-se sinais de transformação organizacional, estrutural e de adoção de inovações tecnológicas, verificados pela constatação de fusões e incorporações de usinas/destilarias, pelo investimento de capital estrangeiro, e mesmo nacional, na aquisição e instalação de unidades industriais no centro-sul do país, e pela diversificação da produção e lançamento de novos produtos (SCARAMUZZO, 2009).

Segundo dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) do IBGE, o Valor Bruto da Produção Industrial das usinas de açúcar e álcool em 2007 foi da ordem de R\$ 33 bilhões (R\$ correntes), o que corresponde a 1,3% do PIB brasileiro de 2007³. O valor da transformação industrial (VTI) foi de R\$ 14,4 bilhões, ou 0,06% do PIB de 2007. O setor gera em torno de 1 milhão de empregos, sendo em torno de 404 mil na indústria (5,5% do total da indústria) e

² O processo de mecanização da colheita da cana-de-açúcar tende a se intensificar no futuro próximo, na medida em que novas e mais acessíveis tecnologias sejam disponibilizadas, bem como com as mudanças institucionais, sobretudo regulatórias, que são implantadas. No estado de São Paulo, a Lei 11.241/2002 e o Decreto 47.700/2003 estabelecem restrições para o uso da queimada, assim como cronograma para eliminação dessa prática nas áreas mecanizáveis. Também se prevê que as áreas sujeitas à mecanização, em decorrência de progressos tecnológicos que viabilizem essa prática, estarão automaticamente sujeitas aos critérios e cronogramas estabelecidos na Lei.

³ Como o principal insumo da indústria é a cana, pode-se dizer que o Valor Bruto da Produção corresponde, aproximadamente, ao valor da etapa industrial e da etapa agrícola.

mais de 600 mil na agricultura. O montante exportado pelo setor e seu saldo comercial superaram os US\$ 7 bilhões, o que representa quase 4% das exportações brasileiras.

A produção de açúcar saltou de 5 milhões de toneladas em 1970, para 16 milhões em 2000 e 31 milhões em 2007. A produção de etanol passou de 0,6 milhões de m³ em 1970 para 11,5 milhões em 1990, manteve neste patamar até 2000 e saltou para 22,5 milhões em 2007, com forte tendência de crescimento. Acompanhando a expansão dos produtos finais, tem-se o aumento da produção de cana-de-açúcar, que passou dos 57 milhões de toneladas, em 1970, para mais de 500 milhões nos últimos anos⁴. Este incremento de produção se fez com ampliação da área plantada e com ganhos de produtividade. Atualmente, a cana-de-açúcar ocupa uma área superior a 7 milhões de hectares, com forte concentração na região Centro-Sul/Sudeste, sobretudo no estado de São Paulo⁵.

A produção de etanol a partir de fontes renováveis coloca o Brasil na vanguarda do processo de busca de energia limpa, juntamente com a forte presença de usinas hidrelétricas na matriz energética do país. O Brasil é o único país do mundo que possui um programa de larga escala de veículos com motores que utilizam fontes energéticas limpas e renováveis, no caso o etanol, seja na adição de porcentual significativo à gasolina (álcool anidro), seja diretamente como combustível (álcool hidratado). A competitividade do etanol produzido a partir da cana-de-açúcar no Brasil é significativamente maior do que a dos demais produtores, destacando-se em relação ao etanol de milho dos EUA, tanto na questão dos custos de produção, como do balanço energético⁶ (MACEDO, 2007).

⁴ Estatísticas do setor disponíveis no site da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), acessado em jun/2009.

⁵ O terceiro capítulo dessa tese explora com mais detalhes a relação entre o estado de São Paulo e a produção de cana-de-açúcar.

⁶ Vale destacar, porém, que esta situação de vantagem pode ser contestável no futuro por avanços tecnológicos em outros países e um direcionamento crescente de recursos para P&D que poderão colocar em xeque a posição brasileira. É o que se verifica, por exemplo, no desenvolvimento do etanol celulósico, ou ainda com o surgimento de outras fontes energéticas que se tornem competitivas (célula de hidrogênio, entre outras). Isto já pode ser sentido pela grande expansão na produção do etanol de milho nos EUA, que já supera a produção brasileira, o que sinaliza a importância que este tema vem assumindo em nível global.

Ainda existem controvérsias sobre os efeitos indiretos da produção do etanol de cana-de-açúcar sobre o meio-ambiente. As principais preocupações referem-se ao controle do uso da água, reserva legal e proteção de áreas de mata ciliares e das nascentes de água, conservação do solo e de recursos hídricos, adoção de boas práticas para descarte de embalagens de agrotóxicos, minimização da poluição atmosférica, reciclagem e reuso de resíduos (ZORATTO, 2006; SANTO; ALMEIDA, 2007; TONETO-JR.; PALOMINO; LIBONI, 2008). Também preocupam os efeitos das queimadas, não apenas ao meio-ambiente, como também sobre a saúde de trabalhadores e pessoas que vivem em regiões produtoras (GONÇALVES, 2002; ARBEX et al., 2004; ARAÚJO et al., 2005; OMETTO; MANGABEIRA; HOTT, 2005).

Os subprodutos gerados no processo produtivo também se constituem em fontes de preocupação. No passado, muitos rios eram contaminados pela vinhaça despejada pelas usinas. Atualmente, a água captada para o processo industrial é, quase em sua totalidade, tratada e reaproveitada na própria usina, o que significa menor captação de água atualmente em relação ao passado. A vinhaça é utilizada no campo para fertilização, assim como a torta de filtro também é usada como fertilizante⁷ (MELO; SILVA, 2001; RAMALHO; AMARAL-SOBRINHO, 2001).

O bagaço da cana-de-açúcar, que sobra da extração do caldo, é queimado nas caldeiras das usinas para a geração de energia elétrica. Historicamente, essa geração de energia era feita apenas para o atendimento das usinas. Atualmente, muitas usinas produzem excedentes que são comercializados. Com o avanço da mecanização da colheita pode haver sobra de palha e folhas no campo. Caso se viabilize o seu transporte até as usinas, serão ampliadas as fontes para a geração de energia elétrica. O desenvolvimento do processo de hidrólise, por seu lado, poderá viabilizar a extração do etanol tanto do bagaço como da palha (MACEDO, 2007).

Assim, do ponto de vista ambiental o setor apresenta efeitos positivos e negativos. O balanço final desses efeitos deve levar em conta a composição dos mesmos, considerando sempre a

⁷ A vinhaça é um substrato do processo produtivo do álcool, poluente se descartado diretamente na natureza, mas rico em potássio, matéria orgânica e teor de água. A torta de filtro é um resíduo obtido na fabricação do açúcar, depois que as borras resultantes da clarificação têm a sua sacarose residual extraída, rico em nitrogênio e fósforo.

opção alternativa⁸ - a cultura alternativa que ocuparia a terra no lugar da produção de cana-de-açúcar. Algumas estimativas do balanço energético do setor parecem sinalizar que os efeitos positivos preponderam sobre os negativos (MACEDO, 2007; BNDES; CGEE, 2008).

Apesar do aparente benefício ambiental da utilização do etanol da cana-de-açúcar em substituição aos combustíveis fósseis, a expansão da produção de cana-de-açúcar gera outras preocupações.

Possivelmente, a mais debatida trata das relações trabalhistas vigentes no setor (ALVES, 2006, 2007; MENDONÇA, 2006a; 2006b; HOFFMANN; OLIVEIRA, 2007; MORAES, 2007; BACCARIN; ALVES; GOMES, 2008; TONETO-JR.; LIBONI, 2008). Em geral, associa-se o trabalho do setor sucroalcooleiro a uma mão-de-obra pouco qualificada, à forte presença de trabalhadores temporários para o corte manual, o que resulta em intensos fluxos migratórios para as regiões canavieiras nos períodos de safra; condições inadequadas de trabalho e elevado esforço físico, resultando em um número acentuado de acidentes de trabalho e mortalidade. Os capítulos 1 e 2 dessa tese discutem esse ponto, chamando a atenção para alguns trabalhos que mostram o nível salarial na cultura canavieira é maior do que nas demais culturas, o grau de formalização das relações trabalhistas (posse de carteira de trabalho) é superior, a presença de trabalho infantil é inferior. Possivelmente por ser uma cultura cujo produto tem maior inserção no mercado externo, e com maior escala produtiva, suas relações de trabalho são mais formalizadas e de acordo com a legislação (MORAES, 2007; TOJETO JR.; LIBONI, 2008; HOFFMANN; OLIVEIRA, 2007).

Uma importante e atual preocupação quanto à expansão da produção do setor refere-se à disponibilidade de terra agricultável no país que possa abrigar a expansão da cultura da cana-de-açúcar. Aliada a esta, está a preocupação que a expansão se fará em terras hoje empregadas na produção de alimentos, o que pressionará o preço destes, com conseqüências sobre as famílias mais pobres (FAO, 2008, RENEWABLE FUELS AGENCY, 2008). Poderia a maior

⁸ Uma controversa imputação na conta de impactos ambientais negativos do setor refere-se ao processo de competição pelo uso do solo, com a conseqüente expulsão de culturas menos produtivas para áreas de floresta, provocando o desmatamento (RENEWABLE FUELS AGENCY, 2008). Uma discussão desse ponto será retomada no capítulo 1.

utilização da terra para cana-de-açúcar levar a uma redução de áreas para outras culturas, com conseqüente aumento do preço da terra e dos custos de produção de alimentos? Se isso acontecer, poderia ocorrer uma redução na oferta de alimentos, o que elevaria seus preços e deterioraria as condições de vida da população de baixa renda? O primeiro capítulo dessa tese explora essas questões com maior profundidade.⁹

Não se pode desconsiderar a necessidade de verificar os eventuais impactos que o setor possa ter sobre o bem-estar local. A princípio, importa dizer que os impactos sobre o bem-estar do país como um todo (emprego, renda e impostos, por exemplo) podem ser diferentes daqueles em uma localidade (poluição, pressão sobre serviços públicos locais, custos de congestionamento, entre outros). Isso porque as externalidades positivas que um setor gera podem não ser aprisionadas localmente (geração de renda, demanda por produtos e empregos indiretos, impostos etc.), ao passo que as externalidades negativas costumam sê-lo. Assim, uma das preocupações desse trabalho é quantificar os efeitos do setor sobre o bem-estar local naquelas regiões em que a cultura de cana-de-açúcar se faz presente.

Para isso, o segundo capítulo desse trabalho explora a relação entre a produção de cana-de-açúcar e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M) de um município. O IDH-M foi escolhido por ser indicador síntese das condições de vida local, pois em seu cálculo ponderam-se aspectos relativos a expectativa de vida, escolaridade e renda da população local.

Ainda que a resposta a essa e às demais questões relacionadas aos impactos sociais e econômicos do setor não sejam, em certo sentido, contrárias ao mesmo, e ainda que existam evidências de que os impactos sociais líquidos da produção de cana-de-açúcar sejam positivos, mesmo assim sua expansão pode não ser desejada, por razões diversas, como lobbies, pressões de grupos de interesse, ou mesmo porque os impactos para as finanças públicas não são sentidos diretamente, sobretudo nos municípios.

⁹ No primeiro capítulo outras preocupações relacionadas à expansão do setor também são discutidas, motivando para o problema principal do capítulo.

Em outras palavras, diferentemente da produção de uma fábrica de automóvel, por exemplo, que, depois de instalada e amadurecida, tende a concentrar geograficamente os efeitos econômicos e sociais, bem como a arrecadação de tributos, direta ou indiretamente, a produção de cana-de-açúcar, assim como a da maior parte dos produtos agrícolas, tende a ter efeitos mais difusos, dada a extensão territorial necessária para atingir o ponto de escala eficiente. Nessa situação, os impactos sobre as finanças públicas de um município em específico poderão ser percebidos de maneira menos evidente. Alie-se a isso o fato de que a parcela da produção destinada à exportação recebe incentivos de créditos fiscais, o que torna praticamente nula a geração de tributos diretamente, faz com que se levantem legítimas dúvidas sobre os efeitos na arrecadação local devidos à expansão de um setor baseado na produção agrícola e com vocação ao comércio internacional.

O terceiro capítulo desse trabalho destina-se a explorar esse ponto. Se por um lado a expansão da cana gera pressões de gastos para as prefeituras, por exigir um maior dimensionamento dos serviços públicos para atender a sazonalidade da atividade e fluxos migratórios, maiores gastos de saúde para lidar com efeitos deletérios da queimada, entre outros; por outro lado, esses municípios podem ter uma maior arrecadação, que compensaria as maiores pressões de gastos. Ademais, a ocorrência de impactos positivos na receita deve estar associada aos impactos positivos sobre a renda e ao dinamismo das economias regionais.

Essa introdução e o último capítulo, com as conclusões, encerram o plano de obra dessa tese.

Os capítulos desse trabalho foram concebidos de maneira independente, de modo a que possam ser lidos em qualquer ordem (embora a ordem adotada seja a considerada mais adequada para o desenvolvimento lógico do argumento principal). Dessa forma, eventuais redundâncias serão encontradas, sobretudo nas seções introdutórias e de motivação ao debate de cada capítulo.

1 ANÁLISE DO IMPACTO DA EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE O PREÇO DA TERRA E DOS ALIMENTOS

1.1. Introdução

O aumento no preço do petróleo, aliado às preocupações ambientais com o aquecimento global, contribuem para a busca de fontes alternativas de energia que causem menos impactos ao meio-ambiente. Tal fato motiva a expansão do setor sucroalcooleiro. No Brasil, adicione-se também o surgimento do carro com motor flex-fuel. Pode-se imaginar que para os próximos anos esse cenário se manterá e, inclusive, se intensificará, colocando novas pressões sobre a demanda desse setor (EPE, 2007).

Para o Brasil esse processo representa oportunidade de geração de emprego e renda (HOFFMANN, 2006). Apesar da dependência do petróleo como fonte de energia, destaca-se no país a presença significativa de fontes energéticas limpas, como as hidrelétricas e o etanol de cana-de-açúcar. O amplo uso desse combustível, seja como aditivo à gasolina (álcool anidro), seja diretamente como combustível (álcool hidratado), coloca o país em posição de destaque no cenário internacional. Ademais, o setor sucroalcooleiro no Brasil é significativamente competitivo.

O sucesso do setor e a tendência de crescimento da área destinada à atividade canavieira, bem como o aumento da demanda por trabalho no setor, têm suscitado algumas preocupações. A primeira delas refere-se ao fato de que a demanda adicional do produto e a necessidade de aumento na oferta pressionarão os custos de produção, sobretudo os custos da mão-de-obra e do capital. Conjugado a esse efeito estaria o fato que a ampliação do setor canavieiro potencialmente levará à deterioração das condições de vida nos municípios em que a cana-de-açúcar se implantar, por conta da migração de trabalhadores de outras regiões, destruição das atividades tradicionais, aumento da violência, entre outros aspectos. Ainda, haveria uma deterioração das relações trabalhistas na economia, dada a precariedade das relações de trabalho vigente na atividade canavieira. Este processo seria ainda mais acentuado em função

da desindustrialização associada ao sucesso da *commodity* energética (doença holandesa) (ALVES, 2006, 2007; MENDONÇA, 2006a; 2006b; BACCARIN; ALVES; GOMES, 2008). Finalmente, e talvez de maior alcance social, surge a preocupação quanto à disponibilidade de terra agricultável que possa abrigar a expansão da cultura da cana-de-açúcar (RENEWABLE FUELS AGENCY, 2008). Ademais, a expansão da produção de cana-de-açúcar pode ocorrer em terras hoje empregadas na produção de alimentos, o que pressionará o preço destes, com conseqüências sobre as famílias mais pobres (FAO, 2008; RENEWABLE FUELS AGENCY, 2008). O objetivo deste capítulo é analisar, especificamente, este último ponto.

O capítulo organiza-se da seguinte forma: na próxima seção se analisa brevemente os argumentos contrários à expansão da produção de cana-de-açúcar - ou que expressam preocupações sobre a mesma. A seção seguinte trata da metodologia empregada no trabalho para analisar o efeito do aumento da produção de etanol sobre o preço da terra e os preços alimentícios, discutindo os procedimentos adotados a cada etapa do teste e os resultados obtidos. A última seção reporta as conclusões do trabalho.

1.2. Preocupações associadas à expansão da cana-de-açúcar

Uma preocupação recorrente quando se trata da expansão da cultura de cana-de-açúcar, decorrente da maior demanda pelos produtos dela derivados, refere-se à eventual pressão por mão-de-obra e capital que esse processo pode gerar. Em termos de emprego, verifica-se um grande crescimento das contratações no setor, que em 2005 foi um dos principais responsáveis pela criação de novos postos de trabalho no Brasil e em particular no Estado de São Paulo (TONETO-JR; LIBONI, 2008; TONETO-JR.; PALOMINO; LIBONI, 2008). O setor se ressentia da falta de mão-de-obra, tanto da menos qualificada, destinada ao corte manual da cana-de-açúcar, o que tem estimulado uma maior mecanização da atividade, como da mão-de-obra mais especializada para as novas atividades mecanizadas.

No caso dos investimentos no setor, observa-se a existência de projetos para a criação de cerca de 80 usinas nos próximos anos (BNDES; CGEE, 2008). Este boom de investimentos se

reflete no aumento da concessão de empréstimos para o setor e em gargalos no setor produtor de bens de capital e instalações para as usinas. O próprio avanço da mecanização tem sido limitado pela falta de mão-de-obra especializada e pela incapacidade do setor produtor de máquinas agrícolas em atender à demanda existente.

Outro aspecto constantemente apontado como preocupante em relação à expansão da cultura de cana-de-açúcar trata-se da questão social: relações e condições de trabalho, intensidade do trabalho, impactos sobre a longevidade dos trabalhadores, a baixa remuneração, entre outros aspectos (ALVES, 2006, 2007; MENDONÇA, 2006a; 2006b; BACCARIN; ALVES; GOMES, 2008)¹⁰. De acordo com Toneto-Jr. e Liboni (2008), um conjunto de indicadores sobre o mercado de trabalho ligado à produção de cana-de-açúcar, açúcar e álcool sugere melhores condições de remuneração e emprego para os trabalhadores ocupados em atividades do setor, em relação a outros setores. O avanço da mecanização verificado nos últimos anos não foi suficiente para degradar as relações de trabalho na produção de cana-de-açúcar. Ao contrário, a expansão da mecanização tende a melhorar as condições de emprego no setor, eventualmente eliminando o único aspecto negativo destacado pelos indicadores considerados, a saber: a qualificação da mão-de-obra. Sendo assim, as preocupações levantadas sobre a deterioração das condições de trabalho em função de uma expansão significativa do setor aparentam não ter fundamento.

Outra preocupação que acompanha as discussões sobre a expansão do setor sucroalcooleiro no país refere-se à capacidade de expansão da produção e se haverá condições de atender a um aumento significativo na demanda mundial (RENEWABLE FUELS AGENCY, 2008). Caso seja introduzido um percentual de 5% de álcool na gasolina dos países desenvolvidos, a demanda de etanol seria da ordem de 90 bilhões de litros/ano¹¹.

Diante da ordem de grandeza destes números é possível pensar em insuficiência de espaço, o que geraria pressão sobre o preço da terra, prejudicando a vantagem comparativa de custos que o etanol brasileiro possui. Este argumento é, no entanto, falacioso. O país utiliza hoje

¹⁰ O próximo capítulo volta a discutir, com mais detalhes, esse ponto.

¹¹ Na safra de 2007/08 a produção estimada é de 22,5 bilhões de litros. Para atender a demanda gerada por esta alteração, a produção deveria ser multiplicada por quatro.

cerca de 7,8 milhões de hectares de terra com plantação de cana-de-açúcar (sendo que, em média, 50% desta se destinam para etanol e 50% para a produção de açúcar). Ou seja, são cerca de 3,9 milhões de hectares para a produção de etanol. Trata-se de pouco mais de 1% da área destinada para agricultura e pastagens (Tabela 1.1). Sem assumir nenhum ganho de produtividade para a produção de cana-de-açúcar do país e imaginando que a produção brasileira supra a demanda adicional por etanol, a produção de 90 bilhões de litros/ano de etanol demandaria menos de 20 milhões de hectares de terra, montante que é menos de 6% da área destinada a agropecuária do país.

Tabela 1.1: Distribuição territorial - Estimativa (milhões de ha)

Área de Propriedades Rurais	355.0
Área Cultivada	76.7
Cana-de-açúcar	7.8
Outros Usos	496.0
Área Total	851.0

Fonte: IBGE apud BNDES/CGEE, 2008.

Um pequeno ganho de produtividade na pecuária, com redução da área de pastagens, disponibilizaria área suficiente para atender parcela significativa da demanda potencial de etanol no mundo, para adição a gasolina¹².

No que se refere à maior pressão sobre o preço da terra, há um conjunto de críticas que podem ser resumidas em dois grandes grupos¹³: (i) no balanço energético do etanol deve-se considerar o impacto da expansão da cana-de-açúcar sobre o desflorestamento, seja direto,

¹² Deve-se dizer que os cálculos acima não consideram eventuais ganhos de produtividade que poderão ocorrer com a introdução de novas variedades de cana, além de inovações tecnológicas na fase industrial, que poderão propiciar o maior aproveitamento da cana, por exemplo, pela hidrólise, ampliando a produção de etanol a partir da mesma quantidade de cana-de-açúcar e de terra. Não seria improvável projetar tais ganhos de produtividade, tendo em vista que a expansão da área destinada à cana-de-açúcar foi de 35% entre 1990 e 2005, com um incremento da produção superior a 60% e ganhos de produtividade da ordem de 20%.

¹³ Os dois conjuntos de críticas estão esboçados no documento Renewable Fuels Agency (2008).

com a cana-de-açúcar invadindo Áreas de Proteção Ambiental, seja indireto, invadindo áreas de pastagem e jogando a pecuária para a floresta; (ii) o impacto sobre o preço dos alimentos ampliará a pobreza e propiciará uma maior concentração de renda (concorrência pelo uso da terra entre alimentos e energia).

Em relação à questão do desflorestamento, este argumento pode não ser verdadeiro. O estado de São Paulo concentra 60% da quantidade produzida de cana-de-açúcar do Brasil (Figura 1.1).

Figura 1.1: Produção de cana-de-açúcar por região produtora

As áreas de expansão da cana-de-açúcar (Figura 1.2) se concentram na região Centro-Sul (Centro-Oeste, Sudeste e Sul) do país: estado de São Paulo em direção a Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro, Goiás e Minas Gerais (regiões do bioma cerrado), sobretudo sobre áreas de pastagens degradadas¹⁴.

Figura 1.2: Regiões de expansão da produção de cana-de-açúcar

No cerrado ainda há áreas de pastagens (em especial as já degradadas) que podem ser aproveitadas para o cultivo de cana-de-açúcar e de outras culturas¹⁵ (Tabela 1.2).

¹⁴ Essas regiões encontram-se muito distantes da floresta amazônica.

¹⁵ A degradação de áreas de pastagens parece ser um dos principais vetores de expansão da pecuária para as áreas de fronteira (VEIGA et al., 2004).

Tabela 1.2: Uso da terra no cerrado (milhões de ha)

Área total	207.0
Terra arável	139.0
Culturas anuais	14.0
Pastagens cultivadas	61.0
Culturas permanentes	3.5

Fonte: Embrapa Cerrados

A questão a ser colocada é como recuperar as áreas de pastagens, com adoção de novas e melhores técnicas de manejo que possibilitem ganhos de produtividade, com impactos positivos inclusive sobre a oferta de alimentos (VILELA; BARCELLOS; SOUZA, 2001; MARTHA-JR.; VILELA, 2002; MULLER; MARTHA-JR, 2008). Ademais, há dúvidas de que as áreas do Pantanal e da Floresta Amazônica sejam próprias para o cultivo da cana-de-açúcar.

Outras questões ambientais permanecem ainda no debate como, por exemplo, a utilização das queimadas, que reduzem o impacto positivo que a cultura da cana-de-açúcar tem sobre o meio-ambiente. Possivelmente, a organização do setor poderia visar à busca de certificações ambientais que atestassem as boas práticas agrícolas relacionadas ao uso de fertilizantes, herbicidas etc. e, principalmente, a eliminação das queimadas, de tal forma a se colocar em destaque, efetivamente, os benefícios ambientais da produção de cana-de-açúcar (BNDES; CGEE, 2008)¹⁶.

¹⁶ O processo de mecanização da colheita da cana-de-açúcar tende a se intensificar no futuro próximo, na medida em que novas e mais acessíveis tecnologias sejam disponibilizadas, bem como com as mudanças institucionais, sobretudo regulatórias, que são implantadas. No estado de São Paulo, a Lei 11.241/2002 e o Decreto 47.700 de 2003 estabelecem restrições para o uso da queimada, assim como cronograma para eliminação dessa prática nas áreas mecanizáveis. Também se prevê que as áreas sujeitas à mecanização, em decorrência de progressos tecnológicos que viabilizem essa prática, estarão automaticamente sujeitas aos critérios e cronogramas estabelecidos na Lei.

Finalmente, a última, e talvez principal, crítica evidencia o seguinte ponto: a maior utilização da terra para cana-de-açúcar levaria a uma redução da terra para outras culturas, com conseqüente aumento do preço da terra e dos custos de produção de alimentos. Ocorreria uma possível redução na oferta, o que elevaria os preços e deteriorará as condições de vida da população de baixa renda (FAO, 2008).

Este capítulo explora a relação entre expansão da produção da área plantada de cana-de-açúcar, preço da terra e custo dos alimentos. Se o argumento levantando é verdadeiro, então existe uma relação direta entre aumento da produção de cana-de-açúcar, preço da terra e preço dos alimentos, e a causalidade se daria nessa direção. Ademais, caso a relação seja consistente ao longo do tempo, existiria uma relação de longo prazo entre as variáveis, de modo que elas teriam uma trajetória comum. Um modelo VEC (*Vector Error Correction* – Vetor de Correção de Erro) é, então, desenvolvido para testar a relação entre estas variáveis.

1.3. Metodologia

1.3.1. Os Modelos VAR E VEC

Para identificar o efeito de variações da produção de cana-de-açúcar sobre os preços da terra e dos alimentos será empregada a metodologia de análise dos vetores auto-regressivos. Os modelos de Vetores Auto-Regressivos (VAR) de ordem p , propostos por Sims (1980), são uma alternativa aos modelos estruturais e podem ser expressos como

$$Y_t = \Phi_1 Y_{t-1} + \Phi_2 Y_{t-1} + \dots + \Phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1.1)$$

em que Y_t é um vetor de variáveis (aquelas de interesse para o estudo), $n \times 1$, e Φ_i são matrizes $n \times n$. Cada variável em Y_t é expressa em função de suas defasagens e das defasagens das demais variáveis, para captar os efeitos cruzados que uma variável exerce sobre as demais. Em outras palavras, é possível que o aumento da produção de cana-de-açúcar provoque aumento no preço da terra. Mas também é lógico admitir que um aumento no preço da terra tenha impactos sobre a decisão de produção de cana-de-açúcar. Assim, todas as variáveis de interesse podem ser consideradas endógenas.

Para identificação de (1.1), em um VAR padrão ou irrestrito, impõem-se as seguintes restrições: ε_t é um vetor $n \times 1$ de ruídos brancos, com $E(\varepsilon_t)=0$, $E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = \Omega$ (matriz de variância e covariância dos erros contemporaneamente relacionados e não necessariamente diagonal) e $E(\varepsilon_t \varepsilon_s') = 0$ para $t \neq s$. Reescrevendo (1.1) utilizando o operador defasagem,

$$Y_t = \Phi_1 B^1 Y_{t-1} + \Phi_2 B^2 Y_{t-1} + \dots + \Phi_p B^p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

ou

$$Y_t - \Phi_1 B^1 Y_{t-1} - \Phi_2 B^2 Y_{t-1} - \dots - \Phi_p B^p Y_{t-p} = \varepsilon_t \Rightarrow \Phi(B) Y_t = \varepsilon_t$$

De forma similar aos modelos auto-regressivos univariados (ARMA), também para o VAR a condição de estacionariedade estabelece que as raízes de $\Phi(B)$ devem estar fora do círculo unitário.

Caso alguma das variáveis em Y_t seja não estacionária (integrada de ordem 1 ou superior), conseqüentemente o vetor Y_t será não estacionário, comprometendo o modelo, pois os valores

críticos das estatísticas de teste não convergirão para o esperado. Caso apenas uma das variáveis em Y_t seja $I(1)$, o correto é diferenciá-la. Caso mais de uma variável em Y_t seja $I(1)$ é necessário verificar se elas são co-integradas. Em tal situação, o modelo (1.1) pode ser reparametrizado e expresso por meio das primeiras diferenças. Ou seja

$$\Delta Y_t = \Pi Y_{t-1} + \Gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma_p \Delta Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1.2)$$

Pelo teorema da representação de Granger, se duas variáveis são co-integradas de ordem $(1,1)$, então existe um vetor de correção de erros que pode ser escrito como

$$\Delta Y_t = \alpha \beta' Y_{t-1} + \Gamma_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma_p \Delta Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1.3)$$

em que β é a matriz cujas colunas são vetores de cointegração, α a matriz dos coeficientes de ajustamento e ε_t é um vetor estacionário. Essa relação de cointegração expressa relação de longo prazo entre as variáveis. Para o caso interesse desse estudo, caso produção de cana, preço da terra e preço de alimentos caminhem juntos, então elas devem ser co-integradas.

A metodologia VEC (JOHANSEN; JUSELIUS, 1990) consiste em, comparando (1.2) e (1.3), verificar se $\Pi = \alpha \beta'$ (HAMILTON, 1994; ENDERS, 2004). Pode-se verificar tal igualdade analisando o posto de Π . Se $0 < \text{posto}(\Pi) < n$, então existe ao menos um vetor de cointegração entre as variáveis.

Adicionalmente, pode-se verificar a precedência temporal de uma variável em relação a outra, o que é interpretado como causalidade, no sentido de Granger. A causalidade de Granger da

variável i para a variável j pode ser avaliada ao se testar a hipótese de que os coeficientes da variável i , e todas as suas defasagens, são simultânea e estatisticamente iguais a zero na equação em que j é a variável dependente. Caso a hipótese nula seja rejeitada, conclui-se que a variável i Granger-causa a variável j ¹⁷.

1.3.2. Estimação

Um VAR irrestrito, em que as variáveis dependentes são estacionárias e em que todas as defasagens das variáveis do modelo têm a mesma ordem, pode ser estimado de maneira consistente, com estimadores assintoticamente eficientes, por mínimos quadrados ordinários (ENDERS, 2004). Para a estimação do VEC, entretanto, dada a endogeneidade entre regressores e regressandos, a estimação é feita por máxima verossimilhança, o que requer resíduos normais. Dois testes podem ser implementados para verificar o *rank* da matriz Π : o teste do traço e o do máximo autovalor¹⁸.

A definição da ordem das defasagens a ser incluída no modelo pode ser feita analisando os critérios de informação (AIC, SIC, HQ e FPE). No VAR, o teste de autocorrelação dos resíduos é crítico, posto que as variáveis são todas $I(0)$. Empregam-se testes de autocorrelação (Teste LM) para verificar a estabilidade temporal do modelo¹⁹.

¹⁷ A precedência temporal identificada no teste de causalidade de Granger é interpretada, dentro de certos limites, como causalidade em um sentido mais geral. No caso analisado, caso a produção de cana-de-açúcar tenha o efeito de aumentar o preço da terra, e este a produção de alimentos, é razoável esperar encontrar (estatisticamente) precedência temporal da produção de cana-de-açúcar em relação ao preço da terra, e deste, em relação ao preço de alimentos.

¹⁸ Para ambos, começa-se testando o maior valor com a hipótese nula de que não existe nenhum vetor de cointegração. Caso o maior traço (autovalor) seja superior ao valor crítico tabelado, rejeita-se essa hipótese e passa-se à etapa seguinte, em que o segundo maior valor é testado com a hipótese nula de que existe apenas um vetor de cointegração, e assim por diante. Os testes cessam quando em uma das etapas não se rejeita H_0 , ou ao se testar a hipótese nula de que existem $(n-1)$ vetores de cointegração contra a hipótese alternativa de que existem n vetores.

¹⁹ Se as estatísticas apresentarem valores superiores aos valores críticos, rejeita-se a hipótese nula de que não há autocorrelação nos resíduos para um *lag* especificado. Para implementar o teste LM, estima-se uma regressão auxiliar do tipo: $\hat{\varepsilon}_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + D_1 \hat{\varepsilon}_{t-1} + \dots + D_h \hat{\varepsilon}_{t-h} + \eta_t$. A hipótese nula do teste é que não há autocorrelação no h -ésimo *lag*. Por conta dos graus de liberdade, na prática a equação auxiliar é reduzida para

Para o VAR não é crucial a normalidade dos resíduos. O mesmo não é verdade para o VEC, que assume normalidade dos resíduos para otimizar a função de verossimilhança. Mas, mesmo no VAR, resíduos não normais podem comprometer os resultados dos testes. A estatística de Jarque-Bera, adaptada para o caso multivariado, pode ser aplicada para testar a normalidade dos resíduos. Essa estatística assume a decomposição de Choleski para a matriz de variância e covariância. Adicionalmente, Os testes de Doornik-Hansen e Urzua assumem outros métodos de decomposição e complementam os testes de normalidade dos resíduos.

1.4. Estimação e resultados

1.4.1. Dados

Para o trabalho foram selecionadas as séries: produção de cana-de-açúcar, Brasil, em toneladas. Os dados são calculados pelo Observatório do Setor Sucroalcooleiro da FEA-RP, com base na Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE; preço de venda da terra de lavoura, Brasil, em R\$ correntes, da FGV- Agroanalysis; IPCA - alimentos e bebidas, do IBGE²⁰.

Para a produção de cana-de-açúcar e preço da terra, os dados são semestrais, para o período de 1977:1S a 2007:2S. Para o IPCA, os dados mensais foram semestralizados e estão

$\hat{\varepsilon}_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + D_h \hat{\varepsilon}_{t-h} + \eta_t$. A estatística do teste é dada por $LM(h) = (T - Np - n - 0,5) \ln \frac{|\tilde{\Omega}|}{|\hat{\Omega}|}$, em que $\tilde{\Omega}$ é a matriz de variância e covariância da regressão auxiliar e $\hat{\Omega}$ a do VAR. Essa estatística tem distribuição $\chi^2_{n^2}$. Se $LM(h)$ for maior que o valor crítico tabelado, rejeita-se a hipótese nula de resíduos não autocorrelacionados. Os dois testes podem ser ainda complementados pela análise gráfica do correlograma da série dos resíduos do VAR.

²⁰ A título de teste de robustez, para verificar sensibilidade das conclusões à especificação do modelo, sobretudo no que se refere à série de preços escolhida, também foram realizados testes com os índices de preços de alimentos da FIPE (IPC-FIPE) e o componente de alimentos do IPA-DI. O primeiro foi escolhido por ser uma série mais longa que a do IPCA. Esse índice não foi escolhido para os testes básicos, pois, embora a série seja mais ampla, a cobertura de mercado é mais restrita e os resultados poderiam ser influenciados por eventos localizados. O segundo, por captar movimentos de preços no atacado. Ambos permitiram cobrir o período todo da amostra.

disponíveis para o período 1981:2S a 2007:2S. A amplitude da amostra foi limitada, portanto, no período 1980:2S a 2007:2S.

Como a relação que se quer verificar é o impacto que o aumento da produção de cana-de-açúcar tem, em última análise, sobre o custo de vida, em especial de famílias mais pobres, importa verificar, então, o impacto sobre o preço relativo de alimentos e não sobre os preços correntes. Igual raciocínio deve ser feito com relação ao preço da terra. Dessa forma, os dados originais foram deflacionados.

O IPCA - alimentos e bebidas foi deflacionado pelo IPCA - geral, obtendo-se um índice de base 100 que expressa as variações no preço relativo de alimentos e bebidas em relação à cesta típica de consumo de famílias brasileiras que ganham até 40 salários mínimos. Já o preço da terra foi deflacionado pelo IGP-DI, obtendo-se um índice de base 100 que expressa variações no custo de oportunidade de imobilização de recursos em terra.

A Figura 1.3 reporta o gráfico das séries em nível, transformadas (aplicando o log nas séries) e com as primeiras defasagens das séries. Da visualização dos gráficos nota-se que existe uma aparente relação mais forte entre as séries de preço da terra e preço dos alimentos. Mas, da visualização gráfica, a produção de cana-de-açúcar parece não guardar relação com essas outras séries: enquanto que a produção de cana-de-açúcar cresce sistematicamente no período considerado, as séries de preço têm comportamentos bastante discrepantes.

Também é possível notar algumas variações bem discrepantes, sobretudo na série de preço da terra. Nos anos oitenta, há aumentos pronunciados no preço relativo da terra, seguidos por quedas muito fortes²¹. Mesmo a suavização da série, por meio da transformação logarítmica, não é suficiente para amortecer esse padrão.

²¹ Não é possível descartar que essas discrepâncias se tratem de erros de medida da série.

(a)

(b)

(c)

Fonte: IBGE, FGV. Elaboração própria

Figura 1.3: Séries em nível (a), transformadas (b) e em primeiras diferenças (c)

1.4.2. Testes de Raiz Unitária e Estimação do VAR para determinação da ordem de defasagem

Para verificar a existência ou não de raiz unitária nas séries foram implementados os testes ADF e Phillips-Perron²². A ordem de defasagem dos modelos foi selecionada a partir dos critérios de informação. Os resultados da Tabela 1.3 sugerem que para a produção de cana-de-açúcar a existência de uma raiz unitária na série é altamente significativa. O nível de significância cai bastante para a série de preço da terra - o que, em parte pode ser atribuído aos *outliers*. Para cointegração, no entanto, é necessário que no mínimo duas séries sejam $I(1)$ ²³.

Tabela 1.3: Teste de raiz unitária

Variável	Defasagem	Estatística do Teste	
		ADF	Phillips-Perron
Ln Prod. Cana	1	-0.5562 ***	-1.6440 ***
Ln Preço da Terra	4	-2.7697 *	-2.6209 **
Ln IPCA alimentos	2	-2.6333 **	-2.6333 **

Todos os testes incluem intercepto.

*** significativo a mais de 10%

** significativo a 10%

* significativo a 5%

Fonte: Elaboração própria.

A determinação da ordem do VEC é feita a partir dos critérios de informação para um modelo VAR auxiliar que inclua todas as variáveis de Y_t ²⁴. A análise dos resíduos do modelo (Tabela

²² Pela visualização gráfica das séries descartou-se a possibilidade de existirem duas ou mais raízes unitárias nas mesmas, confirmada pelo teste de Dickey e Pantula (1987) não reportado.

²³ Descartar a existência de raiz unitária nas séries implica em rejeitar a cointegração das mesmas. Tal procedimento de antemão já implicaria em forte evidência de que a produção de cana-de-açúcar tem pouco impacto sobre o preço dos alimentos (as séries são fracamente exógenas). Também por isso (para se proceder à análise de cointegração), se aceita a presença de raiz unitária nas séries.

²⁴ Os critérios de informação não foram conclusivos quanto à ordem do VAR. Um padrão sazonal bi-semestral foi identificado, com sugestão de defasagem de 1ª, 3ª e 5ª ordens. Optou-se por três ordens de defasagem.

1.4) sugere não-normalidade, o que pode ser devido aos *outliers* identificados na série, bem como elevado nível de heterocedasticidade (possivelmente pelo mesmo motivo). Estudos de Monte-Carlo, como o de Gonzalo (1994), não detectam que esses desvios causem grandes problemas para o teste de Johansen.

Tabela 1.4: Testes de Diagnóstico dos Resíduos do VAR

Teste		Estat	Prob
Autocorrelação dos resíduos	Estat-LM(3)	12.2533	0.1994
	Estat-LM(10)	8.5747	0.4774
Normalidade	Choleski	18.1398	0.0059
	Urzua	34.9240	0.0896
Heterocedasticidade	White	234.4804	0.0197

Fonte: Elaboração própria.

1.4.3. Teste de Cointegração e Análise de Causalidade

A Tabela 1.5 reporta o teste de cointegração de Johansen. Os resultados, tanto da estatística do traço, quanto a do máximo autovalor, sugerem a existência de um vetor de cointegração entre as variáveis, ratificando os resultados dos testes de raiz unitária, uma vez que são muito baixas as probabilidades de se aceitar a hipótese nula de que posto da matriz estimada é zero ($k = 0$).

Tabela 1.5: Testes de Cointegração

H0: posto = k	Estat Traço	p -valor	Estat. Max auto-valor	p -valor
$k = 0$	41.3769	0.010	23.6707	0.0320
$k = 1$	17.7062	0.108	12.3744	0.1653
$k > 1$	5.3317	0.249	5.3317	0.2490
Coeficientes de cointegração normalizados: 1 equação de cointegração				
	Ln Prod. Cana	Ln Preço da Terra	Ln IPCA alimentos *	
	1.0000	-0.0791 (0.2526)	4.5825 * (0.860)	
Coeficientes de ajustamento: 1 equação de cointegração				
	D (Ln Prod. Cana)	D (Ln Preço da Terra)	D (Ln IPCA alimentos)	
	0.0213 ** (0.0119)	0.1094 (0.0982)	-0.1013 * (0.0239)	

MacKinnon, Haug e Michelis (1999) p -values.

* significativo a 1%.

** significativo a 10%.

Erros padrões entre parênteses.

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 1.6 reporta testes específicos para os parâmetros estimados do vetor de cointegração. Nota-se que apenas o parâmetro associado ao preço da terra apresenta elevada probabilidade de não ser diferente de zero, embora no teste conjunto esse resultado não permaneça. Os demais coeficientes estimados são estatisticamente diferentes de zero, individual e conjuntamente.

Caso se aceite que o parâmetro do vetor de cointegração associado ao preço da terra seja igual a zero, então essa variável não guarda relação estável de longo prazo com as demais variáveis. Assumindo essa restrição e normalizando o parâmetro da produção de cana para a unidade, o vetor de cointegração recalculado (Tabela 1.7) para o modelo seria [1 3,96].

Tabela 1.6: Teste de restrição sobre os parâmetros do vetor de cointegração

Testes Individuais		
Parâmetro restrito	χ^2	Prob
Ln da produção de cana	4.9238	0.0265
Ln do preço da terra	0.0630	0.8018
Ln IPCA	8.6225	0.0033
Testes conjuntos		
Ln da produção de cana	5.1876	0.0747
Ln do preço da terra		
Ln da produção de cana	8.6738	0.0131
Ln IPCA		
Ln do preço da terra	9.5649	0.0084
Ln IPCA		
Ln da produção de cana	10.8345	0.0127
Ln do preço da terra		
Ln IPCA		

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1.7: Vetor de cointegração re-estimado

Coeficientes de cointegração normalizados: 1 equação de cointegração		
Ln Prod. Cana	Ln Preço da Terra	Ln IPCA alimentos
1.0000	0.0000	3.9579 *
		(0.6323)

Vetor de cointegração considerando restrição sobre o parâmetro do preço da terra.

* significativo a 1%.

Erros padrões entre parênteses.

Fonte: Elaboração própria.

Esse resultado sugere que há relação de longo prazo entre produção de cana-de-açúcar e preço de alimentos no sentido inverso ao que seria esperado, caso o argumento que diz que a produção de cana-de-açúcar aumenta o preço dos alimentos fosse válido. O sinal dos parâmetros sugere relação indireta entre as duas variáveis²⁵. Ou seja, a expansão na produção

²⁵ O resultado deve ser interpretado corretamente e com cautela, uma vez que, para a estimação do modelo, as variáveis são “colocadas do mesmo lado da igualdade”. Assim, a relação de equilíbrio de longo prazo entre a ln da produção de cana e o ln do IPCA-alimentos é (ln Prod cana = -3,96 ln do IPCA-alimentos).

de cana-de-açúcar está associada à queda no preço de alimentos, medido pelo IPCA, no longo prazo.

Para verificar a exogeneidade entre as variáveis, testes de restrição sobre os coeficientes de ajustamento são implementados. Os resultados (Tabela 1.8), sugerem que as variáveis, preço da terra e produção de cana-de-açúcar são fracamente exógenas, pois seus coeficientes de ajustamento não são estatística e conjuntamente diferentes de zero (p -valores superiores a 10%).

Tabela 1.8: Teste de restrição sobre os coeficientes de ajustamento

Testes Individuais		
Parâmetro restrito	χ^2	Prob
Ln da produção de cana	1.9206	0.1658 *
Ln do preço da terra	1.0451	0.3066 *
Ln IPCA	9.4194	0.0021
Testes conjuntos		
Ln da produção de cana	3.7687	0.1519
Ln do preço da terra		
Ln da produção de cana	16.5857	0.0003
Ln IPCA		
Ln do preço da terra	9.4676	0.0088
Ln IPCA		

* variável fracamente exógena.

Fonte: Elaboração própria.

Por outro lado, o preço de alimentos é a variável endógena do modelo, determinada pelas outras variáveis. Em outras palavras, o resultado dos testes sugere que choques na produção de cana-de-açúcar ou no preço da terra são sentidos mais fortemente pelo preço dos alimentos do que pelas demais variáveis do modelo.

Impondo-se a restrição de que os coeficientes de ajustamento das variáveis, produção de cana-de-açúcar e preço da terra, são conjuntamente iguais a zero, o parâmetro para o preço de alimentos re-estimado é -0,14 (Tabela 1.9). O sinal negativo significa que o ajustamento opera no sentido esperado, mas com uma intensidade muito reduzida. Assim, choques aleatórios,

que eventualmente façam as séries de produção de cana-de-açúcar e de preço de alimentos desviarem de suas trajetórias de longo prazo, são ajustados de maneira tênue (apenas 14%) no curto prazo²⁶.

Tabela 1.9: Coeficientes de ajustamento re-estimados

Coeficientes de ajustamento: 1 equação de cointegração		
D (Ln Prod. Cana)	D (Ln Preço da Terra)	D (Ln IPCA alimentos)
0.0000	0.0000	-0.1406 *
		(0.0315)

Coeficientes de ajustamento considerando restrições sobre os parâmetros do preço da terra e da produção de cana-de-açúcar.

* significativo a 1%.

Erros padrões entre parênteses.

Fonte: Elaboração própria.

Dada a exogeneidade fraca das variáveis preço da terra e produção de cana-de-açúcar, o teste de causalidade de Granger permite identificar dentre estas duas variáveis aquela(s) que é(são) fortemente exógena(s). A Tabela 1.10 reporta os resultados deste teste e sugere que há causalidade, no sentido de Granger, no preço da terra para a produção de cana-de-açúcar, mas não o contrário. Esse resultado implica que o preço da terra é fortemente exógeno. Em outras palavras, a relação de causalidade, no sentido de Granger, não é da produção de cana-de-açúcar para o preço da terra (o que seria esperado caso o argumento fosse válido), mas em sentido contrário – de preço da terra para a produção de cana-de-açúcar.

²⁶ Esse resultado pode explicar, em parte, a associação aparentemente errônea entre expansão da produção de cana-de-açúcar e dos preços dos alimentos. Caso haja um choque exógeno (um choque de demanda, por exemplo) que aumente o preço dos alimentos ao mesmo tempo em que incentive a produção de cana-de-açúcar, no curto prazo parecerá que essas séries têm relação direta. No longo prazo, contudo, não é essa a relação identificada no modelo.

Tabela 1.10: Teste de causalidade de Granger

H_0 :	χ^2	Prob
Ln da Produção de Cana		
Ln do preço da terra não Granger-causa	7.4308	0.0243
Ln do IPCA não Granger-causa	3.3545	0.1869
Conjuntamente não Granger-causam	10.1839	0.0374
Ln do preço da terra		
Ln da produção de cana não Granger-causa	0.2332	0.8900
Ln do IPCA não Granger-causa	4.0426	0.1325
Conjuntamente não Granger-causam	4.1148	0.3907

Teste de Wald de exogeneidade por blocos.

Fonte: Elaboração própria.

1.4.4. Diagnóstico dos Resíduos e Testes de Robustez

A Tabela 1.11 reporta os testes de diagnósticos sobre os resíduos do modelo VEC. As estatísticas de teste sugerem que o modelo estimado é adequado, tanto considerando a versão irrestrita como os resultados impondo restrições sobre os parâmetros associados ao preço da terra e a produção de cana.

O teste LM não sugere evidência de autocorrelação de ordens elevadas, enquanto todos os testes de normalidade não permitem rejeitar a hipótese de que os resíduos são normais. Apenas o teste de heterocedasticidade dos resíduos reprova o modelo, o que não compromete os resultados qualitativos dos testes.

Como teste de robustez, duas outras séries de preços de alimentos foram selecionadas e os mesmos testes aplicados, para verificar a sensibilidade das conclusões à especificação do modelo. Foram selecionadas as séries de preços de alimentos do IPC-FIPE e do IPA-DI. A Tabela 1.12 reporta o resumo dos resultados obtidos.

Tabela 1.11: Testes de Diagnóstico dos Resíduos do VEC

Modelo irrestrito			
Teste		Estat	Prob
Autocorrelação dos resíduos	Estat-LM(3)	13.7721	0.1307
	Estat-LM(10)	13.8956	0.1261
Normalidade	Choleski	10.8946	0.0917
	Doonik-Hansen	6.8112	0.3387
	Urzua	30.3191	0.2126
Heterocedasticidade	White	163.8154	0.0000
Modelo com restrições*			
Autocorrelação dos resíduos	Estat-LM(3)	15.8058	0.0710
	Estat-LM(10)	10.8751	0.2844
Normalidade	Choleski	8.1022	0.2307
	Doonik-Hansen	9.7410	0.1360
	Urzua	27.9019	0.3124
Heterocedasticidade	White	151.1050	0.0000

* Modelo com as restrições que o parâmetro do vetor de cointegração associado ao preço da terra é igual a zero, bem como com as restrições sobre os coeficientes de ajustamento do preço da terra e produção de cana.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1.12: Testes de Robustez do Modelo

Série utilizada para medir o preço de alimentos				
	IPC-FIPE		IPA-DI - gêneros alimentícios	
Amostra (semestres)	1977:1 - 2007:2		1977:1 - 2007:2	
Coeficientes de cointegração normalizados: 1 equação de cointegração				
	Coeficiente	Erro-padrão	Coeficiente	Erro-padrão
Ln da produção de cana	1		1	
Ln do preço da terra	-5.6366	1.8564 *	-1.2564	0.2069 *
Ln do preço dos alimentos	21.2684	6.0484 *	-1.4936	0.1530 *
Coeficientes de ajustamento: 1 equação de cointegração				
Coef. Ajust	-0.0066	0.0012 **	-0.0299	0.0140 **
	0.0022	0.0114	0.2827	0.1284 **
	-0.0022	0.0024	0.2187	0.0400 *
Restrição sobre os parâmetros do coeficiente de ajustamento				
	p-valor		p-valor	
Ln da produção de cana	0.5756 ***		0.0025	
Ln do preço da terra	0.0216		0.0000	
Ln do preço dos alimentos	0.0014		0.0000	
Exogeneidade forte	não há		não há	

A série de preços do IPC-FIPE - grupo alimentos foi deflacionada pelo índice IPC-FIPE geral. A série de preços do IPA-DI gêneros alimentícios foi deflacionada pelo IGP-DI.

As duas séries de preço apresentam RU pelos testes ADF e PP.

A ordem do VAR nos dois casos foi 3, selecionada pelos critérios de informação

O número de vetores de cointegração pelos teste de Johanse foi 1 para as duas séries

Os resultados dos testes sobre resíduos apresentam os mesmos resultados qualitativos que os da série para IPCA.

* significativo a 1%.

** significativo a 5%.

*** variável fracamente exógena ao modelo.

Fonte: Elaboração própria.

Com relação ao preço medido pelo IPC-FIPE, os resultados são qualitativamente idênticos aos obtidos anteriormente, com relação de longo prazo inversa entre produção de cana-de-açúcar e preço de alimentos, além de coeficiente de ajustamento de curto prazo relativamente pequeno. Possivelmente pela inclusão de mais observações (oito semestres a mais), os resultados de exogeneidade obtidos anteriormente, sobretudo para a série de preço da terra, são relaxados nesse caso. A série de produção de cana-de-açúcar continua fracamente exógena, mas determinada conjuntamente pelas demais variáveis.

No caso do IPA-DI os resultados são qualitativamente diversos. Para essa série, a relação entre produção de cana-de-açúcar e preço de alimentos caminha no sentido sugerido pelo argumento, ou seja, aumento de produção de cana-de-açúcar aumenta o preço de gêneros alimentícios no atacado. Essa relação é estatisticamente significativa, mas o coeficiente é significativamente menor (em módulo) que os estimados nos modelos anteriores²⁷. O ajustamento de curto prazo ocorre no sentido esperado e com maior intensidade que antes. Para esse conjunto de variáveis não se pode descartar a hipótese de que elas são conjuntamente integradas, tendo em vista não se encontrar evidências de exogeneidade (forte ou fraca).

1.5. Conclusão

O Brasil é um dos países que se encontra em estágio mais avançado na busca por fontes energéticas limpas. A competitividade do etanol produzido a partir da cana-de-açúcar no Brasil é significativamente maior do que a dos demais produtores, destacando-se em relação ao etanol de milho dos EUA, tanto na questão dos custos de produção, como do balanço energético.

²⁷ Ou seja, o resultado de longo prazo vai no sentido indicado pelo argumento, mas com intensidade bastante fraca.

O sucesso do setor e a tendência de crescimento da área destinada à atividade canavieira, bem o aumento de sua demanda por trabalho, têm suscitado preocupações. A principal delas refere-se à disponibilidade de terra agricultável que possa abrigar a expansão da cultura da cana-de-açúcar e, aliada a esta, a preocupação de que a expansão se fará em terras hoje empregadas na produção de alimentos, o que pressionará o preço destes com impactos negativos sobre a distribuição de renda.

Este capítulo analisou com maior detalhe este argumento. Caso ele fosse válido, deveria existir uma relação direta e causal, entre aumento da produção de cana-de-açúcar, preço da terra e preço dos alimentos. Ademais, em sendo essa hipótese válida, deveria haver relação de longo prazo entre as variáveis, de modo que elas teriam trajetória comum.

Um modelo VEC foi desenvolvido para testar a relação entre estas variáveis. Os resultados do teste de causalidade de Granger apontam que não existe precedência temporal da produção de cana sobre o preço da terra, mas sim o contrário, ou seja, é o preço da terra que causa (no sentido de Granger) a produção de cana-de-açúcar. A relação de longo prazo identificada pelo VEC estabelece uma trajetória comum entre essas duas variáveis, mas estatisticamente não significativa. Como o coeficiente de ajustamento de curto prazo para o preço da terra não é estatisticamente diferente de zero e, com o resultado do teste de causalidade de Granger, conclui-se que o preço da terra é exógeno em relação à produção de cana-de-açúcar e ao preço de alimentos. Em outras palavras, a ordem de causalidade identificada não permite afirmar que um aumento na produção de cana-de-açúcar impacte positivamente o preço da terra, embora as variáveis caminhem no mesmo sentido.

A exogeneidade identificada para o preço da terra, no entanto, pode estar comprometida pelo período da amostra (no teste mais amplo, com IPC-FIPE e IPA-DI, esse resultado não se manteve) e pelos erros de medida dessa variável.

Especificamente, com relação ao preço de alimentos, conclui-se que há relação de longo prazo entre essa variável e a produção de cana-de-açúcar, mas em sentido inverso ao que seria esperado caso fosse válido o argumento de que a produção de cana-de-açúcar aumenta o preço de alimentos. Esse resultado é robusto caso se modifique a série utilizada para medir o

preço de alimentos ao consumidor. O argumento, no entanto, parece válido com relação ao preço de gêneros alimentícios no atacado.

Essa diferença, entre preços ao consumidor e preço no atacado, se deve, possivelmente, ao fato de que no atacado os preços acompanham mais de perto as decisões de produção, enquanto que os preços ao consumidor dependem também da dinâmica industrial e das inovações tecnológicas, que podem amortecer os efeitos eventuais de realocação do uso da terra.

É provável que a noção de que o aumento da produção de cana-de-açúcar pode pressionar o preço da terra decorra mais da conjuntura atual, em que a produção agrícola de todas as culturas cresce, acompanhando o aumento da demanda por produtos agrícolas em decorrência do aumento na renda mundial (em especial de países pobres e populosos como China e Índia). É este movimento que pode pressionar o preço da terra - e não o aumento da produção de um único produto. Se isso é verdade, e estudos futuros poderão confirmar, não seria o aumento da produção de cana-de-açúcar a pressionar o preço da terra, mas o aumento da demanda por produtos oriundos do campo e a concorrência entre estas culturas que fariam o preço da terra aumentar.

Em termos de opção estratégica, cumpre examinar se o aumento da produção de outras *commodities*, com menor valor agregado e com elos muito mais fracos com os demais setores produtivos, é mais vantajoso do que investir na produção de *commodity* que pode assegurar vantagens comparativas energéticas ao país.

2 AVALIANDO OS IMPACTOS DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE INDICADORES SOCIAIS DE REGIÕES PRODUTORAS

2.1. Introdução

O crescimento da produção de cana-de-açúcar no passado recente suscita a necessidade de se avaliar quais são os impactos econômicos, sociais e ambientais deste processo, tanto para o país como um todo, como para as regiões em que tem ocorrido. Dúvidas que podem ser levantadas referem-se, por exemplo, à qualidade do emprego e aos impactos ambientais, como riscos de contaminação de solo, uso da água, deslocamento de culturas para regiões de florestas, queimadas, entre outros aspectos (NORONHA et al. 2006).

Ainda que o balanço de custos e benefícios do setor pareça positivo do ponto de vista agregado (BNDES; CGEE, 2008), pode ser que para as regiões produtoras de cana-de-açúcar os benefícios não sejam tão evidentes assim. Em outras palavras, as regiões produtoras de cana-de-açúcar arcariam com um ônus proporcionalmente maior que o bônus gerado pelo setor. Talvez o aspecto mais evidente em prol desse argumento seja o mercado de trabalho. Muitos estudos vêm analisando as condições de trabalho vigentes no setor, sobretudo aquelas consideradas mais degradantes, associadas aos trabalhadores diretamente envolvidos no corte manual da cana-de-açúcar (ALVES, 2006, 2007; BACCARIN; ALVES; GOMES, 2008).

Deve-se destacar, no entanto, o maior valor da produção agrícola nas regiões canavieiras. Comparando-se o valor da produção por área cultivada, o valor da cana é significativamente maior do que o das demais culturas, como, por exemplo, a soja e o milho. Em relação ao emprego na atividade agrícola, Toneto-Jr e Liboni (2008) observam que o emprego gerado no setor produtor de cana-de-açúcar é maior do que o gerado na produção de soja e apenas um pouco inferior ao gerado na cultura do milho. Assim, gerando-se mais valor da produção por hectare e um maior volume de emprego por hectare cultivado, as regiões canavieiras geram mais renda por área que as outras culturas.

Dada a especificidade da matéria-prima do setor, as plantas industriais localizam-se próximas às plantações, o que tende a ampliar a geração de renda na região, tanto com a presença das usinas como de um conjunto de atividades de prestação de serviços para as mesmas - transporte, manutenção etc. - aumentando os impactos indiretos do setor na região produtora.

Em que pesem tais argumentos favoráveis e contrários ao setor e os métodos de produção nele empregados, as condições sociais locais podem ter relação maior com as políticas adotadas pelos governos, em suas três esferas. Assim, as condições sociais captadas em indicadores agregados, como expectativa de vida, escolaridade e renda *per capita*, podem ser mais dependentes da forma como os recursos públicos são empregados localmente, e apenas indiretamente, dos métodos de produção.

O objetivo desse capítulo é verificar os efeitos que a produção de cana-de-açúcar tem sobre os indicadores sociais das regiões produtoras. Foi escolhido o IDH-M como indicador síntese das condições sociais locais (PNUD; IPEA; FJP, 2003). O IDH é composto por três dimensões: dimensão educação (alfabetização e taxa de matrícula), longevidade (esperança de vida ao nascer) e renda (PIB *per capita*). Para aferir o nível de desenvolvimento humano regional (IDH-M), as mesmas dimensões são consideradas, porém alguns indicadores usados são diferentes, buscando adequar a medida às condições de núcleos sociais menores²⁸.

Este capítulo se organiza da seguinte forma: na próxima seção é feita uma revisão da literatura com considerações sobre a produção de cana-de-açúcar e condições sociais, com resultados para anos recentes. A seção seguinte apresenta a estratégia metodológica desse trabalho para identificar os eventuais impactos da produção de cana-de-açúcar nas condições sociais das regiões produtoras. Na sequência são apresentados os resultados. A última seção apresenta as conclusões do capítulo.

²⁸ No IDH-M utiliza-se, para medir o acesso à educação, o indicador de frequência à sala de aula, baseado em dados censitários, ao invés da taxa de matrícula, pois os estudantes podem morar em uma cidade e estudar em outra – o que distorce as taxas de matrícula em nível regional. Para medir a renda, no IDH-M, calcula-se a renda municipal, a partir das informações censitárias, como o somatório das diversas fontes de renda (salários, pensões, aposentadorias e transferências governamentais, entre outros), e não o PIB per capita, já que nem toda renda gerada em uma localidade é apropriada por seus moradores. (PNUD; IPEA; FJP, 2003).

2.2. Produção de cana-de-açúcar e condições sociais

O impacto social relacionado à produção de cana-de-açúcar mais debatido é, sem dúvida, relativo às condições de trabalho no setor (ALVES, 2006, 2007; MENDONÇA, 2006a; 2006b; BACCARIN; ALVES; GOMES, 2008). Alves (2006) chama a atenção para o extremo desgaste dos trabalhadores do setor, sobretudo os que exercem atividade de corte manual. Outros trabalhos, no entanto, sem analisar a exigência física da atividade cortadora de cana, encontram evidências de que a remuneração paga no setor é maior que a remuneração em outros setores agrícolas (TONETO-JR; LIBONI, 2008; HOFFMAN; OLIVEIRA, 2008).

Em uma abordagem diferente, Piketty, Menezes e Duarte (2008), analisando os impactos do setor sobre a distribuição e concentração da renda do trabalho no período de 1992 a 2006, concluem que o setor produtor de cana-de-açúcar não teve participação significativa para reduzir a pobreza e a desigualdade no país. Para o estado de São Paulo, os autores concluem que o setor contribui para a concentração de renda.

Segundo Camargo-Jr. e Toneto-Jr. (2008), há uma associação entre a intensidade das atividades de cultivo de cana-de-açúcar e de produção de açúcar e álcool e de desempenho nos indicadores sócio-econômicos. No geral, os municípios com forte intensidade no setor sucroalcooleiro apresentaram os melhores desempenhos em relação aos indicadores sócio-econômicos, chegando, em alguns casos, a superar os indicadores da região metropolitana de São Paulo (RMSP), a principal região do Estado de São Paulo, em termos econômicos.

Já Silva (2008) observa que, sem considerar possíveis efeitos cruzados do setor sobre outras variáveis, há impacto positivo do setor sobre as condições sociais dos municípios paulistas produtores de cana-de-açúcar. Porém, ao se considerar o fato de que a presença do setor pode afetar o desenvolvimento humano das localidades por meio de seu impacto sobre outras variáveis, a situação se reverte e a presença do setor revela impactos negativos.

O problema desses últimos estudos reside no fato de tratarem de maneira igual regiões que são diferentes. Ao se considerar dados agregados por região deve-se ter em conta que eles refletem condições específicas destas localidades. Assim, o efeito que a produção de cana-de-açúcar exerce nessas localidades deveria ser comparado com a situação em que nessas mesmas localidades não houvesse produção do setor. É evidente que essa comparação é diretamente impossível. As metodologias de *matching* buscam estratégias de estimar o impacto de determinados tratamentos sobre os tratados. A próxima seção explora essa metodologia.

2.3. Metodologia

2.3.1. *Propensity Score Matching* Espacial

O objetivo do trabalho é estimar o efeito da produção de cana-de-açúcar sobre o IDH (total, bem como seus sub-índices) das regiões produtoras. Na literatura de *matching effects* isso é interpretado como o efeito do tratamento sobre os tratados. Seja $D_i = 1$ a região que pertence ao grupo de regiões produtoras de cana-de-açúcar e $D_i = 0$ as demais. As regiões não têm a mesma probabilidade de pertencerem a um ou outro grupo. Fatores como localização e proximidade de usina produtora, por exemplo, afetam essa probabilidade. Chamemos essas variáveis de X_i .

Certamente, produzir cana-de-açúcar em determinada localidade, do ponto de vista do produtor, pode ser interpretado como a melhor resposta que esse produtor poderia dar, tendo em vista suas possibilidades de escolha. E, muito provavelmente, o fato de ter próximo a ele outros produtores pode influenciar no processo de tomada de decisão. Tal fato introduz um viés de seleção espacial ao se compararem regiões cujos conjuntos de possibilidades eram diferentes e em que, portanto, a melhor resposta (ou ao menos aquela observada) é diferente. O papel do *propensity score* é relaxar esses efeitos espaciais. Ou seja, a dimensão espacial do problema é latente, e a introdução de controles espaciais é antes condição necessária para a correta identificação dos efeitos de interesse.

O método de *propensity score* foi introduzido por Rosenbaum e Rubin (1983). Eles controlaram o viés de seleção de indivíduos diferentes receberem o tratamento estimando as probabilidades de receber tratamento, dadas algumas variáveis observadas. Essa probabilidade, $\Pr(D_i = 1 | X_i)$ é chamada de *propensity score*. Indivíduos com probabilidades similares de receberem o tratamento são agrupados, de modo que o resultado é condicionalmente independente do fato do indivíduo ter recebido ou não o tratamento, ou

$$(Y_0, Y_1) \perp D | X \quad (2.1)$$

onde Y é o resultado de interesse, D o tratamento, $D \in (0,1)$ e X são covariadas. O objetivo é estimar o efeito médio do tratamento nos tratados, ou seja

$$E[(Y_0, Y_1) | D = 1, X] = E[(Y_1 | D = 1, X) - (Y_0 | D = 0, X)] \quad (2.2)$$

O valor do contra-factual efeito do não-tratamento sobre os tratados, $E(Y_0 | D=1, X)$, é aproximado pelo resultado médio do auto-selecionado grupo de não tratados $E(Y_0 | D=0, X)$ (HECKMAN; ICHIMURA; TODD, 1998). Ao invés de condicionar em várias covariadas, utilizamos o *propensity score* $P(X) = \Pr(D = 1 | X)$, ou seja, a probabilidade de pertencer ao grupo de regiões produtoras de cana-de-açúcar, dadas determinadas características observadas.

A probabilidade de pertencer ou não ao grupo de regiões produtoras não é uma variável aleatória. Fatores espaciais, como clima, qualidade e disponibilidade de terras, entre outros, interferem nessa escolha. Esses fatores locais podem ser controlados pela proximidade de outras regiões produtoras.

Ademais, segundo Heckman, Lalonde e Smith (1999), uma condição adicional para a utilização do *propensity score* é a existência de suporte comum, ou seja, que existam unidades em ambos os grupos, tratamento e controle, para cada característica X para a qual se deseja comparar. A condição que $0 < P(X) < 1$ assegura que para cada indivíduo tratado exista outro indivíduo não tratado pareado, com valores similares de X .

A estimativa de $P(X) = \Pr(D = 1 | X)$ é feita por meio de um modelo probit ou logit. Ocorre que, havendo defasagem espacial, os modelos convencionais calculados por máxima verossimilhança não são adequados. Por construção, os erros de um *logit* espacial são heterocedásticos, e estimativas baseadas na hipótese de homocedasticidade na presença de erros heterocedásticos são inconsistentes (GREENE, 2000; WOOLDRIDGE, 2001).

O modelo geral, considerando defasagem espacial na variável dependente e nos resíduos, chamado modelo SAC (LESAGE, 1999; CHAGAS, 2004), pode ser descrito da seguinte forma

$$y = \rho \mathbf{W}_1 y + \mathbf{X}' \beta + u$$

$$u = \lambda \mathbf{W}_2 u + e \tag{2.3}$$

$$e \sim N(0, \sigma^2 \mathbf{V})$$

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} v_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & v_2 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & v_n \end{bmatrix}$$

onde y é um variável binária que assume os valores 1 e 0, $\mathbf{X}$ são covariadas, $\mathbf{W}_1$ e $\mathbf{W}_2$ são matrizes de variância que controlam os efeitos da defasagem espacial; v_i , $i = 1, \dots, n$ são

parâmetros a serem estimados, que captam a heterocedasticidade do modelo²⁹. Os parâmetros ρ e λ são, respectivamente, os efeitos da autocorrelação espacial e da correlação espacial dos resíduos. Caso $\mathbf{W}_1$ e $\mathbf{W}_2$ sejam as mesmas, é possível estimar esse modelo geral, mas sua identificação é problemática (LESAGE, 1999).

Alternativamente, pode ser estimado o modelo menos geral, considerando apenas a autocorrelação espacial, chamado modelo SAR,

$$y = \rho \mathbf{W}y + \mathbf{X}'\beta + e \quad (2.4)$$

Ou ainda, o modelo SEM, que considera efeito espacial apenas nos resíduos,

$$y = \mathbf{X}'\beta + u \quad (2.5)$$

$$u = \lambda \mathbf{W}u + e$$

Uma estratégia para escolher entre os modelos é estimar primeiro o modelo mais geral (SAC). Caso os coeficientes dos dois efeitos espaciais sejam aceitos, esse é o melhor modelo dentre os três. Caso contrário, estima-se o modelo associado ao conhecimento significativo da etapa anterior.

²⁹ Como a variável dependente de um modelo probit (y) assume os valores 0 ou 1, os erros de um modelo com autocorrelação espacial, por exemplo, tomam os valores $-\rho \mathbf{W}y - X\beta$ quando $y = 0$, e $1 - \rho \mathbf{W}y - X\beta$, quando $y = 1$. O termo de erro depende de um vetor de parâmetros (β) e uma constante (ρ), o que induz heterocedasticidade (WOOLDRIDGE, 2002, p. 470).

Da forma como especificados, os modelos apresentam muito mais parâmetros a serem estimados que graus de liberdade, o que impossibilita o uso das técnicas usuais. LeSage (1999, 2000) introduz estimativas bayesianas, empregando Métodos de Monte Carlo baseados em Cadeias de Markov (MCMC) por meio de procedimentos de amostragem de Gibbs e Metropolis-Hastings.

A idéia básica do método de Monte Carlo é caracterizar a distribuição conjunta (posterior) das quantidades de interesse (parâmetros) e, dadas as modernas técnicas computacionais, simplesmente gerar uma amostra da distribuição (tomando seleções aleatoriamente) e calcular as estatísticas a partir dessa amostra. Com um número suficientemente grande de sorteios as estatísticas podem se aproximar dos parâmetros populacionais. Como os sorteios iniciais são feitos com base em uma estimativa inicial (prior), Francese-Jr e Hays (2007) sugerem que devem ser realizados de 5.000 a 10.000 sorteios, desprezando-se os 1.000 sorteios iniciais³⁰.

Outro critério de seleção de modelos surge desse procedimento. Em cada etapa da simulação, registram-se os casos em que ρ e λ ficaram no intervalo de aceitação (-1 a 1). Caso essa taxa seja muito baixa, o modelo pode ser mal-especificado.

2.3.2. Kernel Matching

O efeito do tratamento sobre os tratados é calculado confrontando o desempenho no grupo de tratados (denotado por Y_1 , indexado por I_1) comparado ao grupo de regiões não tratadas (denotados por Y_0 , indexados por I_0), por meio da seguinte equação (HECKMAN; ICHIMURA; TODD, 1998)

³⁰ Nas estimativas do *spatial propensity score* desse trabalho foram realizados 10.000 sorteios, desprezando-se os 1.000 primeiros.

$$E[(Y_1 - Y_0) | D=1, P(X)] = \frac{1}{N_1} \sum_{i \in I_1} [Y_{1i} - \sum_{j \in I_0} W_{N_0 N_1}(i, j) Y_{0j}] \quad (2.6)$$

onde $W_{N_0 N_1}(i, j)$ é usualmente uma matriz de pesos positivos, definida de modo que cada $i \in I_1$, $\sum_{j \in I_0} W_{N_0 N_1}(i, j) = 1$, e N_0 e N_1 são os números de observações em I_0 e I_1 , respectivamente.

Um estimador *kernel* escolhe os pesos de modo que aquelas observações mais próximas em termos de suas distâncias medidas por $|P(X_i) - P(X_j)|$ recebem maior peso. Essa ponderação é dada por uma função kernel. Essa função deve ser contínua, simétrica em torno da origem e a integral soma um (HÄRDLE; LINTON, 1994).

$$K(u) = K(-u) = \int_{-1}^1 K(u) du = 1 \quad (2.7)$$

Uma forma funcional freqüentemente empregada é a “biweight” (ou quártica), expressa por

$$K(u) = \begin{cases} \frac{15}{16}(u^2 - 1)^2 & \text{para } |u| < 1 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2.8)$$

$$\text{onde } u = \frac{P(X_i) - P(X_j)}{h}.$$

Implementar a estimação por meio da função *kernel* requer escolher uma banda (*bandwidth*) apropriada (h). Quanto menor h , menos peso é dado para maiores distâncias e mais peso é dado para as observações mais próximas umas das outras. A consistência de estimadores não-paramétricos requer que a banda tenda a zero na medida em que o tamanho da amostra cresça, mas não necessariamente à mesma velocidade (TODD, 1999).

A aproximação da distribuição do *score* por meio da função *kernel* é

$$\hat{f}_h(P(X)) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_h(P(X) - P(X_i)) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{h} K_h\left(\frac{P(X) - P(X_i)}{h}\right) \quad (2.9)$$

Seguindo Härdle e Linton (1994), considerou-se como base uma banda igual a 0,2. Análises de sensibilidade são realizadas para testar a sensibilidade dos resultados à escolha da banda h .

2.3.3. Considerações a Respeito do Viés

Seja V o viés na estimativa do efeito do tratamento sobre os tratados, definido como,

$$V = E[(Y_0 | D=1, P(X)) - (Y_0 | D=0, P(X))] \quad (2.10)$$

ou seja, o viés advém da utilização dos resultados médios do grupo de comparação como *proxy* para os resultados médios dos participantes do programa, caso eles não tivessem participado. De acordo com Heckman, Ichimura e Todd (1997), o viés pode ser dividido em três componentes básicos: o primeiro componente surge da falta de suporte comum; o segundo surge em decorrência de erros nos observáveis; o terceiro deve-se às diferenças nos resultados que permanecem mesmo após levarmos em consideração as características observáveis e realizarmos as comparações em uma região de suporte comum. Este componente deve-se a diferenças nos não-observáveis, conhecido como viés de seleção. Este viés surge quando para dados valores de X há uma relação sistemática entre a participação no programa e os resultados, ou seja, há variáveis não observadas que conjuntamente influenciam os resultados e a participação no programa, condicionais às variáveis observáveis. Para lidar com o viés, a melhor maneira seria alocar o programa aleatoriamente, pois dessa forma poderíamos garantir que participantes e não-participantes teriam o mesmo resultado esperado na ausência do programa.

Deve-se registrar que os métodos de pareamento (caso do *propensity score*) eliminam duas das três fontes de viés. O primeiro tipo de viés é eliminado através da realização do pareamento em uma região de suporte comum. O pareamento cuidadoso do grupo de comparação, baseado em características observáveis, elimina o segundo componente de viés. Contudo, os métodos de pareamento somente lidam com características observáveis, restando o problema de heterogeneidade latente, que leva a um possível viés na estimação do impacto do programa.

Logo, o método do *propensity score* permite reduzir, mas não eliminar, o viés gerado pelos fatores não-observáveis. A extensão na qual o viés é reduzido depende crucialmente da riqueza e da qualidade das variáveis de controle em que o *propensity score* é computado e o pareamento é realizado (BECKER; ICHINO, 2002).

2.3.4. Análise de Sensibilidade Utilizando o Método de Limites de Rosenbaum

Como anteriormente mencionado, fatores não observados podem enviesar as estimativas do efeito do tratamento sobre os tratados, com o emprego do método de *propensity scores*. Visto que não é possível estimar a magnitude do viés de seleção em dados não experimentais, uma importante ferramenta pode ser empregada para avaliá-lo na estimação dos efeitos causais. A chamada "análise de limites" (*bounds analysis*) avalia o impacto potencial do viés de seleção que surge devido a variáveis não observadas. Neste estudo será utilizado o método conhecido como Rosenbaum *bounds* (ROSENBAUM, 2002; DIPRETE; GANGL, 2004), cuja idéia é estimar qual deve ser a influência de uma eventual variável omitida sobre o viés de seleção existente na probabilidade de participação no tratamento, que possa, eventualmente, prejudicar as conclusões a respeito dos efeitos causais³¹.

A análise de sensibilidade pode ser utilizada para testar a robustez dos resultados à presença de viés devido a uma co-variável omitida. Nesse trabalho, essa análise visa avaliar o impacto de uma eventual variável omitida sobre a decisão de produção de cana-de-açúcar, bem como os resultados sobre os indicadores sociais, e que possa alterar as conclusões do estudo.

Considerando-se que a probabilidade de participação de um indivíduo i seja dada por³²:

$$\pi_i = \Pr(D_i = 1 | X_i) = F(\beta X_i + \gamma u_i) \quad (2.11)$$

em que $D_i = 1$ no caso do indivíduo receber o tratamento; X_i são características observadas do indivíduo i ; u_i corresponde à variável não observada e γ representa o efeito de u_i sobre a decisão de produção. Se não existir viés de seleção, então γ será igual a zero e a probabilidade

³¹ Para uma discussão mais extensa, ver Rosenbaum (2002)

³² Resende e Oliveira (2008)

de participação será exclusivamente determinada pelas características observáveis. Entretanto, na presença de viés de seleção, duas regiões com as mesmas co-variáveis observadas, X , terão diferentes probabilidades de participação na produção.

Admitindo que dois indivíduos sejam pareados, i e j , e que F tenha uma distribuição logística, a probabilidade relativa (*odds*) das regiões receberem tratamento é dada por:

$$\frac{\pi_i}{1 - \pi_i} \text{ e } \frac{\pi_j}{1 - \pi_j} \quad (2.12)$$

e a *odds ratio* é dada por:

$$\frac{\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}}{\frac{\pi_j}{1 - \pi_j}} = \frac{\pi_i(1 - \pi_j)}{\pi_j(1 - \pi_i)} = \frac{\exp(\beta X_j + \gamma u_j)}{\exp(\beta X_i + \gamma u_i)} = \exp[\gamma(u_i - u_j)] \quad (2.13)$$

Se as regiões possuírem as mesmas características observáveis, então os termos βX se cancelam. Deste modo, se não houver diferenças nas variáveis não observadas ($u_i = u_j$) e se estas variáveis não influenciarem a probabilidade de participação ($\gamma = 0$), a *odds ratio* será igual a 1, implicando a não-existência de viés de seleção. Segue-se então que se suas *odds* de participação diferirem - isto é, se a *odds ratio* for diferente de 1 - só pode ser devido à presença de não-observáveis. A análise de sensibilidade avalia o quanto do efeito do programa é alterado pela mudança nos valores de γ e de $u_i - u_j$.

Na prática isto significa examinar os limites da *odds ratio* de participação. Rosenbaum (2002) mostra que (2.13) encontra-se limitada da seguinte forma:

$$\frac{1}{e^{\gamma}} \leq \frac{\pi_i(1-\pi_j)}{\pi_j(1-\pi_i)} \leq e^{\gamma} \quad (2.14)$$

As regiões pareadas possuem a mesma probabilidade de participação apenas se $e^{\gamma} = 1$. Entretanto, se $e^{\gamma} = 2$, então regiões aparentemente similares em termos de X irão diferir em suas probabilidades de receberem tratamento por um fator de até 2. Assim, segundo Rosenbaum (2002), e^{γ} seria uma medida do grau de ruptura a partir de um estudo livre de viés de seleção.

2.3.5. Base de Dados

Os dados de produção de cana-de-açúcar são oriundos da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE. Como houve criação de municípios no decorrer da década, os mesmos foram agrupados em Áreas Mínimas Comparáveis (AMC). Há um total de 4.248 AMC na base de dados. Foram selecionados como tratados as regiões em que a área plantada de cana-de-açúcar representou, em média, 30% da área agrícola ao longo da década de noventa. As regiões selecionadas pelo critério correspondem a cerca de 10% das AMC brasileiras (424 AMC). Testes de robustez foram implementados também para 5%, 15% e 20% das AMC³³.

³³ Esses percentuais correspondem, respectivamente, a 65%, 15% e 9% da área agrícola total dedicada à produção de cana-de-açúcar, ou seja, 213, 644 e 846 AMC, em cada caso, na amostra restrita.

Para compor o grupo de controle foram consideradas aquelas AMC em que não houve produção de cana-de-açúcar, em ano algum, no período de 1991 a 2000. Estão excluídas, assim, aquelas AMC em que a produção tenha sido maior que zero, mas menor que a proporção de corte (30% para o grupo base). Pela inexpressividade da produção de cana-de-açúcar nas AMC da região norte do país e para evitar a seleção indevida dessas áreas no grupo de controle, as AMC dessa região foram excluídas da amostra. No total são 907 AMC no grupo de controle.

Para o cálculo do *propensity score* foram considerados, além dos efeitos espaciais de vizinhança, a proximidade da sede da AMC à sede de AMC com usina e uma *dummy* para aquelas AMC localizadas em estados com maior densidade de AMC produtoras - oito estados encontram-se nessa situação, a saber: Alagoas, Espírito Santo, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo. Os dados de AMC com usinas instaladas foram levantados junto ao Ministério da Agricultura³⁴. Já a densidade de estados produtores foi calculada com base nos mesmos dados de produção de cana-de-açúcar mencionados acima.

Os dados de IDH para as AMC foram calculados considerando as mesmas variáveis e metodologias empregadas para o cálculo do IDH-M (PNUD; IPEA; FJP, 2003), tanto para o índice geral, quanto para seus componentes. A fonte para os dados é o Banco de Dados do IPEA (IPEADATA), mesma fonte utilizada para o cálculo do IDH-M oficial.

Para a construção da matriz de vizinhança foi empregada a noção de vizinhança por meio de uma matriz de distância inversa (ANSELIN, 1998; CHAGAS, 2004). As distâncias foram obtidas por meio das coordenadas geográficas oficiais da sede cada município (latitude e longitude). Para as AMC (agregações de municípios), foi considerada a latitude e longitude média, ponderada pelo tamanho da população média de cada município componente, entre os anos de 1991 e 2000. Diferente do usualmente feito, foi considerada a distância geodésica - ao invés da distância euclidiana. Por esse critério, localidades vizinhas mais distantes recebem um peso menor que no caso da distância euclidiana (mas maior que no caso de matrizes de

³⁴ Ministério da Agricultura: <www.agricultura.com.br>. Acessado em 15 mar 2009.

vizinhança que consideram apenas as localidades que fazem fronteira umas com as outras). Para o estudo presente o critério adotado tende a ser mais adequado, tendo em vista que a produção de cana-de-açúcar tende a ser influenciada pela proximidade das áreas e não necessariamente pela sua contigüidade.

O cálculo da matriz de vizinhança foi feito considerando um raio de vizinhança de 150 quilômetros. Testes de robustez foram implementados considerando raios de 100 e 200 quilômetros³⁵.

2.4. Resultados

A Figura 2.1 mostra a dispersão geográfica do IDH-M de 2000 para as AMC brasileiras. Percebe-se nítida concentração espacial de IDH-M mais elevados nas regiões sul e sudeste do país, ao passo que as regiões norte e nordeste concentram as AMC com IDH-M mais baixos. No centro-oeste, o IDH-M encontra-se em faixa intermediária, mas algumas localidades apresentam bons indicadores.

Em termos de produção de cana-de-açúcar, nota-se na Figura 2.2 que o estado de São Paulo, na região sudeste do país, concentra a principal região produtora. Nota-se também que nas AMC do centro-oeste, nordeste, bem como em alguns estados do sul e sudeste (Paraná, Minas Gerais e Espírito Santo, por exemplo) também há concentração de produção de cana-de-açúcar em relação à produção agrícola total.

³⁵ A área de suprimento de uma típica usina de cana-de-açúcar é, em geral, pequena, o que inviabiliza a produção em localidades muito distantes de usina e justifica não se trabalhar aqui com raios de dimensão muito elevada.

Figura 2.1: IDH-M 2000 por AMC

Como mencionado anteriormente, as AMC da região norte não apresentam significativa produção de cana-de-açúcar e algumas regiões se destacam muito mais devido à inexpressiva produção agrícola da região (o que faz com que uma pequena plantação, para fabrico de bebida, por exemplo, pareça grande em termos proporcionais).

Comparando as duas figuras, nota-se a aparente relação entre produção de cana-de-açúcar e o IDH-M, a menos para as AMC do nordeste. De fato, comparando as regiões produtoras com as não produtoras, percebe-se que o IDH-M das AMC produtoras de cana-de-açúcar é sempre maior (em média) que o IDH-M das regiões não produtoras. Na tabela 2.1 registra-se esse fato.

Figura 2.2: Produção de cana-de-açúcar como proporção da área agrícola total - AMC - média 1991 a 2000

Tomando o grupo de tratamento base (AMC em que a produção de cana-de-açúcar representa 30% da área agrícola total), o IDH-M é em média 0,028 ponto maior que na região de controle (AMC não produtoras de cana-de-açúcar). Essa diferença é ainda maior no caso do IDH-Renda (0,04 ponto), sendo que a menor diferença ocorre no caso do ID-Educação (0,01 ponto). No caso do IDH-Longevidade, a diferença é positiva em 0,034 ponto.

Caso outras classificações sejam adotadas para o grupo de tratamento, o resultado qualitativo não é significativamente alterado, sendo maior no caso de se incluir regiões em que a produção de cana-de-açúcar represente menos do que 30% da produção agrícola total. A maior diferença ocorre para o caso de se considerar as 646 regiões produtoras com ao menos 15% da área agrícola dedicada à cana-de-açúcar (0,031 ponto de diferença no IDH-Geral). A menor diferença ocorre ao se tomar apenas as 213 AMC que dedicam 65% da área agrícola para produção de cana-de-açúcar. É também para esse grupo que ocorre uma diferença negativa entre o grupo de tratados e o grupo de controle para o caso do IDH-Educação.

Tabela 2.1: IDH-M 2000 médio para as regiões de tratamento e controle - amostra total

Grupo		IDH				Número de AMC
		Geral	Educação	Longevidade	Renda	
Tratamento	(Prod. Cana $\geq$ 30% da área agrícola)	0.716	0.787	0.730	0.632	426
Controle		0.688	0.777	0.696	0.592	1000
Diferença		0.028	0.010	0.034	0.040	
Tratamento	(Prod. Cana $\geq$ 9% da área agrícola)	0.718	0.791	0.731	0.632	851
Controle		0.688	0.777	0.696	0.592	1000
Diferença		0.029	0.014	0.035	0.040	
Tratamento	(Prod. Cana $\geq$ 15% da área agrícola)	0.719	0.790	0.731	0.636	646
Controle		0.688	0.777	0.696	0.592	1000
Diferença		0.031	0.014	0.035	0.044	
Tratamento	(Prod. Cana $\geq$ 65% da área agrícola)	0.697	0.770	0.713	0.609	213
Controle		0.688	0.777	0.696	0.592	1000
Diferença		0.009	-0.007	0.017	0.017	

Fonte: Elaboração própria.

Caso se restrinja a amostra excluindo as AMC da região norte, não se notam diferenças qualitativas significativas no grupo de tratados, ao passo que o valor médio para o IDH-M do grupo de controle aumenta. Também esse resultado justifica a restrição da amostra adotada.

Embora o IDH-M das regiões produtoras de cana-de-açúcar seja, em média, superior ao das regiões não produtoras, dando suporte aos resultados anteriormente vistos, que ressaltam os impactos positivos do setor sobre as condições sociais locais, a comparação feita não é correta, já que se consideram regiões diferentes como iguais. O ideal seria comparar as regiões produtoras com a sua própria situação sem a produção. Como isso não é possível, por meio do *propensity score* espacial propõe-se comparar as regiões produtoras com as regiões não produtoras mais “parecidas” (em termos de probabilidade de produção).

Tabela 2.2: IDH-M 2000 médio para as regiões de tratamento e controle - amostra restrita

Grupo		IDH				Número de AMC
		Geral	Educação	Longevidade	Renda	
Tratamento	(Prod. Cana = 30% da área agrícola)	0.716	0.787	0.730	0.632	424
Controle		0.691	0.779	0.697	0.596	907
Diferença		0.026	0.008	0.033	0.036	
Tratamento	(Prod. Cana = 9% da área agrícola)	0.718	0.791	0.731	0.632	846
Controle		0.691	0.779	0.697	0.596	907
Diferença		0.027	0.012	0.034	0.036	
Tratamento	(Prod. Cana = 15% da área agrícola)	0.719	0.790	0.731	0.636	644
Controle		0.691	0.779	0.697	0.596	907
Diferença		0.029	0.012	0.034	0.040	
Tratamento	(Prod. Cana = 65% da área agrícola)	0.697	0.770	0.713	0.609	213
Controle		0.691	0.779	0.697	0.596	907
Diferença		0.007	-0.009	0.016	0.013	

Fonte: Elaboração própria.

2.4.1. *Propensity Score* Espacial

Para o cálculo do *propensity score* espacial foram considerados os efeitos espaciais de vizinhança, a proximidade da sede da AMC à sede de AMC com usina e uma *dummy* para aquelas AMC localizadas em estados densos em AMC produtoras. Os efeitos espaciais captam tanto o fato de que em uma região, cujos vizinhos são produtores, a probabilidade de produzir cana-de-açúcar é maior (dependência ou autocorrelação espacial), bem como a as especificidades de solo e clima de cada região, por exemplo, controladas pela especificação da dependência espacial no termo de erro.

O segundo aspecto busca controlar a probabilidade de a produção se dar em regiões próximas a usinas (potenciais demandantes da produção). Já a última variável capta os efeitos relacionados a eventuais atrativos específicos de estados, como legislação, facilidade de

escoamento da produção, acesso a incentivos fiscais etc. É preciso, no entanto, cuidado ao analisar o resultado dos coeficientes estimados, tendo em vista a potencial colinearidade existente entre os efeitos espaciais de vizinhança e as demais variáveis.

A não inclusão de outras co-variadas se justifica por dois motivos. Fatores observáveis importantes para explicar os resultados do IDH-M de uma dada localidade podem não ser tão significativos para explicar a produção de cana-de-açúcar. Assim, nesse trabalho a abordagem para estimação do *propensity score* é mais parcimoniosa de partida, restringindo ao máximo o número de variáveis independentes. A segunda razão é a aplicação dos testes de sensibilidade Rosenbaum *bounds*, que verifica qual o impacto que uma possível variável omitida teria sobre a identificação do efeito do tratamento sobre os tratados. Caso o impacto seja muito pequeno, nossa estratégia é mais adequada, posto que o modelo é mais parcimonioso.

A Tabela 2.3 apresenta o resultado da estimação do *propensity score* espacial por meio da estimação de *logit* espacial, seguindo a estratégia de LeSage (1999).

O modelo geral (modelo SAC) mostrou resultados mais fracos que o modelo SAR. O ajuste do modelo (pseudo- R^2) é menor: 26,5% no caso SAC e 35,7% no caso SAR. A eficiência também é menor - a variância (σ^2) é maior no primeiro caso que no segundo. Além disso, a taxa de aceitação (sobretudo do coeficiente associado à componente de erros espaciais) é bastante baixa (pouco mais da metade dos casos). Finalmente, há o resultado contra-intuitivo de que os erros espaciais são negativos - razão pela qual o modelo SAR é mais indicado que o modelo SEM.

Nota-se que nos dois modelos há o resultado (também contra-intuitivo) de que a proximidade a usinas de cana reduz a probabilidade de produção de cana-de-açúcar. Esse parâmetro deve ser interpretado com cautela, dada a existência de multicolinearidade entre as variáveis. Condicionado ao fato de que as regiões vizinhas são produtoras de cana-de-açúcar e de que a AMC se localiza em um estado densamente produtor, o fato de ter ou não uma usina é menos importante.

Tabela 2.3: Modelo logit para estimação do *propensity score* espacial

		Mod. SAC	Mod. SAR
Pseudo-R ²	=	0.2652	0.3569
σ^2	=	4.3848	1.1443
n ^o . obs, n ^o . var	=	1331 , 2	1331 , 2
n ^o . 0, 1 y-valores	=	907 , 424	907 , 424
tx. aceit. ρ	=	0.5853	0.9998
tx. aceit. λ	=	0.5301	
Posterior Estimates			
Variable		Coefficient	Coefficient
dist. usin		-0.0205 *	-0.0099 *
		(-4.365)	(-13.025)
UF prod.		1.1806 *	0.5210 *
		(2.778)	(7.552)
ρ		0.9422 *	0.2382 *
		(49.782)	(4.056)
λ		-0.9302 *	
		(-17.727)	

* significativo a 1%.

Entre parênteses, estatística t.

Fonte: Elaboração própria.

2.4.2. Efeito do Tratamento Sobre os Tratados

A Tabela 2.4 reporta a análise do efeito da produção de cana-de-açúcar para as regiões produtoras sobre o IDH e seus componentes³⁶. Como sugerido por Härdle e Linton (1994) foi utilizada uma banda de 0,2 para a função kernel.

Ao contrário do que fora visto anteriormente, ao se considerar AMC mais similares às AMC produtoras - dadas pelos *propensity score* - o efeito do tratamento sobre os tratados parece ser negativo, a menos do IDH-Educação. A maior diferença (-0,012 ponto) ocorre para o IDH-renda - coincidentemente o indicador que parecia ter o efeito mais positivo na análise sem o *matching*. Os demais efeitos são bem menores.

³⁶ As estimativas foram processadas de acordo com LEUVEN e SIANESI (2003).

Tabela 2.4: Estimativa do efeito do tratamento sobre os tratados

Grupo	IDH				Número de AMC
	Geral	Educação	Longevidade	Renda	
Tratamento	0.7163	0.7870	0.7299	0.6319	424
Controle	0.7222	0.7863	0.7361	0.6441	907
Diferença	-0.0059	0.0007	-0.0062	-0.0122	
Estat t	-0.6861	0.0964	-0.6603	-1.0742	

Fonte: Elaboração própria.

Entretanto, considerando a estatística de teste, todos os efeitos são estatisticamente insignificantes, mesmo a 10% de significância. Em outras palavras, não há diferença estatística entre o IDH médio das regiões produtoras e as regiões de controle.

Tal resultado sugere que a presença do setor em dada localidade não é significativa para determinar suas condições sociais, para melhor ou pior. Possivelmente, as políticas públicas, sobretudo aquelas voltadas diretamente para as melhorias das condições de educação e saúde, bem como para melhorar a produção e a distribuição de renda, devem ter impactos muito mais evidentes sobre o IDH-M.

2.4.3. Análises de Sensibilidade e Robustez

Na Tabela 2.5 reporta-se a análise de sensibilidade dos modelos. A análise de sensibilidade (Rosenbaum *bounds*) é feita para testar o viés de seleção necessário para invalidar os resultados das estimativas. Seguindo Diprete e Gangl (2004), a metodologia inicia-se estimando o efeito do tratamento sobre os tratados, assumindo a hipótese de não-existência de viés de seleção. Em seguida, relaxa-se esse pressuposto. Conforme o impacto potencial de da variável omitida sobre a probabilidade da região produzir cana-de-açúcar (expresso em termos dos limites das *odds ratio*) torna-se mais forte, o intervalo de confiança dos efeitos estimados

aumenta e o nível de significância do teste da hipótese nula, de que não há efeito de D sobre Y , diminui (ou seja, o p -valor cai).

Tabela 2.5: Análise de sensibilidade (Rosenbaum bounds) para o IDH e seus componentes

Variável	Γ	p-crítico
IDH	1	0.2423
	1.05	0.1283
	1.1	0.0605
	1.15	0.0257
	1.2	0.0099
IDH-Educação	1	0.0410
	1.05	0.0148
	1.1	0.0048
	1.15	0.0014
IDH-Longevidade	1	0.4068
	1.05	0.2511
	1.1	0.1386
	1.15	0.0689
	1.2	0.0311
	1.25	0.0128
	1.3	0.0049
IDH-Renda	1	0.0096
	1.05	0.0027
	1.1	0.0007

Para as variáveis IDH, IDH-Longevidade e IDH-Renda, p-crítico é o p^* . Para a variável IDH-Educação, p-crítico é o p^+ .

Se $\Gamma = e^{\gamma} = 1$, não há viés de seleção devido a não-observáveis.

Fonte: Elaboração própria.

Para a variável IDH, o nível crítico de Γ é de 1,1 a 1,2, isto é, se a presença de variáveis não observadas levarem a uma diferença na *odds ratio* de receber tratamento entre as regiões produtoras e as de controle por um fator de 1,1 a 1,2, então se pode questionar o resultado anterior, de que não há impacto significativo do setor no IDH. O resultado para o IDH-Longevidade também é robusto à presença de viés de seleção. Neste caso, os níveis críticos seria superiores a 1,1 podendo chegar a 1,3. Entretanto, os resultados para o IDH-Educação e

o IDH-Renda aparentam ser menos robustos à presença de não-observáveis, dado que apresentam um valor crítico mais próximo da unidade.

Segundo Diprete e Gangl (2004) é importante notar que estes resultados são considerados como os “piores cenários”. Cabe ressaltar que o valor de 1,1 a 1,2, por exemplo, para o IDH não sugere, necessariamente, que exista um efeito negativo do setor sobre esse índice. Isso implica apenas que o intervalo de confiança para o efeito do tratamento deixará de incluir zero se a presença de viés de seleção levar a *odds* de participação a diferir entre os grupos de tratamento e controle por um fator de 1,2. No caso de uma variável omitida possuir forte influência sobre a probabilidade de produção, mas apenas uma pequena influência sobre a variável de resultado, o intervalo de confiança continuará a conter o zero. Apesar de a análise de sensibilidade de Rosenbaum apresentar os resultados para o pior cenário, demonstra quanto grande deve ser a influência de uma variável não observada a fim de questionar as conclusões obtidas através de métodos de pareamento.

Ainda como medida da qualidade das estimativas reportadas, foram implementados testes de robustez considerando diferentes medidas para a banda utilizada no kernel, raio de vizinhança para a matriz de pesos espaciais, e diferentes critérios de inclusão no grupo de tratamento. Os resultados encontram-se na Tabela 2.6.

Variando a banda em 50% para menos ou para mais (banda de 0,15 e 0,25, respectivamente), não se encontra diferença estatística significativa. Reduções aumentam (em módulo) a estatística de teste, mas não ao ponto de torná-la significativa. Ao passo que, com uma banda maior, os efeitos estimados sobre o IDH tornam-se positivos, mas ainda estatisticamente não-significativos.

Variações no raio de vizinhança para o cálculo da matriz de pesos espaciais também não afetam os resultados. Para o caso de um raio menor (100 quilômetros) a estatística de teste é maior (em módulo), mas ainda não significativa. Para o raio maior (200 quilômetros) os resultados são muito parecidos aos obtidos com as hipóteses básicas.

Finalmente, os resultados são mais sensíveis variando a definição de grupo de tratamento. Para regiões onde a produção de cana-de-açúcar representa mais de 65% da área agrícola

parece haver um impacto negativo do setor sobre o IDH, sobretudo pelo impacto negativo no IDH-Renda. Entretanto, o número de tratados neste caso é de apenas 213 AMC. Como se trata de regiões eminentemente agrícolas, questiona-se, nesse caso, a necessidade de excluir do grupo de controle regiões não-agrícolas (ou incluir variáveis que controle esse fato no cálculo do *propensity score*). Para as demais classificações, no entanto, os resultados são muito parecidos ao do cenário básico.

Tabela 2.6: Testes de robustez da estimativa

Parâmetro	IDH				Número de AMCs	
	Geral	Eduação	Longevidade	Renda	Tratados	Controle
	Estat t					
Banda = 0.15	-1.8233	-1.2821	-1.3130	-2.2053	424	907
Banda = 0.25	0.1988	1.0686	-0.0068	-0.2456	424	907
Vizinhança = 100km	-0.8695	-0.1942	-0.7059	-1.2607	424	907
Vizinhança = 200km	-0.6992	0.0959	-0.7206	-1.0544	424	907
Produção de cana = 9% da área agrícola	-0.7458	0.6165	-0.5898	-1.6023	846	907
Produção de cana = 15% da área agrícola	-0.1626	0.7864	-0.2611	-0.6635	644	907
Produção de cana = 65% da área agrícola	-2.3414	-1.9308	-1.9015	-2.4837	213	907

Fonte: Elaboração própria.

2.5. Conclusão

O crescimento da produção de cana-de-açúcar no passado recente suscita a necessidade de se avaliar quais são os impactos do setor sobre o país, em seus aspectos econômicos, sociais e ambientais. Pode ser que para as regiões produtoras de cana-de-açúcar os benefícios não

sejam tão evidentes, quanto possam ser para o país como um todo. Essas regiões podem arcar com ônus proporcionalmente maior que o bônus gerado pelo setor.

Nesse capítulo buscou-se verificar o impacto da produção de cana-de-açúcar sobre os indicadores sociais de municípios produtores. Foi escolhido o IDH-M como indicador síntese das condições sociais locais, já que ele, conjuntamente, as condições de educação, longevidade e renda.

Foi implementado, de forma original, um teste de *propensity score matching* espacial. Por essa metodologia, considera-se o fato de que não se podem comparar, imediatamente, indicadores médios de regiões produtoras com os indicadores de regiões não produtoras, uma vez que a probabilidade de produção não é uma variável aleatória. Assim, fatores espaciais devem ser levados em conta para controlar a probabilidade de produção ou não.

À parte existirem argumentos favoráveis e contrários aos impactos do setor sobre as condições sociais das localidades produtoras, os resultados obtidos sugerem que a presença do setor nessas localidades não é relevante para determinar suas condições sociais, seja para melhor ou para pior. Possivelmente, as políticas públicas, sobretudo aquelas voltadas diretamente para as melhorias das condições de educação e saúde, bem como para melhorar a produção e a distribuição de renda, devem ter impactos muito mais evidentes sobre o IDH-M.

3 A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO E SEU IMPACTO NAS RECEITAS MUNICIPAIS

3.1. Introdução

A expansão da produção de cana-de-açúcar parece gerar benefícios líquidos ao país, sobretudo na geração de emprego e renda (BNDES; CGEE, 2008; MORAES, 2007; TONETO-JR.; LIBONI, 2008). Também com relação ao meio-ambiente, o balanço dos impactos do setor aparenta ser positivo (MACEDO, 2007; BNDES; CGEE, 2008). Ademais, é discutível o argumento que imputa à expansão da produção de cana-de-açúcar os aumentos do preço da terra e dos alimentos (CHAGAS; TONETO-JR, 2008).

Apesar desses benefícios aparentes na utilização da cana-de-açúcar em substituição aos combustíveis derivados de petróleo, a expansão da produção dessa *commodity* também gera outras preocupações. Uma delas refere-se à dinâmica do uso da terra. A expansão tende a se dar em áreas ocupadas por outras atividades: pecuária, grãos, frutas, matas e florestas, entre outras. Isto pode provocar expulsão de atividades que se deslocam em direção a áreas de fronteira, podendo levar ao desflorestamento, que poderia ser computado na avaliação final do efeito ambiental da utilização do etanol (FAO, 2008). Alguns estudos mostram, entretanto, que existe no país uma disponibilidade de terras agricultáveis não aproveitadas que poderiam ser utilizadas pela cana-de-açúcar, sem a necessidade de substituir outras culturas, ou provocar o desmatamento, assim como existem diversas áreas de pastagens degradadas, cuja utilização por outras atividades geraria impactos ambientais positivos (MACEDO; NOGUEIRA, 2004).

Mesmo que esta situação de disponibilidade de terras seja válida para o país como um todo, nas atuais áreas de expansão de cana-de-açúcar, em especial no Estado de São Paulo, essa cultura tende a disputar espaço com sistemas agroindustriais já instalados: pecuária e frigoríficos; laranja, grãos, entre outras. Ou seja, a expansão da cultura canavieira gera pressões e disputas pelo uso da terra, em especial nas regiões mais próximas e com melhor

dotação de infra-estrutura de logística, aonde deverão ocorrer deslocamentos e pressões de custos para as atividades agrícolas.

Outra preocupação associada à expansão da cana relaciona-se às relações trabalhistas vigentes no setor. Além do mais, as especificidades da produção de cana-de-açúcar e a forte integração entre a fase agrícola e industrial provocam maior concentração, tanto da propriedade, como da posse da terra, por meio do arrendamento das propriedades. A utilização da técnica da colheita manual gera outro efeito adverso, as queimadas, com consequências sobre a saúde dos trabalhadores e pessoas que vivem nas regiões produtoras (GONÇALVES, 2002; ARBEX et al., 2004; ARAÚJO et al., 2005; OMETTO; MANGABEIRA; HOTT, 2005; LOPES; RIBEIRO, 2006). Vale destacar, contudo, que grande parte dos novos investimentos no setor está sendo realizada em áreas passíveis de mecanização da colheita, eliminando o problema das queimadas e da maior demanda de trabalhadores temporários na época da colheita (BNDES; CGEE, 2008). Além disso, mudança na regulamentação da produção no estado de São Paulo prevê o fim das queimadas no médio prazo (Lei 11.241/2002; Decreto 47.700/2003)³⁷.

Muitos desses impactos negativos do setor oneram os orçamentos dos poderes locais das regiões produtoras (estados e prefeituras): demanda por moradia pelos trabalhadores temporários, aumento de gastos no sistema de saúde pública, seja para atendimento dos trabalhadores do setor, seja para atendimento da população em decorrência das queimadas, necessidade de vagas adicionais nas escolas da rede pública para filhos de trabalhadores do setor, etc.³⁸

³⁷ Como para qualquer outro setor produtivo, as eventuais externalidades negativas geradas pela produção de cana-de-açúcar e seus produtos derivados deveriam ser tratadas com regulamentações específicas, que internalizem, em todo ou em parte, esses efeitos. A regulamentação para o fim das queimadas é uma medida nesse sentido que deveria ser estendida para as demais regiões produtoras. Outra medida muito importante trata-se do necessário zoneamento agrícola, já aprovado para o estado do Rio Grande do Sul (MAPA, Portaria 54/2009).

³⁸ No entanto, é preciso ter claro que uma grande parte da pressão sobre gastos locais, atribuída ao setor, ocorreria de todo modo, sobretudo naquelas regiões em que há substituição de culturas menos produtivas pela cultura da cana-de-açúcar. Afinal, a produção alternativa também requer trabalhadores, que também demandam serviços públicos locais. O efeito do setor produtor de cana-de-açúcar sobre os gastos públicos locais seria,

Em que pese a geração destes gastos adicionais, a cultura da cana-de-açúcar também gera impactos positivos sobre a renda regional. O valor da produção agrícola por hectare da cana tende a superar o das demais culturas sinalizando um maior valor da renda agrícola; a produção de cana também possui maior relação número de empregados por hectare, que é um indicador de produtividade positivo; a maior integração geográfica entre as fases agrícola e industrial e a demanda por prestações de serviços nas usinas deve provocar maiores impactos sobre a geração de renda urbana, ou seja, um maior efeito multiplicador (MORAES, 2007; MACEDO, 2007; BALSADI, 2007).

A cana-de-açúcar parece propiciar impactos significativos sobre a geração de renda, o que deve ser captado, em parte, pela arrecadação fiscal dos municípios. Assim, se por um lado a expansão da cana-de-açúcar gera pressões de gastos para as prefeituras por exigir um maior dimensionamento dos serviços públicos para atender a sazonalidade da atividade e fluxos migratórios, maiores gastos de saúde para lidar com efeitos deletérios da queimada, entre outros; por outro lado, esses municípios podem ter uma maior arrecadação que poderia compensar as maiores pressões de gastos.

O objetivo deste capítulo é verificar o efeito da expansão da cana-de-açúcar e da presença da cultura canavieira na arrecadação fiscal dos municípios paulistas. Pretende-se verificar se a presença da cana gera impactos positivos sobre a receita municipal, como forma de compensar eventuais pressões de gastos. A ocorrência de impactos positivos na receita deve estar associada aos impactos positivos sobre a renda e ao dinamismo das economias regionais. Avaliar-se-ão os seguintes impostos: ISSQN (Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza); IPTU (Imposto Sobre a Propriedade Territorial Urbana); ICMS (Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e Sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação) e IPVA (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores).

então, a diferença entre a demanda observada gerada pelo setor e a demanda (estimada) gerada pelo setor alternativo.

Para tanto, um modelo de dados de painel é proposto. Esses modelos permitem isolar os efeitos específicos a uma determinada unidade de estudo. Contudo, dada a persistência temporal da arrecadação, os tradicionais modelos de efeitos fixos e aleatórios podem gerar estimadores enviesados, razão pela qual um modelo de painel dinâmico é considerado superior. Ademais, tendo em vista a dimensão geográfica do fenômeno estudado, controles espaciais também são introduzidos. Tal inclusão representa uma das contribuições originais do trabalho, tendo em vista que não existe aplicação semelhante para problemas brasileiros.

O artigo encontra-se dividido em 4 seções, além dessa introdução e da conclusão. A primeira descreve, brevemente, o processo de expansão da cana no estado de São Paulo. Na segunda, apresentam-se alguns fatos estilizados relacionados ao desempenho fiscal de municípios produtores de cana-de-açúcar em relação aos demais municípios agrícolas do estado. A terceira seção apresenta a metodologia empregada no trabalho e os dados utilizados. A quarta seção reporta os resultados.

3.2. Expansão da cana em São Paulo

O setor sucroalcooleiro é um dos setores mais tradicionais e relevantes da economia brasileira. A partir dos anos setenta do século passado a produção do setor cresceu bastante, estagnando a partir de meados dos anos 80. Nos últimos anos, o setor voltou a se expandir de maneira consistente. Essas fases de crescimento da produção da cana-de-açúcar estão associadas aos seguintes fatores: (i) década de 70 – lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) e o forte predomínio dos veículos movidos a álcool nos anos 80; (ii) a estagnação decorreu da queda do preço do petróleo e da crise do Proálcool (no bojo da crise de financiamento do setor público); (iii) a expansão seguinte inicia-se com o forte crescimento das exportações de açúcar e, no início deste século, com o crescimento do etanol vinculado ao lançamento dos carros flex-fuel e ao aumento do mercado internacional, em virtude de novo ciclo de alta no preço internacional do petróleo (SHIKIDA; BACHA, 1999; WELTER; SHIKIDA, 2002; BARROS; MORAES, 2002; VIAN; BELIK, 2003; SCARAMUZZO, 2009).

No período recente (entre 1990 e 2000) a produção de cana-de-açúcar no Brasil saltou de 263 milhões de toneladas para 550 milhões de toneladas – expansão de 110% em 18 anos (Tabela 3.1). O aumento na área plantada acompanhou essa evolução, mas a um ritmo menor – expansão de 4,3 milhões de hectares em 1990 para 7,1 milhões em 2007 (crescimento de 64%). A diferença entre as duas taxas de crescimento é explicada pelo aumento da produtividade do setor. O rendimento da terra (toneladas de cana-de-açúcar por hectare plantado) aumentou de 60,8 ton/ha para 77,6 ton/ha, expansão de 27,6%. Note-se que a maior parte do ganho de produtividade do setor foi repassada para o consumidor, uma vez que o valor da produção do setor cresceu apenas 11,4% no período (de R\$ 19,1 bilhões em 1990 para R\$ 21,2 bilhões em 2007).

Tabela 3.1: Quantidade produzida, área plantada, rendimento da terra e valor da produção na cultura de cana-de-açúcar, Brasil e estado de São Paulo – 1990 a 2007

Ano	Brasil				estado de São Paulo			
	Qtde Produzida (milhões ton)	Área Plantada (milhões ha)	Rendimento (ton/ha)	Valor da Produção (bilhões R\$ de 2008)	Qtde Produzida (milhões ton)	Área Plantada (milhões ha)	Rendimento (ton/ha)	Valor da Produção (bilhões R\$ de 2008)
1990	262,70	4,32	60,77	19,06	137,80	1,81	76,07	9,98
1991	260,90	4,24	61,51	18,13	136,20	1,85	73,53	8,90
1992	271,50	4,22	64,26	22,63	145,50	1,89	77,00	12,73
1993	244,50	3,95	61,86	16,23	148,60	1,90	78,41	8,96
1994	292,10	4,36	67,01	17,84	174,10	2,17	80,11	9,07
1995	303,70	4,64	65,48	13,80	175,00	2,26	77,45	6,40
1996	317,10	4,83	65,65	15,33	192,30	2,49	77,14	8,39
1997	331,60	4,88	67,93	16,33	194,00	2,45	79,31	8,57
1998	345,30	5,05	68,37	16,27	199,80	2,56	77,89	8,07
1999	333,80	4,98	67,10	11,80	197,10	2,56	77,16	5,59
2000	326,10	4,88	66,83	14,10	189,00	2,48	76,08	7,15
2001	344,30	5,02	68,55	16,68	198,90	2,57	77,49	9,44
2002	364,40	5,21	69,99	19,53	212,70	2,66	79,92	10,97
2003	396,00	5,38	73,65	16,94	228,00	2,82	80,91	9,71
2004	415,20	5,63	73,70	15,31	240,00	2,95	81,15	8,21
2005	423,00	5,82	72,73	15,63	254,80	3,08	82,60	8,87
2006	477,41	6,39	74,71	20,63	289,30	3,50	82,75	12,08
2007	549,71	7,09	77,57	21,22	329,10	3,89	84,59	12,28

Valor da Produção deflacionado pelo IGP-DI médio da FGV.

Fonte: Produção Agrícola Municipal (PAM-IBGE).

No período considerado, o estado de São Paulo sempre foi o principal produtor de cana-de-açúcar. A participação desse estado na produção total passou de 52,4% em 1990 (ano em que foram produzidas 138 milhões de toneladas de cana-de-açúcar no estado de São Paulo) para 59,9% em 2007 (produção de 329 milhões de toneladas). A cultura no estado é a mais rentável do país, o rendimento da terra na produção de cana-de-açúcar é no mínimo 10% maior que na média nacional³⁹.

Apesar do forte aumento da produção de cana-de-açúcar nos últimos anos, sua participação na área agrícola do país ainda é baixa, em comparação com outras culturas. A produção de cana representa menos de 10% da área de lavouras no Brasil (no estado de São Paulo, esta participação se aproxima dos 50%). O aumento da área destinada para cana-de-açúcar gera dúvidas sobre o eventual conflito existente entre terras para a produção de alimentos *versus* terra para a produção de energia. Em nível nacional, dos mais de 850 milhões de hectares existentes, cerca de 360 milhões estão aptos para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, sendo que destes, em torno de 80 milhões são utilizados pelas lavouras permanentes e temporárias (e outros 200 milhões para a pecuária). Existe uma ampla quantidade de terra disponível, tanto para a produção de cana-de-açúcar, como para outras culturas (MACEDO; NOGUEIRA, 2004; BNDES; CGEE, 2008). Essas culturas ainda podem se beneficiar da recuperação de áreas de pastagens e eventuais ganhos de produtividade na pecuária, liberando terra para a produção agrícola (VILELA; BARCELLOS; SOUZA, 2001; MARTHA-JR.; VILELA, 2002; MULLER; MARTHA-JR, 2008). Dessa forma, em nível agregado, o conflito não se verifica (CHAGAS; TONETO-JR., 2008).

Se este conflito não existe no país como um todo, isto não significa que ele não ocorrerá em regiões específicas. Conforme Martha-Jr. (2008), a expansão da cana tende a se dar prioritariamente nas terras de maior qualidade e produtividade, concorrendo com culturas que apresentam padrões de rentabilidade compatíveis e afastando as culturas e atividades de menor retorno, como pode ser o caso da pecuária. Isto quer dizer que a expansão não tende a ocorrer em vazios econômicos, mas em áreas aonde já existem sistemas agroindustriais

³⁹ Comparando a rentabilidade da terra no estado com o resto do país (ex-São Paulo) esse número sobe para 22,5%.

instalados. Este parece ser o padrão de expansão da cana que tem se concentrado no Estado de São Paulo e no seu entorno: Triângulo Mineiro, Norte do Paraná, Sudeste do Mato Grosso do Sul e Sudoeste Goiano. Nestas regiões existe um maior adensamento de atividades agropecuárias e a cana precisa disputar terras com outras culturas.

No estado de São Paulo, especificamente, a produção agropecuária em 2006 representou 20,3% da produção agrícola do país. O estado é o maior produtor de cana-de-açúcar, laranja, amendoim, além de outros produtos agrícolas, como limão, caqui, tangerina e goiaba. A região nordeste do estado é a principal produtora agrícola, mas alguns municípios do sudoeste também adquiriram importância ao longo dos anos noventa. Além disso, o estado possui um dos maiores rebanhos do país e uma vasta área do seu território destinada a pastagens, apresentando a maior taxa de lotação do país.

Nessa época, houve um adensamento produtivo das principais áreas agrícolas do estado, com expansão da produção em direção ao oeste e ao sul do estado, como se pode ver na Figura 3.1, painéis (a), (b) e (c). Os dados referem-se à proporção da área agrícola utilizada em relação à área total do município. Também se percebe uma maior utilização da terra mesmo naqueles municípios em que a produção agrícola já era elevada no início da década passada.

(a) 1990

(d) 1990

(b) 1996

(e) 1996

(c) 2006

(f) 2006

Fonte: Pesquisa Agrícola Municipal, IBGE. Elaboração própria.

Figura 3.1: Área Plantada Total como Proporção da Área do Município [painéis a, b e c] e Área Plantada de Cana-de-Açúcar como Proporção da Área Agrícola Total do Município [painéis d, e e f]

Por outro lado, as regiões central, metropolitana, litorânea e as dos Vales do Ribeira e do Paraíba não apresentam significativa utilização da terra. Na região metropolitana, a concentração das atividades industriais, comerciais e de serviços especializados, bem como a aglomeração de pessoas, justifica esse fato. O adensamento populacional dessa região praticamente não permite uso do solo para as atividades agrícolas. Na região do Vale do Paraíba, o relevo acidentado e o adensamento populacional (caso de São José dos Campos) também comprometem o uso do solo.

Nas demais regiões a oeste do estado e na região central, no entanto, existe um potencial para a expansão da produção agrícola (e, particularmente, a produção de cana-de-açúcar). Como pode ser visto no painel (c), essas regiões representam as fronteiras atuais para a produção agrícola do Estado. Nestas regiões há um predomínio de pastagens e terras não utilizadas.

A Figura 3.1 também apresenta a evolução da produção de cana-de-açúcar nos municípios do Estado de São Paulo como proporção da produção agrícola total. Nota-se que a cana-de-açúcar já estava presente fortemente na principal região produtora de bens agrícolas do Estado, a região nordeste.

A produção é majoritária nas regiões de Ribeirão Preto, Araraquara, São Carlos e Limeira desde o início dos anos noventa. Ao longo da década passada, percebe-se uma expansão concentrada da produção de cana-de-açúcar no entorno desses municípios (áreas de verde mais escuro no painel (d)).

Em período mais recente, o adensamento da produção de cana-de-açúcar nas regiões pioneiras, mais próximas a Ribeirão Preto, se intensifica. A cana-de-açúcar já representa mais de 60% da área agrícola dos municípios que se espalham por toda a região nordeste do estado, começando próximo do município de Campinas e se estendo ao norte até a divisa com o estado de Minas Gerais e a oeste até a região de Jaú. Mas no oeste do estado essa cultura também ganha importância, com o adensamento da produção nas regiões de Presidente Prudente, Marília e Araçatuba. Além do mais, cresce no entorno dessas regiões e já se pode perceber um predomínio dessa cultura por toda a região oeste do Estado (na maior parte dos municípios dessa região, a produção de cana-de-açúcar já representa, no mínimo, 20% da produção agrícola).

Percebe-se, portanto, que durante toda a década de noventa houve uma expansão da produção de cana no Estado, seja com o adensamento ainda maior nas regiões tradicionais, seja em novas áreas, com destaque para o oeste do estado. Este processo se dá com a substituição de outras atividades. Observa-se na Figura 3.2 que entre 1996 e 2006 houve um aumento significativo da área total de cana no estado, assim como da área de matas e florestas e um pequeno aumento da área de soja. Este crescimento se fez com a redução de outras culturas como café, arroz, milho; mas, principalmente, laranja e pastagens.

Figura 3.2: Variação no Uso da Terra - São Paulo, 1996-2006

Esta mudança no uso do solo tende a gerar impactos significativos na organização e dinâmica das economias regionais, em termos de geração de renda, emprego e outros indicadores sócio-econômicos. Um ponto a ser destacado é que na atividade sucroalcooleira existe uma forte integração entre atividade industrial e agrícola em termos espaciais. Esta integração decorre de algumas especificidades da matéria-prima cana-de-açúcar, que necessita estar próxima à unidade produtiva industrial (em um raio de aproximadamente 50 km) para manter sua qualidade. Com isso, em torno de 70% da cana utilizada é produzida pelas próprias usinas,

seja em terras próprias, seja em terras arrendadas - apenas uma pequena parte é obtida de produtores independentes. Isto faz com que a expansão da cana seja acompanhada da instalação de usinas, que se constituem unidades industriais com ampla geração de emprego. Ou seja, a expansão da cana tende a ampliar o emprego agrícola e industrial nas regiões. A ampliação do emprego e a demanda das usinas por serviços e atividades comerciais urbanas devem gerar um maior dinamismo nas economias locais (caso o setor sucroalcooleiro seja mais gerador de renda e tenha um maior efeito multiplicador do que as atividades que foram substituídas), o que pode incrementar as receitas municipais e compensá-los pela maior pressão dos gastos públicos gerada pela presença do setor na região. Assim, a próxima seção analisará em mais detalhe a questão das receitas fiscais dos municípios produtores de cana comparativamente a outros municípios agrícolas.

3.3. Desempenho fiscal dos municípios produtores de cana-de-açúcar

As receitas públicas podem ser classificadas em Receitas Correntes e de Capital, sendo que as primeiras representam quase a totalidade das receitas. As Receitas Correntes constituem-se das receitas tributária, de contribuições, patrimonial, agropecuária, industrial, de serviços e outras e, ainda, as provenientes de recursos financeiros recebidos de outras pessoas de direito público ou privado, quando destinadas a atender despesas classificáveis em Despesas Correntes.

As Receitas Tributárias são aquelas formadas a partir do esforço de arrecadação local, constituída pelos recebimentos dos tributos iminentemente municipais, a saber, aqueles impostos arrecadados pela máquina local que ficam integralmente nos municípios. Os principais tributos que se enquadram nessa categoria são o IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) e o ISSQN (Impostos Sobre Serviços de Qualquer Natureza). Outros tributos municipais menos relevantes incluem o ITBI (Imposto sobre Transmissão de Bens Intervivos) e as Taxas e Contribuições de Melhoria de várias ordens.

Além da arrecadação dos impostos de competência dos municípios, as receitas municipais são compostas de transferências recebidas, em função da participação na arrecadação de impostos de competência estadual e de transferências federais, com destaque para o Fundo de Participação dos Municípios (FPM). Esta última fonte é uma das principais receitas municipais, em especial para os municípios de pequeno porte. O Fundo é composto por parcela da arrecadação do Imposto de Renda e do Imposto sobre Produtos Industrializados, e é distribuído para os municípios segundo critérios que levam em consideração a localização (região), o tamanho da população e a renda, entre outros fatores. A distribuição não guarda qualquer relação com o local em que os impostos foram gerados e com o comportamento da atividade econômica. Assim, esse conjunto de receitas não será analisado neste artigo.

Já as principais transferências estaduais são as cotas-partes do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e do IPVA (Imposto sobre Propriedades de Veículos Automotores). No caso do primeiro, 25% devem ser repassados aos municípios. No Estado de São Paulo, cerca de $\frac{3}{4}$ do valor repassados aos municípios é diretamente relacionado à arrecadação do tributo na localidade (base para o cálculo do valor adicionado fiscal), 5% são proporcionais ao esforço de arrecadação próprio de cada município e 3% são proporcionais à área cultivada (Lei 8510 de 29/12/93). No caso do IPVA os municípios recebem o equivalente a 50% do imposto arrecadado de contribuintes que tenham veículos automotores licenciados no município.

A Tabela 3.2 reporta alguns fatos estilizados envolvendo o desempenho fiscal médio para o período de 1990 a 2006, para agrupamentos de municípios. Para esse recorte, os municípios do estado de São Paulo foram agrupados de acordo com a importância ou não da produção agrícola para a localidade. Por município agrícola considerou-se aquele município em que a área agrícola representa pelo menos 20% da área total. Dentre os municípios agrícolas, foram agrupados aqueles em que a produção de cana representa menos de 30% da produção agrícola total; outro grupo refere-se aos municípios com produção de cana entre 30% e 60% do total e, finalmente, aqueles em que a produção de cana representa mais de 60% do total.

Tabela 3.2: Desempenho fiscal *per capita* e população média por tipo de município, média de 1990 a 2006

Municípios			Quantidade de Municípios	Cota-Parte do IPVA - (R\$ 2008)	Cota-Parte do ICMS - (R\$ 2008)	Arrecadação Tributária Própria - (R\$ 2008)	Part. da Arrecadação Própria no Total - %	População - (Habitantes)
Municípios Agrícolas	Municípios Produtores de Cana	De 30 a 60% da Produção Agrícola	102	26,67	420,91	105,99	7,82	30.154
		Mais de 60% da Produção Agrícola	123	29,86	471,29	119,26	8,53	36.634
	Outros Municípios Agrícolas		139	20,26	407,95	88,66	6,58	21.625
	Demais Municípios		281	21,72	374,54	181,03	12,81	89.113

Fonte: Seade, IBGE.

Nota-se que a arrecadação *per capita* dos municípios produtores de cana-de-açúcar (os agrupamentos de 30%-60% e mais de 60% dentre os municípios agrícolas) é sistematicamente superior à arrecadação dos demais municípios agrícolas, para todas as categorias de tributos considerados. Essa diferença é significativamente maior no caso da cota-parte do IPVA (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores), tributo para o qual os municípios que utilizam de 30% a 60% da área total para a produção de cana-de-açúcar arrecadam, em média, 30% a mais que os outros municípios agrícolas. No caso dos municípios com mais de 60% de cana na área agrícola total, essa diferença chega a quase 50%. No que se refere à cota-parte do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), os municípios produtores de cana-de-açúcar apresentam desempenho fiscal superior ao dos demais municípios.

Com relação à Arrecadação Tributária Própria, os municípios produtores de cana-de-açúcar, além de terem uma arrecadação *per capita* maior que a dos demais municípios agrícolas, também apresentam, em média, maior participação dos tributos próprios na arrecadação total – os municípios em que a cana-de-açúcar representa entre 30 e 60% da área agrícola arrecadam, em média, 7,8% da receita total na forma de receita própria; nos municípios em que essa a produção de cana-de-açúcar representa mais de 60% da área agrícola esse percentual é de 8,5%; para os Outros Municípios Agrícolas, a arrecadação própria não chega a 7% do total. É interessante notar que os municípios não-agrícolas têm arrecadação *per capita* própria superior à dos municípios não-agrícolas (produtores de cana-de-açúcar inclusive).

Esses resultados, no entanto, podem decorrer, na verdade, da correlação existente entre tamanho do município e arrecadação (efeito escala ou de aglomeração). Municípios maiores tendem a ter um esforço de arrecadação própria maior, uma vez que são menos beneficiados (em termos *per capita*) nas transferências, que municípios menores. De fato, a última coluna da tabela permite constatar que os municípios produtores de cana-de-açúcar são de 1,4 a 1,7 vezes maiores, em média, que os demais municípios agrícolas. Portanto, o desempenho fiscal considerado poderia ser, na verdade, decorrente da maior capacidade de arrecadação conferida pelo tamanho do município.

Apenas com estatísticas descritivas não é possível separar os efeitos devidos a cada um desses fatores, razão pela qual a próxima seção descreve a estratégia de identificação do efeito da expansão da cana sobre a capacidade de arrecadação municipal adotada nesse trabalho.

3.4. Metodologia

3.4.1. Painéis Dinâmicos

A disponibilidade de dados para várias unidades de observação (municípios) ao longo do tempo possibilita a utilização de técnicas de dados em painel (*panel data*) para identificação dos efeitos de interesse no estudo – o impacto da expansão da produção de cana-de-açúcar sobre a arrecadação tributária dos municípios.

Por meio dessas técnicas é possível isolar os efeitos que são específicos a uma determinada unidade de estudo. Em outras palavras, caso um determinado município tenha, sistematicamente, uma receita tributária maior ao longo do tempo pelo fato de ter um atributo não replicável a outro município e, caso esse atributo seja constante no tempo, é possível discriminar os efeitos deste atributo específico daqueles que podem ser replicados a outros municípios - o que, em último caso, é o que se deseja saber com o propósito de se propor políticas.

Em que pese essa vantagem da técnica para o problema em estudo, cumpre observar, no entanto, que a arrecadação corrente decorre também de fatores defasados – seja pela regra de repartição de recursos, por meio de cotas (como é o caso do ICMS e IPVA, por exemplo), seja por conta dos efeitos indiretos da atividade econômica sobre a arrecadação de impostos – que pode ter uma defasagem temporal não desprezível, mesmo quando se trabalha com dados anuais.

Outro importante fator a ser considerado refere-se à eventual defasagem espacial que pode haver na arrecadação de impostos. Fatores espaciais recentemente passaram a ser incluídos em estudos econométricos, como reflexo da consideração do espaço sobre o fenômeno econômico. Para os objetivos desse trabalho, importa considerar que, potencialmente, a arrecadação de impostos de um município pode ser decorrente da atividade econômica gerada no seu entorno. Isso vale para municípios pólos de um sistema de cidades – que se beneficiam da expansão econômica dos municípios que o circundam; mas também pode valer para os demais municípios – municípios cujos vizinhos vão bem tendem a também ter um melhor desempenho.

Por todas essas razões, o presente trabalho busca identificar o efeito da produção de cana-de-açúcar sobre as finanças municipais por meio de um painel espacial dinâmico (ARELLANO; BOND, 1991; ARELLANO; BOVER, 1995; BOND; BLUNDEL, 1988). Os painéis dinâmicos tentam controlar a endogeneidade que existe entre as variáveis regredidas e seus regressores. No nosso caso, o fato de um determinado município apresentar uma receita tributária maior poderia servir de incentivo para a expansão da atividade agrícola nessa localidade, sobretudo a produção de cana-de-açúcar – e não o contrário, como nesse trabalho investigamos. Na presença de endogeneidade, painéis estáticos de efeito fixo ou aleatório podem gerar estimativas viesadas dos parâmetros, induzindo a conclusões erradas.

Arellano e Bond (1991) propuseram um painel dinâmico conhecido como GMM em diferenças (GMM-dif) que, para o caso de modelos auto-regressivos de primeira ordem (AR(1)), teria a seguinte forma

$$y_{it} = \beta_p y_{it-1} + \eta_i + \zeta_{it} \quad (3.1)$$

A aplicação do estimador de efeitos fixos, calculado como diferenças em relação à média do grupo, produz estimativas enviesadas. Os autores propuseram a aplicação de primeiras diferenças, resultando

$$y_{it} - y_{it-1} = \beta_p (y_{it-1} - y_{it-2}) + (\zeta_{it} - \zeta_{it-1}) \quad (3.2)$$

Neste caso, y_{t-2} atende os requisitos para um instrumento, uma vez que é altamente correlacionado com $(y_{it-1} - y_{it-2})$ e não é correlacionado os erros $(\zeta_{it} - \zeta_{it-1})$. Na verdade, valores defasados de y_t de ordem superior a 3 constituem instrumentos para o modelo (BALTAGI, 2001). De fato, quanto maior a ordem, mais adequado o instrumento, estatisticamente. No entanto, menor tende a ser sua capacidade preditiva. Como podem existir mais instrumentos que equações, o modelo é super-identificado. O teste de Sargan pode ser aplicado para verificar se os instrumentos são adequados. A não-rejeição da hipótese nula do teste sugere adequação dos instrumentos.

Ainda que os erros, ζ , sejam ruídos brancos, a estimativa do modelo transformado produz erros correlacionados de primeira ordem. Um teste de autocorrelação pode então ser empregado. Não se rejeita a hipótese nula de correlação dos erros em primeira ordem (para o caso de um Ar(1)), mas rejeita-se a autocorrelação dos erros de ordem superior.

De acordo com Blundell e Bond (1998), o procedimento acima elimina a variação em nível entre as variáveis do modelo, uma desvantagem conceitual e que levaria à imprecisão econométrica. Esses autores propõem como solução estimar-se um sistema de equações

utilizando GMM (GMM-sys). Neste sistema, estimam-se tanto a equação em primeira diferença (2), utilizando as variáveis defasadas em níveis como instrumentos, quanto a equação em nível (1), com as primeiras diferenças das variáveis podendo ser utilizadas como instrumentos para essa equação. Blundell e Bond (1998) defendem que, em simulações de Monte Carlo, este estimador em sistema reduz o viés em potencial e imprecisão associados com o uso do estimador em primeiras diferenças em amostras finitas.

O modelo geral considerado no trabalho pode ser expresso por

$$y_{it} = \beta_p \sum_{p=1}^P y_{it-p} + \gamma_q \sum_{q=0}^Q \mathbf{W} y_{it-q} + \delta_r \sum_{r=1}^R x_{it-r} + \eta_i + \zeta_{it} \quad (3.3)$$

$$\Delta y_{it} = \beta_p \sum_{p=1}^P \Delta y_{it-p} + \gamma_q \sum_{q=0}^Q \mathbf{W} y_{it-q} + \delta_r \sum_{r=1}^R x_{it-r} + \zeta_{it} \quad (3.4)$$

em que y_{it} é a receita (Tributária Municipal, cota-parte do ICMS ou cota-parte do IPVA) do município i no ano t , $\mathbf{W}$ é uma matriz de pesos espaciais linha padronizadas calculada a partir do inverso da distância entre as sedes de municípios⁴⁰, x é um vetor de características observáveis (que podem ser também defasadas ou não, tanto no tempo como no espaço). Por definição $\Delta z_{it} = z_{it} - z_{it-1}$. Os termos β , γ e δ são parâmetros a serem estimados (δ é um vetor de parâmetros), ao passo que η são efeitos específicos associados a cada localidade i , e ζ é um termo de erro a respeito do qual se impõem os seguintes pressupostos:

⁴⁰ Os testes em econometria espacial prescindem de uma matriz de pesos espaciais. Uma matriz de vizinhança de dimensão $R \times R$, grosso modo, quantifica o grau de associação (ou de proximidade espacial) entre as várias localidades. Esta matriz é formada por 0's na diagonal principal, ou seja, $\omega_{rs} = 0$ para $r = s$. Para r diferente de s , os elementos obedecem ao critério de vizinhança escolhido. Uma matriz de vizinhança serve de base para uma matriz de pesos espaciais. A característica de uma matriz de pesos espaciais é que os elementos de uma linha qualquer dessa matriz são calculados de modo que a soma dos elementos dessa linha seja zero. Isto é, uma matriz de pesos espaciais é linha-padronizada. Então, para transformar uma matriz de vizinhança em uma matriz $\mathbf{W}$ padronizada de pesos espaciais dividimos cada elemento ω_{rs} , por ω_r . O caráter geográfico do problema impõe que controles espaciais sejam incluídos no modelo. Sobre matrizes espaciais e procedimentos específicos sobre econometria espacial, ver Anselin (1988).

$$\begin{aligned}
E[\zeta_{it}] &= 0 \\
E[\zeta_{it}\zeta_{it-1}] &= \sigma_{\zeta}^2 \\
E[\zeta_{it}\zeta_{is}] &= 0 \quad \text{para } i \neq j \text{ e } \forall t, s \\
E[\eta_i\zeta_{it}] &= 0
\end{aligned} \tag{3.5}$$

Ademais, as seguintes condições de momento são impostas para identificação do modelo⁴¹

$$\begin{aligned}
E[y_{it-p}(\zeta_{it} - \zeta_{it-1})] &= 0 \quad \text{para } p \geq 2; t = 3, \dots, T \\
E[\mathbf{W}y_{it-p}(\zeta_{it} - \zeta_{it-1})] &= 0 \quad \text{para } q \geq 2; t = 3, \dots, T \\
E[x_{it-r}(\zeta_{it} - \zeta_{it-1})] &= 0 \quad \text{para } r \geq 2; t = 3, \dots, T
\end{aligned} \tag{3.6}$$

3.4.2. Base de dados

Os dados para as variáveis dependentes para os três conjuntos de modelos utilizados no trabalho são:

- Arrecadação Tributária Municipal *per capita*, calculada a partir da informação de Arrecadação Tributária Municipal anual disponibilizado pela Fundação Seade (www.seade.gov.br);

⁴¹ Blundell e Bond (1998) mostram que, quando as variáveis explicativas são muito persistentes no tempo, defasagens das variáveis podem ser instrumentos muito fracos para a regressão da equação em diferenças. Em pequenas amostras, instrumentos fracos podem viesar os coeficientes estimados. De forma a reduzir um possível viés e imprecisão na estimativa, Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998) desenvolveram um novo estimador que combina a equação em diferenças com uma equação em nível instrumentalizada por defasagens das variáveis explicativas. Kukenova e Monteiro (2008), em simulações de Monte-Carlo, concluem pela adequação desse estimador, na presença de defasagens espaciais da variável dependente.

- Cota-parte do ICMS *per capita*, calculada da mesma forma que o anterior a partir do dado da cota-parte do ICMS, disponibilizado pela Fundação Seade.

- Cota-parte do IPVA *per capita*, calculada da mesma forma que os anteriores a partir do dado da cota-parte do IPVA, disponibilizado pela Fundação Seade.

O período de tempo utilizado vai de 1990 a 2006, período para o qual as variáveis fiscais são compatíveis com os dados de produção de cana-de-açúcar em nível municipal. As variáveis monetárias foram deflacionadas pelo IGP-DI para R\$ 2008. Como para alguns anos as observações não estão disponíveis para alguns municípios, o painel utilizado não é balanceado. A Tabela 3.3 reporta o perfil de balanceamento do painel.

Tabela 3.3: Balanceamento do painel: número de observações incluídas a cada período

Ano	Modelo		
	Receita Tributária Municipal <i>per capita</i>	Cota-Parte do ICMS <i>per capita</i>	Cota-Parte do IPVA <i>per capita</i>
1990	572	572	562
1991	572	572	563
1992	563	559	552
1993	624	617	607
1994	549	549	542
1995	625	625	616
1996	620	616	614
1997	618	618	610
1998	623	623	622
1999	630	629	628
2000	634	634	633
2001	588	588	587
2002	571	571	571
2003	513	513	512
2004	459	459	459
2005	529	528	528
2006	574	574	574

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da pesquisa.

O ano 2000 é o que possui o maior número de observação disponível – 634 municípios para os dados de Arrecadação Tributária Municipal e cota-parte do ICMS e 633 municípios para a

cota-parte do IPVA. Já 2004 é o que apresenta o menor número de observação, com 459 municípios para as três variáveis.

Adicionalmente, a variável de interesse do estudo, a participação da cana-de-açúcar na economia do município, foi calculada considerando a informação de Área Plantada, disponível na Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE. Esse levantamento disponibiliza a área plantada por município, para todas as culturas agrícolas, permanentes e temporárias, a partir de 1990. Foi possível, então, calcular a proporção da área dedicada à cana-de-açúcar em relação ao total⁴².

Dadas as características espaciais do problema estudado, não é incorreto supor a existência de algum tipo de correlação espacial dos resíduos de uma regressão em painel dinâmico não-espacial com as variáveis explicativas, o que tornaria os resultados obtidos inconsistentes, bem como qualquer uma de suas variações que desconsidere a relação espacial das variáveis. Como notado acima, a dispersão regional da produção de cana torna obrigatório que não se trate cada município isolado no espaço. O emprego de métodos de econometria espacial é adequado ao problema. Para tanto, considera-se a defasagem espacial da variável dependente em nível para controlar a eventual auto-correlação espacial existente nos dados (o fato que o aumento da arrecadação em um dado município não ocorre sem a influência do mesmo aumento em outro município).

Finalmente, como controles adicionais, também foram incluídas três variáveis relacionadas à população. Essas variáveis captam o efeito escala da arrecadação, que pode variar com a população de maneira não-linear – razão pela qual se considera a população e seu quadrado, para captar essa não-linearidade potencial. Também se inclui a defasagem espacial da população para controlar o efeito que o tamanho dos municípios vizinhos pode exercer sobre a arrecadação local.

⁴² Esse levantamento não contempla a área para a atividade pecuária, razão pela qual a proporção calculada limita-se às atividades agrícolas.

3.4.3. Modelos Estimados

No caso da receita própria municipal, o modelo geral estimado é dado por

$$\Delta y_{it} = \beta_1 \Delta y_{it-1} + \beta_2 \Delta y_{it-2} + \gamma \mathbf{W} y_{it} + \delta x_{it} + \psi z_{it} + \zeta_{it} \quad (3.7)$$

e

$$y_{it} = \beta_1 y_{it-1} + \beta_2 y_{it-2} + \gamma \mathbf{W} y_{it} + \delta x_{it} + \psi z_{it} + \zeta_{it} \quad (3.8)$$

em que y representa a arrecadação própria *per capita*, x a participação da cana-de-açúcar na área agrícola total do município e z são controles populacionais para o efeito escala e as outras atividades econômicas do município. β_1 , β_2 , γ , δ e ψ são constantes a serem estimadas e ζ é um vetor de erros idiossincráticos.

De acordo com a legislação do estado de São Paulo, 25% do ICMS arrecadado é distribuído aos municípios por meio da cota-parte. A cota-parte de cada município é apurada seguindo as regras estabelecidas na Lei 8.110/1993. De acordo com essa regulamentação, a maior parte da participação de cada município na receita do ICMS (75%) é calculada a partir do valor adicionado fiscal do município dos dois exercícios (anos fiscais) anteriores à apuração.

Pode-se considerar que a produção agrícola de um ano começa ao terminar a produção do ano anterior (que não coincide, necessariamente, com o ano calendário). As atividades de compra de insumos, contratação de prestadores de serviços, entre outras, começam com um intervalo de 6 a 8 meses antes do término da colheita. Desse modo, parte dos efeitos do setor sobre a arrecadação também são defasados. Então, o modelo geral estimado para o caso da cota-parte do ICMS é

$$\Delta y_{it} = \beta_1 \Delta y_{it-1} + \beta_2 \Delta y_{it-2} + \gamma \mathbf{W} y_{it-1} + \delta x_{it-1} + \psi z_{it} + \zeta_{it} \quad (3.9)$$

e

$$y_{it} = \beta_1 y_{it-1} + \beta_2 y_{it-2} + \gamma \mathbf{W} y_{it-1} + \delta x_{it-1} + \psi z_{it} + \zeta_{it} \quad (3.10)$$

em que y representa a cota-parte do ICMS *per capita*, x a participação da cana-de-açúcar na área agrícola total do município e z são controles populacionais para o efeito escala e as outras atividades econômicas do município. β_1 , β_2 , γ , δ e ψ são constantes a serem estimadas e ζ é um vetor de erros idiossincráticos.

Para o caso da cota-parte do IPVA a legislação pertinente é a Lei 13.296/2008. Por esse regulamento, a receita municipal com a cota-parte do IPVA é repassada diretamente pelas instituições arrecadoras (bancos) aos municípios. Dessa forma, não existe, como no caso do ICMS, intervalo relevante entre o fato gerador e a arrecadação. Assim, o modelo geral estimado para o caso da cota-parte da cota-parte IPVA é

$$\Delta y_{it} = \beta_1 \Delta y_{it-1} + \beta_2 \Delta y_{it-2} + \gamma \mathbf{W} y_{it} + \delta x_{it} + \psi z_{it} + \zeta_{it} \quad (3.11)$$

e

$$y_{it} = \beta_1 y_{it-1} + \beta_2 y_{it-2} + \gamma \mathbf{W} y_{it} + \delta x_{it} + \psi z_{it} + \zeta_{it} \quad (3.12)$$

em que y representa a cota-parte do IPVA *per capita*, x a participação da cana-de-açúcar na área agrícola total do município e z são controles populacionais para o efeito escala e as outras atividades econômicas do município. β_1 , β_2 , γ , δ e ψ são constantes a serem estimadas e ζ é um vetor de erros idiossincráticos.

3.5. Resultados

Para todos os modelos foram estimadas regressões de dados de painel controlando para os efeitos aleatórios e fixos, como base de comparação para os resultados obtidos por meio do estimador GMM-sys. O teste de Hausman rejeita os modelos de efeito aleatório nos três casos (arrecadação própria, cota-parte do ICMS e cota-parte do IPVA). A não inclusão da variável defasada temporal nos modelos de efeito fixo torna os coeficientes estimados por esses modelos enviesados. O estimador GMM-sys é o mais aplicado a esses casos, quando também se incluem defasagens espaciais (KUKENOVA; MONTEIRO, 2008). A inclusão de variáveis instrumentais, validadas pelo teste de Sargan, assegura que os coeficientes estimados não são enviesados por variáveis omitidas relevantes.

Na Tabela 3.4 reportam-se os resultados para os modelos com a receita tributária própria como variável dependente. Na última coluna (Painel GMM-sys) nota-se que o papel da participação da produção de cana-de-açúcar sobre a arrecadação própria é significativo a 1%, e de magnitude muito maior que nos demais modelos (efeito aleatório e efeito fixo). Esse resultado sugere a importância (direta e indireta) para os cofres públicos da participação da produção de cana-de-açúcar. A inclusão dos controles populacionais (ainda que não-significativos) assegura que esse resultado não está enviesado pelo efeito escala.

O comportamento da Arrecadação Tributária Municipal parece apresentar movimento oscilatório, dado o impacto positivo para a primeira defasagem (0,2279 - não-significativo) e negativo para a segunda defasagem (-0,4433 - significativo a 5%). Tal fato pode ocorrer, possivelmente, por ciclos de arrecadação relacionados ao calendário político bi-anual.

Por outro lado, os efeitos de vizinhança são aceitos a 5% de significância. Existe correlação espacial positiva na variável dependente, dado que o coeficiente estimado (0,4125) é positivo, ou seja, o aumento da Arrecadação Tributária em municípios vizinhos tende a aumentar a Arrecadação na localidade.

Tabela 3.4: Modelos para arrecadação própria *per capita*

Painel			
	Efeito Aleatório	Efeito Fixo	GMM-sys
<i>Variável dependente</i>	ln da receita tributária própria <i>per capita</i>	ln da receita tributária própria <i>per capita</i>	ln da receita tributária própria <i>per capita</i>
Regressores			
(ln da receita tributária própria <i>per capita</i>) _{t-1}	0,7218 * (,0108)	0,4372 * (,0114)	0,2160 ns (,2041)
(ln da receita tributária própria <i>per capita</i>) _{t-2}	0,1863 * (,0106)	0,0374 * (,0105)	-0,4133 ** (,1823)
W(ln da receita tributária própria <i>per capita</i>)	0,0764 * (,0103)	0,5627 * (,0186)	0,4355 ** (,2190)
Part. da cana na produção agr. total	-0,0192 ns (,0152)	0,2903 * (,0442)	6,9787 * (2,1078)
ln da população	-0,0079 ns (,0065)	-0,0084 ns (,0062)	3,1930 ns (2,4230)
ln da população ao quadrado	0,0007 *** (,0004)	0,0006 ns (,0004)	-0,2364 ns (,1842)
W(ln da população)	-0,0521 * (,0133)	-0,0135 ns (,0122)	0,0317 ns (,1157)
Constante	0,7751 * (,1321)	1,1518 * (,1337)	-6,0987 ns (7,5674)
Obs	7654	7654	7654
R ²	0,8128	0,5645	
Wald (Prob.)	0,0000		0,0000
F-test (Prob.)		0,0000	
Breusch-Pagan (Prob.)			
	0,0000		
Hausman (Prob.)	0,0000		
F-test $u_i = 0$ (Prob.)		0,0000	
Instrumento para equação em:			
diferença			W(ln da receita tributária própria <i>per capita</i>) _{t-3}
nível			constante
Sargan (Prob.)			0,5602
Autocorrel 1ª ordem (Prob.)			0,1910
Autocorrel 2ª ordem (Prob.)			0,2932
Autocorrel 3ª ordem (Prob.)			0,4985

* significativo a 1%;

** significativo a 5%;

*** significativo a 10%;

ns: não-significativo.

Erros padrões entre parênteses.

Fonte: Elaboração própria.

No segundo conjunto de modelos (Tabela 3.5) considerou-se o efeito da participação da cultura de cana sobre a receita municipal com cota-parte do ICMS *per capita*. No modelo GMM-sys (última coluna da tabela) nota-se que o coeficiente associado à participação da produção de cana-de-açúcar sobre a arrecadação de ICMS é significativo a 5% e relativamente alto (2,9464) quando comparado às estimativas obtidas nos modelos de efeitos aleatórios e fixo. Em outras palavras, a maior participação da cana-de-açúcar na produção agrícola no ano anterior contribui para a determinação do coeficiente da cota-parte municipal e, conseqüentemente, aumenta a receita municipal com ICMS corrente.

Nota-se que as defasagens temporais da própria variável têm sinais contrários, o que sugere efeito oscilatório também para essa variável. Os efeitos de vizinhança parecem mais fracos nesse caso que no caso anterior (coeficiente estimado em 0,2501), mas são positivos e significativos. Assim, a receita corrente dos municípios com a cota-parte do ICMS depende positivamente da própria receita com ICMS do período anterior (auto-correlação temporal de primeira ordem – coeficiente estimado em 0,5058 e significativo a 5%), e da receita do período anterior dos municípios vizinhos (auto-correlação espacial de primeira ordem).

Já o tamanho da população parece não afetar o aumento da arrecadação *per capita* desse tributo, pois seus coeficientes não se mostraram significativos. Sua inclusão se justifica para melhor identificar as estimativas dos demais coeficientes.

Os testes de diagnósticos não reprovam o modelos. O teste de Sargan valida os instrumentos utilizados e o teste de auto-correlação dos resíduos rejeita auto-correlações de ordem superior.

O último modelo (Tabela 3.6) considera a importância da participação da cultura de cana-de-açúcar sobre a cota-parte do IPVA *per capita*. Novamente, na última coluna da tabela (modelo GMM-sys), o papel da participação da cana-de-açúcar na produção agrícola total é positivo (1,4966) e significativo a 5%. Em outras palavras, também para a cota-parte do IPVA, um aumento da participação da cana-de-açúcar na produção agrícola do município tende a melhorar a arrecadação *per capita* desse tributo.

Tabela 3.5: Modelos para cota-parte do ICMS *per capita*

<i>Variável dependente</i>	Painel		
	Efeito Aleatório	Efeito Fixo	GMM-sys
	ln da cota parte do ICMS per capita	ln da cota parte do ICMS per capita	ln da cota parte do ICMS per capita
<i>Regressores</i>			
(ln da Cota-Parte do ICMS per capita) _{t-1}	0.9054 * (.0112)	0.6410 * (.0120)	0.5058 ** (.2080)
(ln da Cota-Parte do ICMS per capita) _{t-2}	0.0073 ns (.0112)	-0.1506 * (.0112)	-0.7974 * (.1760)
W(ln da Cota-Parte do ICMS per capita)	-0.0038 ns (.004)	0.0777 * (.0094)	0.2501 ** (.1246)
(Part. da cana na produção agr. Total) _{t-1}	0.0096 ns (.0085)	0.1628 * (.0252)	2.9464 * (1.1009)
ln da população	-0.0012 ns (.0036)	0.0003 ns (.0035)	0.2959 ns (1.2539)
ln da população ao quadrado	0.0001 ns (.0002)	0.0000 ns (.0002)	0.0244 ns (.0885)
W(ln da população)	-0.0219 * (.0074)	-0.0094 ns (.007)	0.0216 ns (.0671)
Constante	0.7466 * (.0768)	2.8252 * (.0886)	0.9431 ns (4.2158)
Obs	7617	7617	7617
R2	0.8384	0.6900	
Wald (Prob.)	0.0000		0.0000
F-test (Prob.)		0.0000	
Breusch-Pagan (Prob.)	0.0001		
Hausman (Prob.)	0.0000		
F-test $u_i = 0$ (Prob.)			
Instrumento para equação em:		0.0000	
diferença			W(ln da Cota-Parte do ICMS per capita) _{t-3}
nível			constante
Sargan (Prob.)			0.3366
Autocorrel 1ª ordem (Prob.)			0.0586
Autocorrel 2ª ordem (Prob.)			0.2365
Autocorrel 3ª ordem (Prob.)			0.8776

* significativo a 1%;

** significativo a 5%;

*** significativo a 10%;

ns: não-significativo.

Erros padrões entre parênteses.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3.6: Modelos para cota-parte do IPVA *per capita*

<i>Variável dependente</i>	Painel		
	Efeito Aleatório	Efeito Fixo	GMM-sys
	ln da cota parte do IPVA <i>per capita</i>	ln da cota parte do IPVA <i>per capita</i>	ln da cota parte do IPVA <i>per capita</i>
Regressores			
(ln da Cota-Parte do IPVA <i>per capita</i>) _{t-1}	0,5631 * (,0097)	0,2132 * (,0080)	0,7604 * (,0931)
(ln da Cota-Parte do IPVA <i>per capita</i>) _{t-2}	0,1277 * (,0083)	0,0742 * (,006)	-0,0706 ** (,0318)
W(ln da Cota-Parte do IPVA <i>per capita</i>)	0,6219 * (,0123)	1,3503 * (,0123)	0,4738 * (,1176)
Part. da cana na produção agr. total	-0,0263 ns (,0186)	-0,0139 ns (,0442)	1,4966 ** (,6806)
ln da população	-0,0102 ns (,008)	0,0000 ns (,0061)	-0,3787 ns (,4131)
ln da população ao quadrado	0,0004 ns (,0005)	-0,0002 ns (,0004)	0,0042 ns (,0292)
W(ln da população)	0,1166 * (,0165)	0,1290 * (,0119)	0,1865 * (,0362)
Constante	-0,9906 * (,1597)	-1,1369 * (,1163)	1,2253 ns (1,5837)
Obs	7490	7490	7490
R2	0,7754	0,6314	
Wald (Prob.)	0,0000		0,0000
F-test (Prob.)		0,0000	
Breusch-Pagan (Prob.)	0,0000		
Hausman (Prob.)	0,0000		
F-test $u_i = 0$ (Prob.)		0,0000	
Instrumento para equação em:			
diferença			(ln da Cota-Parte do IPVA <i>per capita</i>) _{t-7} constante
nível			$\Delta(\ln \text{ da Cota-Parte do IPVA } \textit{per capita})_{t-6}$
Sargan (Prob.)			0,7716
Autocorrel 1ª ordem (Prob.)			0,0012
Autocorrel 2ª ordem (Prob.)			0,4808
Autocorrel 3ª ordem (Prob.)			0,1923

* significativo a 1%;

** significativo a 5%;

*** significativo a 10%;

ns: não-significativo.

Erros padrões entre parênteses.

Fonte: Elaboração própria.

Também nesse caso a arrecadação tem efeito oscilatório, o que se percebe pelos sinais contrários associados à primeira e segunda defasagens temporal da variável dependente (0,7604 e -0,0706, respectivamente). Assim como para as demais, os efeitos espaciais também são relevantes para explicar a receita com cota-parte do IPVA. Ou seja, municípios cujos vizinhos tenham maior arrecadação do tributo tendem a também arrecadarem (auto-correlação espacial positiva de primeira ordem), o que pode ser visto pelo coeficiente positivo e altamente significativo associado a essa variável (0,4738).

A inclusão dos efeitos de escala controla eventuais correlações entre a capacidade de arrecadatória e as demais variáveis do modelo. Nota-se que, para a receita com a cota-parte do IPVA, o coeficiente associado à população no entorno é positivo (0,1865) e significativo a 1%. Para a esse tributo, mais importante que a própria população para explicar a arrecadação sua arrecadação é a população de seus vizinhos. Associado à correlação espacial, esse resultado confere um efeito de transbordamento espacial bastante interessante para esse tributo, que pode ser explorado em futuros trabalhos.

3.6. Conclusão

A expansão da cana-de-açúcar é um processo que se acentuou bastante nos últimos anos no Estado de São Paulo, em virtude do aumento da demanda por seus derivados, como o açúcar e o álcool. Juntamente com essa expansão, discussões acerca dos custos e benefícios dessa expansão sempre se fazem acompanhar. Esse trabalho tinha por objetivo verificar os efeitos do aumento da produção da cana-de-açúcar especificamente sobre as receitas municipais.

Para tanto, coletaram-se dados em painel, de modo a se controlar eventuais efeitos específicos a cada município. Dada a persistência temporal da arrecadação, os tradicionais modelos de efeitos fixos e aleatórios podem gerar estimadores viesados, razão pela qual um modelo de painel dinâmico é considerado superior. Ademais, tendo em vista a dimensão geográfica do fenômeno estudado, controles espaciais também foram introduzidos.

Os resultados dos testes sugerem que, para todas as categorias de receitas consideradas, existe significativo e expressivo aumento de arrecadação com a expansão da participação da produção de cana na produção agrícola do município. Esse efeito pode se dar pelos impactos diretos e indiretos que o setor tem sobre a atividade econômica local e sua relação com os municípios vizinhos.

A produção de cana-de-açúcar tende a gerar externalidades positivas para sociedade na forma de empregos, salários e renda de maneira geral. Os resultados obtidos nesse capítulo sugerem que também há efeitos multiplicadores do setor sobre a atividade econômica local, que contribui para aumentar a base de arrecadação municipal e a receita com impostos das prefeituras.

Assim, mesmo que traga efeitos negativos (como pressão de demanda sobre serviços públicos locais), a produção de cana parece propiciar impactos significativos sobre a geração de renda, o que é captado, em parte, pela arrecadação fiscal dos municípios. Ou seja, se por um lado a expansão da cana gera pressões de gastos para as prefeituras, por exigir um maior dimensionamento dos serviços públicos para atender a sazonalidade da atividade e dos fluxos migratórios, maiores gastos de saúde para lidar com efeitos deletérios da queimada, entre outros; por outro lado, esses municípios parecem ter uma maior arrecadação que, eventualmente, podem compensar as maiores pressões de gastos. Futuros trabalhos poderão investigar essa relação mais detidamente.

CONCLUSÕES

A necessidade de redução do uso de combustíveis fósseis na matriz energética mundial coloca riscos e oportunidades. A discussão de alternativas é tão necessária quanto urgente. Os biocombustíveis – combustíveis produzidos a partir de produtos agrícolas – constituem-se em uma alternativa possível. Seus impactos ambientais, sociais e econômicos precisam também ser dimensionados, mas há estudos que sugerem que os efeitos líquidos são positivos, quando comparados com os combustíveis fósseis. Para o Brasil, esse processo aparenta apresentar mais benefícios que conseqüências negativas. O país possui participação muito grande de fontes renováveis como insumos energéticos, tais como as hidrelétricas e o etanol de cana-de-açúcar.

A expansão da produção de cana-de-açúcar para a produção de etanol, nesse contexto, parece inevitável e, até certo ponto, desejável. O uso do etanol como combustível gera impactos ambientais positivos, quando comparado ao petróleo, o que tem feito vários países adotarem medidas de incentivo à sua produção e uso. Além disso, tem ocorrido um investimento maciço para a descoberta de novas fontes energéticas e o desenvolvimento de novas tecnologias para a produção de etanol de diferentes materiais. A principal aposta no exterior é o desenvolvimento do processo de hidrólise, que possibilitará a obtenção de etanol de materiais celulósicos.

O Brasil apresenta incontestáveis vantagens comparativas na produção do etanol: a produtividade do setor por área plantada é maior e os custos de produção são significativamente menores.

Não obstante, prevalecem dúvidas sobre os impactos do setor na economia do país como um todo, o bem-estar social e sobre os demais setores. Esse trabalho considerou três dessas preocupações.

Com relação ao conflito entre uso da terra para a produção de energia *versus* produção de alimentos, os resultados obtidos não dão suporte à sua existência. A relação de longo prazo

identificada estabelece trajetória comum entre a produção de cana-de-açúcar e o preço da terra, mas estatisticamente não significativa. Aliás, há indícios de que o preço da terra não seja determinado pela produção de cana-de-açúcar, embora esse resultado possa estar comprometido pelo período da amostra e pelos erros de medida da variável preço da terra disponível.

No que se refere ao preço de alimentos, aparentemente há relação de longo prazo entre essa variável e a produção de cana-de-açúcar, mas em sentido inverso ao que seria esperado caso fosse válido o argumento de que a produção de cana-de-açúcar aumenta o preço de alimentos. Esse resultado é robusto caso se modifique a série de preço utilizada para medir o preço de alimentos ao consumidor. O conflito, no entanto, parece válido com relação ao preço de gêneros alimentícios no atacado.

A eventual constatação de que o aumento da produção de cana-de-açúcar pode pressionar o preço da terra possivelmente é consequência de uma conjunção de vários fatores, que concorrem para aumentar a produção agrícola de maneira geral, acompanhando o aumento da demanda por esses produtos, em decorrência do aumento na renda mundial (em especial de países pobres e populosos como China e Índia). Se isso for verdade, é possível que se verifique, no curto prazo, expansão da produção de cana-de-açúcar e aumento do preço de alimentos. Evidentemente, futuros trabalhos poderão testar a robustez dessa hipótese.

Em termos de opção estratégica para o país, cumpre examinar se o aumento da produção de outras *commodities*, com menor valor agregado e com elos muito mais fracos com os demais setores produtivos, é mais vantajoso do que investir na produção de *commodity* que pode assegurar vantagens comparativas energéticas ao país.

O segundo aspecto tratado nessa tese refere-se aos impactos do setor sobre as condições sociais das localidades que concentram a produção de cana-de-açúcar. À parte os eventuais benefícios que o setor possa trazer ao país (como geração de emprego, renda e arrecadação), pode ser que nas regiões produtoras o ônus seja maior que o bônus, tendo em vista a pressão por serviços públicos locais, infra-estrutura urbana etc.

Os resultados obtidos nesse trabalho, no entanto, sugerem que a presença do setor em uma localidade não é relevante para determinar suas condições sociais, seja para melhor ou para pior. Possivelmente, são as políticas públicas, sobretudo aquelas voltadas diretamente para as melhorias das condições de educação e saúde, bem como para melhorar a produção e a distribuição de renda, que devem ter impactos muito mais evidentes sobre o IDH-M. Futuros trabalhos poderão ser feitos testando essa hipótese.

Finalmente, o terceiro ponto abordado buscou investigar os impactos do setor sobre a arrecadação municipal. Pode ser que setores agrícolas gerem baixa arrecadação direta, sobretudo para as Prefeituras, em função da baixa incidência de impostos sobre essa atividade. Mas também é verdade que produção agrícola é inevitável, muito mais em municípios do interior. Nesse caso, pode ser que os efeitos multiplicadores da produção de cana-de-açúcar sejam maiores que a de produtos concorrentes, de modo que sua expansão aumente a arrecadação das prefeituras.

Os resultados obtidos corroboraram essa hipótese. Para todas as categorias de receitas consideradas existe significativo e expressivo aumento de arrecadação com a expansão da produção de cana-de-açúcar. Esse efeito pode ser eventualmente defasado, sobretudo no caso da cota-parte de ICMS. Isso porque os coeficientes de participação são determinados no mínimo um ano antes. Um aumento da produção de cana nesse ano terá impactos sobre a cota-parte do ICMS a partir do período seguinte.

Desta forma, os ganhos de arrecadação obtidos nos municípios produtores de cana-de-açúcar podem compensar eventuais pressões de gastos que se colocam devido às características da atividade canavieira. A expansão da cana-de-açúcar nos municípios paulistas, em substituição a outras atividades agropecuárias, parece resultar em aumentos da arrecadação de impostos.

Em resumo, os resultados desse trabalho sugerem que i) não é a expansão da produção do setor a razão principal a pressionar o preço de alimentos; ii) não existem efeitos estatisticamente (positivos ou negativos) do setor sobre as condições sociais - essas seriam muito mais reflexo das opções das políticas sociais; e iii) o setor pode contribuir para essas políticas, na medida em que gera efeitos indiretos sobre o restante da economia, aumentando a arrecadação local.

Ainda que uma tese seja o esforço empreendido durante vários anos de trabalho, mesmo assim, por mais completa que seja a abordagem de um assunto, a necessidade de atenção sobre pontos específicos impedem que afirmações categóricas sejam feitas baseadas em inferências duvidosas. Essa é uma limitação do método científico quando se consideram trabalhos individuais. O ideal positivo postulava que seria o agregado dos trabalhos que poderia propor respostas mais gerais para os variados problemas científicos. Assim, esse trabalho não esgota as várias questões pertinentes do assunto, mas abre espaço para uma agenda de pesquisa futura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F. J. C. Por que morrem os cortadores de cana? **Saúde e Sociedade**, vol.15 no.3, Set./Dec. 2006, p. 90-98.

_____. Migração de trabalhadores rurais do Maranhão e Piauí para o corte de cana em São Paulo - será este um fenômeno casual ou recorrente da estratégia empresarial do Complexo Agroindustrial Canavieiro? In NOVAES, R.; ALVES, F. J. C. (Orgs.). **Migrantes: trabalho e trabalhadores no complexo agroindustrial canavieiro** - os heróis do agronegócio brasileiro. São Carlos: EDUFSCar, 2007.

ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Dordrecht: Kluwer, 1988.

ARAUJO, R. A. et al. Impacto da queima controlada da palhada da cana-de-açúcar sobre a comunidade de insetos locais. **Neotropical Entomology**, vol.34, n.4, 2005, p. 649-658.

ARBEX, M. A. et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, 2004, p. 158-175.

ARELLANO, M.; BOND, S.R. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **Review of Economic Studies**, 58, 1991, p. 227-297.

ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental variables estimation of error-component models. **Journal of Econometrics**, 68, 1995, p. 29-51.

BACCARIN, J. G.; ALVES, F. J. C.; GOMES, L. F. C. Emprego e condições de trabalho dos canavieiros no centro-sul do Brasil, entre 1995 e 2007. **Anais do XLVI Congresso da Sober**. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2008.

BALSADI, O. V. Mercado de trabalho assalariado na cultura da cana-de-açúcar no Brasil no período 1992-2004. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 2, 2007, p. 38-54.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. Chichester: John Wiley, 2001.

BARROS, G. S. C; MORAES, M. A. F. D. A desregulamentação do setor sucroalcooleiro. **Revista de Economia Política**, v. 22, n. 2 (86), 2002, p. 156-173.

BECKER, S. O.; ICHINO, A. Estimation of average treatment effects based on propensity score. **Stata Journal**, v. 2, n. 4, 2002, p. 358-377. Disponível em: <<http://www.sobecker.de/pscore.html>>. Acessado em 12 abr 2009.

BLUNDEL, R.; BOND, S.R. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of Econometrics**, 87, 1998. p. 115-143.

BNDES; CGEE. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Secretaria de Política Agrícola. Departamento de Gestão de Risco Rural. Coordenação-Geral de Zoneamento Agropecuário. Portaria nº. 54 de 16 de abril de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 abr 2009, n. 73.

CAMARGO JÚNIOR, A. S.; TONETO JÚNIOR, R. Indicadores sócio-econômicos e a cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Anais do I Workshop do Observatório do Setor Sucroalcooleiro**. Ribeirão Preto, 2008.

CHAGAS, A. L. S. **Externalidades da aglomeração: microfundamentação e evidências empíricas**. Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 2004.

CHAGAS, A. L. S.; TONETO JÚNIOR, R. Teremos que trocar energia por comida? Análise do impacto da expansão da produção de cana-de-açúcar sobre o preço da terra e dos alimentos. **Anais do XXXIV Congresso da ANPEC**. Salvador: ANPEC, 2008.

DEJONG, D. N. et al. The Power problems of unit root test in time series with autoregressive errors. **Journal of Econometrics**, vol. 53, 1992, p. 323-343.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica**, vol. 49, n. 4, 1981, p. 1057-1072.

DICKEY, D. A.; PANTULA, S. G. Determining the order of differencing in autoregressive processes. **Journal of Business & Economic Statistics**, vol. 5, n. 4, 1987, p. 18-24.

DIPRETE, T.; GANGL, M. Assessing bias in the estimation of causal effects: Rosenbaum bounds on matching estimators and instrumental variables estimation with imperfect instruments. **Sociological Methodology**, v. 34, n. 1, Dez. 2004, p. 271-310.

ELLIOT, G.; ROTHENBERG, T.; SHOCK, J. H. Efficient tests for an autoregressive unit root. **Econometrica**, vol. 64, 1996, p. 813-836.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. New York: Wiley, 2004.

EPE. **Plano nacional de energia 2030**. Brasília. Ministério de Minas e Energia, 2007.

ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto nº. 47700 de 11 de Março de 2003. Regulamenta a Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 12 mar. 2003, v. 113, n. 48.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei nº. 11241 de 19 de Setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 20 set. 2002, v. 112, n. 180.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei nº. 13296 de 23 de Dezembro de 2008. Revoga a Lei nº 6606, de 20 de dezembro de 1989. Estabelece o tratamento tributário do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores - IPVA. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 24 dez. 1993, v. 118, n. 243.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei nº. 8510 de 29 de Dezembro de 1993. Altera a Lei nº 3201 , de 23 de dezembro de 1981, que dispõe sobre a parcela, pertencente aos municípios, do produto da arrecadação do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 30 dez. 1993, v. 103, n. 244.

F. O. LITCH. **World Ethanol Markets**: The Outlook to 2012, Special Report 129, 2003.

FAO. **The state of food and agriculture 2008**: biofuels: prospects, risks and opportunities. Roma, 2008.

FRANZESE-JR., R. J.; HAYS, J. C. The spatial probit model of interdependent binary outcomes: estimation, interpretation, and presentation. **24th Annual Summer Meeting of the Society for Political Methodology**, 20 July 2007. Disponível em <<http://polmeth.wustl.edu/retrieve.php?id=715>>. Acessado em 31 mai 2009.

GONÇALVES, D. B. **A regulamentação das queimadas e as mudanças nos canaviais paulistas**. São Carlos: Rima, 2002.

GONZALO, J. Five alternative methods of estimating long run relationships. **Journal of Econometrics**, v. 60, 1994, p. 203-233.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 4 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2000.

HAMILTON, J. D. **Time series analysis**. Princeton University Press. 1994.

HÄRDLE, W; LINTON, O. Applied nonparametric methods. In ENGLE, R. F.; MACFADDEN, D. L. (eds.) **Handbook of Econometrics**, vol 4 Amsterdam: Elsevier Science, 1994, p. 2295-2339.

HECKMAN, J.J.; LALONDE, R.; SMITH, J. The economics and econometrics of active labor market programs. In ASHENFELTER, O.; CARD, D. (eds.) **Handbook of labor economics**, vol 3. Amsterdam: Elsevier Science, 1999, p. 1865-2097.

HECKMAN, J.J; ICHIMURA, H; TODD, P. Matching as an econometric evaluation estimator: evidence from evaluating a job training programme. **Review of Economic Studies**, vol. 64, n. 4, oct., 1997, p. 605-654.

_____. Matching as an econometric evaluation estimator. **Review of Economic Studies**, vol. 65, n. 2, apr., 1998, p. 261-294.

HOFFMAN, R.; OLIVEIRA, F. C. R. Remuneração e características das pessoas ocupadas na agro-indústria canavieira no Brasil, de 2002 a 2006. **Anais do XLVI Congresso da Sober**. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2008.

HOFFMANN, R. Segurança alimentar e produção de etanol no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, n. 13, 2006, p. 1-5.

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with application to the demand for money. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, vol. 52, 1990, p. 169-209.

KUKENOVA, M.; MONTEIRO, J.A. Spatial dynamic panel model and system GMM: a Monte Carlo investigation. MPRA paper n°. 11.569, 2008. Disponível em: <<http://mpa.ub.uni-muenchen.de/11569/>>. Acessado em 03 abr 2009.

KWIATOWSKI, D. et al. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. **Journal of Econometrics**, vol. 54, 1992, p. 159-178.

LESAGE, J.P. **Spatial Econometrics**. Mimeo, 1999. Disponível em <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/LeSage/spatial/wbook.pdf>>. Acessado em 1 mar 2009.

_____. Bayesian estimation of limited dependent variable spatial autoregressive models. **Geographical Analysis**, 32(1), 2000, p. 19-35.

LEUVEN, E.; SIANESI, B. PSMATCH2: Stata module to perform full Mahalanobis and propensity score matching, common support graphing, and covariate imbalance testing, 2003.

Disponível em <<http://ideas.repec.org/c/boc/bocode/s432001.html>>. Acessado em 01 jun 2009.

LEYBOURNE, S. J.; MCCABE, P. M. A consistent test for a unit root. **Journal of Business and Economic Statistics**, vol. 12, 1994, p. 145-166.

LOPES, F. S.; RIBEIRO, H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 9 n. 2, 2006, p. 215-225.

MACEDO, I. C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, 2007.

MACEDO, I. C.; NOGUEIRA, L. A. H. **Avaliação da expansão da produção de etanol no Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2004. Disponível em www.cgee.org.br. Acessado em 01 mar 2009.

MACKINNON, J. Critical values for cointegration tests. In ENGLE, R. F.; GRANGER, C. W. J. (eds.) **Long-run economic relationships: readings in cointegration**. Oxford: Oxford University Press, 1991.

MACKINNON, J. G.; HAUG, A. A.; MICHELIS, L. Numerical Distribution Functions of Likelihood Ratio Tests for Cointegration. **Journal of Applied Econometrics**, v. 14, 1999, p. 563-577.

MADDALA, G. S.; KIM, I. M. **Unit roots, cointegration, and the structural change**. Cambridge University Press, 1998.

MADDALA, G. S. **Introdução à econometria**. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

MARANHO, M. F. **O moinho e o engenho**: São Paulo e Pernambuco em diferentes contextos e atribuições no Império Colonial Português, 1580-1720. São Paulo, 2006. Tese

(Doutorado em História) - Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

MARTHA-JR, G.B. Dinâmica do uso da terra em resposta à expansão da cana-de-açúcar no Cerrado. **Revista de Política Agrícola**, Ano XVII, n. 3, 2008, p. 31-43.

MARTHA-JR, G.B; VILELA, L. **Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

MELO, A. S. S. A; SILVA, M. P. Estimando o valor da “externalidade positiva” do uso da vinhaça na produção de cana de açúcar: um estudo de caso. **IV Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, Belém, 2001.

MELO, F. H.; FONSECA, E. G. **Proálcool, energia e transportes**. São Paulo: Pioneira/FIPE, 1981.

MENDONÇA, M. L. The WTO and the destructive effects of the sugarcane industry in Brazil. **Land Research Action Network**. 13 Fev, 2006a. Disponível em <<http://www.landaction.org>>. Acessado em 01/06/2008.

MENDONÇA, M. L. The WTO and the devastating impacts of the sugarcane industry in Brazil. **Land Research Action Network**, 2006b. Disponível em <<http://www.landaction.org>>. Acessado em 01/06/2008.

MORAES, M. A. F. D. O sistema agroindustrial da cana-de-açúcar do Brasil: indicadores do mercado de trabalho e modelo de formação de salários. **Estudos Econômicos**. São Paulo, v.37, n.4, 2007, p.875-902.

MULLER, C. C.; MARTHA-JR., G. B. A agropecuária e o desenvolvimento sócio-econômico recente do Cerrado. **IX Simpósio Nacional Cerrado**, Brasília, 2008.

NORONHA, S. et al. **Agronegócio e biocombustíveis**: uma mistura explosiva - Impactos da expansão das monoculturas para a produção de Bioenergia. Rio de Janeiro: Núcleo Amigos da Terra, 2006.

OMETTO, A. R; MANGABEIRA, J. F. C; HOTT, M. C. Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, 2005.

PHILLIPS, P. C. B.; PERON, P. Testing for unit root in time series regression. **Biometrika**, vol. 75, 1998, pp: 335-346.

PIKETTY, M. G.; MENEZES, T. M; DUARTE, J. B. N. A. Sugar cane in Brazil, poverty and equity: evidences for the 1992-2006 period. **Anais do XXXIV Congresso da ANPEC**. Salvador: ANPEC, 2008.

PNUD; IPEA; FJP. **Atlas de desenvolvimento humano no Brasil**. Brasília, 2003.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL-SOBRINHO, N. M. B. Metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, 2001, p. 120-129.

RENEWABLE FUELS AGENCY. **The gallagher review of the indirect effects of biofuels production**. London: Renewable Fuels Agency, 2008.

RESENDE, A. C. C.; OLIVEIRA, A. M. H. C. Avaliando resultados de um programa de transferência de renda: o impacto do bolsa-escola sobre os gastos das famílias brasileiras. **Estudos Econômicos**, v.38, n.2, 2008, p. 235-265.

RNCOS. **Brazil biofuel market outlook (2007-2010)**. New Delhi: RNCOS, 2007.

ROSENBAUM, P. **Observational Studies**, New York: Springer. 2002.

ROSENBAUM, P.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, 1983, p. 41-55.

SANTO, Z. N. E; ALMEIDA, L. T. Etanol: impactos sócio-ambientais de uma *commodity* em ascensão. **VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**. Fortaleza, 2007.

SCARAMUZZO, M. Estrangeiros avançam nos canaviais. **Valor Econômico**. São Paulo, Ano 10, n. 2290, p. B12, 30/06/200.

SHIKIDA, P. F. A.; BACHA, C. J. C. Evolução da agroindústria canavieira brasileira de 1975 a 1995. **Revista Brasileira de Economia**, v. 53, n.1, 1999, p. 63-83.

SILVA, R. Setor sucroalcooleiro no estado de São Paulo: mensurando impactos sócio-econômicos. **Anais do I Workshop do Observatório do Setor Sucroalcooleiro**. Ribeirão Preto, 2008.

SIMS, C. Macroeconomic and reality. **Econometrica**, v. 48, 1980, p. 1-49.

STADUTO, J. A.; SHIKIDA, P. F. A. ; BACHA, C. J. C. Alteração na Composição da Mão-de-obra Assalariada na Agropecuária Brasileira. **Agricultura em São Paulo**, v. 51, n. 2, 2004, p. 57-70.

TODD, P. **A practical guide to implementing matching estimators**. Mimeo. 1999. Disponível em <<http://athena.sas.upenn.edu/~petra/papers/prac.pdf>>. Acessado em 31 mai 2009.

TONETO-JR., R.; LIBONI, L.B. Mercado de Trabalho da cana-de-açúcar. **Anais do I Workshop do Observatório do Setor Sucroalcooleiro**. Ribeirão Preto, 2008.

TONETO-JR., R.; PALOMINO, J. M.; LIBONI, L.B. **Estudo da competitividade da indústria paulista: setor sucroalcooleiro**. Nota Técnica 2. Mimeo, 2008.

VEIGA, J. B. et al. **Expansão e Trajetória da Pecuária na Amazônia**: Pará, Brasil. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004.

VEIGA-FILHO, A. A.; SANTOS, Z. A. P. S. Padrão tecnológico da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: evidências empíricas da evolução na cultura. **Informações Econômicas**. v. 25, n. 8, ago, 1995.

VIAN, C. E. F; BELIK, W. Os desafios para a reestruturação do complexo agroindustrial canavieiro do centro-sul. **Economia**, v. 4, n.1, 2003, p 153-194.

VILELA, L.; BARCELLOS, A. O.; SOUZA, D. M. G. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

WELTER, E. F; SHIKIDA, P. F. A. Evolução dos setores indústria do açúcar e álcool no Brasil em 1975, 1980, 1985, 1992 e 1995: uma análise a partir do instrumental insumo-produto. **Revista Econômica do Nordeste**, v.33, n. 4, 2002, p. 791-816.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross-section and panel data**. Cambridge: MIT Press, 2001.

ZORATTO, A. C. Principais impactos da cana-de-açúcar. **II Fórum Ambiental da Alta Paulista**. Tupã, 2006.