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

**Análise dos efeitos da expansão do cultivo de cana-de-açúcar
sobre o valor da produção agropecuária dos municípios da região
Centro-Sul do Brasil**

Flávia Medeiros Rodrigues

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Economia Aplicada

**Piracicaba
2020**

Flávia Medeiros Rodrigues
Bacharela em Ciências Econômicas

**Análise dos efeitos da expansão do cultivo de cana-de-açúcar sobre o valor da
produção agropecuária dos municípios da região Centro-Sul do Brasil**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **MIRIAN RUMENOS PIEDADE BACCHI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Economia Aplicada

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Rodrigues, Flávia Medeiros

Análise dos efeitos da expansão do cultivo de cana-de-açúcar sobre o valor da produção agropecuária dos municípios da região Centro-Sul do Brasil / Flávia Medeiros Rodrigues. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - Piracicaba, 2020.

58 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2020.

1. Expansão do cultivo da cana-de-açúcar 2. Valor bruto da produção agropecuária 3. *Propensity Score Matching* I. Título

Para Donizeti, Maria e Nicolás, por todo apoio,
incentivo, compreensão e cuidado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Mirian Rumenos Piedade Bacchi, pela oportunidade de trabalhar ao lado de uma grande especialista do setor sucroenergético, por aceitar um novo desafio e me dar todo suporte necessário para que esse trabalho fosse desenvolvido. Muito obrigada pelo acolhimento, apoio, compreensão e confiança ao longo desses anos.

Ao Prof. Dr. Luciano Rodrigues, pelas importantes contribuições, disponibilidade, suporte e apoio no desenvolvimento desta pesquisa. À Profa. Dra. Silvia Miranda pelas importantes contribuições para a melhoria deste trabalho.

Ao corpo docente e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, por contribuírem com meu aprendizado e desenvolvimento acadêmico.

Aos meus pais, Donizeti e Maria, por sempre incentivarem eu e meu irmão a estudar e nos mostrar a importância do conhecimento. Meu profundo agradecimento aos meus pais e meu irmão Nicolás, por todo o suporte, amor, paciência, incentivo, compreensão, e por estarem sempre presentes, todos os dias, mesmo estando há quilômetros de distância.

Ao Everson, pelo companheirismo, compreensão e apoio, essenciais nessa jornada, e por sempre procurar me alegrar. Aos meus amigos de longa data, por acreditarem em mim, as vezes mais do que eu mesma, em especial ao Adonnay, Alana, Bruna, Elizabeth, Hébony, Heloisa, Hortênsia, Isabela, Jéssika, Julia e Mariana. Aos amigos que o mestrado me trouxe, obrigada por me acolherem e pelas experiências compartilhadas, em especial, Arthur, Djanystela, Gabriela, Livea, Ludmila, Paulo Eduardo, Pedro e Sara. Vocês deixaram tudo mais leve! À Livia, por me acolher como *roommate*, pela atenção, apoio e amizade.

Ao meu professor de inglês Terry, pela força e grande contribuição acadêmica e profissional. Aos meus colegas de trabalho da Cervejaria Petrópolis, pelo apoio e torcida para meu ingresso no mestrado. Aos meus colegas de trabalho da Raízen, pelo apoio neste último ano do mestrado. Aos meus superiores na Cervejaria e na Raízen, por proporcionarem condições necessárias para o início e conclusão desse grande desafio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo financiamento do mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. A AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NO BRASIL.....	13
2.1. A implantação da atividade canavieira no Brasil	13
2.2. A desregulamentação do setor sucroalcooleiro.....	14
2.3. Cenário pós-desregulamentação	15
2.4. Cenário atual e novos desafios para o setor	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
4. METODOLOGIA.....	29
4.1. Propensity Score Matching (PSM).....	29
4.2. Base de dados	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1. Efeito do tratamento sobre os tratados.....	37
5.2. Testes pós-estimação	42
6. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS.....	49
ANEXOS	55

RESUMO

Análise dos efeitos da expansão do cultivo de cana-de-açúcar sobre o valor da produção agropecuária dos municípios da região Centro-Sul do Brasil

O setor sucroalcooleiro apresenta historicamente um papel relevante no agronegócio brasileiro, tendo sofrido diversas transformações ao longo do tempo. No início dos anos 2000, o Brasil passou a atuar como principal exportador de açúcar e o segundo maior produtor de etanol do mundo. Consequentemente, foi necessário expandir a produção da matéria-prima desses produtos, a cana-de-açúcar, assim como investir em novos Projetos *Greenfields*, (construção de novas plantas de processamento de cana-de-açúcar) e, também, expandir as plantas já existentes. Diversos estudos foram feitos para compreender os impactos socioeconômicos do crescimento da atividade canavieira nas principais regiões produtoras do país. Entretanto, ainda existem lacunas a serem preenchidas na literatura científica em relação aos efeitos da mencionada expansão. Nesse contexto, busca-se, na presente dissertação, avaliar os efeitos da expansão do cultivo de cana-de-açúcar sobre o valor da produção agropecuária em nível municipal, focando os estados da região Centro-Sul brasileira, assim como compreender os efeitos do crescimento da atividade canavieira sobre o valor bruto da produção das demais atividades agropecuárias. Para atingir o objetivo proposto, utiliza-se o método econométrico de pareamento por *escore de propensão* (*propensity score matching*, na língua inglesa). Os resultados evidenciam a importância do setor sucroalcooleiro para o crescimento do valor da produção agropecuária registrado no período analisado - 2006 a 2010. O estudo é inconclusivo sobre o efeito que a expansão da atividade canavieira tem no valor bruto da produção das demais atividades agropecuárias, que não a cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Expansão do cultivo da cana-de-açúcar, Valor bruto da produção agropecuária, *Propensity score matching*

ABSTRACT

An analysis of the effects of sugarcane crop expansion on value of agricultural production in the municipalities of the Brazilian south-central region

The sugarcane industry has, historically, played a relevant role in Brazilian agribusiness, which has gone through several transformations over time. In the early 2000s, Brazil became the main exporter of sugar and the second largest producer of ethanol in the world. Hence, it became necessary to expand the production of sugarcane, as well as invest in new Greenfield projects (construction of new sugarcane processing plants) and, also, expand existing sugarcane mills. Several studies have been developed in this area in an attempt to understand the socioeconomic impacts of the increase in sugarcane production in the main producing regions in Brazil. However, gaps remain in the scientific literature regarding the effects of expansion on this sector. In this context, this dissertation aims to assess the effects of sugarcane crop expansion on value of agricultural production at the municipal level, focusing on the states in the Brazilian south-central region, as well as to better understand the effects of the increase in sugarcane production on the gross value production of other agricultural activities. To achieve the proposed objective, the econometric method of pairing by propensity score - known as propensity score matching (PSM) in English - is used. The results highlight the importance of the sugarcane sector for the increased value of agricultural production recorded in the period analyzed - 2006 to 2010. The study is inconclusive on the effect that the expansion of sugarcane production has on the gross value of the production of other agricultural activities, besides sugarcane.

Keywords: Sugarcane crop expansion, Gross value of agricultural production, Propensity score matching

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol total no Brasil: 1974/75 - 2018/19.....	16
Figura 2 – Mapa da área cultivada com cana-de-açúcar em percentual da área agrícola dos municípios brasileiros (2000-2016)	17
Figura 3 - Evolução da meta anual de CBIOS	20
Figura 4 - Projeção do consumo de combustíveis com o funcionamento do RenovaBio	21
Figura 5 - Comparação da distribuição dos escores de propensão antes e depois do pareamento no modelo 1.....	45
Figura 6 - Comparação da distribuição dos escores de propensão antes e depois do pareamento no modelo 2.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis de controle do modelo PSM	34
Tabela 2 - Teste t da taxa de crescimento média do VBP antes do pareamento	37
Tabela 3 - Participantes do grupo de tratamento e controle	37
Tabela 4 - Resultados do modelo Probit para as variáveis de controle (Modelo 1) ...	38
Tabela 5 - Resultados do modelo Probit para as variáveis de controle (Modelo 2) ...	38
Tabela 6 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo 1)	39
Tabela 7 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo 2)	39
Tabela 8 – Teste t da taxa de crescimento média do VBP antes do pareamento (sem VBP cana-de-açúcar)	40
Tabela 9 - Participantes do grupo de tratamento e controle (sem VBP cana-de-açúcar)	41
Tabela 10 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo 1 - sem VBP cana-de-açúcar)	41
Tabela 11 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo 2 – sem VBP cana-de-açúcar)	41
Tabela 12 - Teste de Balanceamento	44
Tabela 13 - Participantes do grupo de tratamento e controle (Modelo alternativo)....	55
Tabela 14 - Resultados do modelo probit para as variáveis de controle (Modelo alternativo 1)	55
Tabela 15 - Resultados do modelo probit para as variáveis de controle (Modelo alternativo 2)	55
Tabela 16 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo alternativo 1)	56
Tabela 17 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo alternativo 2)	56
Tabela 18 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo alternativo sem VBP cana-de-açúcar 1).....	56
Tabela 19 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo alternativo sem VBP cana-de-açúcar 2).....	56
Tabela 20 - Teste de balanceamento (Modelo alternativo 1)	57
Tabela 21 - Teste de balanceamento (Modelo alternativo 2)	58

1. INTRODUÇÃO

O setor sucroalcooleiro apresentou crescimento significativo a partir da sua desregulamentação, que ocorreu durante os anos 90. Entre os anos de 2000 e 2017, a produção de cana-de-açúcar e açúcar mais que duplicaram, e a produção de etanol chegou a triplicar no período (MAPA, 2007; UNICA, 2018c). O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, o maior exportador de açúcar, e o segundo maior produtor de etanol do mundo. Destaca-se ainda que a cana-de-açúcar é a principal fonte de energia renovável do país (BACCHI; RODRIGUES, 2018).

O consumo mundial de açúcar apresentou crescimento linear nas últimas décadas, similar ao crescimento populacional. Em 2015, o Brasil foi responsável por 45% do comércio internacional da *commodity* (BACCHI; RODRIGUES, 2018). O lançamento dos automóveis com motores *flex fuel* em 2003 provocou importantes mudanças no setor. Com sua aceitação, a frota de veículos *flex* cresceu rapidamente, aumentando a demanda por etanol hidratado; em 2005, o cenário favorável às exportações de etanol anidro incentivou ainda mais os investimentos para a produção de biocombustíveis no Brasil. O período de 2005 a 2013 foi marcado por expansão das plantas de processamento de cana-de-açúcar já existentes e pela construção de 118 novas usinas no país (MORAES; ZILBERMAN; RODRIGUES, 2014).

Como consequência do aumento da demanda pelos produtos derivados da cana-de-açúcar, a produção dessa gramínea passou de 358 milhões de toneladas na safra 2003/2004 chegando a 666,8 milhões de toneladas na safra 2015/2016, a maior registrada até 2019 (UNICA, 2018c). De acordo com dados do IBGE (2017), a área colhida com cana-de-açúcar aumentou de 5,3 milhões de hectares em 2003 para 10,2 milhões de hectares em 2017. No mesmo período, 387 municípios brasileiros que não tinham cultivo de cana-de-açúcar passaram a ter.

A expansão da cana-de-açúcar gerou preocupações sociais e políticas, como redução da oferta de alimentos, geração de problemas sociais nas regiões produtoras, redução das demais atividades econômicas, entre outros (CAMARGO Jr.; TONETO Jr., 2009).

De outro lado, considera-se que a expansão da atividade canavieira possa ter provocado impactos positivos do ponto de vista econômico e social em diversos municípios do Brasil, o que motiva a realização de estudos que busquem analisar os efeitos dessa expansão sobre a geração de renda, educação e saúde, e, também,

sobre os ganhos de eficiência e receita das demais atividades agropecuárias desenvolvidas nas regiões produtoras de cana-de-açúcar, citados na revisão bibliográfica deste estudo.

Assim, diferente dos trabalhos realizados até o momento, este estudo tem como objetivo mensurar o efeito da expansão do cultivo da cana-de-açúcar sobre o Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) dos municípios da região Centro-Sul do Brasil. Busca-se, também, analisar se ganhos potenciais obtidos com a expansão da atividade canavieira possam ter efeito sobre o valor bruto da produção de outras atividades agropecuárias, o que pode ocorrer através de um efeito da capitalização de produtores rurais que, além da cana, se dedicam a outras atividades agropecuárias.

Para atingir os objetivos propostos neste estudo compara-se o crescimento do valor bruto da produção agropecuária dos municípios que expandiram o cultivo de cana-de-açúcar com aqueles que teriam possibilidade de fazê-lo, mas não o fizeram ou fizeram de forma insipiente. No estudo utiliza-se a metodologia *propensity score matching* para a análise proposta e os dados utilizados referem-se ao período de 2006 a 2010.

Dessa forma, busca-se preencher uma lacuna na literatura que trata dos impactos da expansão do setor canavieiro no Brasil. Os resultados devem trazer elementos importantes para o entendimento da dinâmica promovida pelo avanço da cana-de-açúcar no meio rural no que diz respeito ao valor bruto da produção agropecuária. Essas informações são especialmente relevantes diante da perspectiva de um novo crescimento da produção brasileira para atendimento das metas estabelecidas pela recém-criada Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio).

2. A AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA NO BRASIL

2.1. A implantação da atividade canavieira no Brasil

O cultivo de cana-de-açúcar, introduzido no Brasil em 1532, teve importante papel no desenvolvimento da economia do Brasil colônia, com a produção de açúcar, e, atualmente, tem importância ainda maior dado o uso dessa gramínea na produção de etanol e energia.

Com a Grande Depressão de 1929, foi necessária a intervenção governamental no setor sucroalcooleiro, que se iniciou com a criação da Comissão de Estudos sobre o Álcool Motor (CEAM) em 1931, com o objetivo de incentivar a produção de etanol anidro, visando diminuir o problema do excedente de açúcar (UNICA, 2012; VIAN, 2015).

Em 1933, foi criado o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), a partir do qual o governo se envolveu efetivamente no planejamento da produção do setor, com os objetivos de controlar a superprodução do açúcar, adaptando a indústria às necessidades de consumo interno e de exportação. Entre os anos 1930 e 1960 houve intensa intervenção no setor, como a regulação de níveis de produção e tabelamento de preços. Para tornar a produção doméstica mais competitiva e impulsionar as exportações, vários programas foram lançados no início dos anos 70, com a finalidade de melhorar os índices de produtividade agrícola e industrial.

A Primeira Crise do Petróleo, iniciada no final de 1973, quando a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) decidiu aumentar significativamente o preço do produto, incentivou o surgimento de outras opções energéticas. Ao mesmo tempo, o problema de superprodução de açúcar ainda afetava o setor. Logo, a capacidade ociosa existente no setor favoreceu a criação do Proálcool em 1975 - uma das medidas tomadas pelo governo para enfrentar a crise, que contava com políticas de crédito e subsídios -, com objetivo inicial de construir usinas de etanol, incentivar a indústria automotiva a produzir veículos movidos a etanol e reduzir a dependência brasileira de gasolina importada. No decorrer dos anos, o percentual de etanol anidro misturado à gasolina vendida no Brasil passou de 4,5% em 1977 para 20 a 25% em 1990. Em 1979, em meio a Segunda Crise do Petróleo, já havia produção significativa de etanol hidratado no Brasil, para carros dedicados a esse combustível (SHIKIDA; AZEVEDO; VIAN, 2011; MORAES; ZILBERMAN, 2014).

No ano de 1983, os carros movidos a etanol representavam 90% das vendas, mas em 1986 o Proálcool começou a desacelerar, e a produção de etanol manteve-se na média de aproximadamente 12 bilhões de litros por ano até 1995. Em 1989, com queda no preço do petróleo, o etanol foi preterido relativamente à gasolina. Ao mesmo tempo, havia demanda crescente e preços altos do açúcar no mercado internacional, provocando mudança na alocação da cana, o que provocou o desabastecimento de etanol no mercado brasileiro no final dos anos 80 e, conseqüentemente, afetou os proprietários de carro movidos a esse combustível. No final dos anos 90, o governo começou a reduzir os incentivos para produção de etanol, resultando em queda da produção interna, chegando a ser necessário importar etanol dos Estados Unidos em 1991 (SHIKIDA; AZEVEDO; VIAN, 2011; UNICA, 2012; BACCHI; RODRIGUES, 2018).

2.2. A desregulamentação do setor sucroalcooleiro

Devido à crise fiscal que o Brasil enfrentava desde os anos 80 e as diretrizes impostas pela constituição no final da década, a capacidade de atuação do governo como coordenador ou indutor da atividade econômica foi reduzida. A partir de meados dos anos 90 houve um processo de liberações e privatizações de importantes setores da economia, entre eles, o sucroalcooleiro.

A característica do setor, que a partir de um produto agrícola gera produtos ligados a mercados tão distintos - açúcar, álcool, e energia elétrica -, tornou ainda mais complexo o equilíbrio entre os segmentos em ambiente de livre mercado, no qual a decisão sobre as quantidades produzidas de cada produto passou a ser tomada pelo setor privado, agora sem os incentivos, subsídios e coordenação estatal antes existentes (MORAES; SHIKIDA, 2002; SHIKIDA; AZEVEDO; VIAN, 2011).

O processo de desregulamentação do setor ocorreu gradativamente, resultando em várias mudanças na esfera política, como o fim do IAA, ainda em 1990, e a criação de novas entidades, como o Conselho Interministerial do Açúcar e do Álcool (CIMA) – novo responsável pelo controle e planejamento do setor, sob a tutela do Ministério da Indústria e Comércio até 1999, e, posteriormente, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). As Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) e a Associação dos Municípios Canavieiros e

Agricultura Energética do Estado de São Paulo (AMCESP), criadas em 1997, participaram do processo de desregulamentação.

No setor privado, entre 1997 e 1999, também foram criadas novas entidades, dentre elas, a União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA), em substituição à Associação das Indústrias de Açúcar e Alcool (AIAA) e a Sociedade dos Produtores de Açúcar e Alcool (Sopral), que a princípio representava produtores e entidades apenas do estado de São Paulo, e tinha como meta o fortalecimento da representação dos produtores, agregando seus interesses em comum. Outras entidades, como a Coligação de Entidades de Produtores de Açúcar e Alcool (CEPAAL) e a Associação Paulista da Agroindústria Sucroalcooleira (SUCROALCO), representavam os produtores do Centro-Sul e de São Paulo, respectivamente, mas foram extintas em meados dos anos 2000.

A produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol continuou crescendo ao longo da década, mesmo no ambiente de incerteza do setor. Com a liberalização das exportações em 1994, o Brasil passou a ser o maior exportador de açúcar do mundo no ano-safra 1995/96. Entre 1998 e 2000, houve uma crise de superprodução, e ligeira queda na safra 2000/01, mas a produção retornou ao patamar anterior nas duas safras seguintes (MORAES; SHIKIDA, 2002; MORAES; ZILBERMAN, 2014).

2.3. Cenário pós-desregulamentação

No período pós-desregulamentação o setor sucroalcooleiro apresentou crescimento expressivo. Entre os anos de 2000 e 2017, a produção de cana-de-açúcar passou de 257 milhões de toneladas para mais de 650 milhões de toneladas, e a produção de açúcar mais que dobrou, partindo de 16 para 38 milhões de toneladas. A produção de etanol chegou a triplicar, passando de 10 bilhões de litros produzidos na safra 2000/01, para 33 bilhões de litros em 2018/19 (MAPA, 2007; UNICA, 2018c).

Shikida, Azevedo e Vian (2011) buscaram identificar quais as mudanças tecnológicas da agroindústria canavieira após a desregulamentação. Baseado em uma amostra de três estados com produção expressiva (SP, PR e MG), os autores verificaram que após a desregulamentação houve maior desenvolvimento das capacidades tecnológicas da agroindústria canavieira e maiores investimentos em inovação dos produtos.

O ano de 2003 foi marcado pelo lançamento de automóveis com motores *flex fuel*, e sua aceitação no mercado provocou aumento na demanda doméstica por etanol hidratado. Junto à expectativa de crescimento da exportação de etanol, devido aos aspectos ambientais positivos do produto, houve um aumento extraordinário na produção de cana-de-açúcar e seus subprodutos, que foi possível através de grande investimento na expansão de plantas existentes, além da construção de novas usinas. Estima-se que o valor investido tenha excedido US\$ 40 bilhões, iniciativa conhecida como Projetos *Greenfield*.

A Figura 1 mostra a trajetória da produção do setor sucroalcooleiro, que teve duas fases de grande crescimento. A primeira compreende o período de 1975 a 1986, no qual havia intensa intervenção governamental, tendo como principais fatores de crescimento o Proálcool e a demanda por etanol hidratado para veículos que usavam o etanol como combustível.

Figura 1- Produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol total no Brasil: 1974/75 - 2018/19
Fonte: Elaborado pela autora com base em dados da UNICA e MAPA

A segunda fase ocorreu entre 2003 e 2010, principalmente pela introdução do veículo *flex* que impulsionou a produção de etanol. Havia ainda a expectativa de crescimento das exportações de etanol anidro e a redução de medidas protecionistas no mercado internacional de açúcar. Consequentemente, a produção de cana-de-açúcar também aumentou neste período (MORAES; ZILBERMAN; RODRIGUES, 2014).

A expansão territorial do cultivo de cana-de-açúcar intensificou-se a partir dos anos 2000, passando de aproximadamente 4,9 milhões de hectares para 10,2 milhões de hectares em 2017, o que corresponde respectivamente a 9,4% e 13,2% da área agrícola total brasileira (IBGE, 2017).

Ao observar o mapa da área cultivada com cana-de-açúcar no Brasil entre 2000 e 2016 (Figura 2), verifica-se que o crescimento se concentrou nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do país, enquanto que na região Nordeste, que passou de segunda para terceira posição em termos de cultivo de cana-de-açúcar, a área manteve-se praticamente inalterada.

Figura 2 – Mapa da área cultivada com cana-de-açúcar em percentual da área agrícola dos municípios brasileiros (2000-2016)

Fonte: Elaborado pela autora com base em dados do IBGE (2017)

Novas unidades produtoras de açúcar e etanol foram instaladas de forma a atender à necessidade de estarem próximas dos canaviais. O transporte por longas distâncias da cana-de-açúcar é inviável, dado que é um produto volumoso com elevado custo de frete, e precisa ser processado logo após a colheita, o que estabelece uma dependência bilateral entre fornecedores de cana-de-açúcar e agroindústrias que fabricam etanol e açúcar (BACCHI; RODRIGUES, 2018).

De acordo com Moraes e Zilberman (2014), a expansão da cana-de-açúcar no Centro-Oeste ocorreu devido às condições climáticas e infraestrutura adequadas para o cultivo da gramínea na região.

Entre os anos de 2005 a 2013, foram construídas 118 novas plantas de processamento de cana-de-açúcar, com maior concentração entre os anos de 2006 e 2010, quando foram implantadas 95 novas unidades. Após a crise econômica de 2008, os investimentos reduziram-se consideravelmente; as usinas inauguradas a partir de 2011 faziam parte de projetos iniciados antes do período de crise (MORAES; ZILBERMAN; RODRIGUES, 2014).

Um fator importante a ser considerado é que a escolha do consumidor em abastecer o carro *flex* com o biocombustível depende do preço da gasolina. Dito de outra forma, a demanda por etanol no segmento produtor é derivada da demanda por etanol ao consumidor, que, por sua vez, está relacionada com a competitividade do biocombustível frente ao combustível fóssil, tanto em termos de preço e como em termos de diferencial de rendimento energético. O governo brasileiro, entre os anos de 2006 a 2015, adotou uma política de controle de preços da gasolina como forma de conter o processo inflacionário no país, o que impactou diretamente a demanda por etanol hidratado. Adicionalmente, a partir de outubro de 2011 até abril de 2013, o governo reduziu o percentual de mistura de etanol anidro na gasolina para garantir o abastecimento, passando de 25% para 20%. Ademais, cita-se a não compensação tributária referente aos impactos negativos dos combustíveis fósseis. Tais medidas afetaram a rentabilidade do setor produtor de etanol e resultaram em pouco investimento em tecnologia para melhorar a produtividade. Houve o fechamento de 58 usinas entre a safra de 2007/2008 e 2014/2015, sendo 64% delas, instaladas no Centro-Sul do país (MORAES; BACCHI, 2015);(SANTOS; GARCIA; SHIKIDA, 2015).

De acordo com Moraes, Bacchi e Caldarelli (2016), mesmo neste cenário, as exportações de açúcar e etanol mantiveram sua relevância para o agronegócio brasileiro. Segundo o MAPA (2015), em 2013 a agroindústria canavieira foi responsável por 13,7% das exportações do agronegócio do país, dos quais a exportação de açúcar representou 11,8% e a exportação de etanol 1,8%.

Em maio de 2013, o percentual de mistura do etanol anidro à gasolina passou a ser 25%, e desde março de 2015, a gasolina comercializada no Brasil tem 27% de etanol anidro em sua composição (ANP, 2018).

2.4. Cenário atual e novos desafios para o setor

O setor conta com 367 unidades produtoras no país, gerando mais de 794 mil empregos formais, que somados aos empregos indiretos, chegam a 2,4 milhões de trabalhadores na cadeia produtiva de cana-de-açúcar. Com PIB de aproximadamente US\$ 43 bilhões, o setor sucroenergético ocupou o 3º lugar nas exportações brasileiras em 2017, sendo o 2º setor agropecuário mais importante para a balança comercial do país (UNICA, 2018a, 2018b).

A geração de energia derivada da cana-de-açúcar destaca-se como principal fonte renovável do país, através do etanol e da bioeletricidade. Esses produtos são responsáveis por 43% da energia renovável ofertada no país, representando 17,5% da matriz energética nacional e ocupando uma posição acima da média mundial de 13,5% (BACCHI; RODRIGUES, 2018; UNICA, 2018a).

Em dezembro de 2017, foi aprovada a nova Política Nacional de Biocombustíveis, conhecida como RenovaBio, instituída pela Lei nº 13.576, que busca estabelecer uma estratégia conjunta entre agente públicos e privados de forma a incentivar o consumo de biocombustíveis no Brasil, e tem como seus principais objetivos contribuir para o cumprimento dos compromissos firmados no Acordo de Paris, que são: expandir de forma sustentável a oferta de biocombustíveis no Brasil; assegurar a previsibilidade para o mercado de combustíveis, contribuindo para ganhos de eficiência energética; e assegurar a redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) na produção, comercialização e uso de biocombustíveis.

O programa RenovaBio entra em funcionamento em 2020 e conta com a participação de produtores de biocombustíveis como etanol, biodiesel, biometano e bioquerosene, os quais a partir do credenciamento e certificação no programa, sob aprovação da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), passarão a gerar Créditos de Descarbonização, chamados de CBIOS, proporcionais à sua eficiência energética na produção do biocombustível e da quantidade de biomassa elegível de acordo com exigências do programa. Os CBIOS serão negociados na B3, gerando uma receita complementar aos produtores e importadores de biocombustíveis participantes do Programa, incentivando investimentos para o setor e aumentando a segurança energética (ANP, (2019); MME, 2017; UNICA, 2018d). Por outro lado, de acordo com o Decreto nº 9.888, as distribuidoras de combustíveis no país terão metas individuais compulsórias de redução de emissões

de GEE – a partir da compra dos CBIOs disponibilizados no mercado -, que serão proporcionais à participação das distribuidoras na comercialização de combustíveis fósseis no ano anterior.

O programa conta com metas anuais de redução de emissão GEE estabelecidas em unidades de CBIOs, necessários para o atingimento dos objetivos propostos, que aumenta ao longo do tempo como pode ser verificado na Figura 3.

Figura 3 - Evolução da meta anual de CBIOs

Fonte: Elaborado pela autora com base na Resolução CNPE nº 15/2019

Para que as metas do programa sejam alcançadas, é necessário que o consumo de gasolina seja substituído, em parte, ao longo dos próximos anos, pelo etanol hidratado, como mostra a estimativa divulgada pelo Comitê RenovaBio na Figura 4.

Figura 4 - Projeção do consumo de combustíveis com o funcionamento do RenovaBio
 Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com dados divulgados pela ANP, o consumo brasileiro de etanol hidratado no ano de 2018 atingiu o número recorde de 19,4 milhões de m³, enquanto o consumo de gasolina caiu de 44,1 milhões de m³ em 2017 para 38,5 milhões de m³ em 2018. A migração do consumo de gasolina para etanol foi incentivada de um lado pelos altos preços da gasolina observados durante o ano de 2018 e, por outro, pela maior produção de etanol no país, fatores que contribuíram para que os preços do etanol se tornassem mais competitivos no mercado.

De acordo com Bacchi (2017), com o RenovaBio sendo implantado, espera-se a necessidade de expansão do mercado de biocombustíveis, consequentemente de expansão da atividade canavieira e da indústria de etanol no país. A opção pelo uso do etanol na matriz energética e a necessidade de expansão da atividade canavieira, para cumprir metas de redução de emissão de GGE, requer uma avaliação periódica e abrangente dos aspectos positivos e negativos associados ao cultivo da gramínea.

É nesse contexto que se pretende avaliar o efeito da expansão do setor sucroenergético sobre o valor bruto da produção em municípios onde a atividade canavieira é representativa. A hipótese é de que a expansão da atividade canavieira faz com que cresça o valor bruto da produção de propriedades localizadas em municípios onde ela passa a ter representatividade. Considera-se, também, que os ganhos potenciais relacionados ao aumento do valor bruto da produção na atividade canavieira possam afetar positivamente outras atividades agrícolas. O aumento da renda, que está relacionado com a elevação do valor bruto da produção na atividade

canavieira, pode se traduzir em maior capitalização dos produtores agrícolas, os quais podem investir em outras culturas da sua propriedade e obter receitas adicionais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como já foi mencionada na introdução desse texto, o crescimento do setor sucroenergético brasileiro vem gerando preocupações sociais e políticas. De outro lado, se considera que o mencionado crescimento possa ter também efeitos positivos em relação à aspectos sociais e econômicos e, para compreender melhor essa questão, diversos estudos têm sido feitos com o intuito de avaliar se de fato isso ocorre, ou seja, se existem externalidades positivas quando se trata da expansão da atividade canavieira.

Silva (2008) analisou o efeito do crescimento do setor sucroenergético no estado de São Paulo sobre o Índice de Desenvolvimento Humano de municípios selecionados (em número de 525). Usou variáveis binárias para indicar a presença ou não da atividade canavieira e a existência ou não de unidades produtoras de açúcar e etanol nos municípios. Os resultados mostraram que a média do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) daqueles em que a cana-de-açúcar representa a atividade agrícola principal é maior do que a média daqueles onde a atividade canavieira não está presente de forma expressiva.

Camargo Jr. e Toneto Jr. (2009) realizaram uma análise descritiva dos dados de indicadores relacionados ao desenvolvimento, à remuneração e à arrecadação de impostos de várias regiões do estado de São Paulo, concluindo que os municípios com forte presença do setor sucroenergético (cultivo de cana-de-açúcar e produção de açúcar e álcool) apresentaram melhores indicadores socioeconômicos, chegando a superar, em alguns casos, os da região metropolitana de São Paulo.

Em 2012, Satolo realizou estudo para avaliar os impactos da expansão do setor sucroenergético sobre as condições econômicas nos municípios do estado de São Paulo, utilizando a metodologia de painel espacial dinâmico e um modelo teórico desenvolvido a partir da decomposição da renda *per capita* em seus principais determinantes. No modelo foram utilizadas variáveis de controle para as diferenças socioeconômicas observadas entre os municípios, assim como para a participação da agricultura e da cana-de-açúcar nas áreas agropecuárias municipais. O efeito do início de operação das usinas/e ou destilarias, captado com a inclusão de uma variável binária, sobre o PIB *per capita* municipal, foi positivo, ocorrendo o mesmo no caso do crescimento da área destinada a canaviais. Evidenciou-se ainda, a existência de uma relação de dependência espacial positiva entre a presença da atividade e o PIB real

per capita, inferindo-se que a expansão do setor também melhorou a distribuição de renda no estado.

Gilio (2015) analisou, considerando o período 2005 a 2011, o efeito da expansão do setor sucroenergético sobre os indicadores sociais dos 645 municípios do estado de São Paulo. O índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) foi utilizado como indicador das condições socioeconômicas da população. Através do método de painel espacial dinâmico, verificou que a presença de usinas gera benefícios socioeconômicos significativos para a população dos municípios onde elas se localizam e, também, para a de municípios próximos.

Bacchi e Caldarelli (2015), por sua vez, buscaram identificar impactos socioeconômicos do crescimento do setor sucroenergético no estado de São Paulo sobre o emprego, a renda, a educação e a saúde, utilizando também um indicador que agregava essas variáveis. A metodologia utilizada foi a de painel e os dados referiam-se ao período 2005 a 2009. Os resultados obtidos mostraram que a expansão do setor sucroenergético gerou efeitos positivos sobre o emprego e a renda, principalmente como resultado da implantação de unidade produtora de açúcar e etanol no município; no caso de saúde e de educação não foram observados impactos significativos.

Entre os autores que estenderam a análise de impactos do crescimento da atividade canavieira para outros estados do Brasil, cita-se Walter et al. (2008), os autores analisaram os municípios brasileiros no período de 1991 a 2000 e utilizaram indicadores de bem-estar (saúde e educação) e indicadores econômicos (riqueza e distribuição de riqueza). Fizeram o estudo comparando município de tamanho aproximado, com e sem atividades sucroenergéticas (cultivo de cana e transformação dessa matéria prima em etanol). Os resultados indicaram que em alguns casos, especialmente no estado de São Paulo, os parâmetros socioeconômicos são melhores nos municípios que têm cana-de-açúcar, relativamente àqueles que não têm. Os autores concluíram, também, que mesmo os municípios que recebem um grande contingente de trabalhadores migrantes para a colheita da cana-de-açúcar não são prejudicados, considerando os indicadores selecionados.

Machado et al. (2015), analisando a evolução histórica de indicadores socioeconômicos de São Paulo, Goiás e Alagoas nos anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010 verificaram que em todos os estados os indicadores são melhores nos municípios com cana-de-açúcar.

Assunção, Pietracci e Souza (2016) procuraram identificar os múltiplos impactos locais de implantação de unidades produtoras de açúcar, etanol e bioeletricidade no estado do Mato Grosso do Sul, onde a indústria sucroenergética quase triplicou de tamanho em um período de oito anos. Com a utilização de dados em painel, encontraram impactos positivos desse crescimento sobre o PIB municipal; notaram, também, aumento do emprego, salário médio e receita tributária. Destaca-se que no estudo os autores também analisaram os efeitos da expansão do setor sucroenergético em outros setores agrícolas, concluindo que a expansão da cultura de cana-de-açúcar, desencadeada pela instalação de novas usinas, gera uma reestruturação significativa no setor agropecuário local. Apesar de haver redução na área colhida de soja, a produção dessa leguminosa não diminuiu, indicando aumento da produtividade. Já na pecuária, a quantidade de bovinos apresentou queda.

Moraes, Bacchi e Caldarelli (2016) procuraram avaliar os impactos da indústria sucroalcooleira no crescimento do PIB *per capita* dos municípios da região Centro-Sul do Brasil. O estudo feito, incluindo componentes espaciais no modelo econométrico ajustado, mostrou que a expansão do setor sucroenergético tem efeito positivo sobre a mencionada variável, tanto no próprio município quanto nos vizinhos.

A seguir apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre a metodologia utilizada na presente dissertação, o método de Pareamento por Escore de Propensão [*Propensity Score Matching* (PSM) na língua inglesa], procurando-se mostrar o grande potencial que esse método tem na avaliação de impactos em diferentes áreas da ciência como, por exemplo, saúde, ciências sociais e políticas, educação e economia. O método PSM permite que se compare grupos de indivíduos com características semelhantes, tendo um recebido tratamento e o outro não.

Na área da saúde, citam-se alguns exemplos, a título de ilustração. Austin (2011a) utilizou o método para avaliar o efeito do aconselhamento hospitalar em relação ao tabagismo sobre a probabilidade de morte dentro de três anos após a alta, a partir de uma amostra de fumantes diagnosticados por infarto; Ray *et al.* (2012) analisaram o risco de morte decorrente de problemas cardiovasculares provocados pelo uso de determinados medicamentos no tratamento; Bobo *et al.* (2013) buscaram entender o risco de diabetes mellitus tipo 2 em crianças e jovens provocado pelo uso de medicamentos antipsicóticos, enquanto Stroup *et al.* (2016) compararam a eficácia e os efeitos colaterais de medicamentos antipsicóticos no tratamento de adultos com esquizofrenia.

Pode-se citar, como exemplos de aplicação do PSM em áreas de ciências políticas e sociais, o trabalho de Kost e Lindberg (2015) que tratou da relação entre a intenção de gravidez (comportamento materno) e a saúde infantil, relação essa que é importante para a definição de as políticas públicas voltadas à saúde. Nessa mesma área de conhecimento, McLanahan, Tach e Schneider (2013) analisaram os efeitos da ausência paterna sobre o bem-estar socioeconômico e emocional dos filhos, tendo concluído que existem efeitos negativos na educação e saúde mental, impactando também negativamente a vida profissional dos mesmos. Torche e Costa-Ribeiro (2012) estudaram a influência da riqueza dos pais sobre os resultados dos filhos ao longo da vida, tratando de aspectos relacionados à escolaridade, status ocupacional, nível de consumo e riquezas na vida adulta. Garcias (2014) analisou o impacto da restrição de crédito rural - uma das principais políticas agrícolas no Brasil - para os agricultores familiares das cinco grandes regiões brasileiras, e, também, da eficácia do Pronaf como política de desenvolvimento no meio rural.

Vários autores se dedicaram a estudar os efeitos do programa federal brasileiro Bolsa Família, sendo que alguns utilizaram o método PSM. Dentre eles cita-se Kawamura (2014) que buscou analisar os efeitos desse benefício sobre o consumo de nutrientes e sobre índices antropométricos. Os resultados mostraram que o Bolsa Família contribuiu para que as pessoas beneficiadas tivessem acesso a alimentos saudáveis. Ferrario (2014) avaliou em seu estudo os efeitos do programa sobre gastos com alimentos, bebidas, educação, higiene e saúde das famílias beneficiadas. Já Pais, Silva e Teixeira (2017) buscaram entender a influência da transferência de renda decorrente da implantação do programa Bolsa Família sobre o trabalho infantil no Brasil.

Tratando-se de educação, Vidigal (2018) buscou estimar o impacto das cotas raciais e de renda sobre o desempenho acadêmico dos estudantes das universidades públicas e privadas no Brasil; verificou que não há diferenças estatisticamente significativas entre os resultados acadêmicos dos estudantes que ingressaram com cotas raciais em relação aos estudantes que ingressaram pelas vias normais. Por outro lado, os estudantes com cota de baixa renda apresentaram desempenho acadêmico inferior às demais categorias. Bezerra *et al.* (2018) avaliaram o impacto das políticas educacionais adotadas no município de Sobral sobre a evasão escolar, mostrando que a boa gestão da educação foi capaz de reduzir o número de alunos de deixavam a escola.

Na área econômica, Campello, Graham e Harvey (2010) analisaram os efeitos da crise financeira global de 2008 sobre as restrições financeiras de empresas dos EUA, Europa e Ásia, verificando, por exemplo, que as empresas com restrições financeiras apresentaram cortes mais profundos em gastos com tecnologia, mão de obra e capital. Tratando-se de comportamento do consumidor, Kumar *et al.* (2016) buscaram entender os efeitos do marketing através de mídias sociais, de e-mails e da mídia televisiva sobre o comportamento dos clientes, observando que existe efeito positivo da sinergia entre os canais de comunicação.

Tratando-se especificamente de análises de impactos do setor sucroalcooleiro sobre indicadores socioeconômicos utilizando o PSM, apresentam-se os trabalhos referenciados a seguir, que foram importantes, principalmente, no que tange a especificação do modelo proposto nesta dissertação.

Chagas (2009), utilizando a metodologia PSM espacial buscou verificar os efeitos da produção de cana-de-açúcar nas principais regiões produtoras do Brasil sobre os indicadores sociais de municípios de importantes regiões produtoras dessa graminéa. Utilizando o IDH-M como indicador síntese das condições sociais nos municípios considerados, o autor não obteve resultados que pudessem mostrar que existe relação positiva entre o crescimento da produção de cana e as condições socioeconômicas da população dos municípios onde esta atividade agrícola está implantada.

Para verificar os impactos da expansão do setor sucroenergético no crescimento econômico das regiões brasileiras, Deuss (2012) utilizou o método PSM, no qual o grupo de tratados foi formado pelos municípios que apresentaram taxa de crescimento anual da área com cana-de-açúcar acima do crescimento médio do estado de São Paulo, de 6,8% no período de 2002-2006, e o grupo de controle, pelos municípios que apresentaram uma taxa de crescimento anual inferior a 0,1%. Os resultados indicaram que os municípios das regiões Nordeste e Centro-Sul (exceto São Paulo) que expandiram a produção de cana-de-açúcar tiveram crescimento do PIB *per capita*.

Em nível internacional, cita-se Zhang *et al.* (2012) que, utilizando a metodologia PSM e os dados de vendas de terras agrícolas do estado de Ohio (EUA) no período de 2001 a 2010, analisaram o efeito relativo à proximidade dos pontos de entregas de produtos agrícolas (usinas de etanol, elevadores de grãos e portos) antes e depois de 2007. Os resultados evidenciaram que o valor marginal de estar próximo

a uma usina de etanol no início da década não era relevante, mas tornou-se significativo após o ano de 2007. Já o valor marginal de estar próximo a elevadores de grãos e portos não se alterou durante a década.

4. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o método de Pareamento por Escore de Propensão, ou *Propensity Score Matching* (PSM) na língua inglesa, e sua aplicação, assim como as bases de dados utilizadas e a construção de variáveis necessárias para a realização do presente estudo.

4.1. *Propensity Score Matching* (PSM)

O efeito da expansão do cultivo de cana-de-açúcar sobre o valor bruto da produção agropecuária é analisado comparando-se a média dessa variável estimada considerando os municípios que expandiram o cultivo de cana-de-açúcar, com a média do valor bruto da produção agropecuária daqueles municípios que tinham características semelhantes aos primeiros, mas não expandiram a cana-de-açúcar em suas atividades agropecuárias.

Observa-se que a escolha de plantar determinadas culturas não é um processo aleatório, pois depende de uma série de condições, como por exemplo, clima e qualidade do solo. A presente pesquisa caracteriza-se então como um estudo quase-experimental, sendo necessário criar grupos de tratamento ($T_i = 1$) e controle ($T_i = 0$) para os municípios que expandiram ou não o cultivo dessa gramínea. Para a análise proposta, utiliza-se o PSM, introduzido por Rosenbaum e Rubin (1983) para minimizar o viés de seleção em estudos não experimentais. Neste método, utiliza-se três tipos de variáveis: variável de tratamento; covariáveis observadas; e variável de resultado.

Selecionados os grupos de tratamento e de controle (T_i) e um vetor de covariáveis observadas - também chamadas de variáveis de controle (X_i) – estima-se o escore de propensão, dado por $P(X_i) = \Pr(T_i = 1|X_i)$, ou seja, o escore de propensão é a probabilidade do participante ter recebido o tratamento dado as variáveis de controle observadas, que pode ser estimado por um modelo *probit* ou *logit*.

Dentre as propriedades que devem ser atendidas no modelo está a região de suporte comum, delimitada entre $0 < P(X_i) < 1$, no qual os participantes dos grupos de tratamento e de controle são agregados em blocos de acordo com o valor dos escores de propensão estimados de forma a atender a propriedade de balanceamento

dentro de cada bloco, que implica que a diferença entre as médias das variáveis observadas (X_i) para cada grupo, de tratamento e de controle, não deve ser estatisticamente diferente de zero. Caso haja participantes do grupo de controle com escores de propensão fora da região de suporte comum – não alocado nos blocos –, os mesmos devem ser desconsiderados da amostra, sendo assim, as variáveis selecionadas para o modelo devem ser adequadamente especificadas (Khandker, Koolwal e Samad, 2010; DEHEJIA; WAHBA, 2002).

De acordo com Khandker, Koolwal e Samad (2010), além da propriedade de suporte comum, para identificar o efeito do tratamento sobre os tratados é necessário que os resultados dos grupos controle (Y_i^C) sejam condicionalmente independentes do fato de os participantes deste grupo terem recebido ou não o tratamento, ou seja

$$Y_i^C \perp T_i | X_i.$$

Para atender essa propriedade, há na literatura dúvidas em relação ao critério de seleção das covariáveis observadas, X_i , que podem ser selecionadas de diferentes formas: covariáveis observadas antes do início do período analisado, covariáveis observadas antes do início do período analisado relacionadas ao tratamento, covariáveis que afetam o resultado, ou covariáveis que afetam tanto o tratamento quanto o resultado. Sendo o PSM um método que avalia a probabilidade de pertencer ao grupo de tratamento, de acordo com Austin (2011b), existem argumentos teóricos a favor de que sejam consideradas no modelo apenas covariáveis que afetam o tratamento; estudos com o objetivo de examinar os benefícios de incluir covariáveis observadas em diferentes períodos de tempo mostraram que o modelo de PSM deve incluir apenas covariáveis observadas antes do início do período analisado, evitando assim que as observações ocorridas durante o período de análise tenham sido influenciadas pelo tratamento.

O PSM permite que se avalie o efeito do tratamento sobre os tratados, também conhecido como *Average Treatment on the Treated* (ATT), representador por

$$ATT = E_{P(X)|T=1} \{E[Y^T|T = 1, P(X_i)] - E[Y^C|T = 0, P(X_i)]\} \quad (1)$$

Neste estudo, o ATT é entendido como o efeito da expansão do cultivo de cana-de-açúcar (tratamento) sobre o valor bruto da produção agropecuária dos municípios que obtiveram uma taxa de crescimento de cultivo de cana-de-açúcar igual ou superior a 8,32% ao ano no período entre 2006 a 2010 (tratados) – detalhes sobre o parâmetro adotado encontram-se na próxima sessão.

Podem-se aplicar diferentes técnicas para parear os integrantes do grupo de controle com os do grupo de tratamento. De acordo com Becker e Ichino (2002), dentre os métodos mais utilizados, estão o pareamento por “Vizinho mais Próximo”, e o Kernel *Matching*, os quais serão aplicados neste estudo para estimar o efeito da expansão do cultivo de cana-de-açúcar sobre o valor bruto da produção agropecuária.

- “Vizinho mais Próximo”: a técnica de pareamento por “Vizinho mais Próximo” consiste em parear cada participante do grupo de tratamento com o participante do grupo de controle que tenha o escore de propensão mais próximo, podendo ser com reposição (quando o mesmo participante não tratado é pareado com mais de um participante tratado), ou sem reposição. Neste estudo, será utilizado o método de “Vizinho mais Próximo” sem reposição. Considere $C(i)$ o conjunto de participantes do grupo de controle pareados com os participantes do grupo de tratamento i com um valor estimado de escore de propensão, onde p_t representa o escore de propensão referente aos participantes do grupo de tratamento e p_j dos participantes do grupo de controle, e que $\| p_t - p_j \|$ represente a distância entre eles:

$$C(i) = \min_j \| p_t - p_j \| \quad (2)$$

logo, o método permite que os participantes sejam pareados a partir da menor distância entre suas respectivas probabilidades de terem expandido o cultivo de cana-de-açúcar.

Uma vez que os participantes são pareados, a diferença entre os resultados dos participantes dos grupos de controle e de tratamento são computadas, e o efeito do tratamento sobre os tratados é obtido através da diferença média entre os resultados:

$$\begin{aligned}
\tau^M &= \frac{1}{N^T} \sum_{i \in T} \left(Y_i^T - \sum_{j \in C(i)} \omega_{ij} Y_j^C \right) \\
&= \frac{1}{N^T} \left(\sum_{i \in T} Y_i^T - \sum_{i \in T} \sum_{j \in C(i)} \omega_{ij} Y_j^C \right) \\
&= \frac{1}{N^T} \sum_{i \in T} Y_i^T - \frac{1}{N^T} \sum_{j \in C} \omega_j Y_j^C
\end{aligned} \tag{3}$$

onde M denota a técnica utilizada, no caso, o “Vizinho mais Próximo”, N^T representa a quantidade de integrantes do grupo de tratamento, Y_i^T e Y_j^C são os resultados dos grupos de tratamento e controle, respectivamente, e os pesos são denotados por ω_{ij} , onde

$$\begin{aligned}
\omega_{ij} &= \frac{1}{N^C} \text{ se } j \in C(i), \\
\omega_{ij} &= 0 \text{ caso contrário}
\end{aligned}$$

em que N^C representa a quantidade de integrantes do grupo de controle, e na última equação, $\omega_j = \sum_i \omega_{ij}$.

- *Kernel Matching*: o método de Kernel atribui pesos inversamente proporcionais à distância entre os escores de propensão dos integrantes do grupo de tratados e de controles, ou seja, quanto menor a distância entre os escores de propensão, maior o peso. Neste método todos os participantes do grupo de tratamento são combinados com todos os participantes do grupo de controle. De acordo com Khandker, Koolwal e Samad (2010), os pesos do método de Kernel são representados por

$$\omega(i, j)_{KM} = \frac{K\left(\frac{p_j - p_i}{h_n}\right)}{\sum_{k \in C} K\left(\frac{p_k - p_i}{h_n}\right)} \tag{4}$$

em que $K(.)$ representa a função Kernel, p_j e p_i são os escores de propensão dos integrantes do grupo de controle e tratamento respectivamente, e h_n é a largura da banda ou *bandwidth*.

Becker e Ichino (2002) por sua vez, mostram que o estimador de Kernel é dado por

$$\tau^K = \frac{1}{N^T} \sum_{i \in T} \left\{ Y_i^T - \frac{\sum_{j \in C} Y_j^C K\left(\frac{p_j - p_i}{h_n}\right)}{\sum_{k \in C} K\left(\frac{p_k - p_i}{h_n}\right)} \right\} \quad (5)$$

onde N^T representa a quantidade de integrantes do grupo de tratamento, Y_i^T e Y_j^C são os resultados dos grupos de tratamento e controle respectivamente.

4.2. Base de dados

O estudo abrange os estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná, os quais representam a maior parte da produção de cana-de-açúcar da região Centro-Sul, principal região produtora dessa gramínea do país. Desses estados, foram previamente selecionados 2.390 municípios com a condição de terem atividade agrícola no período de análise, de acordo com os dados disponíveis na Produção Agrícola Municipal (PAM), do IBGE (2017).

Para mensurar o impacto da expansão do cultivo de cana-de-açúcar sobre o valor da produção agropecuária, utilizou-se como variável de tratamento a taxa de crescimento anual da área cultivada com cana-de-açúcar durante o período de 2006 a 2010, transformada em variável binária para compor os grupos de tratamento e controle, sendo:

- Grupo de tratamento (1): fazem parte deste grupo os municípios que obtiveram taxa de crescimento anual da área de cana-de-açúcar plantada maior que 8,32%; esse parâmetro adotado refere-se a taxa de crescimento médio do cultivo de cana-de-açúcar observada no período nos estados analisados.
- Grupo de controle (0): fazem parte deste grupo os municípios com taxa de crescimento anual da área cultivada com cana-de-açúcar menor que 1%,

abrangendo os municípios que não expandiram o cultivo de cana-de-açúcar no período analisado e os que reduziram a área cultivada, ou seja, com taxa de crescimento negativa.

Foram desconsiderados da amostra os municípios que apresentaram taxa de crescimento do cultivo de cana-de-açúcar menor que 8,32% e maior que 1%, de tal forma que o total de municípios analisados passou a ser 2.042.

As covariáveis selecionadas para o modelo, também chamadas de variáveis de controle, seguiram os critérios propostos por Austin (2011b), portanto, foram selecionadas aquelas que afetam a expansão do cultivo de cana-de-açúcar – tratamento – e que ocorreram antes do período de análise ou são consideradas atemporais, as mesmas serão descritas a seguir e estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis de controle do modelo PSM

Variável	Período	Fonte
Área de lavoura temporária (%)	2005	IBGE
Aptidão Edafoclimática (média e alta)	2009	ZAE
PIB <i>per capita</i>	2005	IBGE
Área de pastagem (%)	2005	IBGE
Distância da usina mais próxima	2002/2003	IBGE e UNICA

Fonte: Elaborado pela autora

Um dos principais fatores locacionais para a viabilização do cultivo de cana-de-açúcar é que a lavoura esteja localizada em áreas próximas às unidades industriais, pois distâncias maiores que 50 km podem tornar o processo produtivo economicamente inviável (CNA, 2007). Portanto, foi construída a variável de controle chamada distância da usina mais próxima, que capta a menor distância existente entre o produtor de cana-de-açúcar e a usina. Para a criação desta variável foram utilizados os dados do cadastro de localidades brasileiras, que disponibiliza o centroide de cada município brasileiro (IBGE, 2011). Considerou-se os municípios que tinham usinas em operação no ano-safra de 2002/2003 (UNICA, 2018c).

A aptidão edafoclimática para o cultivo de cana-de-açúcar também foi tomada como variável de controle, o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (Decreto nº 6.969, de 17 de setembro de 2009) fornece estimativas das áreas com aptidão baixa, média e alta para produção de cana-de-açúcar por município, considerando as características de solo, relevo, clima, restrições ambientais e a classe de uso das terras (MANZATTO; ASSAD; BACCA; ZARONI *et al.*, 2009). De forma a atender a

propriedade de balanceamento do PSM foram utilizadas apenas a aptidão média e alta como variáveis de controle, depois de se realizar alguns ajustes preliminares que incluíam a aptidão baixa.

Dentre as áreas indicadas pelo ZAE como aptas para o cultivo de cana-de-açúcar, estão áreas utilizadas pela agricultura e pecuária. Avaliando a conversão do uso da terra para a cana-de-açúcar, no período de 2002 a 2006, 77% da expansão da área com cana ocorreu sobre áreas antes destinadas à pecuária (NASSAR; RUDORFF; ANTONIAZZI; AGUIAR et al., 2008). Portanto, para a finalidade deste trabalho, além da área destinada à agricultura, já considerada na seleção dos municípios participantes, também foram incluídas no modelo a área de lavoura temporária e a área de pastagem dos municípios. A PAM (IBGE, 2016a) disponibiliza os dados anuais de áreas agrícolas por municípios. Já as últimas divulgações sobre a área de pastagem municipal foram do Censo Agropecuário de 1996 e 2006, portanto, foi necessário construir esta variável a partir do número de bovinos por município no ano de 2005 e a área média ocupada por cabeça de bovino (IBGE, 2006; 2016a).

Outra variável de controle considerada nesta pesquisa foi o PIB *per capita* municipal, disponibilizado também pelo IBGE (2016b). Essa variável foi considerada como proxy do desenvolvimento do município, que poderia afetar o acesso a informação, tecnologia, entre outros fatores.

A taxa de crescimento do valor bruto da produção agropecuária dos municípios analisados é a variável de resultado deste estudo. A variável foi construída a partir do valor bruto da produção agrícola de 71 culturas em nível municipal (IBGE, 2017) e do valor bruto da produção pecuária (bovino, suíno e frango) em nível estadual (MAPA, 2018) correspondentes ao período de 2006 a 2010, deflacionadas de acordo com o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), calculado pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE, 2018). Para a finalidade desta pesquisa, foi necessário transformar as variáveis da pecuária estaduais em municipais, utilizando os dados de efetivo de animais em nível municipal, disponibilizado pela Pesquisa Pecuária Municipal (PPM), do IBGE (2016a), como índice para rateio do valor da produção estadual. Além disso, na construção da variável, o VBP agropecuária municipal foi dividido pela sua respectiva área municipal (IBGE, 2016c), de forma que a variável utilizada foi o valor bruto da produção agropecuária por hectare.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Efeito do tratamento sobre os tratados

Todos os procedimentos estatísticos deste estudo foram feitos com o uso do software Stata. Inicialmente comparou-se a taxa média de crescimento do VBP agropecuária por hectare para os grupos de tratamento e controle, antes dos municípios serem pareados, observando-se que, no período analisado, a taxa de crescimento média do VBP agropecuário por hectare dos municípios do grupo de tratamento (1) foi estatisticamente superior ao do grupo de controle (0).

Tabela 2 - Teste t da taxa de crescimento média do VBP antes do pareamento

Grupo	Nº observações	Média	Erro padrão	Diferença	Teste t
0	1452	2,159	0,231		
1	590	4,625	0,364	-2,466	-5,735**

Fonte: Dados da pesquisa

Notas:** Estatisticamente significativo a 1%

Os resultados do modelo PSM foram obtidos utilizando o modelo Probit. Foram selecionados 652 municípios dentre os 2.042 municípios considerados para estabelecer o pareamento, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Participantes do grupo de tratamento e controle

Grupo	Nº observações no suporte comum	%
0	389	59,66
1	263	40,33
Total	652	100

Fonte: Dados da pesquisa

Para o presente estudo, foram consideradas duas especificações alternativas: com e sem o PIB *per capita* como variável de controle, denotados por modelo 1 e modelo 2, respectivamente.

Nas Tabelas 4 e 5 observam-se os resultados obtidos através do ajustamento da função Probit, que relaciona as variáveis de controle com a taxa de crescimento anual da área cultivada com cana-de-açúcar (variável de tratamento) para os dois modelos. Os resultados sugerem, como era de se esperar, que os municípios que têm alta aptidão para o plantio da cana-de-açúcar têm maior

probabilidade de expansão do cultivo da cana-de-açúcar. De outro lado, quanto maior é a distância do município em relação à usina mais próxima, menor é a probabilidade de expansão da cana-de-açúcar, o mesmo ocorrendo em relação à variável “área destinada a lavouras temporárias”. Tanto o PIB *per capita* quanto a área de pastagem apresentaram coeficientes não significativos estaticamente.

Tabela 4 - Resultados do modelo Probit para as variáveis de controle (Modelo 1)

Variável	Coef.	Erro Padrão	P> z
Aptidão Edafoclimática Média	0,003	0,003	0,275
Aptidão Edafoclimática Alta	0,010	0,003	0,002
Distância da usina mais próxima	-0,009	0,002	0,000
Área de lavoura temporária (%)	-0,687	0,244	0,005
Área de pastagem (%)	-0,021	0,181	0,906
PIB <i>per capita</i>	-0,002	0,005	0,730
Constante	-0,029	0,178	0,870

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 5 - Resultados do modelo Probit para as variáveis de controle (Modelo 2)

Variável	Coef.	Erro Padrão	P> z
Aptidão Edafoclimática Média	0,003	0,003	0,287
Aptidão Edafoclimática Alta	0,010	0,003	0,002
Distância da usina mais próxima	-0,009	0,002	0,000
Área de lavoura temporária (%)	-0,684	0,244	0,005
Área de pastagem (%)	-0,008	0,177	0,962
Constante	-0,054	0,162	0,739

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados das Tabelas 6 e 7 mostram o efeito do tratamento sobre os tratados (ATT) para os modelos 1 e 2, respectivamente, obtidos pelos métodos de Kernel *Matching* e de “Vizinho mais Próximo” sem reposição – denotado por NN(1) - e também o resultado do NN(1) estimado por procedimento que leva em consideração, no cálculo do erro padrão, que os escores de propensão são valores estimados ao invés de valores conhecidos (SSCC, 2015).

Tabela 6 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo 1)

Método	Amostra	Grupo (1)	Grupo (0)	Diferença	Erro Padrão	t	P>z
Kernel	Não pareada	4,310	1,198	3,112	0,751	4,14**	
	ATT	4,310	0,751	3,559	0,808	4,40**	
NN(1)	Não pareada	4,310	1,198	3,112	0,751	4,14**	
	ATT	4,310	1,333	2,976	1,253	2,38**	
NN(1) Teffects				2,976	1,080		0,006

Fonte: Dados da pesquisa

** Estatisticamente significativo a 1%

No primeiro modelo, a taxa de crescimento do VBP agropecuária dos municípios do grupo de tratamento foi de 4,31%, os resultados do método de Kernel mostram que o grupo de controle apresentou um crescimento de apenas 0,751% no mesmo período, o que sugere que se os municípios do grupo de tratamento não tivessem expandido o cultivo de cana-de-açúcar, o valor bruto da produção agropecuária destes municípios teria crescido 3,559 p.p. a menos. No método de “Vizinho mais Próximo”, o grupo de controle apresentou uma taxa de crescimento de 1,333% a.a., o que indica que o valor bruto da produção agropecuária dos municípios do grupo de tratamento teria sido 2,976 p.p. menor caso não houvesse a expansão do cultivo de cana-de-açúcar.

Tabela 7 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo 2)

Método	Amostra	Grupo (1)	Grupo (0)	Diferença	Erro Padrão	T	P>z
Kernel	Não pareada	4,310	1,198	3,112	0,751	4,14**	
	ATT	4,310	0,747	3,563	0,807	4,41**	
NN(1)	Não pareada	4,310	1,198	3,112	0,751	4,14**	
	ATT	4,310	1,233	3,077	1,227	2,51**	
NN(1) Teffects				3,077	1,074		0,004

Fonte: Dados da pesquisa

Notas: ** Estatisticamente significativo a 1%

No segundo modelo, onde se excluiu o PIB *per capita*, os resultados encontrados são muito próximos aos obtidos no primeiro, mostrando que essa variável não altera o resultado de forma significativa. A taxa de crescimento média do valor bruto da produção agropecuária dos municípios do grupo de tratamento foi de 4,31% a.a., enquanto que a dos municípios do grupo de controle foi de 0,747% para o modelo

de Kernel, e de 1,233% para o “Vizinho mais Próximo”. Dessa forma, se os municípios não tivessem expandido o cultivo de cana-de-açúcar no período analisado cresceriam 3,563% a.a. e 3,077%, a.a. (dependendo do método utilizado) a menos.

Conclui-se, portanto, que o efeito da expansão do cultivo de cana-de-açúcar sobre o valor bruto da produção agropecuária dos municípios que obtiveram uma taxa de crescimento de cultivo dessa gramínea igual ou superior a 8,32% ao ano, no período entre 2006 a 2010, foi positivo e expressivo.

De forma complementar, com o intuito de entender o impacto do setor canavieiro sobre o valor bruto da produção das demais atividades agropecuárias, estimou-se o PSM para os mesmos modelos, utilizando o valor bruto da produção agropecuária descontada o montante devido à atividade canavieira.

Antes dos municípios serem pareados, observa-se que aqueles que não expandiram o cultivo de cana-de-açúcar no período analisado apresentaram, na média, uma taxa de crescimento do VBP agropecuária 0,89% a.a. maior que a dos municípios que aumentaram o cultivo da referida gramínea, quando desconsiderado o VBP do cultivo de cana-de-açúcar.

Tabela 8 – Teste t da taxa de crescimento média do VBP antes do pareamento (sem VBP cana-de-açúcar)

Grupo	Nº observações	Média	Erro padrão	Diferença	Teste t
0	1452	1,936	0,229	0,893	2,019*
1	590	1,043	0,404		

Fonte: Dados da pesquisa

Notas: * Estatisticamente significativo a 5%

As taxas de crescimento do valor bruto da produção agropecuária dos grupos de controle e de tratados variam significativamente quando se inclui ou não a cana no cálculo. O valor bruto da produção agropecuária no período analisado cresceu 2,159% a.a. para o grupo de controle e 4,625% a.a. para o grupo de tratados (Tabela 2), e quando se exclui a cana, a taxa de crescimento médio do VBP decresce para os dois grupos, como mostra a Tabela 8.

Esclarece-se aqui que as variáveis de controle utilizadas nesse caso foram as mesmas do modelo em que se considerou o valor bruto da produção incluindo cana-de-açúcar. Isso foi feito com o objetivo de se manter na amostra de tratados e não tratados, os mesmos municípios.

Tabela 9 - Participantes do grupo de tratamento e controle (sem VBP cana-de-açúcar)

Grupo	Nº observações no suporte comum	%
0	389	59,66
1	263	40,33
Total	652	100

Fonte: Dados da pesquisa

As Tabelas 9 e 10 mostram os resultados após o pareamento para os modelos 1 e 2 sendo a variável de resultado o $VBP_{sem\ cana-de-açúcar}$.

Tabela 10 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo 1 - sem VBP cana-de-açúcar)

Método	Amostra	Grupo (1)	Grupo (0)	Diferença	Erro Padrão	T	P>z
Kernel	Não pareada	-0,153	0,497	-0,649	0,779	-0,83	
	ATT	-0,153	-0,538	0,385	0,852	0,45	
NN(1)	Não pareada	-0,153	0,497	-0,649	0,779	-0,83	
	ATT	-0,153	-0,658	0,505	1,246	0,40	
NN(1) Teffects				0,505	1,086		0,642

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 11 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo 2 – sem VBP cana-de-açúcar)

Método	Amostra	Grupo (1)	Grupo (0)	Diferença	Erro Padrão	t	P>z
Kernel	Não pareada	-0,153	0,497	-0,649	0,779	-0,83	
	ATT	-0,153	-0,528	0,375	0,851	0,44	
NN(1)	Não pareada	-0,153	0,497	-0,649	0,779	-0,83	
	ATT	-0,153	-0,504	0,352	1,287	0,27	
NN(1) Teffects				0,352	1,138		0,757

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados obtidos em ambos os modelos foram estatisticamente não significativos, mas diferente do teste de média anterior ao pareamento, sugerem que pode sim ter ocorrido uma melhora no VBP das demais atividades agropecuárias nos municípios que presenciaram a expansão do setor sucroenergético.

Além dos modelos apresentados, foram estimados modelos alternativos, seguindo a mesma estrutura, e incluindo como variáveis de controle a participação da área municipal destinada às principais culturas dos estados analisados: soja, milho e café, no ano de 2005. Os resultados, apresentados no Anexo A mostram que mesmo controlando a estrutura local em termos de culturas agrícolas, houve ganhos

estatisticamente significativos no valor bruto da produção agropecuária com expansão do cultivo de cana-de-açúcar.

5.2. Testes pós-estimação

Após estimar o PSM, é necessário analisar se há diferenças estatisticamente significativas entre as médias das variáveis de controle no grupo de tratamento, o que se faz utilizando o teste *t*. Dado que o objetivo da utilização do PSM é parear os municípios que sejam os mais parecidos possíveis, considerando os potenciais métodos existentes (Kernel, “Vizinho mais Próximo”, entre outros), espera-se que a diferença entre as médias das variáveis após o pareamento sejam não significativas estatisticamente. Os resultados do teste *t* para as especificações de modelos consideradas nesta análise (incluindo ou não o PIB entre as variáveis de controle) são apresentados na Tabela 11, onde se apresenta também, no contexto de análise de balanceamento, um indicador de redução de viés após o pareamento.

O indicador de redução de viés, criado por Leuven e Sianesi (2003) com base no estudo de Rosenbaum e Rubin (1985), representa a razão entre as diferenças dos vieses padronizados (*standardized bias* ou SB, tratando-se de sigla) antes e depois do pareamento sobre o viés anterior ao pareamento (eq. 8). O cálculo do viés antes e depois do pareamento são dados por:

$$SB_{antes\ do\ matching} = 100 \cdot \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_0}{\sqrt{0,5(V_1(X) + V_0(X))}} \quad (6)$$

$$SB_{depois\ do\ matching} = 100 \cdot \frac{\bar{X}_{1M} - \bar{X}_{0M}}{\sqrt{0,5(V_{1M}(X) + V_{0M}(X))}} \quad (7)$$

onde $\bar{X}_1$ e V_1 são, respectivamente, a média e a variância do grupo de tratado e $\bar{X}_0$ e V_0 representam a média e a variância do grupo de controle, antes do pareamento. Já $\bar{X}_{1M}$, V_{1M} , $\bar{X}_{0M}$ e V_{0M} correspondem as média e as variâncias depois do pareamento. A redução percentual do viés para cada variável de controle é obtida, conforme já mencionado, pela expressão

$$redução\ \%viés = -100 \left(\frac{|SB_{depois}| - |SB_{antes}|}{|SB_{antes}|} \right) \quad (8)$$

De acordo com Caliendo e Kopeinig (2008) em grande parte dos estudos considera-se que um valor de SB_{depois} menor que 3% ou 5% é suficiente para se obter sucesso no procedimento do pareamento, quando os SB_{depois} é maior que 5% observa-se uma redução do viés, geralmente, menor.

Nota-se, na Tabela 11, que as médias das variáveis de controle após o pareamento não são estatisticamente diferente de zero a 0,10 de probabilidade, exceto no caso do PIB *per capita*, com p-valor de 0,12. No modelo 1, as variáveis aptidão edafoclimática e distância da usina mais próxima apresentaram, relativamente às demais, maior redução de viés, principalmente pelo método de “Vizinho mais Próximo”, chegando a 99,7% para a aptidão edafoclimática alta e 98,5% para a distância da usina mais próxima. No modelo 2, essas variáveis também foram as que apresentaram maior redução do viés.

Como o teste *t* relativo à diferença das médias no caso do PIB *per capita* apresentou-se significativo estatisticamente mesmo após o pareamento, considera-se que essa variável não está contribuindo para que as premissas do método de PSM sejam atendidas, motivo pelo qual foi ajustado o modelo 2, excluindo essa variável. Vale lembrar que o PIB *per capita*, embora tomado nesta análise como proxy de desenvolvimento, pode estar relacionado com a variável de resultado, motivo pelo qual considera-se pertinente utilizar para a análise proposta a especificação do modelo Probit sem essa variável (modelo 2).

As Figuras 5 e 6 mostram a distribuição dos escores de propensão para os grupos de controle e tratamento nos dois modelos, antes e depois do pareamento, pelos métodos Kernel *Matching* e “Vizinho mais Próximo”, observando-se que em ambos os métodos obtiveram-se pareamentos satisfatórios, principalmente o método NN(1).

Os testes pós-estimação dos modelos alternativos, que incluem outras culturas como variáveis de controle, encontraram-se no Anexo B.

Tabela 12 - Teste de Balanceamento

Variável	Antes Depois	Média		Kernel			Média		NN (1)				
		Grupo (1)	Grupo (0)	% SB	Redução do Viés (%)	t	p> t	Grupo (1)	Grupo (0)	% SB	Redução do Viés (%)	t	p> t
Modelo 1: com PIB per capita													
Aptidão Edafoclimática Média	A	22,68	18,50	20,8		2,60	0,01	22,68	18,50	20,8		2,60	0,01
	D	22,68	22,89	-1,1		94,90	-0,11	0,91	22,68	22,94	-1,3	93,80	-0,15
Aptidão Edafoclimática Alta	A	29,62	18,43	49,5		6,29	0,00	29,62	18,43	49,5		6,29	0,00
	D	29,62	27,17	10,8		78,10	1,19	0,24	29,62	29,58	0,2	99,70	0,02
Distância da usina mais próxima	A	28,48	56,58	-69		-8,26	0,00	28,48	56,58	-69		-8,26	0,00
	D	28,48	30,34	-4,6		93,40	-0,71	0,48	28,48	28,91	-1,1	98,50	-0,17
Área de lavoura temporária (%)	A	0,14	0,17	-11,3		-1,37	0,17	0,14	0,17	-11,3		-1,37	0,17
	D	0,14	0,14	0,8		92,60	0,11	0,91	0,14	0,14	0,4	96,40	0,05
Área de pastagem (%)	A	0,80	0,64	39,2		4,89	0,00	0,80	0,64	39,2		4,89	0,00
	D	0,80	0,77	7,6		80,60	0,83	0,41	0,80	0,78	2,7	93,10	0,30
PIB per capita	A	10,45	9,61	8,2		0,99	0,32	10,45	9,61	8,2		0,99	0,32
	D	10,45	10,63	-1,8		78,60	-0,19	0,85	10,45	9,45	9,8	-20,10	1,55
Modelo 2: sem PIB per capita													
Aptidão Edafoclimática Média	A	22,68	18,50	20,8		2,60	0,01	22,68	18,50	20,8		2,60	0,01
	D	22,68	22,84	-0,8		96,10	-0,09	0,93	22,68	23,52	-4,2	80,00	-0,45
Aptidão Edafoclimática Alta	A	29,62	18,43	49,5		6,29	0,00	29,62	18,43	49,5		6,29	0,00
	D	29,62	27,17	10,8		78,10	1,19	0,24	29,62	29,67	-0,2	99,50	-0,03
Distância da usina mais próxima	A	28,48	56,58	-69		-8,26	0,00	28,48	56,58	-69		-8,26	0,00
	D	28,48	30,32	-4,5		93,40	-0,71	0,48	28,48	29,87	-3,4	95,10	-0,54
Área de lavoura temporária (%)	A	0,14	0,17	-11,3		-1,37	0,17	0,14	0,17	-11,3		-1,37	0,17
	D	0,14	0,14	0,8		93,00	0,11	0,92	0,14	0,13	5	55,50	0,71
Área de pastagem (%)	A	0,80	0,64	39,2		4,89	0,00	0,80	0,64	39,2		4,89	0,00
	D	0,80	0,76	8,1		79,40	0,88	0,38	0,80	0,81	-2,9	92,60	-0,32

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 5 - Comparação da distribuição dos escores de propensão antes e depois do pareamento no modelo 1

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 6 - Comparação da distribuição dos escores de propensão antes e depois do pareamento no modelo 2
 Fonte: Dados da pesquisa

6. CONCLUSÃO

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de analisar os efeitos da expansão da atividade canavieira sobre o valor bruto da produção agropecuária dos municípios localizados na região Centro-Sul do Brasil. O período de análise foi o de 2006 a 2010, quando se observa crescimento expressivo do setor sucroenergético. Busca-se também analisar se a atividade canavieira impactou o valor bruto da produção das demais atividades agropecuárias nos municípios onde ela cresceu.

Os resultados obtidos através das técnicas de pareamento Kernel *Matching* e “Vizinho mais Próximo” sem reposição indicam que o setor sucroalcooleiro contribuiu de forma significativa para o crescimento do valor da produção agropecuária dos municípios.

Tinha-se como hipótese neste estudo que o crescimento do valor da produção agrícola na atividade canavieira, notadamente no caso daqueles proprietários de terra que optam pela diversificação da produção, poderia trazer aumento do valor da produção agropecuária das demais atividades a que eles se dedicam, o que se daria através de maior capitalização dessas propriedades e um potencial ganho de eficiência global das fazendas. No entanto, quando analisada a taxa de crescimento do valor da produção agropecuária excluindo-se o valor gerado pela cana-de-açúcar, utilizando o mesmo pareamento de municípios da primeira análise, não é possível concluir, com base em critérios estatísticos, que o aumento do VBP da atividade canavieira tenha como externalidade positiva o aumento do VBP das demais atividades agropecuárias existentes nos municípios, muito embora, em magnitude, o VBP das demais atividades agropecuárias tenha tido valor superior nos municípios onde a cana está presente de forma representativa comparativamente ao dos municípios onde isso não ocorreu.

Resumindo: o estudo desenvolvido mostra que o crescimento da atividade canavieira pode elevar o valor bruto da produção agropecuária daqueles municípios onde ela está presente de forma representativa, o que potencialmente pode se traduzir em aumento dos investimentos e em ganhos de produtividade.

Esse fato deve ser levado em conta quando se definem políticas que tratam de fontes energéticas alternativas da matriz brasileira, em um cenário de crescente demanda por energia, especialmente daquelas renováveis, visando cumprir metas estabelecidas em acordos governamentais.

O estudo foi desenvolvido com base em algumas premissas, como por exemplo, o parâmetro que se utilizou para construir o grupo de tratados e não tratados (tratados com taxas de crescimento do valor bruto da produção acima da média dos estados analisados e não tratados com taxa de crescimento dessa variável abaixo de 1%). Outros estudos podem se conduzidos de tal forma que se busque identificar o *break even*, ou seja, até que ponto a representatividade da atividade canavieira no âmbito da agropecuária traz aumentos estatisticamente significativos para o valor da produção agropecuária dos municípios, o que poderia ser feito utilizando análise de sensibilidade.

Embora neste estudo tenha-se rejeitado estatisticamente a hipótese de que a maior capitalização decorrente da expansão da atividade canavieira, devida ao aumento do valor da produção agropecuária nos municípios onde a cana-de-açúcar está presente, possa trazer aumento do valor da produção de outras atividades agropecuárias, análises complementares devem ser conduzidas para que o assunto possa ser avaliado com maior profundidade.

REFERÊNCIAS

- ANP. **RenovaBio**. 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/renovabio>. Acesso em: 08 ago. 2019.
- ANP. **Abastecimento em números**. 2018. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Abastecimento/60/Boletim_n60.pdf.
- ASSUNÇÃO, J.; PIETRACCI, B.; SOUZA, P. **Fueling development: sugarcane expansion impacts in Brazil**. Disponível em: https://climatepolicyinitiative.org/publication/sugarcane-role-fueling-economy/paper_fueling_development_sugarcane_expansion_impacts_in_brazil_working_paper_cpi-pdf/. Acesso em: 25 abr. 2018.
- AUSTIN, P. C. **A Tutorial and Case Study in Propensity Score Analysis: An Application to Estimating the Effect of In-Hospital Smoking Cessation Counseling on Mortality**. *Multivariate Behavioral Research*, 46, n. 1, p. 119-151, 2011a.
- AUSTIN, P. C. **An Introduction to Propensity Score Methods for Reducing the Effects of Confounding in Observational Studies**. *Multivariate Behavioral Research*, 46, n. 3, p. 399-424, 2011b.
- BACCHI, M. R. P. **RenovaBio deve ajudar compromisso assumido pelo BR na COP 21**. Opinião Cepea, Piracicaba - SP, 2017. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opinioao-cepea/bio-renova-deve-ajudar-compromisso-assumido-pelo-br-na-cop-21.aspx>. Acesso em: 08 ago. 2019.
- BACCHI, M. R. P.; CALDARELLI, C. E. **Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo, entre 2005 e 2009**. *Nova Economia*, 25, p. 209-224, 2015.
- BACCHI, M. R. P.; RODRIGUES, L. **Estrutura de Mercado e Formação de Preços na Cadeia Produtiva de Cana-de-açúcar**. In: BACHA, C. J. C. e ALVES, L. R. A. O. (Ed.). *Panorama da Agricultura Brasileira: estrutura de mercado, comercialização, formação de preços, custos de produção e sistemas produtivos*. Campinas: Alínea, 2018. cap. 8.
- BECKER, S.; ICHINO, A. **Estimation of average treatment effects based on propensity scores**. *Stata Journal*, 2, n. 4, p. 358-377, 2002.
- BEZERRA, V. R. G.; KOMATSU, B. K.; FILHO, N. A. M.; MANNES, Y. S. **Avaliação do Impacto das Políticas Educacionais em Sobral sobre a Evasão Escolar**. In: 46º Encontro Nacional de Economia, 2018, Rio de Janeiro - RJ. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2018/submissao/files_l/i12-c7627745584386158a69a2ea52562802.pdf. Acesso em: 13 out. 2019.
- BOBO, W. V.; COOPER, W. O.; STEIN, C. M.; OLFSON, M. *et al.* **Antipsychotics and the Risk of Type 2 Diabetes Mellitus in Children and Youth**. *Jama Psychiatry*, 70, n. 10, p. 1067-1075, Oct 2013.
- CALIENDO, M.; KOPEINIG, S. **Some practical guidance for the implementation of propensity score matching**. *Journal of Economic Surveys*, 22, n. 1, p. 31-72, 2008.

CAMARGO JUNIOR, A. S.; TONETO JUNIOR, R. **Indicadores sócio-econômicos e a cana-de-açúcar no estado de São Paulo**. SP, 2009. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=10747>. Acesso em: 30 jul. 2018.

CAMPELLO, M.; GRAHAM, J. R.; HARVEY, C. R. **The real effects of financial constraints: Evidence from a financial crisis**. Journal of Financial Economics, 97, n. 3, p. 470-487, Sep 2010. Article.

CHAGAS, A. L. S. **Três ensaios sobre o setor produtor de cana-de-açúcar no Brasil**. 2009. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) -, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CNA. **Cana-de-açúcar: orientações para o setor canavieiro**. Brasília, 2007. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana-de-acucar_orientacoes_para_o_setor_canavieiro_000fipw96tk02wyiv80z4s4733kvhu6q.pdf. Acesso em: 15 ago. 2018.

DEHEJIA, R. H.; WAHBA, S. **Propensity Score-Matching Methods for Nonexperimental Causal Studies**. The Review of Economics and Statistics, 84, n. 1, p. 151-161, 2002.

DEUSS, A. The **Economic Growth Impacts of Sugarcane Expansion in Brazil: An Inter-regional Analysis**. Journal of Agricultural Economics, 63, n. 3, p. 528-551, Sep 2012.

LEUVEN, E.; SIANESI, B. **PSMATCH2: Stata module to perform full Mahalanobis and propensity score matching, common support graphing, and covariate imbalance testing**. Versão S432001. Boston College Department of Economics, 2003.

FERRARIO, M. N. **The impacts on family consumption of the Bolsa Familia subsidy programme**. Cepal Review, n. 112, p. 147-163, Apr 2014.

GARCIAS, Marcos de Oliveira. **Agricultura familiar e os impactos da restrição ao crédito rural: uma análise para diferentes níveis de mercantilização**. 2014. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. doi:10.11606/D.11.2014.tde-24062014-151418. Acesso em: 12 out. 2019.

GILIO, L. **Análise dos impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético**. 2015. (Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)) -, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Acesso em: 05 fev. 2018.

IBGE. **Censo Agropecuário**. 2006. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1034>. Acesso em: 23 mar. 2018.

IBGE. **Cadastro de localidades brasileiras 2010**. Catálogo de Metadados, 2011. Disponível em: http://www.metadados.geo.ibge.gov.br/geonetwork_ibge/srv/por/metadata.show?id=16996&currTab=simple. Acesso em: 01 mai. 2018.

IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Banco de dados agregados: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2016a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas/brasil/2016>. Acesso em: 23 mar. 2018.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Banco de dados agregados: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2016b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

IBGE. **Áreas dos Municípios**. 2016c. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Banco de dados agregados: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

IBRE, F. **IGP**. 2018. Disponível em: <<https://portalibre.fgv.br/estudos-e-pesquisas/indices-de-precos/igp/>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

KAWAMURA, Henrique Coelho. **Efeitos do Programa Bolsa Família no consumo de nutrientes e índices Antropométricos**. 2014. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. doi:10.11606/T.11.2014.tde-02062014-172518. Acesso em: 12 out. 2019

KHANDKER, S. R.; KOOLWAL, G. B.; SAMAD, H. A. **Handbook on Impact Evaluation : Quantitative Methods and Practices**. World Bank, 2010.

KOST, K.; LINDBERG, L. Pregnancy Intentions, Maternal Behaviors, and Infant Health: Investigating Relationships With New Measures and Propensity Score Analysis. **Demography**, 52, n. 1, p. 83-111, Feb 2015.

KUMAR, A.; BEZAWADA, R.; RISHIKA, R.; JANAKIRAMAN, R. *et al.* From Social to Sale: The Effects of Firm-Generated Content in Social Media on Customer Behavior. **Journal of Marketing**, 80, n. 1, p. 7-25, Jan 2016.

MACHADO, P. G.; PICOLI, M. C. A.; TORRES, L. J.; OLIVEIRA, J. G. *et al.* The use of socioeconomic indicators to assess the impacts of sugarcane production in Brazil. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, 52, p. 1519-1526, Dec 2015.

MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACCA, J. F. M.; ZARONI, M. J. *et al.* **Zoneamento da Agroecológico da Cana-de-Açúcar**: Expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. SOLOS, E. Rio de Janeiro: Embrapa: 55 p. 2009.

MAPA. **Balanco Nacional da Cana-de-açúcar e Agroenergia - 2007**. 2007. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/balanco-nacional-da-cana-de-acucar-e-agroenergia-2007>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

MAPA. **Estatísticas**. Brasília: 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

MAPA. **Valor Bruto da Produção (VBP)**. 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

MCLANAHAN, S.; TACH, L.; SCHNEIDER, D. The Causal Effects of Father Absence. *In*: COOK, K. S. e MASSEY, D. S. (Ed.). **Annual Review of Sociology**, Vol 39. Palo Alto: Annual Reviews, 2013. v. 39, p. 399-427. (Annual Review of Sociology).

MME, M. D. M. E. E.-. **RENOVABIO**. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal>>. Acesso em: 17 jul. 2018.

MORAES, M. A. F. D.; BACCHI, M. R. P.; CALDARELLI, C. E. Accelerated growth of the sugarcane, sugar, and ethanol sectors in Brazil (2000-2008): Effects on municipal gross domestic product per capita in the south-central region. **Biomass & Bioenergy**, 91, p. 116-125, Aug 2016.

MORAES, M. A. F. D.; SHIKIDA, P. F. A. O. **Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo: Atlas, 2002.

MORAES, M. A. F. D.; ZILBERMAN, D. **Production of Ethanol from Sugarcane in Brazil: From State Intervention to a Free Market**. 1 ed. Springer International Publishing, 2014. XIII, 221 p. (Natural Resource Management and Policy, v. 43). 978-3-319-03140-8.

MORAES, M. A. F. D.; ZILBERMAN, D.; RODRIGUES, L. The Free Market: The Profound Changes and the New Agenda. *In*: MORAES, M. A. F. D. Z., DAVID (Ed.). **Production of Ethanol from Sugarcane in Brazil: From State Intervention to a Free Market**: Springer, 2014. v. 43, cap. 14, (Natural Resource Management and Policy).

MORAES, M. L. D.; BACCHI, M. R. P. **Etanol**: do início às fases atuais de produção. Revista de Política Agrícola; v. 23, n. 4 (2014), Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/950>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

NASSAR, A.; RUDORFF, B.; ANTONIAZZI, L.; AGUIAR, D. *et al.* Prospects of the sugarcane expansion in Brazil: Impacts on direct and indirect land use changes. **Sugarcane Ethanol: Contributions to Climate Change Mitigation and the Environment**, 2008.

PAIS, P. S. M.; SILVA, F. D.; TEIXEIRA, E. C. **The influence of Bolsa Familia conditional cash transfer program on child labor in Brazil**. International Journal of Social Economics, 44, n. 2, p. 206-221, 2017.

RAY, W. A.; MURRAY, K. T.; HALL, K.; ARBOGAST, P. G. *et al.* **Azithromycin and the Risk of Cardiovascular Death**. New England Journal of Medicine, 366, n. 20, p. 1881-1890, May 2012.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. **The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects**. Biometrika, 70, n. 1, p. 41-55, 1983.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. **Constructing a Control Group Using Multivariate Matched Sampling Methods That Incorporate the Propensity Score**. The American Statistician, 39, n. 1, p. 33-38, 1985.

SANTOS, G. R. D.; GARCIA, E. A.; SHIKIDA, P. F. A. **A Crise na produção do etanol e as interfaces com as políticas públicas**. p. 67 p., Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/4259?mode=full>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

SATOLO, L. F. **Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético : uma análise espacial dinâmica sobre o bem-estar social no Estado de São Paulo (2000-2008)**. 2012. (Tese (Doutorado em Economia Aplicada)) -, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Acesso em: 05 fev. 2018.

SHIKIDA, P. F. A.; AZEVEDO, P. F. D.; VIAN, C. E. D. F. **Desafios da agroindústria canavieira no Brasil pós-desregulamentação: uma análise das capacidades tecnológicas**. Revista de Economia e Sociologia Rural, 49, p. 599-628, 2011.

SILVA, R. **Setor Sucroalcooleiro no Estado de São Paulo: Mensurando Impactos Sócio-Econômicos**, 2008, Ribeirão Preto, SP. I Workshop do Observatório do Setor Sucroalcooleiro, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/308307632_Setor_Sucroalcooleiro_no_Estado_de_Sao_Paulo_Mensurando_Impactos_Socio-Economicos>. Acesso em: 05 fev. 2018.

SSCC. **Propensity Score Matching in Stata using teffects**. p. Social Science Computing Cooperative, 2015. Disponível em: <https://www.ssc.wisc.edu/sscc/pubs/stata_psmatch.htm>. Acesso em: 09 nov. 2018.

STROUP, T. S.; GERHARD, T.; CRYSTAL, S.; HUANG, C. *et al.* **Comparative Effectiveness of Clozapine and Standard Antipsychotic Treatment in Adults With Schizophrenia**. American Journal of Psychiatry, 173, n. 2, p. 166-173, Feb 2016.

TORCHE, F.; COSTA-RIBEIRO, C. **Parental wealth and children's outcomes over the life-course in Brazil: A propensity score matching analysis**. Research in Social Stratification and Mobility, 30, n. 1, p. 79-96, Mar 2012. Article; Proceedings Paper.

UNICA. **Indústria brasileira de cana-de-açúcar: uma trajetória de evolução**. 2012. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/linhadotempo/>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

UNICA. **Fotografia do Setor Sucroenergético**. 2018a. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/documentos/documentos/sid/35831777/>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

UNICA. **RenovaBio**. 2018b. Disponível em: <http://www.unica.com.br/renovabio/>. Acesso em: 17 jul. 2018.

UNICA. **Setor Sucroenergético: questões relevantes para os candidatos à presidência da república (junho2018)**. UNICA Fórum 2018, 2018c. Disponível em: <http://unica.com.br/documentos/documentos/unica/>. Acesso em: 15 jul. 2018.

UNICA. **UNICADATA**. 2018d. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/index.php?idioma=1>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

VIAN, C. E. D. F. **Agroindústria Canavieira: estratégias competitivas e modernização**. 2 ed. Campinas: Átomo, 2015.

VIDIGAL, C. B. R. **Racial and low-income quotas in Brazilian universities: impact on academic performance**. Journal of Economic Studies, 45, n. 1, p. 156-176, 2018.

WALTER, A.; DOLZAN, P.; QUILODRÁN, O.; GARCIA, J. *et al.* A Sustainability Analysis of the Brazilian Ethanol. Disponível em: <http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0811_Unicamp_-_A_sustainability_analysis_of_the_Brazilian_ethanol.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2018.

ZHANG, W.; IRWIN, E. G.; NICKERSON, C. J. **The Expanding Ethanol Market and Farmland Values: Identifying the Changing Influence of Proximity to Agricultural Delivery Points.** Agricultural and Applied Economics Association. 2012.

ANEXOS

ANEXO A – Modelos alternativos: considerando as principais culturas dos estados analisados como variáveis de controle

Tabela 13 - Participantes do grupo de tratamento e controle (Modelo alternativo)

Grupo	Nº observações no suporte comum	%
0	389	59,66
1	263	40,33
Total	652	100

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 14 - Resultados do modelo probit para as variáveis de controle (Modelo alternativo 1)

Variável	Coef.	Erro Padrão	P> z
Aptidão Edafoclimática Média	0,002	0,003	0,493
Aptidão Edafoclimática Alta	0,008	0,003	0,009
Distância da usina mais próxima	-0,009	0,002	0,000
Área de lavoura temporária (%)	-1,685	1,208	0,163
Área de pastagem (%)	-0,048	0,191	0,802
PIB <i>per capita</i>	-0,004	0,005	0,457
Área destinada ao cultivo de café (%)	-3,059	1,051	0,004
Área destinada ao cultivo de milho (%)	0,861	1,838	0,640
Área destinada ao cultivo de soja (%)	1,332	1,656	0,421
Constante	0,170	0,190	0,372

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 15 - Resultados do modelo probit para as variáveis de controle (Modelo alternativo 2)

Variável	Coef.	Erro Padrão	P> z
Aptidão Edafoclimática Média	0,002	0,003	0,525
Aptidão Edafoclimática Alta	0,008	0,003	0,010
Distância da usina mais próxima	-0,009	0,002	0,000
Área de lavoura temporária (%)	-1,635	1,206	0,175
Área de pastagem (%)	-0,020	0,187	0,915
Área destinada ao cultivo de café (%)	-2,990	1,047	0,004
Área destinada ao cultivo de milho (%)	0,860	1,840	0,640
Área destinada ao cultivo de soja (%)	1,260	1,653	0,446
Constante	0,109	0,172	0,526

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 16 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo alternativo 1)

Método	Amostra	Grupo (1)	Grupo (0)	Diferença	Erro Padrão	t	P>z
Kernel	Não pareada	4,310	1,198	3,112	0,751	4,14**	
	ATT	4,310	0,708	3,602	0,817	4,41**	
NN(1)	Não pareada	4,310	1,198	3,112	0,751	4,14**	
	ATT	4,310	2,315	1,995	1,266	1,58***	
NN(1) Teffects				1,995	1,280		0,119

Fonte: Dados da pesquisa

Notas: ** Estatisticamente significativo a 1%

*** Estatisticamente significativo a 10%

Tabela 17 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo alternativo 2)

Método	Amostra	Grupo (1)	Grupo (0)	Diferença	Erro Padrão	t	P>z
Kernel	Não pareada	4,310	1,198	3,112	0,751	4,14**	
	ATT	4,310	0,720	3,589	0,815	4,40**	
NN(1)	Não pareada	4,310	1,198	3,112	0,751	4,14**	
	ATT	4,310	1,017	3,293	1,212	2,72**	
NN(1) Teffects				3,293	1,105		0,003

Fonte: Dados da pesquisa

Notas: ** Estatisticamente significativo a 1%

*** Estatisticamente significativo a 10%

Tabela 18 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo alternativo sem VBP cana-de-açúcar 1)

Método	Amostra	Grupo (1)	Grupo (0)	Diferença	Erro Padrão	t	P>z
Kernel	Não pareada	-0,153	0,497	-0,649	0,779	-0,83	
	ATT	-0,153	-0,554	0,401	0,859	0,47	
NN(1)	Não pareada	-0,153	0,497	-0,649	0,779	-0,83	
	ATT	-0,153	0,419	-0,571	1,239	-0,46	
NN(1) Teffects				-0,571	1,150		0,619

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 19 - Efeito do tratamento sobre os tratados (Modelo alternativo sem VBP cana-de-açúcar 2)

Método	Amostra	Grupo (1)	Grupo (0)	Diferença	Erro Padrão	t	P>z
Kernel	Não pareada	-0,153	0,497	-0,649	0,779	-0,83	
	ATT	-0,153	-0,533	0,380	0,858	0,44	
NN(1)	Não pareada	-0,153	0,497	-0,649	0,779	-0,83	
	ATT	-0,153	-0,834	0,681	1,285	0,53	
NN(1) Teffects				0,681	1,132		0,547

Fonte: Dados da pesquisa

ANEXO B – Testes de balanceamento dos modelos alternativos

Tabela 20 - Teste de balanceamento (Modelo alternativo 1)

Variável		Média			Kernel			Média			NN (1)			
		Antes Depois	Grupo (1)	Grupo (0)	% SB	Redução do Viés (%)	t	p> t	Grupo (1)	Grupo (0)	% SB	Redução do Viés (%)	t	p> t
Aptidão Edafoclimática Média	A		22,68	18,50	20,80		2,60	0,01	22,68	18,50	20,80		2,60	0,01
	D		22,68	22,96	-1,40	93,30	-0,15	0,88	22,68	19,69	14,90	28,60	1,68	0,09
Aptidão Edafoclimática Alta	A		29,62	18,43	49,50		6,29	0,00	29,62	18,43	49,50		6,29	0,00
	D		29,62	26,71	12,90	74,00	1,43	0,15	29,62	30,19	-2,60	94,80	-0,28	0,78
Distância da usina mais próxima	A		28,48	56,58	-69,00		-8,26	0,00	28,48	56,58	-69,00		-8,26	0,00
	D		28,48	29,66	-2,90	95,80	-0,45	0,65	28,48	29,76	-3,20	95,40	-0,48	0,63
Área de lavoura temporária (%)	A		0,14	0,17	-11,30		-1,37	0,17	0,14	0,17	-11,30		-1,37	0,17
	D		0,14	0,14	-0,10	99,10	-0,01	0,99	0,14	0,14	-1,10	90,10	-0,15	0,88
Área de pastagem (%)	A		0,80	0,64	39,20		4,89	0,00	0,80	0,64	39,20		4,89	0,00
	D		0,80	0,76	9,40	76,20	1,02	0,31	0,80	0,80	-2,40	94,00	-0,26	0,80
PIB per capita	A		10,45	9,61	8,20		0,99	0,32	10,45	9,61	8,20		0,99	0,32
	D		10,45	10,61	-1,60	80,90	-0,18	0,86	10,45	9,66	7,80	5,20	1,02	0,31
Área destinada ao cultivo de café (%)	A		0,02	0,04	-39,10		-4,62	0,00	0,02	0,04	-39,10		-4,62	0,00
	D		0,02	0,02	-1,10	97,20	-0,20	0,84	0,02	0,01	6,40	83,50	1,39	0,17
Área destinada ao cultivo de milho (%)	A		0,04	0,05	-9,60		-1,17	0,24	0,04	0,05	-9,60		-1,17	0,24
	D		0,04	0,04	2,20	77,10	0,27	0,79	0,04	0,05	-1,90	80,60	-0,24	0,81
Área destinada ao cultivo de soja (%)	A		0,06	0,07	-9,10		-1,11	0,27	0,06	0,07	-9,10		-1,11	0,27
	D		0,06	0,06	-0,10	98,40	-0,02	0,99	0,06	0,06	-0,70	92,20	-0,09	0,93

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 21 - Teste de balanceamento (Modelo alternativo 2)

Variável	Média				Kernel				Média				NN (1)			
	Antes Depois	Grupo (1)	Grupo (0)	% SB	Redução do Viés (%)	t	p> t	Grupo (1)	Grupo (0)	% SB	Redução do Viés (%)	t	p> t			
Aptidão Edafoclimática Média	A	22,68	18,50	20,80		2,60	0,01	22,68	18,50	20,80		2,60	0,01			
	D	22,68	22,88	-1,00	95,30	-0,11	0,92	22,68	21,98	3,50	83,40	0,38	0,71			
Aptidão Edafoclimática Alta	A	29,62	18,43	49,50		6,29	0,00	29,62	18,43	49,50		6,29	0,00			
	D	29,62	26,77	12,60	74,60	1,40	0,16	29,62	29,41	0,90	98,20	0,10	0,92			
Distância da usina mais próxima	A	28,48	56,58	-69,00		-8,26	0,00	28,48	56,58	-69,00		-8,26	0,00			
	D	28,48	29,70	-3,00	95,70	-0,46	0,64	28,48	28,99	-1,30	98,20	-0,20	0,84			
Área de lavoura temporária (%)	A	0,14	0,17	-11,30		-1,37	0,17	0,14	0,17	-11,30		-1,37	0,17			
	D	0,14	0,14	-0,20	98,50	-0,02	0,98	0,14	0,14	0,30	96,90	0,05	0,96			
Área de pastagem (%)	A	0,80	0,64	39,20		4,89	0,00	0,80	0,64	39,20		4,89	0,00			
	D	0,80	0,76	9,70	75,20	1,06	0,29	0,80	0,78	3,90	90,10	0,43	0,66			
Área destinada ao cultivo de café (%)	A	0,02	0,04	-39,10		-4,62	0,00	0,02	0,04	-39,10		-4,62	0,00			
	D	0,02	0,02	-0,90	97,60	-0,17	0,87	0,02	0,01	3,50	90,90	0,70	0,48			
Área destinada ao cultivo de milho (%)	A	0,04	0,05	-9,60		-1,17	0,24	0,04	0,05	-9,60		-1,17	0,24			
	D	0,04	0,04	2,50	74,30	0,31	0,76	0,04	0,05	-0,60	94,20	-0,07	0,95			
Área destinada ao cultivo de soja (%)	A	0,06	0,07	-9,10		-1,11	0,27	0,06	0,07	-9,10		-1,11	0,27			
	D	0,06	0,06	-0,30	96,80	-0,04	0,97	0,06	0,06	0,60	93,30	0,08	0,94			

Fonte: Dados da pesquisa