

Universidade Estadual Paulista

Vinícius de Camargo Noronha

IMPACTO DAS VARIÁVEIS
ECONÔMICAS DA PRODUÇÃO
CANAVIEIRA EM ARARAQUARA,
JABOTICABAL, PIRACICABA,
RIBEIRÃO PRETO E SÃO CARLOS, NO
PERÍODO ENTRE
2001 A 2016

Jaboticabal

2021

Vinícius de Camargo Noronha

IMPACTO DAS VARIÁVEIS
ECONÔMICAS DA PRODUÇÃO
CANAVIEIRA EM ARARAQUARA,
JABOTICABAL, PIRACICABA,
RIBEIRÃO PRETO E SÃO CARLOS, NO
PERÍODO ENTRE
2001 A 2016

Qualificação apresentada à Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como
exigência parcial para obtenção do grau de
Mestre em Administração.

Área de Concentração: Gestão de Organizações
Agroindustriais

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Rangel Fernandes
Figueira

Jaboticabal

2021

N852i Noronha, Vinicius de Camargo
Impacto das variáveis econômicas da produção canavieira em Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos, no período entre 2001 a 2016 / Vinicius de Camargo Noronha. -- Jaboticabal, 2022
67 p. : il., tabs., mapas

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Sérgio Rangel Fernandes Figueira

1. Cana-de-açúcar. 2. Microrregiões. 3. Modelo econométrico. 4. Dados em painel. 5. Produtividade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**À MINHA MÃE, AO MEU PAI,
À MINHA IRMÃ, À MINHA ESPOSA.**

Meu grande alicerce durante a minha
caminhada no Mestrado.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a Deus, o maior orientador da minha vida. Sem ele nada seria possível, ele nunca me abandonou nas horas de necessidade.

Sou extremamente grato ao meu orientador Sérgio pela oportunidade e incentivo durante todo o trabalho. Sua motivação foi essencial para a conclusão.

Aos meus pais, Ana Luiza e Wanderlei, que depositaram os seus sonhos nos seus filhos, uma grande força que permitiu o meu avanço, mesmo durante os momentos mais difíceis. Agradeço do fundo do meu coração. Tudo por vocês!

A minha irmã Ana Paula, que foi parte fundamental na minha educação e desenvolvimento, uma inspiração para toda minha vida.

A minha esposa Juliana, cujo o apoio e companheirismo foram essenciais para a conclusão deste trabalho. Te amo.

Obrigado!

IMPACTO DAS VARIÁVEIS ECONÔMICAS DA PRODUÇÃO CANAVIEIRA EM ARARAQUARA, JABOTICABAL, PIRACICABA, RIBEIRÃO PRETO E SÃO CARLOS, NO PERÍODO ENTRE 2001 A 2016

RESUMO

Objetivo

O objetivo geral do trabalho foi o de analisar como o preço da cana-de-açúcar, o preço dos produtos substitutos na oferta e o preço dos insumos de produção impactaram na área de produção de cana-de-açúcar e na produtividade nas microrregiões de Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos, entre os anos de 2001 a 2016. Os objetivos específicos do trabalho foram: 1) Apresentação das séries históricas no período de 2001 a 2016 para as variáveis: área colhida (hectares), quantidade produzida (toneladas), rendimento médio da produção (toneladas por hectare), valor da produção em reais, preço do adubo, preço do inseticida e herbicida, óleo diesel e salário mínimo; 2). Estatísticas descritivas das variáveis: média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo das séries históricas; 3) Aplicação do modelo de dados em painel para mensurar o impacto das variáveis preço da cana-de-açúcar, herbicidas, fertilizantes, óleo diesel e salário mínimo sobre a variável dependente produtividade; 4) Aplicação do modelo de dados em painel para mensurar o impacto das variáveis preço da cana-de-açúcar, e dos produtos substitutos: preço da soja, carne bovina, sobre a variável dependente área de produção de cana-de-açúcar.

Metodologia / Procedimentos de Pesquisa

As variáveis explicativas área colhida, quantidade produzida, rendimento médio da produção, valor da produção, preço do adubo, inseticida, herbicida, óleo diesel, e salário mínimo foram analisadas com estatísticas descritivas utilizando os valores de média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo das séries históricas. Realizou-se ainda análise através do modelo econométrico de dados em painel para efeitos fixos utilizando-se do software Gretl.

Resultados e Discussões

A microrregião de Ribeirão Preto foi a que apresentou as maiores produções para máximo, média e mediana, e a microrregião de São Carlos contou com o menor volume entre as microrregiões selecionadas. A microrregião com maior produtividade média no período estudado foi Jaboticabal e a menor foi Piracicaba. No modelo econométrico, a adubação na segunda defasagem, o óleo diesel na primeira defasagem e o salário mínimo na segunda defasagem impactaram na produtividade canavieira. A variável preço da cana-de-açúcar obteve impacto positivo na área de produção canavieira.

Implicações Gerenciais

O modelo permitiu avaliar o impacto do preço da cana-de-açúcar e dos preços dos insumos na produção de cana-de-açúcar no próximo período, auxiliando órgãos públicos e empresas privadas na criação de indicadores parciais de produtividade agrícola, que contribuirão para previsão da geração de trabalho e renda. Além disso, fornece subsídios para que as empresas avaliem o impacto do preço da cana-de-açúcar e aprimorem os critérios de contratação com os fornecedores, com intuito de incrementar o suprimento da cana-de-açúcar.

Conclusões e Limitações da Pesquisa

Os resultados do modelo econométrico corroboram com a teoria econômica, com os preços dos insumos (como fertilizantes, herbicidas, salário mínimo e óleo diesel) influenciando negativamente na produtividade canavieira. Constatou-se ainda influência positiva do preço da cana-de-açúcar sobre a área plantada. Como limitações da pesquisa, pode-se destacar o período relativamente curto, 2001 até 2016, e a abrangência geográfica, cinco microrregiões, como limitações para se estender estas conclusões para outros períodos e regiões geográficas.

Originalidade

Os estudos existentes voltados para avaliação do impacto de variáveis econômicas na produção canavieira contemplam modelos genéricos com menos variáveis explicativas. O presente estudo pode auxiliar na obtenção de novas metodologias para avaliação da flutuação da produção de cana-de-açúcar, além de contribuir com dados que possibilitarão a realização de novas pesquisas na área. Além disso, o modelo serve de referência para construção de sistemas capazes de aferir, de forma comparativa, o desempenho da produção de produtores e de usinas de cana-de-açúcar em relação as microrregiões estudadas.

Palavras-chaves: Cana-de-açúcar, Microrregiões, Estado de São Paulo, Modelo econométrico, Dados em painel, Produtividade, Área

IMPACT OF ECONOMIC VARIABLES OF SUGARCANE PRODUCTION IN ARARAQUARA, JABOTICABAL, PIRACICABA, RIBEIRÃO PRETO AND SÃO CARLOS, BETWEEN 2001-2016

ABSTRACT

Purpose

The general objective of the work was to analyze how the price of sugarcane, the price of substitute products on offer and the price of production inputs impacted the sugarcane production area and productivity in the microregions of Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto and São Carlos, from 2001 to 2016. The specific objectives of the work were: i) Presentation of historical series for the period 2001 to 2016 for the variables: harvested area (hectares), quantity produced (tonnes), average production yield (tons per hectare), production value in reais, fertilizer price, insecticide and herbicide price, diesel oil and minimum wage; ii. Descriptive statistics of variables: mean, median, standard deviation, minimum and maximum of the historical series; iii) Application of the panel data model to measure the impact of the variables sugarcane price, herbicides, fertilizers, diesel oil and minimum wage on the dependent variable productivity; IV. Application of the panel data model to measure the impact of the sugarcane price and substitute products variables: soybean price, beef, on the dependent variable sugarcane production area.

Design/methodology

The explanatory variables harvested area, quantity produced, average production yield, production value, fertilizer price, insecticide, herbicide, diesel oil, and minimum wage were analyzed with descriptive statistics using the mean, median, standard deviation, minimum and maximum of the historical series. An analysis was also performed using the econometric model of panel data for fixed effects using the Gretl software.

Findings and Discussions

The model allowed evaluating the impact of sugarcane price and input prices on sugarcane production in the next period, helping public agencies and private companies in the creation of partial agricultural productivity indicators, which will contribute to forecasting of job and income generation. In addition, it provides subsidies for companies to assess the impact of the sugarcane price and improve the criteria for contracting with suppliers, in order to increase the supply of sugarcane.

Management Implication

The model allowed evaluating the impact of sugarcane price and input prices on sugarcane production in the next period, helping public agencies and private companies in the creation of partial agricultural productivity indicators, which will contribute to forecasting of job and income generation. In addition, it provides subsidies for companies to assess the impact of the sugarcane price and improve the criteria for contracting with suppliers, in order to increase the supply of sugarcane.

Conclusion and Research limitations

The results of the econometric model corroborate the economic theory, with the prices of inputs (such as fertilizers, herbicides, minimum wage and diesel) negatively influencing sugarcane productivity.. . There was also a positive influence of the sugarcane price on the planted area. As limitations of the research, the relatively short period, 2001 to 2016, and the geographic coverage, five microregions, can be highlighted as limitations to extend these conclusions to other periods and geographic regions.

Originality

The results of the econometric model corroborate the economic theory, with the prices of inputs (such as fertilizers, herbicides, minimum wage and diesel) negatively influencing sugarcane productivity. There was also a positive influence of the sugarcane price on the planted area. As limitations of the research, the relatively short period, 2001 to 2016, and the geographic coverage, five microregions, can be highlighted as limitations to extend these conclusions to other periods and geographic regions.

Keywords: Sugarcane, Microregions, State of São Paulo, Econometric model, Panel data, Productivity.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANP – Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis

ATR – Açúcar Total Recuperável

CATI – Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada

CONSECANA – Conselho dos Produtores de Cana de Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo

EDR – Escritório de Desenvolvimento Rural

FGV – Fundação Getulio Vargas IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA – Instituto de Economia Agrícola

IGP-M – Índice Geral de Preços - Mercado

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

PROÁLCOOL – Programa Nacional do Álcool

SIDRA – IBGE - Sistema IBGE de Recuperação Automática

UDOP – União Nacional da Bioenergia

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mecanismo de emissão e comercialização de CBios.....	20
FIGURA 2. Porcentagem de produção de Produtores no Estado de São Paulo ao longo das Safras.....	23
FIGURA 3 Fluxograma da formação do preço da Cana de Açúcar pelo sistema CONSECANA/SP	24
FIGURA 4. Microrregiões do Estado de São Paulo	29
FIGURA 5. Porcentagem de área de Produção de Cana-de-açúcar em relação ao Estado de SP em 2016.	30
FIGURA 6. Evolução da área de cana-de-açúcar colhida por microrregião	36
FIGURA 7. Evolução da Produtividade de cana-de-açúcar por microrregião	37
FIGURA 8. Quantidade de cana-de-açúcar produzida por microrregião	38
FIGURA 9. Preço da cana-de-açúcar por microrregião	39
FIGURA 10. Comparativo: Variação do Preço da saca Açúcar VHP, SIDRA-IBGE,e Consecana.....	40
FIGURA 11. Variação do Preço do adubo em R\$/hectare.....	41
FIGURA 12. Variação do preço de herbicida e inseticida em R\$/hectare.	42
FIGURA 13. Variação do Preço do óleo diesel em R\$/litro.	42
FIGURA 14. Variação do valor do salário mínimo em reais.	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Análise descritiva da Área de produção das microrregiões.	36
TABELA 2. Análise descritiva da Produtividade das microrregiões	37
TABELA 3. Análise descritiva da quantidade de cana-de-açúcar produzida em toneladas nas microrregiões.....	38
TABELA 4. Análise descritiva do valor de cana-de-açúcar produzida em toneladas nas microrregiões.	40
TABELA 5. Análise descritiva da variação do preço do adubo.	40
TABELA 6. Análise descritiva da variação do preço do adubo	41
TABELA 7. Análise descritiva da variação do preço de herbicida e inseticida	42
TABELA 8. Análise descritiva da variação do preço do óleo diesel.....	43
TABELA 9. Análise descritiva da variação do salário mínimo em reais.	43
TABELA 10. Resultado do modelo de dados em painel para os coeficientes, Erro padrão, razão-t e p-valor.	46
TABELA 11. Resultados dos dados em painel dos coeficientes, erro padrão, razão-t e p-valor. Para a área	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. Histórico da produção de cana-de-açúcar no Brasil	16
2.2. A expansão da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo	20
2.3. Cana de Produtores no estado de São Paulo.....	22
2.4. Fatores determinantes da produtividade do canavial.....	25
2.5. Teoria microeconômica adaptada para a produção agrícola.....	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1. Análise descritiva	31
3.2. Modelo Econométrico	32
3.2.1. Preço da cana-de-açúcar.....	34
3.2.2. Composição dos tratos culturais	34
3.2.3. Preço dos bens substitutos	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 Apresentação das séries históricas e estatísticas descritivas das variáveis.....	36
4.2. Discussões Análises Estatísticas	43
4.3. Modelos Econométrico.....	45
4.3.1. Produtividade	46
4.3.2. Área	47
4.4. Discussões Modelos Econométricos	48
5. IMPLICAÇÕES GERENCIAIS.....	52
6. CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS	55
ANEXO 1.....	65
Testes de estacionariedade das variáveis produtividade, adubação.....	65
Testes KPSS.....	65
ANEXO II.....	68

1. INTRODUÇÃO

A história da cultura da cana-de-açúcar no Brasil passou por diferentes fases, mas nunca deixou de assumir posição relevante no desenvolvimento da economia nacional. Sua importância é observada desde o período colonial, como o primeiro produto cultivado nas terras brasileiras, até os dias de hoje, em que o país ocupa a posição de maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com primeiro lugar no ranking mundial de produção e exportação de açúcar, e o segundo lugar na produção de etanol (FURTADO; 1969; UNICA, 2018). O país continuará mantendo sua posição, e será responsável por 39% do volume mundial de cana-de-açúcar e 18% da produção mundial de açúcar até 2029. Além disso, a produção de etanol atingirá 39 bilhões de litros no mesmo período (FAO, 2020).

Em um território marcado pela história do café, o estado de São Paulo foi evoluindo no cultivo de cana-de-açúcar desde a instalação da primeira destilaria no município de Piracicaba, em 1933 (RODRIGUES; ROSS; 2020). Atualmente, o estado é o principal produtor do país, representando mais da metade da área colhida e da produção nacional (CONAB, 2020), e as microrregiões de Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos concentram 21% das lavouras canavieiras do estado (SIDRA/IBGE, 2018).

No Brasil, as condições edafoclimáticas favoráveis propiciam a expansão da produção de cana-de-açúcar através do incremento da área plantada. No entanto, outras questões como ambiente de produção, características genéticas dos cultivares, operações realizadas, produtividade podem afetar a produção dessa cultura (KOGA-VICENTE, et al., 2013; MENDONÇA, 2018). Desse modo, as tecnologias adotadas, melhoramentos genéticos e custos de produção são essenciais para garantir a competitividade no mercado e para que ocorra um progresso, os esforços devem ser focados em elevar a produtividade e reduzir os custos de produção.

Para Barros (2007) a oferta de um produto agrícola decorre da variação da área e da produtividade. Conforme Pindyck; Rubinfeld (1994); Ferguson (1999); Varian (2006), a teoria microeconômica entre outras finalidades possui uma construção teórica para explicar como os preços dos produtos e dos insumos utilizados na produção impactam na decisão de produção de um produto por uma firma capitalista e na oferta deste produto no mercado. Elevações de preços do produto em relação aos substitutos na oferta tendem a estimular o crescimento da quantidade ofertada deste bem. Elevações de preços dos insumos, (como no caso da agricultura dos

fertilizantes, herbicidas, óleo diesel e salário mínimo) tendem a reduzir o lucro das empresas e consequentemente a oferta de um bem ou serviço no mercado.

Alguns estudos aplicaram a econometria na evolução da cana-de-açúcar no estado de São Paulo, como é o caso Satolo e Bacchi (2009), que utilizaram análises econométricas para avaliar o papel de choques de oferta e de demanda na evolução da produção de cana-de-açúcar e verificaram que a variação do preço da cana-de-açúcar representou um impacto de mais de 40% sobre a produtividade, Oliveira (2017) que avaliou a elasticidade do preço da cana-de-açúcar e o da carne bovina e constatou que o preço da cana-de-açúcar demonstrou impactar positivamente na oferta, e Figueira (2020) que utilizou o modelo de dados em painel para analisar o impacto do preço na área plantada com cana-de-açúcar e constatou elasticidade positiva.

Sendo assim, o objetivo geral do trabalho é analisar como o preço da cana-de-açúcar, o preço dos produtos substitutos na oferta e o preço dos insumos de produção impactaram na área de produção de cana-de-açúcar e na produtividade nas microrregiões de Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos, entre os anos de 2001 e 2016, período de crescimento intenso da cultura canavieira.

Para se cumprir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão atingidos:

1. Apresentação das séries históricas no período de 2001 a 2016 para as variáveis: área colhida (hectares), quantidade produzida (toneladas), rendimento médio da produção (toneladas por hectare), valor da produção em reais, preço do adubo, preço do inseticida e herbicida, óleo diesel e salário mínimo.
2. Estatísticas descritivas das variáveis: média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo das séries históricas.
3. Aplicação do modelo de dados em painel para mensurar o impacto das variáveis preço da cana-de-açúcar, herbicidas, fertilizantes, óleo diesel e salário mínimo sobre a variável dependente produtividade.
4. Aplicação do modelo de dados em painel para mensurar o impacto das variáveis preço da cana-de-açúcar, e dos produtos substitutos: preço da soja, carne bovina, sobre a variável dependente área de produção de cana-de-açúcar.

Justifica-se este estudo em função da importância do setor sucroenergético na produção agrícola brasileira e paulista e a necessidade de compreensão de suas tendências. As

microrregiões analisadas são significativas para a produção do setor no estado de São Paulo, que por sua vez é responsável por mais da metade da produção nacional. Portanto, a inferência sobre a produção canavieira paulista reflete na produção canavieira brasileira. Do ponto de vista científico, o projeto irá auxiliar a obtenção de novas metodologias para mensurar o impacto das variáveis econômicas sobre a oferta canavieira uma vez que existem poucas pesquisas relacionadas ao tema no Brasil.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De modo a fundamentar o presente trabalho, o referencial teórico foi dividido nos seguintes tópicos: Histórico da produção de cana-de-açúcar no Brasil; A expansão da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo; Cana de Produtores no estado de São Paulo; Fatores determinantes da produtividade da cana-de-açúcar; Fatores determinantes da produção agrícola.

2.1. Histórico da produção de cana-de-açúcar no Brasil

A descoberta do Brasil pelos portugueses, em 1500, inicialmente despertou interesse apenas pela extração do pau-brasil. No entanto, a concorrência da espécie brasileira com outras nações europeias fez com que a Coroa portuguesa adotasse novos planos para garantir a defesa da colônia e planejar novos lucros com seus produtos tropicais. Em 1530, Martins Afonso de Souza foi enviado para Ilha de São Vicente, na Baía de Santos, para iniciar uma base de colonização e, conseqüentemente, precisava encontrar um produto, fácil de produzir e comercializar, que incentivasse a permanência dos colonizadores na Ilha (PILETTI; 1996). Os portugueses já comercializavam açúcar em outras colônias insulares de Atlântico e conseguiam uma boa valorização da especiaria com os europeus. Como o ambiente de produção era muito similar ao Brasil, a cana-de-açúcar passou a ser o primeiro produto cultivado nas terras brasileiras (FURTADO; 1969). E assim, na Ilha de São Vicente, surgiu um dos primeiros engenhos do Brasil: o Engenho e São Jorge dos Erasmos (RODRIGES; ROSS; 2020)

Com a necessidade de instalação de outras vilas, os portugueses elegeram as características fundamentais para instalação de novos engenhos, como o clima marcado por estação úmida, para plantio e crescimento, e estação seca para aumento do teor de sacarose, existência de período sem chuvas, proximidade de corpos d'água, e solos e relevos propícios para a plantação. Seguindo para Baía de Guanabara e acompanhando a linha costeira, a região Nordeste ganhou destaque e se tornou a principal região produtora de cana-de-açúcar do País (RODRIGUES; ROSS; 2020).

Do período colonial (1500-1822) para o período monárquico (1822-1889) não foram observadas grandes mudanças na predominância da lavoura canavieira, pois após a independência, na era da Revolução Industrial, a divisão do trabalho manteve os países não industrializados, como o caso do Brasil, na produção de matérias-primas (HOLANDA, 1985). No entanto, no final do século XVIII, a economia açucareira passou por um renascimento. Com a introdução do açúcar de beterraba e incremento da tecnologia canavieira em outros países, a produção de açúcar enfrentou um declínio de 1885 a 1910 (RODRIGUES; ROSS; 2020). A

crise no setor açucareiro foi agravada no final do século XIX com a turbulência econômica dos Estados Unidos que provocou a depreciação dos produtos de exportação e queda das taxas cambiais brasileiras (EISENBERG, 1977). Com esse novo cenário, tornou-se essencial a introdução de processos mais eficientes de produção de açúcar, o que levou o governo imperial a conceder subsídios para instalação de uma nova concepção de engenhos, os engenhos centrais, com divisão de trabalho entre o proprietário agrícola (cultivador de cana) e o produtor de açúcar (HOLANDA, 1985).

Pernambuco, Bahia e Rio de Janeiro receberam o maior montante de subsídios. São Paulo foi a quarta província a receber maiores subsídios, porém, na época, colocava o açúcar em posição secundária pois o café era a fonte principal de renda nas exportações (EISENBERG, 1977; MELO; 2009). Esse cenário mudou em 1929, com a crise da cafeicultura, que fez com que vários cafeicultores enxergassem na cana-de-açúcar uma fonte de renda para minimizar os prejuízos advindos do café (SZMRECSÁNYI, 1979).

A grande depressão econômica mundial de 1929 fez com que a cultura canavieira no Brasil enfrentasse grandes desafios, com superprodução de açúcar e dificuldades de exportação. Em 1930, medidas passaram a ser tomadas pelo governo, como limitação da produção de açúcar, proibição de instalação de novas unidades e aceleração da industrialização do álcool. O Governo instituiu o Decreto nº 19.717/1931, que obrigava a adição de 5% de álcool na gasolina, além da isenção de impostos para importação de equipamentos necessários à sua produção. Até 1933 não foram observadas melhoras significativas e fundou-se o Instituto de Açúcar e Álcool (IAA) com funções de regulação do mercado de açúcar e fomento da produção de álcool anidro (SZMRECSÁNYI, 1979). Além disso, o plano de racionalização da produção de açúcar estimulou a incorporação de usinas de pequeno porte, consideradas antieconômicas e de baixa produtividade, por grupo de usinas de maior porte (FERREIRA; ALVES, 2009).

Em meados da década de 1950, a superprodução de açúcar fez com que o governo iniciasse uma nova era de fomento da exportação de açúcar e etanol. A expansão da agroindústria canavieira foi incentivada pelo IAA que liberou a produção de açúcar para a safra 1950/1951. Em 1963 o Brasil ocupava o 6º lugar entre os 40 países exportadores signatários do acordo mundial. No entanto, com o golpe de 1964, o governo começou a adotar medidas nacionalistas para o desenvolvimento econômico (SZMRECSÁNYI; 1979; ANDRADE; 1994).

Os anos de 1970 foram marcados por uma nova fase da cultura canavieira. Na safra 1971/1972 o Brasil se tornou o maior produtor mundial de açúcar e o segundo país em exportações (MELO;1975; SZMRECSÁNYI; 1979). Em 1973, os países da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), formaram um cartel e estabeleceram uma estratégia para reduzir a produção de petróleo mundial, de tal forma que o preço do barril de petróleo fosse elevado de aproximadamente US\$ 3,0 para US\$12,0 (FIGUEIRA, 2005). O Brasil tinha grande dependência de petróleo importado neste período, causando um grave desequilíbrio nas contas nacionais (BAER, 1996). Nesse novo cenário, o álcool voltou a despertar o interesse do governo, com o advento do II Plano Nacional de Desenvolvimento, em 1974, com investimentos públicos para a ampliação da produção de petróleo e derivados de petróleo no Brasil pela Petrobrás, e em 1975 com criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), com o objetivo de incentivar a produção de álcool combustível como opção energética mais adequada para substituição de derivados do petróleo (UEHARA, 2010).

O Proálcool foi dividido em duas fases: Na primeira fase, a de implementação, de 1975 a 1978, o programa incentivava a produção do álcool anidro para ser adicionado na gasolina com direcionamento principal de aproveitamento da capacidade ociosa de destilarias anexas a usinas de açúcar já existentes. Na segunda fase, a partir de 1979, após o segundo choque do petróleo provocado pela guerra dos grandes produtores mundiais Irã e Iraque, o principal objetivo foi instalação de destilarias autônomas para produção de álcool hidratado em substituição à gasolina (FIGUEIRA, 2005). Na segunda fase, o governo reduziu a alíquota do IPI (Impostos sobre produtos industrializados) e do IPVA (na época taxa rodoviária única) para veículos movidos à álcool; definiu o limite de 65% do preço do álcool hidratado em relação à gasolina; e estabeleceu a obrigatoriedade de acionamento de 22% de álcool anidro à gasolina (SHIKIDA; BACHA, 1998).

A terceira fase do Proálcool foi caracterizada pela sua crise em 1986, com suspensão de financiamentos e subsídios por parte do governo. O fim dos incentivos fiscais e a crise de abastecimento de 1989 foram os principais responsáveis pela reversão na preferência do consumidor em adquirir carro a álcool em detrimento do carro a gasolina (FIGUEIRA; BURNQUIST, 2006). Além disso, o IAA foi extinto em 1990 e suas atribuições transferidas para a SDR (Secretaria de Desenvolvimento Regional) (SHIKIDA; BACHA, 1998). Na década de 1990 e início da década de 2000 a venda de carros a álcool caiu significativamente, se tornando irrelevante em comparação com a de carros a gasolina (FIGUEIRA; BURNQUIST, 2006).

Do início da década de 2000 até o ano de 2008, o setor vivenciou uma nova fase de investimentos e crescimento da produção, em um ambiente desregulamentado pelo estado, motivados pela expectativa de exportação de etanol motivada principalmente pelos programas de etanol americano e europeu, pela retomada da venda doméstica de etanol hidratado devido ao incremento da venda de veículos bicomustíveis no Brasil e pela venda de açúcar para o mercado externo devido ao aumento da demanda chinesa e pelos fartos financiamentos concedidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (FIGUEIRA; BELIK; VICENTE, 2014).

Em apenas 4 anos após o lançamento, a venda de veículos com essa tecnologia ultrapassou 80% das vendas totais, propiciando retomada do mercado interno de etanol hidratado. Além disso, no mercado de açúcar, o câmbio favorável até a safra de 2004 contribuiu para as exportações do produto (BACCARIN, 2011).

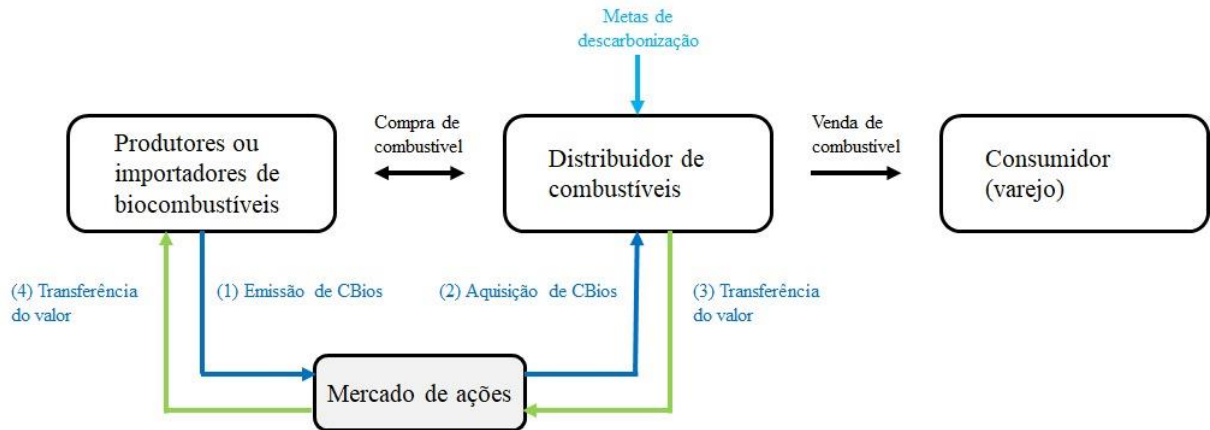
Borges & Costa (2012) destacam a importância do financiamento público exercido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) com desembolso entre 2001 e 2008 de aproximadamente 23,7 bilhões de reais em valores reais de 2012 (os valores nominais do desembolso foram corrigidos pelo IGP-DI para 2012) destinados para a expansão, financiamento de compra de máquinas e equipamentos e implantação de novas.

No entanto, com a crise mundial financeira de 2008 o governo passou a controlar o preço da gasolina abaixo da cotação internacional, o que levou a redução das vendas de etanol (NEVES; TROMBIN; 2014). A desestruturação do setor, facilitou a entrada de capital internacional com impactos diretos na operação e gestão das usinas. Vale ressaltar que as empresas internacionais adquiriram as plantas industriais, sendo que a matéria-prima continuou sendo, na maioria dos casos, proveniente de fornecedores (RODRIGUES; ROSS; 2020).

Em 2014 a geração de energia por biomassa através do bagaço de cana-de-açúcar voltou a impulsionar o setor, que passou a ser conhecido como sucroenergético (RODRIGUES; ROSS; 2020). E atualmente, o Brasil pretende estimular cada vez mais a produção de fontes de energias renováveis, e impulsionar a cultura canavieira, como demonstrado com o surgimento de novos programas de incentivos governamentais, como o "RenovaBio" (CORDELLINI, 2018). O RenovaBio, ou Política Nacional de Biocombustíveis, estabelecida através da Lei 13.576/2017, tem por objetivo estimular a produção de diversos tipos de biocombustíveis, como etanol, biodiesel, biometano, para a segurança do abastecimento nacional de combustíveis (BRASIL, 2017). O Programa RenovaBio cria um mercado controlado de créditos de descarbonização,

chamados de CBios, que podem ser emitidos na bolsa brasileira por produtores ou importadores de biocombustíveis, conforme pode ser visto na Figura 1. A quantidade de CBios que uma entidade pode emitir estará diretamente ligada à redução das emissões de gases de efeito estufa associados à produção de um determinado biocombustível em relação ao seu fóssil (KLEIN et al., 2019).

FIGURA 1. Mecanismo de emissão e comercialização de CBios



Fonte: Adaptado de Klein et al., 2019.

2.2. A expansão da cultura de cana-de-açúcar no estado de São Paulo

Após a crise da cafeicultura, em 1929, a expansão da produção de cana-de-açúcar em São Paulo foi influenciada principalmente por suas terras férteis cobertas com Latossolos e Argissolos Vermelhos, pela possibilidade de crescimento da produção, pela proximidade com o mercado consumidor da região Sudeste e possibilidade de exportação pelo Porto de Santos (RODRIGUES; ROSS; 2020; FERREIRA & ALVES, 2009). Além disso, um dos elementos importantes para expansão das plantações nesse período era a presença de estradas de ferro (PENHA, 2012), e, por esse motivo, os paulistas utilizaram o capital obtido com a cultura do café e cana-de-açúcar para criação de companhias ferroviárias, interligando-as ao Porto de Santos (MELO; 2009).

A produção paulista aumentou aproximadamente 84% entre 1946 e 1952 e o estado assumiu a primeira posição nacional (SZMRECSÁNYI, 1979). O número de usinas no estado de São Paulo continuou a expandir até a década de 60, sendo o destaque impulsionado pela capacidade de produção de cana-de-açúcar, que permitiu o abastecimento das usinas existentes, a construção de novas usinas e a formação de grandes grupos sucroenergético formados por latifundiários da região (SHIKIDA; AZEVEDO; VIAN, 2011; RAMOS, 2001). A partir de

1970, com o Proálcool, o estado teve um novo estímulo para a produção sucroalcooleira, com ampliação da área cultivada e do número de usinas (FIGUEIRA; BELIK; VICENTE, 2014).

A expansão da cultura O processo de crescimento da produção canavieira no estado foi coordenado pelo IAA, o PRÓÁLCOOL e o Programa de Expansão da Canavicultura para produção de combustível do Estado de São Paulo (PROCANA). Sendo consideradas prioritárias para expansão da produção canavieira as regiões de Presidente Prudente, Araçatuba, Bauru e o oeste da região de São José do Rio Preto, tendo aprovação facilitada as usinas que se instalassem nestas regiões. Importante lembrar que o Conselho Estadual de Energia buscou disciplinar a localização das novas unidades industriais, propondo distância mínima de 30km entre elas (FERREIRA e ALVES, 2009). Um estudo realizado nos últimos anos pelo Instituto de Economia Agrícola - IEA em conjunto com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI mostrou que houve um aumento de 77,9% da área e de 69,7% na produção entre os anos de 1995 e 2015. Os principais Escritórios de Desenvolvimento Rural - EDRs que apresentaram 55,5% da produção total no estado no ano de 2015 foram: Barretos, Orlandia, Ribeirão Preto, Jaboticabal, São José do Rio Preto, Araraquara, Presidente Prudente, Jaú, Andradina e Assis (IEA, 2018)

A evolução da cultura canavieira passou de aproximadamente 175 milhões de toneladas em 1995 para 450 milhões de toneladas em 2017, um crescimento de aproximadamente 157%. O período de crescimento mais intenso foi entre 2001 e 2010, de 199 milhões de toneladas para 427 milhões de toneladas (114%), sendo majoritariamente gerado pela extensão da área ocupada com cana-de-açúcar (FIGUEIRA, 2020). Lourenzani e Caldas (2014) identificaram que a expansão da cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo ocorreu predominantemente pela substituição de áreas de pastagem e, conseqüentemente, da atividade pecuária. Caldarelli e Gilio (2018) complementam que a área cultivada de cana-de-açúcar aumentou significativamente, em detrimento não apenas das áreas de pastagem, como comumente enfatizado em literatura, mas também de terras anteriormente dedicadas a culturas anuais e perenes de alimentos.

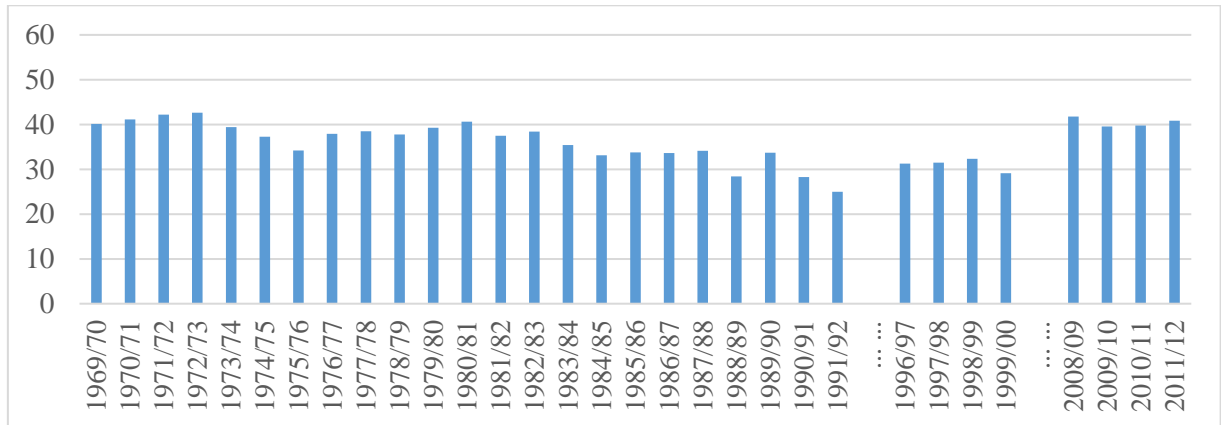
Por meio de processos facilitadores de sua produção, a cultura começou a crescer no território rural regional em Jaboticabal, principalmente a partir em meados da década de quarenta, com a fundação de Usinas na região (POLI, 1986). Na região de Ribeirão Preto-SP, o aumento da produção canavieira gerou impactos com substituição de outras culturas pela cana-de-açúcar, com a valorização das terras e concentração fundiária, por gerar a substituição da mão-de-obra, que antes era permanente e passou a ser temporária, e movimentos sazonais

na durante o período da safra, sendo a região de Ribeirão Preto conhecida pela importância na agroindústria sucro-alcooleira (Anexo II) (NEGRI, B., GONÇALVES, M. F. e CANO, 2018)

De maneira geral, as regiões de Ribeirão Preto, Araraquara, Barretos e São Joaquim da Barra, se destacam na produção canavieira, porém nos últimos anos, em decorrência do aumento da demanda do setor sucroenergético, e na necessidade de expandir a produção de cana-de-açúcar no estado. Ocorrendo um aumento da área plantada com cana-de-açúcar nas regiões de Araçatuba e Presidente, onde apresentou-se um crescimento de 345% e 391% entre 1990 e 2010, mostrando o avanço da cultura para a região oeste do estado. Por outro lado, a região de Piracicaba, mostrou-se uma tendência de desaceleração de crescimento, apresentando valores de 38,5%. O que pode estar relacionado a presença de terrenos com locais com declividade acentuada. Desse modo, a região de Ribeirão Preto apresentou um avanço em torno de 41% entre 1990 e 2010, correspondendo a 143 mil hectares a mais de área plantada ao longo do período. (BAENINGER, R.; ZULLO JUNIOR, J.; AIDAR, T.; PERES, R. G., 2013)

2.3. Cana de Produtores no estado de São Paulo

Produtores de Cana são caracterizados como pessoas físicas ou jurídicas, que produzem cana-de-açúcar, em terras próprias ou de terceiros, e fornecem para o processamento das usinas (ORPLANA, 2019). O elo criado entre a usina e o produtor é fundamental para o setor sucroenergético, uma vez que a cana fornecida por ele corresponde de 20% a 23% da moagem das unidades industriais, segundo a Comissão Nacional de Cana-de-Açúcar da Confederação Nacional de Agricultura (CNA) e a Federação dos Plantadores de Cana do Brasil (Feplana) (JORNAL DA CANA, 2020). E esse valor já foi ainda mais significativo entre 1945 e 1954, segundo Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2010), representando cerca de 45% da produção. Na época, existia uma meta de que no mínimo 40% da cana-de-açúcar processada nas Usinas viessem de produtores de cana, sob o sistema de cotas de produção.

FIGURA 2. Porcentagem de produção de Produtores no Estado de São Paulo ao longo das Safras

Obs: Nos trechos pontuados com ... os dados numéricos não estão disponíveis.

Fonte: Elaborada a partir de dados obtidos em (Bastos; Moraes, 2014.)

No estado de São Paulo o cenário não é muito diferente. Na safra 2018/19, o fornecimento de cana-de-açúcar dos produtores associados à Organização dos Produtores de Cana-de-Açúcar do Brasil (ORPLANA) representou 18% do total do processamento das Usinas do estado (ORPLANA, 2019). A ORPLANA é uma associação que tem o objetivo de ampliar a representatividade dos produtores no Brasil e conta com 32 associações de fornecedores de cana-de-açúcar, sendo 24 no estado de São Paulo (ORPLANA, entre 2019 e 2021). É importante ressaltar que essa porcentagem pode ser ainda maior uma vez que temos produtores não associados à ORPLANA.

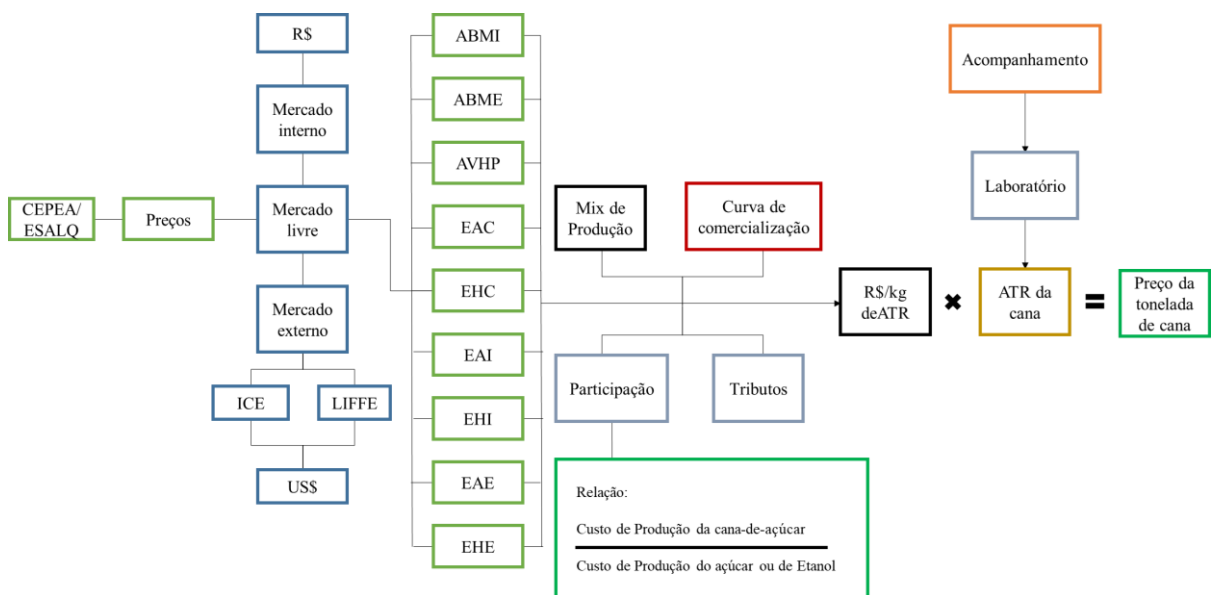
Até 1977, a remuneração da cana-de-açúcar era a partir do seu peso ou pelo rendimento de açúcar das unidades industriais. Em 1978, o sistema de remuneração foi estabelecido pelo Instituto do Açúcar e do Etanol (IAA), levando em consideração qualidade da matéria prima de cana-de-açúcar, ou seja, seu teor de açúcar. Mesmo com a extinção do IAA, as premissas se mantiveram e, no início da década de 90, os representantes dos produtores de cana e das Usinas do Estado de São Paulo criaram um grupo de trabalho para estabelecer as normas de avaliação da qualidade da matéria-prima, o qual deu origem ao sistema CONSECANA (ORPLANA, entre 1999 e 2021).

O Manual de Instruções do CONSECANA-SP considera uma série de regras para uniformizar os métodos para aferição da qualidade da cana-de-açúcar, a precificação com base nos custos de produção e nos preços dos produtos praticados pelo mercado e um modelo de contrato que incorpora essas regras. Sendo assim, o valor da cana-de-açúcar é decorrente dos preços de seus derivados (Açúcar Branco Mercado Interno - ABMI, Açúcar Branco Mercado Externo - ABME, Açúcar VHP - AVHP, Etanol Anidro Combustível - AAC, Etanol Hidratado

Combustível - AHC, Etanol Anidro Industrial - AAI, Etanol Hidratado Industrial - AHI, Etanol Anidro Exportação - AAE, Etanol Hidratado Exportação - AHE), sendo valorado através da adoção de uma unidade comum, o Açúcar Total Recuperável, conhecido como ATR. O ATR é dado pela concentração total de açúcares (sacarose, glicose e frutose) recuperáveis no processo industrial, e é expresso em quilograma por tonelada de cana. Para determinar a quantidade de ATR da cana-de-açúcar do produtor são realizadas análises no momento de entrega nas Usinas (CONSECANA, 2006)

O preço do ATR, indicado na figura abaixo como “R\$/Kg de ATR” leva em consideração todos os fatores demonstrados no fluxograma e o preço de uma tonelada de cana-de-açúcar será o produto da multiplicação da quantidade de ATR na cana-de-açúcar pelo valor do ATR divulgado.

FIGURA 3 Fluxograma da formação do preço da Cana de Açúcar pelo sistema CONSECANA/SP



Fonte: Adaptado de CONSECANA, 2006

A equação 1 mostra a relação existente:

$$TC = QtATR \cdot PrAtr \text{ (Eq. 1)}$$

Onde:

- TC: valor (em reais) da tonelada de cana
- QtATR: quantidade de ATR (em Kg) por tonelada de cana
- PrAtr: preço médio do Kg do ATR divulgado pelo CONSECANA

O Preço médio do ATR pode ser obtido através do cálculo abaixo na equação 2:

$$PreçoAtr = \sum_{i=1}^n Curva\ de\ Comercialização_i(D_i((A_i B_i C_i) PreçoProduto_i)) \text{ (Eq. 2)}$$

O preço médio do ART mensal e o valor acumulado são divulgados mensalmente pelo CONSECANA, assim como os preços individuais do ATR por produto, até se obter o ATR de fechamento da safra, que é divulgado ao final da safra. O pagamento da cana-de-açúcar pelas Usinas deve levar em consideração seu mix de produção e comercialização, sendo permitido o ajuste entre as partes de acordo com as características do estado (CONSECANA, 2006)

Antes da comercialização, um contrato é celebrado entre o produtor e a Usina, utilizando-se diversos modelos: (1) Sistema Consecana clássico: a remuneração da tonelada da cana é realizada mediante a detecção da qualidade da matéria-prima entregue pelo produtor; (2) Sistema Consecana com bonificação: considera do Sistema Consecana clássico, porém com uma bonificação em percentual sobre o preço; (3) Sistema de ATR fixo: Nesse caso, a qualidade da matéria prima já é pré-fixada; (4) Modelo de arrendamento: a área é arrendada para produção pela Usina e (5) Mercado SPOT: contratos geralmente para uma única safra, não gerando vínculo com as unidades processadoras (SACHS, 2020).

2.4. Fatores determinantes da produtividade do canavial

A produção de cana-de-açúcar depende de fatores inerentes à cultura e fatores ambientais. Em relação aos fatores inerentes à cultura, pode-se destacar a característica genética da variedade que influencia sua produtividade e resistência aos ataques de pragas e doenças. Em relação aos fatores ambientais, temos influência do clima, temperatura, umidade, luz e disposição de nutrientes (MENDONÇA, 2018).

No Brasil, as condições edafoclimáticas favoráveis propiciam a expansão da produção de cana-de-açúcar através do incremento da área plantada. No entanto, de modo a atender o mercado e preservar as áreas de interesse ambiental, é cada vez mais urgente, o incremento da produtividade (KOGA-VICENTE, et al., 2013).

A produtividade do canavial depende de várias operações mecânicas e manuais, denominadas de tratamentos culturais, que interferem diretamente no desempenho do potencial produtivo e na longevidade do canavial, através da utilização de insumos e da preservação do ambiente de produção. Entre as principais técnicas de manejo estão os tratamentos culturais que

incluem a adubação complementar e aplicação de produtos fitossanitários (BEUCLAIR; TEZOTTO; MANOCCHIO JÚNIOR, 2015).

Apesar de representar um grande custo ao produtor, a adubação, permite potencializar a produtividade do atual corte do canavial, além de contribuir para a longevidade do canavial. Tais fatores implicam, conseqüentemente, na redução dos custos de produção, já que evita os custos da implantação de um novo canavial, responsável pelas maiores despesas (ROSSETTO; DIAS; VITTI, 2008).

Os fertilizantes promovem a reposição dos nutrientes da planta durante o seu ciclo de desenvolvimento. No ano de 2015, a indústria de fertilizantes comercializou com os produtores de cana-de-açúcar cerca de 4200 mil toneladas de fertilizantes, proporcionando um faturamento estimado de 2,44 bilhões de dólares, que corresponde ao faturamento de 14% das vendas totais de fertilizantes no território brasileiro (NEVES; KALAKI, 2015).

Por fim, a operação de colheita tem elevado valor agregado, devido principalmente as operações de alto custo e demanda energética. Feita inicialmente de forma manual, a prática de queima da pré-colheita era utilizada para melhorar a eficiência da produção devido à redução do teor de água e, conseqüentemente, aumento do teor de açúcar, além da facilidade no transporte e proteção dos trabalhadores do campo de animais peçonhentos (DU, 2017; SILVA; ZAPPAROLI, 2017). A colheita mecanizada foi se expandindo ao longo dos anos, trazendo muitos benefícios, como o aumento do carbono orgânico do solo e a redução dos impactos na formação de oxidantes fotoquímicos (DU, 2017).

Como pode ser observado, a melhoria da produtividade dos canaviais é condição fundamental para o incremento da produção de cana-de-açúcar. Alguns dos fatores que justificam a competitividade do Brasil estão relacionados às pesquisas agronômicas e melhoramento genético (SALLES-FILHO et al. 2017), as tecnologias adotadas e custos de produção (FARINELLI; SANTOS, 2017). Devido ao destaque e a importância econômica que o setor representa, faz-se necessário que os agentes econômicos considerem a evolução e o comportamento da oferta canavieira, de modo especial no estado de São Paulo (RUDORFF et al., 2010).

2.5. Teoria microeconômica adaptada para a produção agrícola

A teoria da firma da teoria Microeconomia possui um arcabouço teórico com possibilidade de utilização empírica pelo qual permite analisar a decisão de produção de uma

firma e a construção da curva de oferta de determinado produto, agregando a produção do somatório das empresas que produziram determinado produto em um período de tempo. Pela teoria microeconômica em uma estrutura de mercado em concorrência perfeita, a elevação dos preços de um produto deverá elevar a oferta deste produto e reduções de preços deverão provocar reduções na oferta. Elevações dos preços dos insumos utilizados na produção, como mão-de-obra, energia, etc., deverão reduzir o lucro das empresas e desestimular a oferta de determinado produto (PINDYCK; RUBINFELD, 1994); (VARIAN, 2012).

A quantidade de um produto disponível em um determinado tempo é conhecida como oferta, que corresponde aos bens e serviços comercializados na busca da obtenção de um provável retorno financeiro. Quando ocorre um acréscimo no preço de um determinado bem ou serviço, a quantidade ofertada desse bem deve se elevar (MANKIW; MONTEIRO, 2001).

Os sistemas de produção podem ser definidos a partir das técnicas ou práticas agrícolas que são realizadas de maneira homogênea em determinada cultura e se diferem pela gestão, condições naturais, características regionais, e produção em escala e resultam em diferentes custos, como despesas com produtos denominados insumos agrícolas, como produtos fitossanitários, fertilizantes, sementes, etc., serviços operacionais como mão de obra e máquinas agrícolas, além de depreciação, custeio e encargos social e financeiro (MATSUNAGA et al., 1976; OLIVEIRA; NACHILUK, 2011; BRESSAN FILHO, 2009). Nesse sentido, César et al. 1991, complementa que a técnica da produção, segundo a teoria neoclássica, é definida como “uma combinação particular de fatores de produção, na qual se obtém um determinado produto”.

A produção agrícola decorre da variação da área plantada e da produtividade (BARROS; 2007). A variação do preço de um produto em comparação com outros preços de produtos substitutos da oferta deverá influenciar na tomada de decisão dos produtores rurais. A elevação dos preços de um produto agrícola em relação aos demais deverá incentivar a ampliação da área plantada com este produto. E uma redução de preços deverá reduzir a área plantada. A obtenção do incremento da produtividade agrícola decorre do uso de insumos como adubos, herbicidas, salário-mínimo e óleo diesel. Portanto, a utilização destes insumos (fatores de produção) irá depender dos seus preços. Quanto maiores os preços dos insumos, menor deverá ser a sua utilização e conseqüentemente espera-se a ocorrência de reduções de produtividade. Por outro lado, reduções dos preços dos insumos deverão provocar incremento de sua utilização e ganhos de produtividade.

Alguns fatores decisivos da produção incluem implementos, máquinas agrícolas, cultivares, produtos fitossanitários, fertilizantes, além de trabalhadores e a área de produção (DUARTE; ALVES, 2016). Para que se ocorra um progresso se faz necessário atuar para elevar a produtividade e reduzir os custos de produção, visando nesse sentido a redução dos preços dos produtos agrícolas, e não na renda gerada pela produção advinda da terra (MALTHUS, 1982), uma vez que a importância da análise econômica está na avaliação das condições para potencializar a utilização dos recursos, obtendo a maior produtividade (HAYAMI; RUTTAN, 1988). Ou seja, a função de produção indica a máxima eficiência da capacidade técnica e pode ser estimada por diferentes fatores e variáveis da produção (SCHILLER, 1943).

Na teoria econômica, trabalhos de econometria aplicados ao setor sucroalcooleiro, principalmente no estado de São Paulo, foram conduzidos com o intuito de mensurar o impacto do preço sobre a área plantada com cana-de-açúcar e a produtividade.

Pesquisa conduzida por Satolo e Bacchi (2009), utilizou as análises econométricas para avaliar o papel de choques de oferta e de demanda na evolução recente da produção de cana-de-açúcar no período de 1976 a 2006, para o estado de São Paulo. Chegou-se à conclusão que a variação do preço da cana-de-açúcar no período representou um impacto de mais de 40% sobre a produtividade, que por consequência influenciou na oferta de cana-de-açúcar do Estado.

Oliveira (2017) utilizou a metodologia de dados em painel contendo os trinta 30 principais Escritórios de Desenvolvimento Rural do estado de São Paulo para mensurar as elasticidades do preço da cana-de-açúcar e o da carne bovina sobre a oferta nas suas duas formas: área de corte e produtividade canavieira no estado de São Paulo e também nas regiões tradicionais (Norte, Central e Leste) e regiões de expansão (Oeste e Sudoeste do estado). Como esperado pela teoria econômica, o preço da cana-de-açúcar demonstrou impactar positivamente na oferta, uma vez que elevações de preço geram elevações na produção de cana-de-açúcar. A segunda defasagem apresentou maiores coeficientes para a produção e para a área, com respectivamente 0,21 e 0,12. O preço de carne bovina apresentou elasticidade negativa para a oferta de cana-de-açúcar e para área plantada de respectivamente -0,23 e -0,26. Quanto à produtividade, a quarta defasagem apresentou maiores coeficientes.

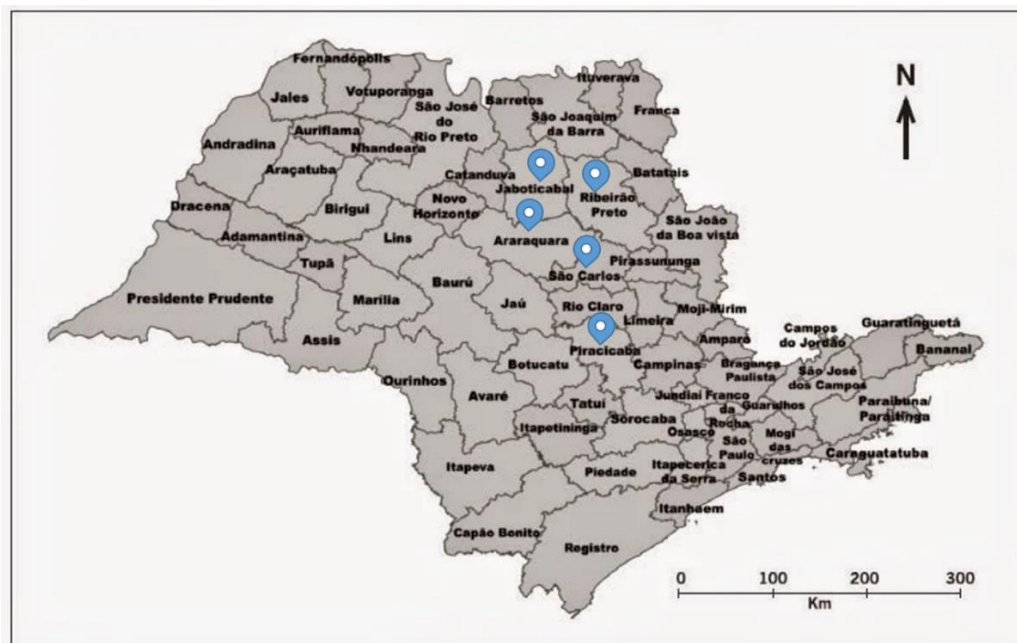
3. MATERIAIS E MÉTODOS

A estruturação metodológica dessa pesquisa é composta primeiramente pela elaboração do banco de dados do estudo. O Estado de São Paulo é o maior produtor de Cana-de-açúcar no

Brasil (CONAB, 2019; CONAB, 2020), e para identificar os principais influenciadores, foi realizada a análise da produção canaveira de 5 microrregiões do Estado: Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto, e São Carlos.

O conceito de microrregião surgiu na década de 1970 e tinha o objetivo de criar o menor nível administrativo de um país unindo municípios de um mesmo estado com características naturais, sociais e econômicas similares (IBGE, 1970). Esse conceito foi aprimorado em 1990, considerando também características de organização do espaço como estrutura de produção, agricultura, indústria, indústrias extrativas minerais e pesca (IBGE, 1997). Nesse sentido, o presente trabalho traz o recorte por microrregiões que refletem situações socioeconômicas e naturais semelhantes de vários municípios.

FIGURA 4. Microrregiões do Estado de São Paulo



Fonte: ENBR São Paulo

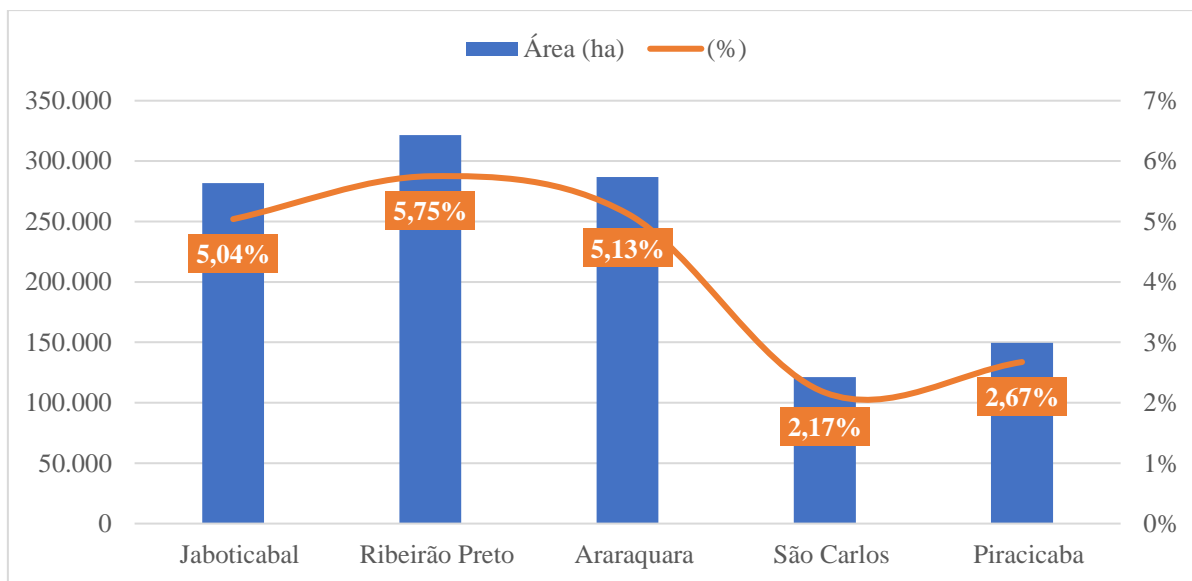
As cidades presentes nas microrregiões selecionadas são:

- **Microrregião de Araraquara:** Américo Brasiliense, Boa Esperança do Sul, Borborema, Dobrada, Gavião Peixoto, Ibitinga, Itápolis, Matão, Motuca, Nova Europa, Rincão, Santa Lúcia, Tabatinga, Trabiju.
- **Microrregião de Jaboticabal:** Bebedouro, Fernando Prestes, Guariba, Jaboticabal, Monte Alto, Monte Azul Paulista, Pirangi, Pitangueiras, Santa Ernestina, Taiacu, Taiúva, Taquaral, Taquaritinga, Terra Roxa, Viradouro, Vista Alegre do Alto.
- **Microrregião de Piracicaba:** Águas de São Pedro, Charqueada, Jumirim, Mombuca, Piracicaba, Rafard, Rio das Pedras, Saltinho, Santa Maria da Serra, São Pedro, Tietê.

- **Microrregião de Ribeirão Preto:** Barrinha, Cravinhos, Dumont, Guatapar, Jardinópolis, Luís Antnio, Pontal, Pradópolis, Ribeirão Preto, Santa Rita do Passa Quatro, Santa Rosa de Viterbo, São Simão, Serra Azul, Serrana, Sertãozinho.
- **Microrregião de São Carlos:** Analândia, Dourado, Ibaté, Ribeirão Bonito, São Carlos.

As 5 microrregiões avaliadas no presente trabalho, apresentam relevância na produção do estado de Cana-de-açúcar no estado de São Paulo, representando cerca de 20,76% da área de produção no estado em 2016, ver figura 5.

FIGURA 5. Porcentagem de área de Produção de Cana-de-açúcar em relação ao Estado de SP em 2016.



Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

Os dados foram extraídos do banco de dados eletrônico do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, onde foi gerada a base de dados para a estruturação das análises. O produto das lavouras temporárias e permanentes selecionado foi a cana-de-açúcar em uma série histórica entre 2001 a 2016. Já as variáveis selecionadas foram:

- rea colhida (Hectares);
- Quantidade produzida (Toneladas);
- Rendimento médio da produção (Quilogramas por Hectare);
- Valor da produção em Reais (2001 a 2016).

Para realizar as análises sobre as questões relacionadas ao Rendimento médio da Produção (Produtividade) foram realizadas as transformações dos valores de quilos pra toneladas através da equação:

$$P (Tch) = \frac{RmP}{1000} \quad (\text{Eq.3})$$

Em que:

$P (Tch)$ é a produtividade em toneladas;

RmP é o rendimento médio da produção (quilogramas por hectare); e,

Tch é toneladas de cana por hectare.

As análises relacionadas ao Valor da tonelada (R\$) foram obtidas a partir da equação:

$$Vt (R\$/t) = \frac{VP (R\$)}{QP (t)} \quad (\text{Eq.4})$$

Em que:

$Vt (R\$/t)$ é o valor da tonelada de cana-açúcar;

$VP (R\$)$ é valor da produção em reais; e,

$QP (t)$ é a quantidade produzida (toneladas).

Para realizar o cálculo da variação ao longo da série histórica entre 2001 e 2016 para as variáveis área colhida (hectares), quantidade produzida (toneladas), produtividade em toneladas, valor da produção em reais, e valor da tonelada (R\$/t), utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Variação} = \frac{N}{NO} \quad (\text{Eq.5})$$

Sendo que:

N é o ano da série histórica em que se pretende encontrar a variação e,

NO é o ano de início da série histórica (2001);

3.1. Análise descritiva

Para a elaboração das tabelas apresentadas foi utilizada a ferramenta de análise Estatística Descritiva no Excel e gerado um relatório de estatísticas univariáveis dos dados no intervalo de entrada, fornecendo informações sobre a tendência e a variabilidade centrais dos dados através de uma tabela. Para a composição da tabela utilizada no estudo, foram selecionadas as seguintes análises: média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo.

A média é obtida através da soma dos elementos de um conjunto dividido pelo número de elementos deste conjunto, ver equação 6, (Sartoris, 2007):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{Eq.6})$$

Em que:

n é o número total de observações que contém o conjunto;

x_i , para i representa os valores das variáveis x .

A mediana é a medida central da amostra, ver equação 7 (Hoffmann, 1991) :

$$Md = L_{h+\frac{1}{fh}} \left(\frac{n}{2} - \sum_{j=1}^{h-t} f_j \right) (L_{h+1} - L_h) \quad (\text{Eq.7})$$

Em que:

iMd : Mediana

L_h = limite inferior da classe mediana

L_{h+1} = limite superior da classe mediana

N = número de dados observados

F_h = frequência da classe mediana

$\sum_{j=1}^{h-t} f_j$ = soma das frequências das classes inferiores à classe mediana.

O desvio padrão mensura a dispersão dos dados e não pode assumir valores negativos, ver equação 8 (Hoffmann, 1991) .

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{Eq.8})$$

Em que:

s : desvio padrão;

n é o número total de observações no conjunto de dados;

x_i : para i que representa cada um dos valores das variáveis x ;

Para os valores de máximo e mínimo foram selecionados os valores referentes às variáveis de estudo.

3.2. Modelo Econométrico

A econometria quantifica e testa o impacto de um conjunto de variáveis no objeto de pesquisa. Para que a análise econométrica seja utilizada corretamente o modelo deve estar bem definido, contendo variáveis dependentes e independentes (DE CASTRO CAMIOTO;

MORALLES; MACHADO, 2017). Segundo Gujarati e Porter (2011) a metodologia econométrica deve expor a hipótese que deseja testar e especificar o modelo estatístico ou econométrico em seguida. Após obtenção de dados, a hipótese deve ser testada e a partir daí podem ser feitas projeções e previsões. Na econometria, o modelo de regressão linear nos fornece o valor esperado do objeto de pesquisa condicionado aos valores de uma ou duas variáveis. O modelo pressupõe que as variáveis dependentes sigam a distribuição de probabilidade normal. Para abranger casos que envolvem mais de duas variáveis, devemos utilizar o modelo de regressão múltipla em que a variável dependente, ou objeto de pesquisa, depende de duas ou mais variáveis explanatórias (GUJARATI; PORTER, 2011). Neste trabalho, o modelo econométrico utilizado será de regressão múltipla, através do software Gretl utilizando variáveis que considerem a correlação da oferta canavieira, produtividade por área de cana-de-açúcar e preço dos insumos agrícolas.

Foram realizadas análise de dados em painel para se mensurar as elasticidades dos impactos das variáveis defasadas preço da cana-de-açúcar, preço dos fertilizantes, preço dos herbicidas, preço do óleo diesel e salário mínimo sobre a produtividade canavieira, conforme equação 9.

$$\ln \text{Prod}_{it} = \alpha + \beta_1 \ln P_c(t-1) + \beta_2 \ln P_c(t-2) + \dots + \beta_n \ln P_c(t-n) + \theta_1 \ln P_{ad} + \theta_2 \ln P_{ad} + \dots + \theta_n \ln P_{ad}(t-n) + \phi_1 \ln P_{her}(t-1) + \phi_2 \ln P_{her}(t-2) + \dots + \phi_n \ln P_{her}(t-n) + \omega_1 \ln P_{od}(t-1) + \omega_2 \ln P_{od}(t-2) + \dots + \omega_n \ln P_{od}(t-n) + \psi_1 \text{SM}(t-1) + \psi_2 \text{SM}(t-2) + \dots + \psi_n \text{SM}(t-n) + \varepsilon \quad (\text{eq. 9})$$

Onde:

Prod = produtividade;

P_c = preço da cana-de-açúcar;

P_{ad} = preço do adubo;

P_{her} = preço do herbicida;

P_{od} = preço do óleo diesel;

SM= valor do salário mínimo;

Realizou-se ainda um segundo modelo para se mensurar o impacto das variáveis preço da cana-de-açúcar, preço do boi gordo e da laranja, produtos substitutos na oferta, sobre a área plantada com cana-de-açúcar.

$$\ln \text{area} = \alpha + \beta_1 \ln P_c(t-1) + \beta_2 \ln P_c(t-2) + \dots + \beta_n \ln P_c(t-n) + \theta_1 \ln P_{bg} + \theta_2 \ln P_{bg} + \dots + \theta_n \ln P_{bg}(t-n) + \psi_1 \ln P_{bg} + \psi_2 \ln P_{bg} + \dots + \psi_n \ln P_{bg}(t-n) + \varepsilon \quad (\text{eq. 10})$$

Para a especificação do modelo, utilizou-se o teste de Schwarz, segundo Gujarati e Porter, Schwarz utiliza o R², como teste de qualidade do ajustamento do modelo estimado; a diferença é que sob o critério R² quanto mais alto for o seu valor, mais o modelo explica o comportamento do regressando. Por outro lado, sob os critérios de Schwarz, quanto mais baixo for o valor dessas estatísticas, melhor será o modelo. Utilizou-se os testes de autocorrelação dos resíduos Durbin-Watson (GUJARATI; PORTER, 2011).

3.2.1. Preço da cana-de-açúcar

Para a composição dos valores do preço da tonelada de cana foram utilizados a base de dados os Valores de ATR e Preço da Tonelada de Cana-de-açúcar - Consecana do Estado de São Paulo, elaborado pela União Nacional da Bioenergia – UDOP considerando o período de 2011 a 2016, considerando o valor do ATR do ajuste de final de safra. Para a quantidade ATR (Açúcar Total Recuperável) por tonelada foram utilizados como base o Índice Cana Esteira = 121,97 Kg ATR - valor sugerido para contratos de parceria quando a cota-parte do proprietário é entregue na esteira. (União Nacional da Bioenergia, 2021).

3.2.2. Composição dos tratos culturais

Para compor dos valores relacionados aos tratos culturais, foram considerados os insumos essenciais para um bom desenvolvimento da planta como adubo, inseticida e herbicida, obedecendo as doses comerciais dos produtos. Os valores foram obtidos através do banco de dados do Instituto de Economia Agrícola – IEA, considerando a Relação de Troca entre Defensivos e Produtos Agrícolas que considera a quantidade de produto agrícola necessária para adquirir uma unidade comercial do defensivo agrícola. A obtenção dos dados é relacionada pelo resultado da divisão entre o preço de uma unidade comercial do produto e o preço do produto agrícola que o produtor recebeu pela venda do produto. Os preços de defensivos agrícolas pagos pelos produtores no Estado de São Paulo foram obtidos através do projeto elaborado pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA). O projeto contempla os preços realizando uma pesquisa junto aos revendedores e cooperativas em trinta e quatro principais pólos de comercialização de insumos agrícolas e de produção no Estado, (IEA, 2021).

Para a obtenção dos valores do salário mínimo, foram utilizados como base os dados do salário mínimo nominal vigente para a série histórica em estudo, disponibilizados pelo Instituto

de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, elaborado a partir dos dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

Os valores do óleo diesel foram obtidos através da série histórica da agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis – ANP.

3.2.3. Preço dos bens substitutos

Para obtenção dos dados da saca do açúcar VHP (50kg), boi gordo e da caixa de laranja foram consultados o banco de dados do CEPEA (CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada) da ESAIQ.

Para a obtenção do valor da tonelada de açúcar VHP utilizou-se a seguinte equação:

$$TAçucarVHP = PscVHP * 20 \quad (eq.11)$$

Onde:

TAçucarVHP: Preço da tonelada de açúcar VHP em reais.

PscVHP: Preço da saca de açúcar VHP em reais.

Por se tratar de uma série histórica foi feita deflação dos dados e a correção pelo índice geral de preço (IGP-M (FGV)) das variáveis que apresentavam a unidade de valores monetários (R\$) pela calculadora do cidadão presente no endereço eletrônico do Banco Central do Brasil.

Com o desenvolvimento da presente pesquisa, deseja-se compreender o avanço da cana-de-açúcar nas microrregiões de São Paulo. Logo, o estudo realiza um levantamento de dados sobre a produção de cana-de-açúcar das microrregiões do estado de São Paulo, período que apresenta as fases de expansão, de consolidação e estabilização do avanço da cana-de-açúcar no estado. Neste sentido, os dados foram expressos de forma gráfica para uma maior assimilação e clareza em uma análise comparativa quantitativa com valores absolutos. De modo a verificar a evolução das microrregiões, procurou-se analisar a série histórica em subperíodos de 4 anos (2001-2004, 2005-2008, 2009-2012, e 2013-2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

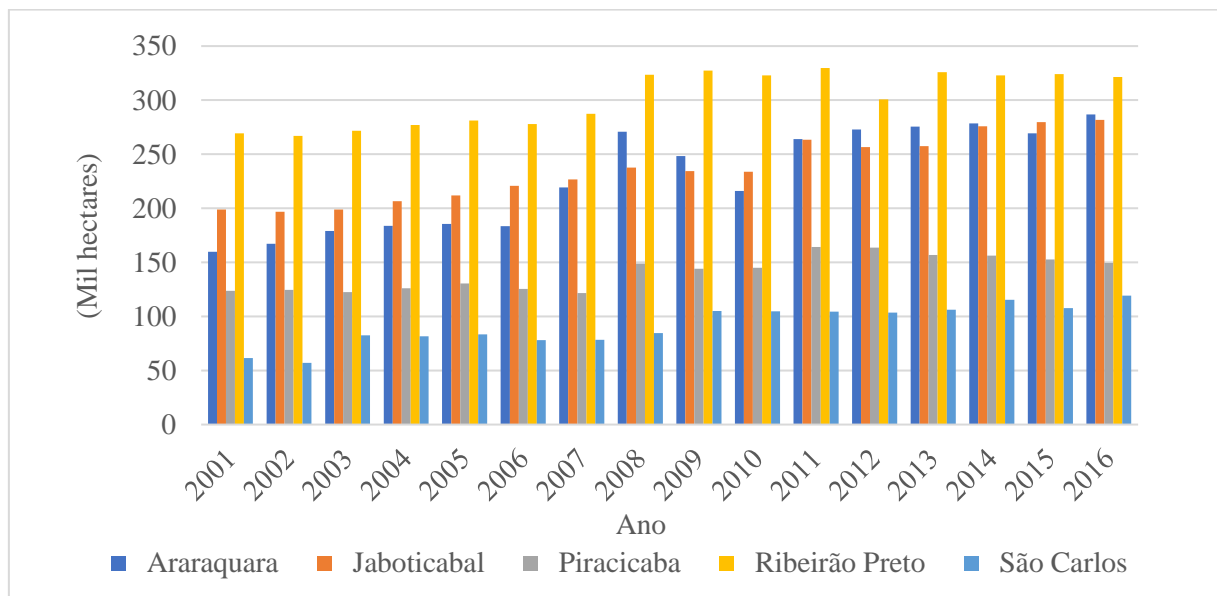
Nos Resultados de Discussões, serão apresentados inicialmente as series históricas no período de 2001 a 2016 para as variáveis: área colhida (hectares), quantidade produzida (toneladas), rendimento médio da produção (toneladas por hectare), valor da produção em reais, preço do adubo, preço do inseticida e herbicida, óleo diesel e salário mínimo. Posteriormente,

realizaram-se estatísticas descritivas das variáveis: média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo das séries históricas. Por fim, será apresentado o modelo em dados de painel de efeitos fixos para área cultivada com cana-de-açúcar e produtividade.

4.1 Apresentação das séries históricas e estatísticas descritivas das variáveis.

A microrregião de Ribeirão Preto foi quem apresentou maior área cultivada com cana-de-açúcar. Araraquara e Jaboticabal vem em seguida como regiões com maior área. Araraquara se destacou como a microrregião com maior crescimento na área plantada, ver figura 6.

FIGURA 6. Evolução da área de cana-de-açúcar colhida por microrregião



Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

A tabela 1 mostra as análises estatísticas descritivas para as microrregiões, com valores de média, mediana, desvio padrão, além dos valores mínimo e máximo do período em questão. A microrregião de Ribeirão Preto foi a que apresentou os maiores valores de média (301.873 ha), mediana (311.072 ha), mínimo (266.850 ha) e máximo (329.627 ha). Já a microrregião de São Carlos apresentou os menores valores para as análises realizadas.

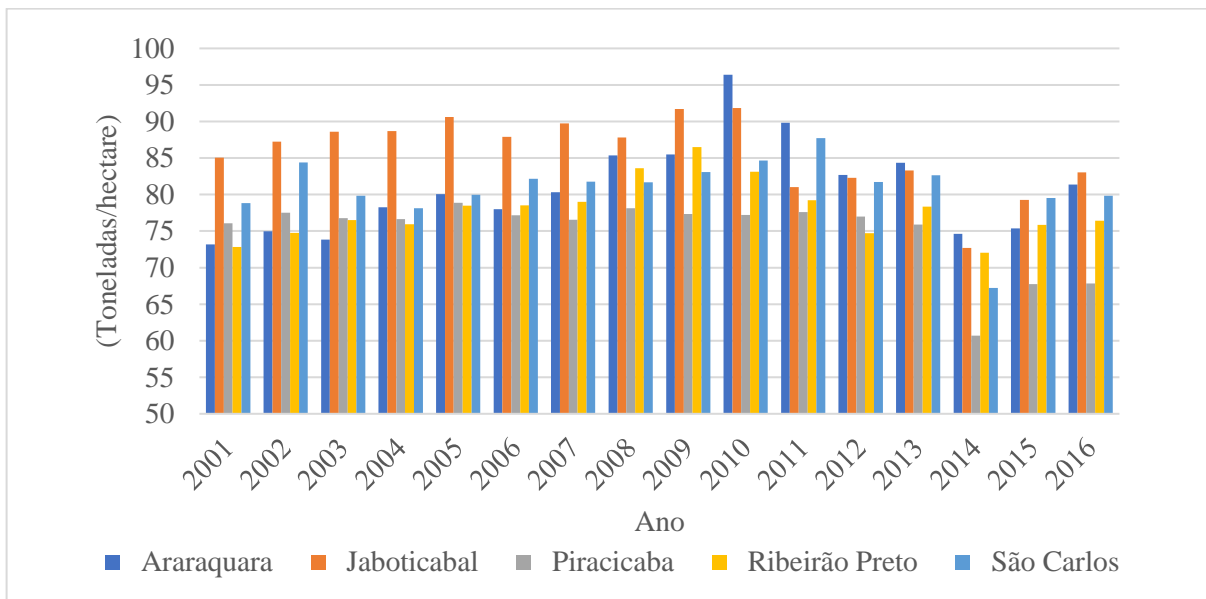
TABELA 1. Análise descritiva da Área de produção das microrregiões.

Análise descritiva	Jaboticabal	Ribeirão Preto	Araraquara	São Carlos	Piracicaba
Média	236.326	301.873	228.732	92.129	140.983
Mediana	234.125	311.072	233.823	94.124	144.543
Desvio padrão	29.792	24.845	46.366	18.656	15.680
Mínimo	196.880	266.850	159.670	57.120	121.580
Máximo	281.785	329.627	286.719	119.300	164.216

Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

Para variável produtividade, ver figura 7, a microrregião que apresentou a maior evolução no período é a de Jaboticabal, seguida por São Carlos, Piracicaba e Araraquara. Para as microrregiões estudadas, os maiores valores de produtividade média ocorreram entre 2005 e 2009, seguidos por reduções significativas dos valores, com exceção para a microrregião de Araraquara, que atingiu a maior produtividade média entre 2010 e 2014.

FIGURA 7. Evolução da Produtividade de cana-de-açúcar por microrregião



Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

A Região de Jaboticabal, ver tabela 2, apresentou a maior produtividade ao longo das séries históricas, sustentado pelos valores médios e mediana. Já a região de Piracicaba apresentou a menor média de produtividade, juntamente com o valor mínimo, e a microrregião de Ribeirão Preto apresentou o menor valor em relação ao desvio padrão.

TABELA 2. Análise descritiva da Produtividade das microrregiões

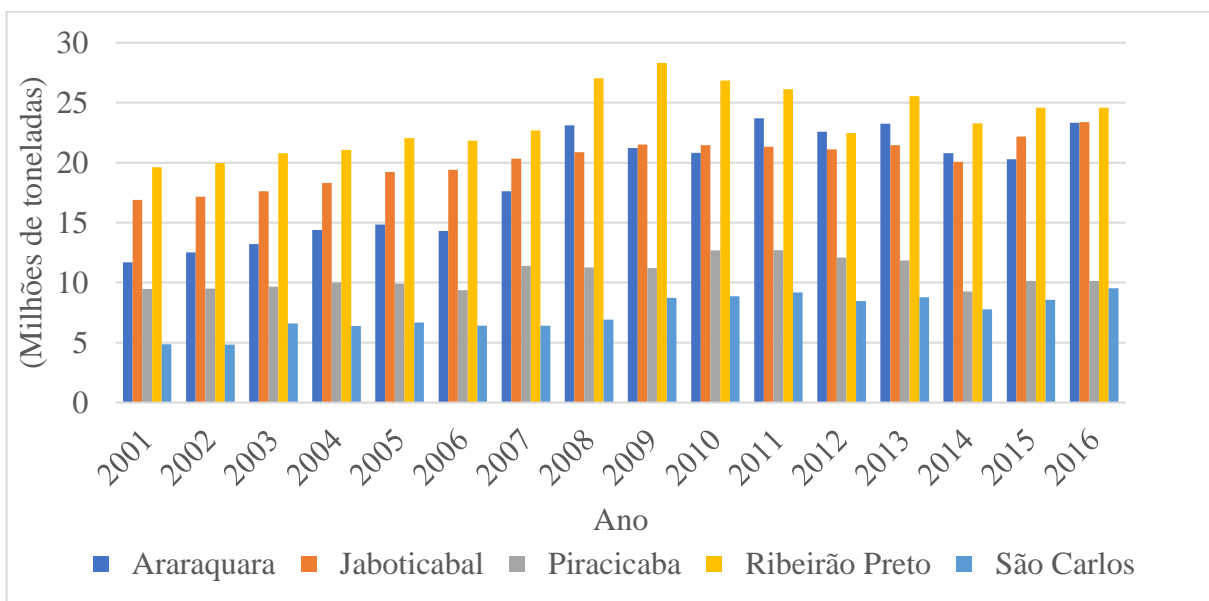
Análise descritiva	Jaboticabal	Ribeirão Preto	Araraquara	São Carlos	Piracicaba
Média	85,67	77,87	80,88	80,83	74,94
Mediana	87,51	77,44	80,18	81,71	76,88
Desvio padrão	5,17	3,92	6,36	4,38	5,00
Mínimo	72,71	72,03	73,18	67,22	60,67
Máximo	91,84	86,51	96,38	87,74	78,86

Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

A região de Ribeirão Preto representa o maior volume de produção, por ser a maior microrregião entre as selecionadas. (Figura 8). A quantidade de cana-de-açúcar produzida apresentou maior expansão no período de 2005 a 2009 para a maior parte das microrregiões,

com exceção da microrregião de São Carlos que apresentou maior crescimento entre 2010 e 2014. As microrregiões de Piracicaba e São Carlos foram, assim como em termos de área colhida, as que representaram menor e maior aumento na quantidade de cana-de-açúcar produzida, com respectivamente -2,47% e 196,51% de variação. É importante ressaltar que a microrregião de Ribeirão Preto se manteve como principal produtora no período estudado. Oliveira, Turci e Capitani (2020) reforçam a importância da microrregião de Ribeirão Preto como referência na produção de cana-de-açúcar no estado.

FIGURA 8. Quantidade de cana-de-açúcar produzida por microrregião



Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

A Tabela 3 reforça o destaque da microrregião de Ribeirão Preto, apresentando os maiores valores para máximo, média e mediana. Já São Carlos contou com o menor volume entre as microrregiões selecionadas, inclusive apresentando o menor valor mínimo.

TABELA 3. Análise descritiva da quantidade de cana-de-açúcar produzida em toneladas nas microrregiões.

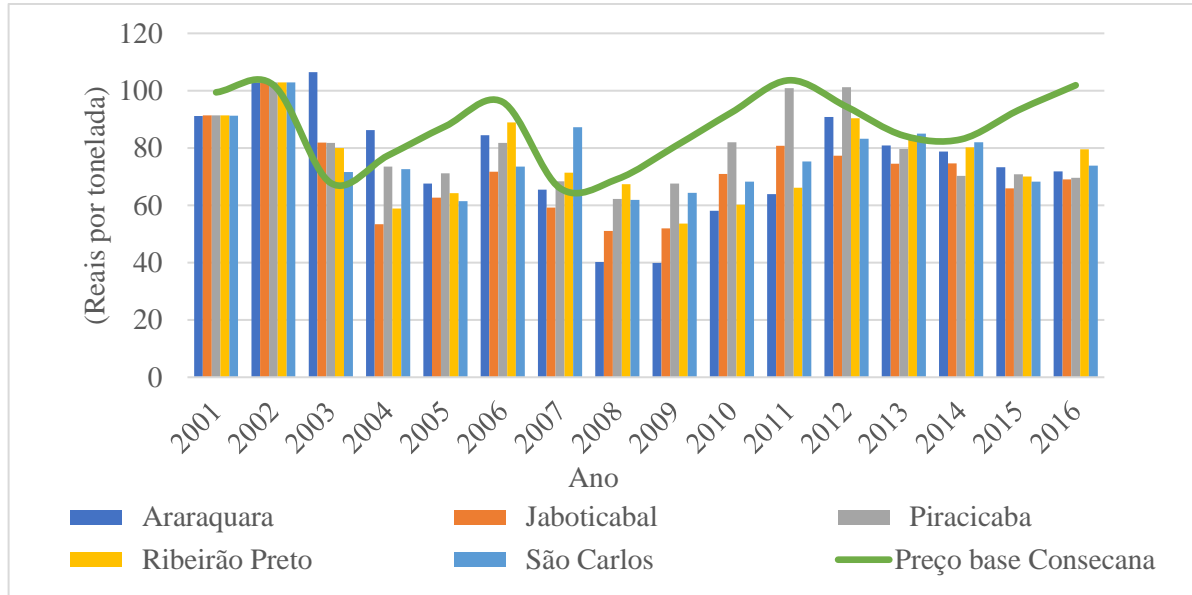
Análise descritiva	Jaboticabal	Ribeirão Preto	Araraquara	São Carlos	Piracicaba
Média	20.145.572	23.546.362	18.604.147	7.432.824	10.666.776
Mediana	20.601.346	22.982.392	20.540.726	7.336.023	10.137.030
Desvio padrão	1.886.018	2.682.437	4.399.673	1.497.973	1.203.084
Mínimo	16.901.280	19.624.490	11.685.200	4.819.540	9.264.404
Máximo	23.393.010	28.311.085	23.710.829	9.525.600	12.695.172

Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

Na variável preço da cana-de-açúcar, ver figura 9, observa-se que os valores acompanham a linha que representa o preço base do Consecana-SP, com destaque para a

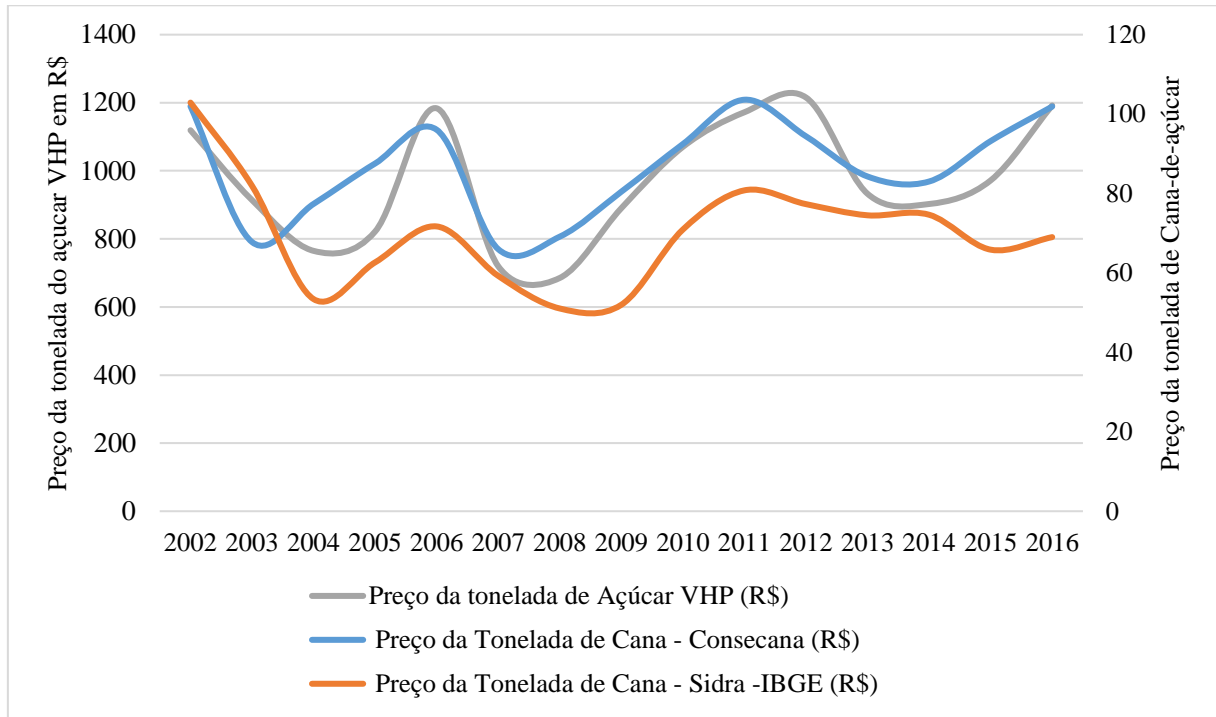
microrregião de Piracicaba no período de 2009 a 2012. Os maiores valores foram apresentados para o ano de 2002, sendo que nos últimos anos a região de Ribeirão Preto tem mostrado os maiores valores.

FIGURA 9. Preço da cana-de-açúcar por microrregião



Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE, Consecana e União Nacional da Bioenergia.

Constata-se ainda similaridade entre a trajetória da evolução do preço da tonelada da cana do CONSECANA, o preço divulgado pelo SIDRA (IBGE) e o preço açúcar (VHP), ver Figura 10.

FIGURA 10. Comparativo: Variação do Preço da saca Açúcar VHP, SIDRA-IBGE, e Consecana.

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados do CEPEA, Sidra- IBGE, e União Nacional da Bioenergia.

A maior média de valor pago está na microrregião de Piracaba, sendo a menor média para a microrregião de Jaboticabal, ver tabela 4. Os maiores e menores valores estão microrregião de Araraquara (R\$ 106,42 e R\$ 39,86) mostrando a amplitude dos valores praticados para a microrregião.

TABELA 4. Análise descritiva do valor de cana-de-açúcar produzida em toneladas nas microrregiões.

Análise descritiva	Jaboticabal	Ribeirão Preto	Araraquara	São Carlos	Piracicaba
Média	71,21	75,55	75,13	76,40	79,69
Mediana	71,32	75,44	76,06	73,67	76,62
Desvio padrão	14,19	13,77	19,24	11,42	13,06
Mínimo	51,04	53,63	39,86	61,45	62,24
Máximo	102,89	102,89	106,42	102,89	102,89

Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

A partir dos dados obtidos pela União Nacional da Bioenergia, a média do valor da cana no estado de São Paulo é de R\$ 90,01 ao longo do período de estudo, sendo o valor mínimo de R\$ 65,98 e o máximo R\$ 103,62, ver tabela 5.

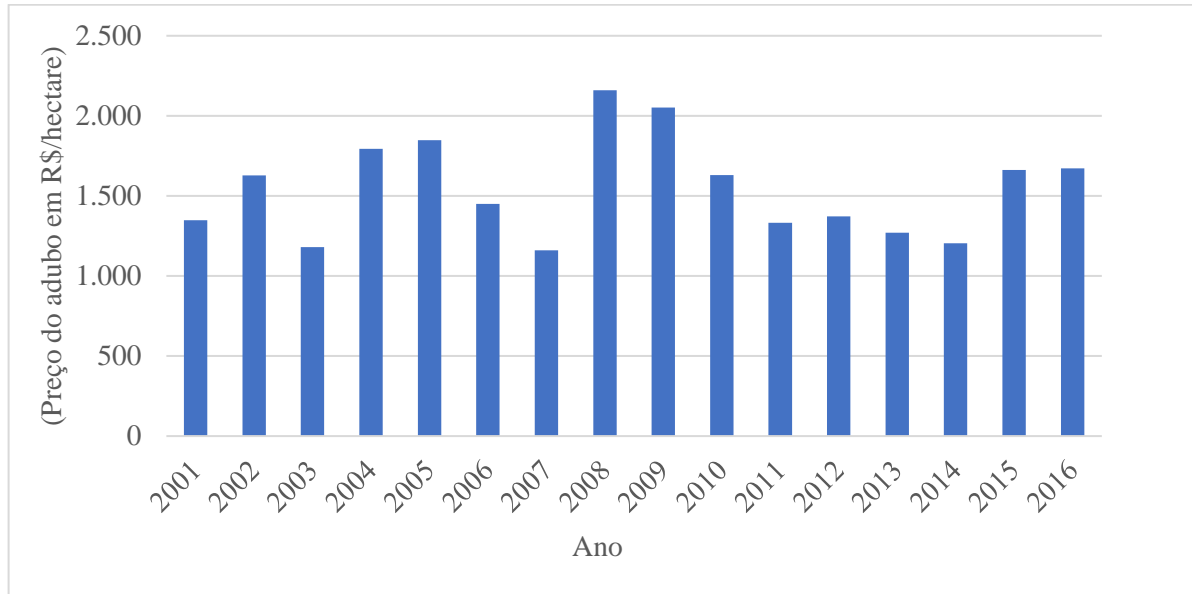
TABELA 5. Análise descritiva da variação do preço do adubo.

Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
87,41	90,01	12,56	65,98	103,62

Fonte: Elaborado a partir de dados da União Nacional da Bioenergia

O preço do adubo sofreu uma variação ao longo do período, com os valores fluando entre R\$ 1.160,03 e R\$ 2.160,15 por hectare. O valores médios ficaram em torno de R\$ 1.547,63, e o desvio padrão R\$ 308,66, ver figura 11 e tabela 6.

FIGURA 11. Variação do Preço do adubo em R\$/hectare



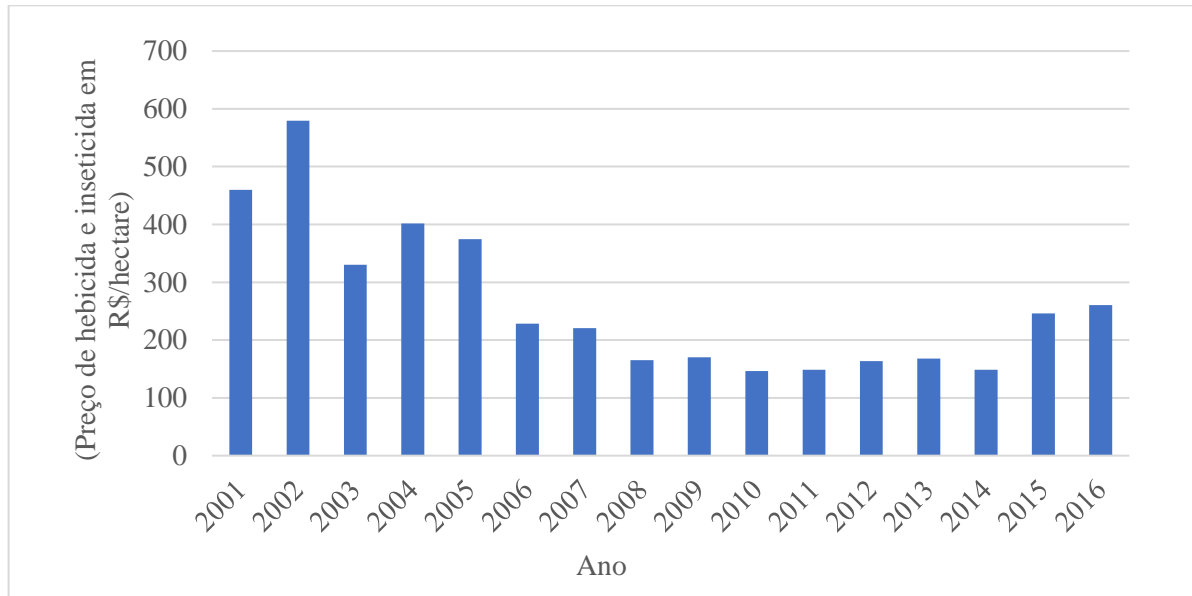
Fonte: Elaborado a partir de dados do IEA.

TABELA 6. Análise descritiva da variação do preço do adubo

<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
1.547,63	1.539,60	308,66	1.160,03	2.160,15

Fonte: Elaborado a partir de dados do IEA.

Para o conjunto de produtos considerados no estudo, os valores gastos com produtos fitossanitários também mostraram oscilação ao longo do período, com os valores fluando entre R\$ 146,27 e R\$ 579,23, por hectare. O valores médios ficaram em torno de R\$ 263,20, e o desvio padrão R\$ 130,40, ver figura 12 e tabela 7.

FIGURA 12. Variação do preço de herbicida e inseticida em R\$/hectare.

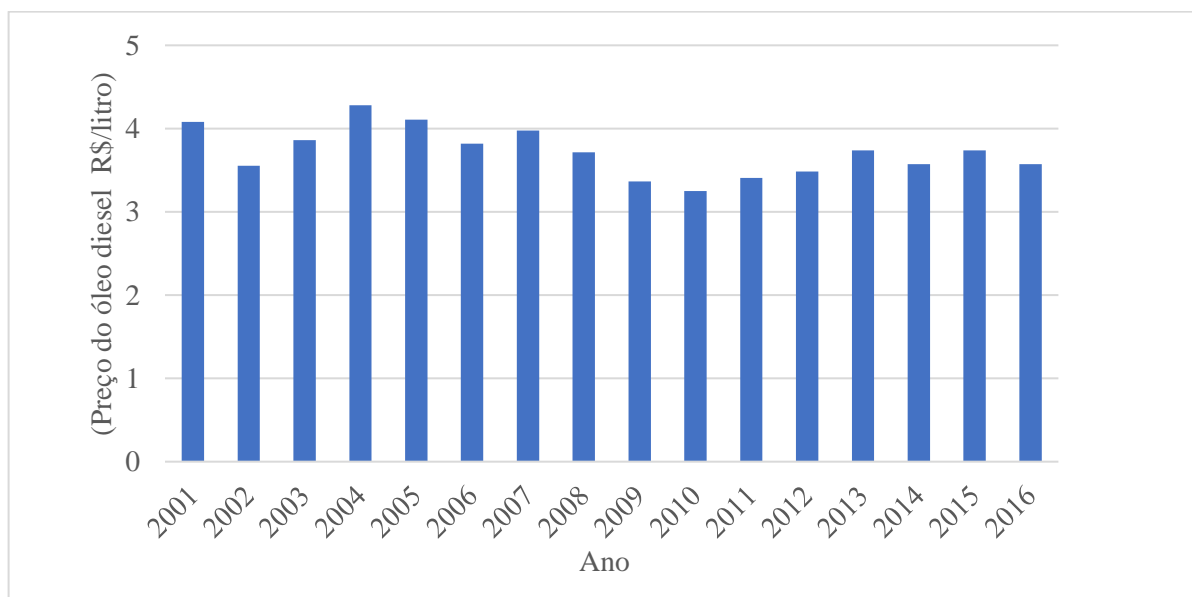
Fonte: Elaborado a partir de dados do IEA.

TABELA 7. Análise descritiva da variação do preço de herbicida e inseticida

<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
263,20	224,43	130,40	146,27	579,23

Fonte: Elaborado a partir de dados do IEA.

O óleo diesel também apresentou variação no período estudado, com um desvio padrão de 0,29, valores mínimos de R\$ 3,25 e máximo R\$ 4,28. Já a média foi de R\$ 3,72 e mediana R\$ 3,73, ver figura 13 e tabela 8.

FIGURA 13. Variação do Preço do óleo diesel em R\$/litro.

Fonte: Elaborado a partir de dados da ANP

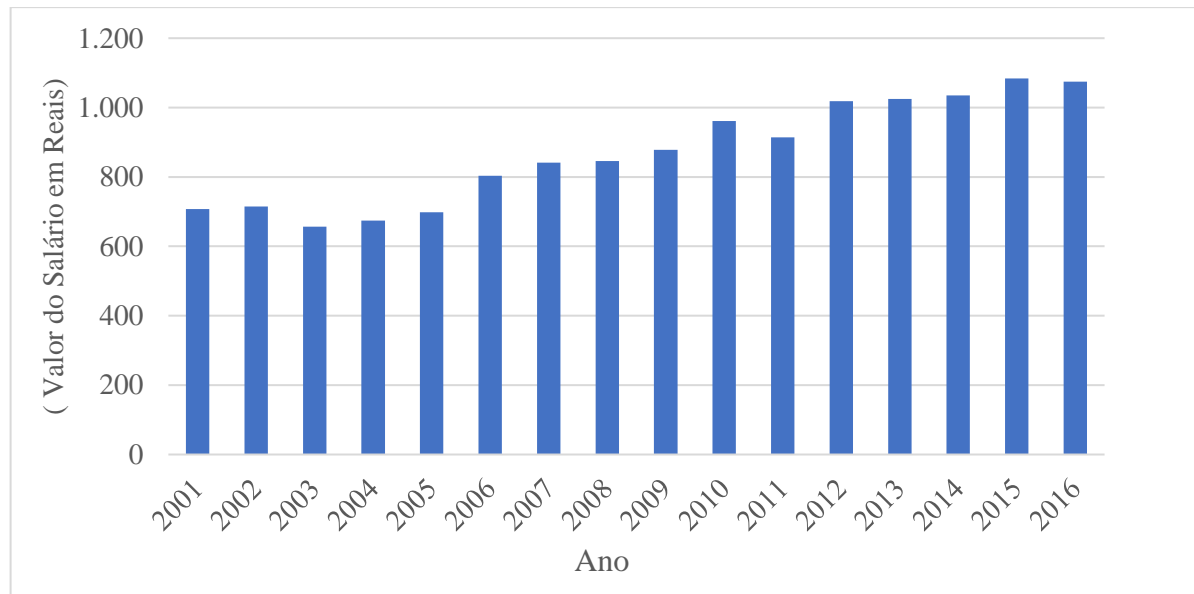
TABELA 8. Análise descritiva da variação do preço do óleo diesel.

<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
3,72	3,73	0,29	3,25	4,28

Fonte: Elaborado a partir de dados da ANP

O salário mínimo apresentou evolução ao longo do período, mostrando uma desvalorização entre o ano de 2015 e 2016, devido a deflação. O desvio padrão foi de R\$ 150,68 e valor máximo de R\$ 1084,43, ver figura 14 e tabela 9.

FIGURA 14. Variação do valor do salário mínimo em reais.



Fonte: Elaborado a partir de dados do IPEA

TABELA 9. Análise descritiva da variação do salário mínimo em reais.

<i>Média</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
870,87	862,06	150,68	657,00	1.084,43

Fonte: Elaborado a partir de dados do IPEA

4.2. Discussões Análises Estatísticas

A microrregião com maior produtividade média no período estudado foi Jaboticabal e a menor foi Piracicaba (Figuras 3). Um dos possíveis motivos que explicam a queda de produtividade a partir de 2008 é o movimento de mecanização, tanto da colheita quanto do plantio, que apesar dos inúmeros aspectos positivos do ponto de vista social e ambiental, pode ter gerado efeitos deletérios na produtividade agrícola durante sua implantação. Além disso, a crise financeira de 2008-2009 impactou diretamente na produtividade em virtude da redução

em investimentos agrícolas (NYKO ET AL., 2013).

O aumento do valor da tonelada de cana entre 1995 e 2004 pode ser explicado pela redução dos custos de produção de etanol, com redução semelhante dos custos da produção de cana-de-açúcar, como abordado por Van Den Wall Bake et al. (2009). O autor ressalta ainda que um notável ano foi 1999, com desregulamentação completa do mercado e superprodução de cana-de-açúcar ocasionada pelas condições climáticas ideais. A queda no valor da tonelada de cana-de-açúcar a partir de 2008 pode ser explicada por diversos fatores, conforme abordado por Nyko et al. (2013). A crise financeira de 2008-2009, por exemplo, resultou em redução de crédito concedido pelas instituições financeiras e consequente redução nos investimentos agrícolas, incluindo aqueles direcionados à renovação dos canaviais, impactando diretamente na produtividade, e em menor taxa de difusão das novas variedades. Além disso, o setor também enfrentou adversidades climáticas que afetaram a *performance* das novas variedades de cana. Para Demattê (2012), outros fatores são a proliferação de doenças nas novas variedades e a expansão da lavoura de cana-de-açúcar para regiões com solos menos férteis e climas menos favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

No estado de São Paulo, de acordo com dados do SIDRA/IBGE, no período de 2001 a 2016, a área colhida de cana-de-açúcar cresceu 118% - cerca de 3,02 milhões de hectares - resultando em um aumento de 122% na quantidade produzida - expansão de 243,35 milhões de toneladas. A produtividade teve um acréscimo de apenas 2,13% e o valor da tonelada uma redução de 21%. De modo geral, pode-se inferir que os ganhos de produção canavieira no estado de São Paulo, assim como apontado por Felipe (2008), Lourenzani e Caldas (2014), Camara e Calderelli (2016) e Caldarelli e Gilio (2018) são advindos da expansão territorial - efeito área. Esses autores identificaram que a expansão territorial pode ser explicada pela substituição de áreas de pastagem e substituição de culturas.

Cordeiro et al (2019), ao analisar a produção de cana-de-açúcar dos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais, no período de 1980 a 2016, detectaram uma maior semelhança do comportamento da produção de São Paulo com a produção nacional, evidenciando sua importância para o Setor Sucroenergético. Oliveira, Turci e Capitani (2020) identificaram que 55% do crescimento da área plantada de cana-de-açúcar, de 2000 a 2014, ocorreu no estado de São Paulo, correspondendo a 52% do acréscimo da produção nacional e auferindo ganhos econômicos de R\$ 18 bilhões no valor da produção.

Camara e Calderelli (2016) concluíram que a expansão canavieira no Estado de São Paulo teve como causas principais a expansão territorial e os incentivos de mercado visto que a produtividade diminuiu nesse período. Gilio e De Moraes (2016) detectaram uma expansão

tanto na área cultivada quanto na presença de usinas de etanol e açúcar no período de 2005 a 2011, e seu efeito positivo no desenvolvimento socioeconômico dos municípios.

Felipe (2008) ressaltou que a cana-de-açúcar e a soja foram as atividades com maior ganho de área no Estado de São Paulo entre 1990 e 2005. Através da utilização do modelo *shift share* concluiu-se que o crescimento da produção canavieira anual paulista nesse período foi resultado principalmente da expansão da área plantada e que ganhos de produtividade tiveram menor efeito sobre a produção canavieira paulista. Camara e Caldarelli (2016) utilizando do modelo de efeito *shift-share* para se analisar a expansão da área cultivada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo entre 2001 e 2013 ressaltam também para a substituição da área ocupada com pastagens para a pecuária bovina pela área plantada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Segundo a pesquisa, a expansão da área plantada com cana-de-açúcar em substituição à outras culturas anteriormente plantadas foi de 2,3 milhões de hectares, sendo 1,6 milhões de hectares, aproximadamente 66%, oriundos de áreas ocupadas anteriormente com pastagens para a pecuária bovina

As tradicionais microrregiões produtoras de Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos representavam, em 2001, 32% da área colhida e 31% da quantidade produzida no estado. Em 2016 elas passaram a representar 21% tanto em área colhida quanto em produção (SIDRA/IBGE). Tal declínio também foi abordado por Camara e Calderelli (2016) demonstrando que as lavouras canavieiras se expandiram das tradicionais regiões produtoras para todo o estado e ganharam destaque em termos de importância econômica.

Os resultados encontrados por Oliveira, Turci e Capitani (2020) corroboram que a região de Ribeirão Preto foi a que mais contribuiu com os valores adicionados pela cultura canavieira no estado de São Paulo, entre 2000 e 2014, mesmo não apresentando o maior crescimento na área cultivada. Oliveira, Turci e Capitani (2020) utilizaram como base de dados os relatórios anuais da Produção Agrícola Municipal (PAM), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e identificaram que Ribeirão Preto contribuiu com 25% do total adicionado pela cultura canavieira no estado de São Paulo, permitindo uma maior dinamização econômica e melhorando os indicadores econômicos locais, sobretudo nas áreas de expansão.

4.3. Modelos Econométrico

Apresentam-se os modelos econométricos de dados em painel relacionados a produtividade, área e produção.

4.3.1. Produtividade

As séries utilizadas para análise mostraram-se estacionárias conforme ANEXO 1. Utilizou-se a forma de logaritmo para se mensurar as elasticidades das variáveis explicativas em relação a variável dependente. O modelo mais apropriado, através do critério do menor valor do teste de Schwarz, incorporou as variáveis preço da cana-de-açúcar divulgada pelo IBGE, do adubo, do salário mínimo e do óleo diesel na primeira e segunda defasagem e optou-se por retirar variável herbicida e tendência temporal. Com o intuito de equacionar o problema de autocorrelação dos resíduos, aplicou-se a primeira diferença nas variáveis. Para a realização do modelo de efeitos fixos foram introduzidas *dummies* nas regiões analisadas (ver equação 12).

$$\Delta \ln Prod_{it} = \alpha + DR2 + DR3 + DR4 + DR5 + \beta_1 \Delta \ln Pc_{(t-1)} + \beta_2 \Delta \ln Pc_{(t-2)} + \theta_1 \Delta \ln Pad_{(t-1)} + \theta_2 \Delta \ln Pad_{(t-2)} + \Omega_1 \ln Pod_{(t-1)} + \Omega_2 \ln Pod_{(t-2)} + \Psi_1 SM_{(t-1)} + \Psi_2 SM_{(t-2)} + \varepsilon \quad (\text{eq. 12})$$

Onde: *Prod* = produtividade, *Pc* = preço da cana-de-açúcar pelo IBGE, *Pad*= preço do adubo; *Psal*= valor do salário mínimo; *Pold*=preço do óleo diesel, DR = Dummies regionais

As variáveis preço da cana-de-açúcar na primeira defasagem, preço da adubação na segunda defasagem, óleo diesel na primeira defasagem, salário mínimo e as *dummies* regionais mostraram-se significativas pelo teste T. O salário mínimo na segunda defasagem foi a variável com maior impacto na produtividade da cana-de-açúcar com elasticidade de -0,62. Pelo critério de *Durbin-Watson*, o valor calculado de 2,31 encontra-se na região de indefinição com nível de significância de 0,01, com os valores tabelados entre 2,947 e 2,11, ver tabela 10.

TABELA 10. Resultado do modelo de dados em painel para os coeficientes, Erro padrão, razão-t e p-valor.

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
const	0,0159700	0,00895227	1,784	0,1490	
DR2	0,00536823	0,000259545	20,68	<0,0001	***
DR3	0,0132010	0,000241087	54,76	<0,0001	***
DR4	0,00532509	0,000332633	16,01	<0,0001	***
DR5	-0,00404915	0,000228479	-17,72	<0,0001	***
$\Delta \ln_{PC_1}$	-0,0839082	0,0171866	-4,882	0,0081	***
$\Delta \ln_{PC_2}$	-0,0102455	0,0447954	-0,2287	0,8303	
$\Delta \ln_{Pad_1}$	-0,0470607	0,0261904	-1,797	0,1468	
$\Delta \ln_{Pas_2}$	-0,106938	0,0380869	-2,808	0,0484	**
$\Delta \ln_{Pod_1}$	-0,599282	0,215006	-2,787	0,0494	**
$\Delta \ln_{Pod_2}$	-0,114466	0,151574	-0,7552	0,4922	
$\Delta \ln_{SM_1}$	-0,171682	0,160457	-1,070	0,3449	
$\Delta \ln_{SM_2}$	-0,623214	0,119737	-5,205	0,0065	***

Média var. dependente	-0,001436	D.P. var. dependente	0,065442
Soma resíd. quadrados	0,176138	E.P. da regressão	0,058200
R-quadrado	0,357364	R-quadrado ajustado	0,209064
F(12, 4)	-1,87e+17	P-valor(F)	NA
Log da verossimilhança	99,87237	Critério de Akaike	-173,7447
Critério de Schwarz	-145,4777	Critério Hannan-Quinn	-162,5916
Rô	-0,250172	Durbin-Watson	2,312075

Fonte: Elaborado pelo autor no software Gretl.

4.3.2. Área

No modelo de área com cana-de-açúcar, as variáveis preço da tonelada da cana-de-açúcar, o preço do boi gordo na primeira e segunda defasagem e a produtividade na primeira defasagem mostraram-se significativos pelo teste t. Utilizou-se as séries na primeira diferença com o intuito de evitar a autocorrelação dos resíduos. A elasticidade preço da cana-de-açúcar foi de 0,10. Para a realização do modelo de efeitos fixos foram introduzidas *dummies* nas regiões analisadas (ver equação 13).

$$\Delta \ln \text{area} = \alpha + \text{DR2} + \text{DR3} + \text{DR4} + \text{DR5} + \beta_1 \Delta \ln \text{Pc}_{(t-1)} + \beta_2 \Delta \ln \text{Pc}_{(t-2)} + \theta_1 \Delta \ln \text{Pbg}_{(t-1)} + \theta_2 \Delta \ln \text{Pbg}_{(t-2)} + \psi_1 \Delta \ln \text{Prod}_{(t-1)} + \varepsilon \quad (\text{eq. 13})$$

Onde: área = Área colhida de cana-de-açúcar em hectares, Pc = preço da cana-de-açúcar do IBGE, Pbg = Preço do boi gordo, Prod = produtividade, DR = Dummies regionais.

As variáveis preço da cana-de-açúcar na segunda defasagem, preço do boi gordo na primeira defasagem e as dummies regionais DR2, DR4 e DR5 mostraram-se significativas pelo teste T. Utilizou-se a primeira diferença para solucionar o problema da autocorrelação dos resíduos, ver tabela 11.

TABELA 11. Resultados dos dados em painel dos coeficientes, erro padrão, razão-t e p-valor. Para a área

Variáveis	Coefficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
Const	0,0357600	0,00184431	19,39	<0,0001	***
DR2	-0,0230699	0,00454319	-5,078	0,0071	***
DR3	0,00333360	0,00833988	0,3997	0,7098	
DR4	-0,0114162	0,00332904	-3,429	0,0266	**
DR5	0,00396540	0,000892085	4,445	0,0113	**
$\Delta \ln \text{PC}_1$	0,0527919	0,0516014	1,023	0,3641	
$\Delta \ln \text{PC}_2$	0,102139	0,0388757	2,627	0,0583	*
$\Delta \ln \text{Pbg}_1$	0,133470	0,0524807	2,543	0,0638	*
$\Delta \ln \text{Pbg}_2$	-0,159568	0,0802827	-1,988	0,1178	
$\Delta \ln \text{Prod}_1$	0,402842	0,0636178	6,332	0,0032	***

Média var. dependente	0,027487	D.P. var. dependente	0,072128
Soma resíd. quadrados	0,204221	E.P. da regressão	0,063909
R-quadrado	0,334664	R-quadrado ajustado	0,214903
F(9, 4)	5,39e+16	P-valor(F)	8,40e-34
Log da verossimilhança	85,35062	Critério de Akaike	-150,7012
Critério de Schwarz	-129,7578	Critério Hannan-Quinn	-142,5091
rô	-0,102452	Durbin-Watson	2,164796

Fonte: Elaborado pelo autor no software Grelt.

4.4. Discussões Modelos Econométricos

O preço da cana-de-açúcar pago nas microrregiões analisadas impactou diretamente na área plantada com cana-de-açúcar na segunda defasagem apresentado elasticidade de 0,10. Portanto, a variação de 1% no preço da cana-de-açúcar tende a provocar elevação de 0,10% na área plantada com defasagem de duas safras.

Este resultado era esperado de acordo com a teoria econômica, pois elevações de preços de um produto incentivam a ocorrência de elevação da área plantada de determinado produto agrícola e reduções de preços incentivam a substituição por outros produtos agrícolas. Este resultado também está em conformidade com outras pesquisas que realizaram avaliações dos impactos do preço da cana-de-açúcar sobre a área plantada. Figueira (2020) utilizou o modelo de dados em painel para analisar o impacto do preço na área plantada com cana-de-açúcar em trinta escritórios de desenvolvimento rural (EDRs) no estado de São Paulo entre o período de 1995 e 2012 abrangendo 98,4% da produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo, constatando elasticidade positiva de 0,13 na quarta defasagem.

Oliveira (2017) utilizou a metodologia de dados em painel para se mensurar o impacto do preço da cana-de-açúcar sobre a área plantada com cana-de-açúcar em trinta EDRs no estado de São Paulo entre 1995 e 2015 e em dois grupos com quinze EDRs cada: o primeiro grupo abrangendo as regiões de expansão da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: oeste e sudoeste e o segundo grupo abrangendo as tradicionais regiões produtoras de cana-de-açúcar: norte e central. O preço da cana-de-açúcar impactou positivamente tanto na área plantada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo, como na região de expansão e da tradicional região produtora de cana-de-açúcar. No entanto, o impacto do preço foi maior na região em expansão em comparação com a região tradicional. No estado de São Paulo, o preço da cana-de-açúcar teve elasticidade positiva na segunda e quarta defasagens, com valores de 0,12 e 0,08. Na região de expansão, na região de expansão a elasticidade da cana-de-açúcar mostrou-se maior com

valores de 0,17 e 0,14 na segunda e quarta defasagens. Na região tradicional ocorreu impacto apenas na segunda defasagem com valor de 0,06.

Devendo-se ressaltar que as regiões analisadas nesta pesquisa: Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos encontram-se nas tradicionais regiões produtoras de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. Portanto, em ambos os trabalhos se concluiu para o impacto positivo do preço da cana-de-açúcar sobre a área plantada na segunda defasagem. No entanto, a elasticidade mensurada 0,10 mostrou-se pouco superior ao resultado mensurado por oliveira de 0,06.

A elasticidade do preço do boi gordo em relação a área plantada com cana-de-açúcar se mostrou positiva na primeira defasagem com valor de 0,13. Para a teoria econômica, este valor positivo se refere a bens complementares na oferta. Pelo qual o valor de um bem estimula a produção do outro.

Ao contrário do presente trabalho, pesquisas de Figueira (2020) e Oliveira (2017) constataram efeito substituição entre o preço do boi gordo e a área plantada com cana-de-açúcar se mostrou negativa. Portanto, uma redução de preços do boi gordo incentiva o crescimento da área plantada com cana-de-açúcar e uma elevação dos preços do boi desestimulam a ampliação da área plantada com cana-de-açúcar. Figueira (2020) mensurou elasticidade de -0,44 na primeira defasagem do preço do boi sobre a área plantada com cana-de-açúcar. Oliveira (2017) mensurou elasticidade de -0,26 do preço do boi gordo sobre a área plantada nas trinta EDRs que respondem por aproximadamente 98% da produção canavieira do estado de São Paulo. Nas regiões em expansão da área cultivada com cana-de-açúcar no estado de São Paulo a elasticidade da segunda defasagem foi de -0,33 e nas regiões tradicionais na produção de cana-de-açúcar a elasticidade foi de -0,21.

A diferença dos valores dos coeficientes pode ser fruto de uma abrangência de área desta pesquisa das regiões de Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos menor se comparado a abrangência dos regional dos trabalhos de Figueira (2020) e Oliveira (2017) pelos quais incorporaram trinta EDRs no estado com maior participação na produção canavieira paulista entre 1995 e 2012: Andradina, Araçatuba, Araraquara, Assis, Avaré, Barretos, Bauru, Botucatu, Catanduva, Dracena, Fernandópolis, Franca, General Salgado, Itapetininga, Jaboticabal, Jales, Jaú, Limeira, Lins, Mogi-Mirim, Orlandia, Ourinhos, Piracicaba, Presidente Prudente, Presidente Venceslau, Ribeirão Preto, São João da Boa Vista, São José do Rio Preto, Tupã e Votuporanga. No trabalho de Oliveira (2017) subdividiu-se em duas regiões de expansão abrangendo quinze regiões em cada grupo, com uma abrangência maior em relação a presente pesquisa. Podendo ainda ser resultado das diferenças nos períodos

de análise. Figueira (2020) analisou período entre 1995 e 2012 e Oliveira (2017) ente 1995 e 2015. No presente trabalho, a pesquisa ocorreu entre o período de 2001 e 2016. No entanto, necessita-se a realização de novas pesquisas para avaliar o motivo da relação direta entre o preço da carne bovina e a área plantada com cana-de-açúcar.

As dummies regionais inseridas no modelo constataram ainda diferenças nas cinco microrregiões quanto a variação da área plantada com cana de açúcar na região 2, 4 e 5. Tais resultados reforçam para a existência de diferenças nestes EDRs na variação da área plantada com cana-de-açúcar.

No modelo de produtividade, incluiu-se a variável preço da cana-de-açúcar e dos insumos utilizados na produção: fertilizantes, herbicidas, óleo diesel e salário mínimo. Utilizando-se o teste de Schwarz, o melhor modelo para produtividade incluiu o preço da cana-de-açúcar e os insumos: fertilizantes, óleo diesel e salário mínimo na primeira e segunda defasagem.

O preço da cana-de-açúcar mostrou-se significativo na primeira defasagem, mas com sinal negativo. Resultado não esperado de acordo com a teoria econômica, pois elevações de preços incentivam os produtores a investirem mais em termos de ganho de produtividade, utilizando-se mais fertilizantes por exemplo. No entanto, deve-se salientar que a produtividade não está sujeita apenas as decisões econômicas dos agentes, mas também as variações climáticas.

Trabalhos de Figueira (2020), Figueira & Rolim (2020) e Oliveira (2017) mensuraram efeito positivo do preço da cana-de-açúcar sobre a produtividade canavieira no estado de São Paulo. Figueira (2020) constatou impacto positivo do preço sobre a produtividade na segunda, terceira e quarta defasagens com valores de 0,05, 0,10 e 0,11. Trabalho de Figueira & Rolim (2020) analisando o efeito do preço da cana-de-açúcar, do crédito agrícola e uma sintetizando o efeito agrometeorológico sobre a produtividade entre 1995 e 2012, constatou efeito positivo do preço da cana-de-açúcar sobre a produtividade na primeira, terceira e quarta defasagem com valores de 0,06, 0,11 e 0,09 em dezoito microrregiões do estado de São Paulo. Oliveira (2017) constatou efeito positivo do preço sobre a produtividade nas trinta EDRs do estado nas segunda, terceira e quarta defasagens com valores de 0,045, 0,042 e 0,087. Nas regiões oeste e sudoeste do estado, o impacto ocorreu na quarta e sexta defasagens, com valores de 0,10 e 0,08. Nas regiões norte, central e leste do estado de São Paulo o impacto sobre a produtividade ocorreu na primeira, segunda, terceira e quarta defasagens com valores de 0,05; 0,04; 0,05 e 0,16.

Como fator inovador do trabalho destaca-se a inclusão do impacto das variáveis insumo de produção: preço do adubo, herbicida, salário mínimo e óleo diesel na produtividade

canavieira. Constatou-se impacto negativo do adubo na segunda defasagem, com valor de -0,10, salário mínimo na segunda defasagem com valor de -0,62 e óleo diesel na primeira defasagem no valor de -0,59. O impacto negativo está em conformidade com a teoria econômica. Pela qual elevações de custos de produção reduzem o lucro das empresas e desestimulam os investimentos para incrementar a produtividade.

Ao comparar os fatores inerentes a cultura de açúcar, averiguou-se que a colheita mecanizada gera consequências positivas na produção, com significativa redução dos custos da tonelada colhida, a qual apresenta dados de redução de 60,46% ao custo da tonelada colhida, já que realizam diversas etapas na dinâmica das operações como corte, carregamento e transporte, feitos por máquinas agrícolas (RODRIGUES, 2008). Segundo Dias (1997). Estes fatores causam interferência na produtividade e qualidade da cultura e suas consequências são estudados sob diversos aspectos (MAULE et al. 2001). Podendo influenciar a produtividade da cultura, prejudicando a longevidade da lavoura, nos atributos físicos e químicos do solo. No sistema de colheita mecanizada, existe também a formação da palhada (SOUZA et al., 2005). A eficiência das operações agrícolas mecanizadas é um fator que afeta a qualidade das operações e tem grande influência nos custos de produção, sendo dependente dos formatos dos talhões e do planejamento das operações dos mesmos (DE OLIVEIRA, 2012). Ripoli e Ripoli (2009) afirmaram que a velocidade de deslocamento das colhedoras de cana-de-açúcar é influenciada pelas condições que a cultura e do terreno, onde a partir disso é possível atingir bons níveis de qualidade na colheita, sendo influenciados por fatores como: má qualidade do preparo do solo, deficiência no plantio, alta incidência de acamamento da cultura, além de ausência de sistematização. Dias & Sentelhas (2018) destacaram sobre os principais fatores que limitam a produtividade da cana-de-açúcar, considerando déficit hídrico ou manejo e que a principal causa de queda de produtividade é o déficit hídrico, sendo que o efeito do manejo depende da região e das práticas utilizadas. NYKO et al. (2013), explica sobre a estagnação da produtividade da cultura após seu ápice em 2007, e isso pode ser explicada pelo avanço da mecanização e condições climáticas adversas.

Para que seja possível a continuidade da evolução da produção de cana-de-açúcar nos próximos anos para abastecimento da produção global de açúcar e atendimento à maior participação do etanol no mercado, serão necessários investimentos em ganhos verticais da cultura, com aumento de produtividade, redução dos custos de produção e adoção de técnicas de manejos eficazes, que ampliem a longevidade dos canaviais. Sendo assim sugere-se a realização de novas pesquisas relacionadas às melhores práticas a serem adotadas nos canaviais de modo a proporcionar tal crescimento vertical e consequente aumento de produtividade.

5. IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

Esta ferramenta permite avaliar a oferta de açúcar e álcool no próximo período, fundamental para o fechamento dos contratos de venda dos produtos. Permite também previsibilidade no suprimento de matéria-prima, cana-de-açúcar, para o funcionamento da usina. Como contribuição gerencial, permite a empresa avaliar o impacto do preço da cana-de-açúcar e permite-se aprimorar os critérios de contratação com os fornecedores, com o intuito de incrementar o suprimento da cana-de-açúcar para a usina. Os resultados auxiliarão órgãos públicos e empresas privadas na mensuração da oferta canavieira, sendo possível a criação de indicadores parciais de produtividade agrícola, que contribuirão para previsão da geração de trabalho e renda. O projeto pode auxiliar ainda na obtenção de novas metodologias para avaliação da flutuação da produção da cana-de-açúcar, além de contribuir com dados que possibilitarão a realização de novos trabalhos e pesquisas na área, e servir como referência para construção de sistemas capazes de aferir de forma comparativa o desempenho da produção de produtores, tanto quanto usinas de cana-de-açúcar em relação as microrregiões estudadas. Portanto, cabe indagar quais são as implicações desse resultado para a economia brasileira e, principalmente, em qual proporção tal constatação pode influenciar o setor agrícola no longo prazo.

6. CONCLUSÕES

Em função da importância do Setor Sucroenergético na produção agrícola brasileira e paulista, se faz necessário analisar o histórico de evolução da cultura de cana-de-açúcar das principais microrregiões produtoras do estado de São Paulo para entender os principais fatores que influenciaram seu comportamento ao longo dos anos e prever possíveis tendências e desafios.

O objetivo geral do trabalho é analisar como o preço da cana-de-açúcar, o preço dos produtos substitutos na oferta e o preço dos insumos de produção impactaram na área de produção de cana-de-açúcar e na produtividade nas microrregiões de Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos, entre os anos de 2001 e 2016, período de crescimento intenso da cultura canavieira.

Para se cumprir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram obtidos:

1) Apresentação das séries históricas no período de 2001 a 2016 para as variáveis: área colhida (hectares), quantidade produzida (toneladas), rendimento médio da produção (toneladas por

hectare), valor da produção em reais, preço do adubo, preço do inseticida e herbicida, óleo diesel e salário mínimo; 2) Estatísticas descritivas das variáveis: média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo das séries históricas; 3) Aplicação do modelo de dados em painel para mensurar o impacto das variáveis preço da cana-de-açúcar, herbicidas, fertilizantes, óleo diesel e salário mínimo sobre a variável dependente produtividade; e, 4) Aplicação do modelo de dados em painel para mensurar o impacto das variáveis preço da cana-de-açúcar, e dos produtos substitutos: preço da soja, carne bovina, sobre a variável dependente área de produção de cana-de-açúcar.

De acordo com dados levantados no período em referência, a área colhida de cana-de-açúcar no estado de São Paulo cresceu cerca de 3,02 milhões de hectares com expansão de 243,35 milhões de toneladas. Esses valores correspondem a um aumento de respectivamente 118% e 122%, enquanto a produtividade apresentou um acréscimo de apenas 2,13%.

A microrregião com maior produtividade média no período estudado foi Jaboticabal e a menor foi Piracicaba. Um dos possíveis motivos que explicam a queda de produtividade a partir de 2008 é o movimento de mecanização, tanto da colheita quanto do plantio, que apesar dos inúmeros aspectos positivos do ponto de vista social e ambiental, pode ter gerado efeitos deletérios na produtividade agrícola durante sua implantação. Além disso, a crise financeira de 2008-2009 impactou diretamente na produtividade em virtude da redução em investimentos agrícolas.

Com relação a evolução da área colhida entre as microrregiões. Em ordem de volume de área de produção, a microrregião de Ribeirão Preto é a que merece maior destaque, seguida de Jaboticabal, Araraquara, Piracicaba e São Carlos. A microrregião de Araraquara foi a que apresentou a maior ampliação de área de produção no período de 2001 a 2016.

Para variável produtividade, a microrregião que apresentou a maior evolução no período foi Jaboticabal, seguida por São Carlos, Piracicaba e Araraquara. Para as microrregiões estudadas, os maiores valores de produtividade média ocorreram entre 2005 e 2009, seguidos por reduções significativas dos valores, com exceção para a microrregião de Araraquara, que atingiu a maior produtividade média entre 2010 e 2014.

Utilizou-se ainda o modelo econométrico de dados em painel para se mensurar os impactos das variáveis preço da cana-de-açúcar, preço do fertilizante, herbicidas, óleo diesel e salário mínimo impactaram na produtividade canavieira. As variáveis preço da cana-de-açúcar

na segunda defasagem, preço do boi gordo na primeira defasagem e as dummies regionais DR2, DR4 e DR5 mostraram-se significativas impactando na área plantada.

Sugere-se ainda a realização de novas pesquisas qualitativas e quantitativas com uma abrangência geográfica e temporal maior com o intuito de melhor compreender o impacto das variações dos preços da cana-de-açúcar e dos insumos (fertilizantes, herbicidas, salário mínimo e óleo diesel) sobre a produtividade canavieira. Compreender também os fatores determinantes para a variação da área plantada com cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP. **Série Histórica de Preços de Combustíveis**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/serie-historica-de-precos-de-combustiveis>. Acesso em: 18 out. 2020.
- ANDRADE, E.; MADALOZZO, R. **Microeconomia**. São Paulo: Publifolha, 2003.
- ANDRADE, M. C. **Modernização e pobreza: a expansão da agroindústria canavieira e seu impacto ecológico e social**. São Paulo: Unesp, 1994.
- BACCARIN, J. G. **Sistema de produção agropecuário brasileiro: características e evolução recente**. 2. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica/UNESP, 2011. 254 p.
- BAENINGER, R.; ZULLO JUNIOR, J.; AIDAR, T.; PERES, R. G. **Regiões Canavieiras**. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Andrea-Koga-Vicente/publication/271370646_Evolucao_da_producao_de_cana-de-acucar_em_regioes_canavieiras_tradicionais_e_em_expansao_no_estado_de_Sao_Paulo/links/587e65b308aed3826af45ee8/Evolucao-da-producao-de-cana-de-acucar-em-regioes-canavieiras-tradicionais-e-em-expansao-no-estado-de-Sao-Paulo.pdf#page=30. Acesso em: 12 de setembro de 2021.
- BAER, W. **A economia brasileira**. 4 ed. São Paulo: Livraria Nobel, 391 p., 1996.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do cidadão**. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/corrigerPorIndice.do?method=corrigerPorIndice>. Acesso em: 08 jun. 2020.
- BARROS, G. S. **Economia da comercialização agrícola**. Capítulo 7: Análise da oferta de produtos agrícolas. 2007.
- BASTOS; MORAES. **Perfil dos fornecedores de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil**, Informações Econômicas, SP, v. 44, n. 2, mar./abr. 2014.
- BEAUCLAIR, E.; TEZOTTO, T.; MANOCCHIO JÚNIOR, C. R. Manejo da Cultura de Cana-de-Açúcar. IN: BELARDO, G. C.; CASSIA, M. T.; SILVA, R. P. Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar. **Editora SBEA**. 2015.

BORGES, A. C. G.; COSTA, V. M. H. M. Distribuição dos desembolsos do BNDES no setor sucroenergético no Brasil. *Estudos Geográficos*, v. 9, n. 2, p. 73-88, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/133622>. Acesso em 17/10/2021.

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, p. 4, 2017.

BRESSAN FILHO, A. **Os fundamentos da crise do setor sucroalcooleiro no Brasil**. Brasília: CONAB, 2009.

CALDARELLI, C. E.; GILIO, L. Expansion of the sugarcane industry and its effects on land use in São Paulo: Analysis from 2000 through 2015. **Land Use Policy**, v. 76, p. 264-274, 2018.

CAMARA, M. R. G.; CALDARELLI, C. E. Expansão canavieira e o uso da terra no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 88, p. 93-116, 2016.

CÉZAR, S. A. G., ARRUDA, S. T., MASCARENHAS, M. D., & MELLO, N. D. Sistemas de produção dentro de uma abordagem metodológica de custos agrícolas. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 117-149, 1991.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil: Safra 2008-2009**. Brasília: CONAB, maio 2010. 77 p.

CONAB. **Observatório Agrícola: acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Safra 2018/19**, v.5, n. 4, 2019.

CONAB. **Observatório Agrícola: acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Safra 2020/21**, v.6, n. 4, 2020.

CONSECANA (Brasil). **Valores de ATR e Preço da Tonelada de Cana-de-açúcar - Consecana do Estado de São Paulo**. Disponível em: https://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf. Acesso em: 18 out. 2020.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA DE AÇÚCAR, AÇÚCAR E ETANOL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CONSECANA. **Manual de instruções Consecana-SP:**

Regulamento & Normas operacionais. 4. ed. Disponível em: http://www.orplana.com.br/manual_2006.pdf. Acesso em: 30 de março de 2021.

CORDEIRO, N. K.; SOUZA, D. H. G.; BERNARDI, D.; CARDOSO, K. P. S.; Norma, 2019.

CORDELLINI, D. F. O etanol na estrutura dos biocombustíveis no Brasil. **Revista da FAE**, v. 21, n. 1, p. 19-35, 2018.

DE CASTRO CAMIOTO, F.; MORALLES, H. F.; MACHADO, R. O Impacto da Crise de Crédito de 2008 no Setor Sucroenergético: Um Estudo Econométrico. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 4, p. 159, 2017.

DE OLIVEIRA, Cilene. **Plantio mecanizado de cana-de-açúcar: aspectos operacionais e econômicos.** 2012. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

DEMATTE, J. L. I. Variedades de cana estão devendo. **Idea News Cana & Indústria**, ano 11, n. 41, p. 16-24, ago. 2012.

DIAS, F. L. F. **Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na Região Noroeste do Estado de São Paulo.** 1997. 64 f. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

DIAS, H. B., & SENTELHAS, P. C. (2018). **Sugarcane yield gap analysis in Brazil: a multi-model approach for determining magnitudes and causes.** *The Science of the Total Environment*, 637-638, 1127-1136. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv>. Acesso em 17/12/2021

DU, C. **Environmental and social life cycle assessment of sugarcane in Brazil: comparing manual and mechanical harvesting.** Tese (Doutorado), University of Coimbra, 2017.

DUARTE, J.; ALVES, E. O elemento invisível no progresso tecnológico. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 122-124, 2016.

EISENBERG, P. L. **Modernização sem mudança: a indústria açucareira em Pernambuco, 1840-1910.** Rio de Janeiro: Paz e Terra. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1977.

ENBR SÃO PAULO. **Microrregiões.** Disponível em: <https://sites.google.com/site/enbrsaopaulo/regioes/microrregioes>. Acesso em: 10 jun. 2020.

FARINELLI, J. B. M.; SANTOS, D. F. L. S. Impacto das tecnologias de plantio no fluxo de caixa do produtor canavieiro. **Revista Gestão & Tecnologia** 17 (3): 146–171. 2017.

FELIPE, F. .I. Dinâmica da agricultura no estado de São Paulo entre 1990 e 2005: uma análise através do modelo shift-share. São Paulo: **Revista de Economia Agrícola**, v55, n 2.P. 61-75, jul/dez 2008.

FERGUSON, C. E. **Microeconomia.** Forense Universitária. 20ª Ed. Rio de Janeiro, 1999.

FERREIRA, E. R.; ALVES, F. D. Organização espacial da cana-de-açúcar no estado de São Paulo: uma análise evolutiva. In Anais do **V Encontro de Grupo de Pesquisa: “Agricultura, Desenvolvimento Regional e Transformações Socioespaciais.** Santa Maria: UFSM. 2009.

FIGUEIRA, S. R. F. Impactos dos preços e do crédito rural sobre a produção de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 58, p. 1-17, 2020.

FIGUEIRA, S. R. F.; ROLIM, G. S. Economic and agrometeorological modeling of sugarcane productivity in São Paulo state, Brazil. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 6, p. 4836-4848, 2020.

FIGUEIRA, S. R. **Os programas de álcool como combustível nos EUA, no Japão e na União Européia e as possibilidades de exportação do Brasil.** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. 2005.

FIGUEIRA, S. R.; BURNQUIST, H. L. **Perspectivas do programa de álcool combustível brasileiro.** No. 1347-2016-106278. 2006.

FIGUEIRA, S. R.F.; BELIK, W. ; VICENTE, A. K. . Escala e competição na agroindústria canavieira no estado de São Paulo. In: CONGRESSO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 2014.

FRANK, R. H. **Microeconomia e comportamento.** Bookman Editora, 2013.

FURTADO, A. **Formação econômica do Brasil.** São Paulo: Nacional, 1969.

GILIO, L.; DE MORAES, M. A. F. D. Sugarcane industry's socioeconomic impact in São Paulo, Brazil: A spatial dynamic panel approach. **Energy Economics**, v. 58, p. 27-37, 2016.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 924 p. 2011.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Departamento de Publicações, 1988.

HOLANDA, S. B. D. **História geral da civilização brasileira**. São Paulo: Difel, v. 2, 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco de dados agregados: Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#>. Acesso em: 07 jun. 2020.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Banco de dados**. São Paulo: IEA. 2021 Disponível2021. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>. Acesso em: 10 de setembro de 2021.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo, 2º Levantamento, Ano Agrícola 2017/18 e Levantamento Final, Ano Agrícola 2016/17**. 2018. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-06-2018.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2021.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Relação Troca entre Defensivos e Produtos Agrícolas**. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nial/RelaTrocaDefensivos.aspx?cod_sis=20. Acesso em: 20 out. 2020.

JORNAL DA CANA. **Quanta cana de fornecedores as usinas estão usando atualmente**. Disponível em: <https://jornalcana.com.br/quanta-cana-de-fornecedores-as-usinas-estao-usando-atualmente/>. Acesso em: 29 de março de 2021.

KLEIN, B. C., CHAGAS, M. F., WATANABE, M. D. B., BONOMI, A., & MACIEL FILHO, R. Low carbon biofuels and the New Brazilian National Biofuel Policy (RenovaBio): A case study for sugarcane mills and integrated sugarcane-microalgae biorefineries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 115, p. 109365, 2019

KOGA-VICENTE, A.; ZULLO JUNIOR, J.; AIDAR, T. Evolução da produção de cana-de-açúcar em regiões canavieiras tradicionais e em expansão no estado de São Paulo. **Por dentro do estado de São Paulo: Regiões Canavieiras**, v.6, p.29-40, 2013.

LIMA, P. C. R. **Os carros flex fuel no Brasil**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2009.

LOURENZANI, W. L.; CALDAS, M. M. Land use change from the sugar cane expansion in the western region of São Paulo state, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.11, nov. 2014.

MALTHUS, T. R. **Economia**. São Paulo: Ática, 1982.

MANKIW, N. G.; MONTEIRO, M. J. C. **Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

MATSUNAGA, M., BEMELMANS, P. F., TOLEDO, P. D., DULLEY, R. D., OKAWA, H., & PEDROSO, I. A.. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MAULE, R. F., MAZZA, J. A., & MARTHA JÚNIOR, G. B. **Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita**. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 295-301, 2001.

MELO, J. E. **O açúcar no café: agromanufatura açucareira e modernização em São Paulo (1850 – 1910)**. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MELO, M. L. **Açúcar e o homem: Problemas sociais e econômicos do nordeste canavieiro**. Recife, PE: Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, 1975.

MENDONÇA, M. F. D. **Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar sob níveis de adubação nitrogenada e lâminas de irrigação**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **Salário mínimo nominal vigente**. Disponível em:

<http://www.ipeadata.gov.br/exibeserie.aspx?stub=1&serid1739471028=1739471028>. Acesso em: 21 out. 2020.

NEGRI, B., GONÇALVES, M. F. e CANO, W. **O processo de interiorização do desenvolvimento e da urbanização no Estado de São Paulo (1920-1980)**. In: CANO, W. (Org.). *A interiorização do desenvolvimento econômico no Estado de São Paulo (1920-1980)*. São Paulo: SEADE, 1988, p.5-93.

NEVES, M. F.; KALAKI, R. B. Perspectivas para a produção brasileira. **AgroANALYSIS**, v. 35, n. 6, p. 26-27, 2015.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G. **A dimensão do setor Sucroenergético: mapeamento e quantificação da safra 2013/2014**. Ribeirão Preto, SP: Markestrat, Fundace, FEARP/USP, 2014.

NYKO, D., VALENTE, M. S., MILANEZ, A. Y., TANAKA, A. K. R., & RODRIGUES, A. V. P. (2013). **A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural?** BNDES Setorial, (37), 399-442.

NYKO, D.; VALENTE, M.; MILANEZ, A.; TANAKA, A.; RODRIGUES, A. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? **Bionergia**. BNDES Setorial, v.37, p.399-442, 2013.

OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029. Paris: OECD; Rome: FAO, 2020.

OLIVEIRA, A.F.M. **Impactos dos preços sobre a oferta canavieira no estado de São Paulo entre 1995 até 2015**. Dissertação (mestrado em Administração). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do câmpus de Jaboticabal. 2017.

OLIVEIRA, L. C.; TURCI, A. A. S.; CAPITANI, D. H. D. Expansão da cana-de-açúcar e os impactos sobre culturas agroalimentares no estado de São Paulo. **Nucleus**, v. 16, n. 1, 2019.

OLIVEIRA, M. D. M.; NACHILUK, K. Custo de produção de cana-de-açúcar nos diferentes sistemas de produção nas regiões do Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 5-33, 2011.

ORGANIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE PRODUTORES DE CANA DO BRASIL - ORPLANA. **Perfil segmentado do produtor de cana: Safra 2018/2019**. Disponível em: <https://www.orplana.com.br/prog-segmenta>. Acesso em: 29 de março de 2021.

ORGANIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE PRODUTORES DE CANA DO BRASIL - ORPLANA. **Quem somos**. Entre 2019 e 2021. Disponível em <https://www.orplana.com.br/quem-somos>. Acesso em 29 de março de 2021.

ORGANIZAÇÃO DE ASSOCIAÇÕES DE PRODUTORES DE CANA DO BRASIL - ORPLANA. **Desregulamentação do setor da agroindústria de cana-de-açúcar**. Entre 1999 e 2021. Disponível em <https://www.consecana.com.br/desregulamentacao.asp>. Acesso em 29 de março de 2021.

PENHA, A. L. N. **Nas águas do canal: política e poder na construção do Canal Campos – Macaé (1835 – 1875)**. Tese (Doutorado). Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2012.

PILETTI, N. **História do Brasil**. São Paulo: Ática, 1996.

PINDYCK, Robert; RUBINFELD, Daniel. **Microeconomics**. Englewoods Cliff. 1994.

POLI, Fabiana Naxara. Listagem dos bens culturais básicos de Jaboticabal. 1986

RAMOS, P. A evolução da agroindústria canavieira paulista no período 1946-1980: expansionismo agrário e características da estrutura de produção. **Informações Econômicas**, v. 31, n. 8, p. 14-32, 2001.

RENNÓ, L.; SPANAKOS, A. P. Fundamentos da economia, mercado financeiro e intenção de voto: as eleições presidenciais brasileiras de 1994, 1998 e 2002. **Dados**, v. 49, p. 11-40, 2006.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009. 333 p.

RODRIGUES, E. B. **Comparação técnico-econômica da colheita de cana-de-açúcar na região de Bandeirantes-PR**. 2008. 27p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Centro de

Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual de Londrina.

RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. EDUFU, 2020.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Problemas nutricionais dos solos nas novas fronteiras canavieiras. **Revista Idea News**, v.8, p.78-90,2008.

RUDORFF, B. F. T., AGUIAR, D. A., SILVA, W. F., SUGAWARA, L. M., ADAMI, M., & MOREIRA, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

SACHS, R. C. C, PINOTTI, R. N; NACHILUK, K.; TORQUATO, S. A. **Covid-19 e seus impactos para os fornecedores de cana-de-açúcar paulistas. Análises e Indicadores do Agronegócio**. São Paulo, v. 15, n. 11, nov. 2020. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-83-2020.pdf>. Acesso em: em 30 de março de 2021.

SALLES-FILHO, S. L. M.; CASTRO, P. F. D., BIN, A.; EDQUIST, C., FERRO, A. P., CORDER, S. Perspectives for the Brazilian bioethanol sector: The innovation driver. **Energy Policy** 108:70–77. 2017.

SATOLO, L. F.; BACCHI, M. R. P. Dinâmica econômica das flutuações na produção de cana-de-açúcar. **Economia Aplicada**, v. 13, p. 377-397, 2009.

SCHILLER, B. **The micro economy today**. 4. ed. New York: Random House, 1943.

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

SHIKIDA, P. F. A; BACHA, C. J. C. Evolução da agroindústria canavieira brasileira de 1975 a 1995. **Revista brasileira de economia**, v. 53, n. 1, p. 69-90, 1999.

SILVA, S. S.; ZAPPAROLI, I. D. Análise ambiental do ciclo de vida do etanol combustível. **Economia & Região**, v. 5, n. 1, p. 129-155, 2017.

SOUZA, Z. M.; DE MELLO PRADO, R.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G. **Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.

SZMRECSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira no Brasil (1930 – 1975)**. Campinas: Hucitec, 1979.

UEHARA, Y. **Política científica e tecnológica e patentes: o Proálcool**. 2010. 168 f. Tese (Doutorado em História da Ciência) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – ÚNICA. **Fotografia do Setor Sucroenergético no Brasil e os benefícios econômicos, ambientais e sociais gerados**. 2018. Disponível em: <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=35831777>. Acesso em 28 de junho de 2020.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – ÚNICA. **UNICADATA - Produção brasileira de etanol anidro e hidratado**. 2020. São Paulo: UNICADATA. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/>. Acesso em 10 de janeiro de 2021.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA – UDOP. **Valores de ATR e Preço da Tonelada de Cana-de-açúcar - Consecana do Estado de São Paulo**. 2021. Disponível em https://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf. Acesso em 09 de setembro de 2021.

VAN DEN WALL BAKE, J. D.; JUNGINGERA, M.; FAAIJA, A.; POOTB, T., WALTER A. Explaining the experience curve: Cost reductions of Brazilian ethanol from sugarcane. **Biomass and bioenergy**, v. 33, n. 4, p. 644-658, 2009.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: princípios básicos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: uma abordagem moderna**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2012.

VASCONCELLOS, M. A. S. D.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. 2017.

ANEXO 1

Testes de estacionariedade das variáveis produtividade, adubação.

Testes KPSS

teste KPSS para Produtividade (sem tendência)
Parâmetro de truncagem da defasagem = 2

Unit 1, T = 16
test = 0,374859, p-valor interpolado 0,093

Unit 2, T = 16
test = 0,146303, p-valor > .10

Unit 3, T = 16
test = 0,222042, p-valor > .10

Unit 4, T = 16
test = 0,124446, p-valor > .10

Unit 5, T = 16
test = 0,378107, p-valor interpolado 0,091

H0: todos os grupos são estacionários

Meta-testes de Choi:

Qui-quadrado inverso(10) = 23,3644 [0,0095]

Teste de normalidade inverso = -2,90829 [0,0018]

Teste Logit: t(29) = -2,85513 [0,0039]

Note: these are LOWER BOUNDS on the true p-values
(Individual p-values > .10, and recorded as .10: 3)

teste KPSS para Adubação (sem tendência)
Parâmetro de truncagem da defasagem = 2

Unit 1, T = 16
test = 0,0976523, p-valor > .10

Unit 2, T = 16
test = 0,0976523, p-valor > .10

Unit 3, T = 16
test = 0,0976523, p-valor > .10

Unit 4, T = 16
test = 0,0976523, p-valor > .10

Unit 5, T = 16
test = 0,0976523, p-valor > .10

H0: todos os grupos são estacionários

Meta-testes de Choi:

Qui-quadrado inverso(10) = 23,0259 [0,0107]

Teste de normalidade inverso = -2,86564 [0,0021]

Teste Logit: $t(29) = -2,80729$ [0,0044]

Note: these are LOWER BOUNDS on the true p-values

(Individual p-values > .10, and recorded as .10: 5)

teste KPSS para Herbicidas (sem tendência)
Parâmetro de truncagem da defasagem = 2

Unit 1, T = 16
test = 0,455016, p-valor interpolado 0,054

Unit 2, T = 16
test = 0,455016, p-valor interpolado 0,054

Unit 3, T = 16
test = 0,455016, p-valor interpolado 0,054

Unit 4, T = 16
test = 0,455016, p-valor interpolado 0,054

Unit 5, T = 16
test = 0,455016, p-valor interpolado 0,054

H0: todos os grupos são estacionários

Meta-testes de Choi:

Qui-quadrado inverso(10) = 29,245 [0,0011]
 Teste de normalidade inverso = -3,60022 [0,0002]
 Teste Logit: $t(29) = -3,66598$ [0,0005]

Teste de estacionariedade do preço da cana-de-açúcar CONSECANA
 teste KPSS para Ptconsecana (sem tendência)
 Parâmetro de truncagem da defasagem = 2

Unit 1, T = 16
 test = 0,158464, p-valor > .10

Unit 2, T = 16
 test = 0,158464, p-valor > .10

Unit 3, T = 16
 test = 0,158464, p-valor > .10

Unit 4, T = 16
 test = 0,158464, p-valor > .10

Unit 5, T = 16
 test = 0,158464, p-valor > .10

H0: todos os grupos são estacionários

Meta-testes de Choi:

Qui-quadrado inverso(10) = 23,0259 [0,0107]
 Teste de normalidade inverso = -2,86564 [0,0021]
 Teste Logit: $t(29) = -2,80729$ [0,0044]
 Note: these are LOWER BOUNDS on the true p-values
 (Individual p-values > .10, and recorded as .10: 5)

Teste de estacionariedade do óleo diesel

teste KPSS para óleo diesel(sem tendência)
 Parâmetro de truncagem da defasagem = 2

Unit 1, T = 16
 test = 0,335905, p-valor > .10

Unit 2, T = 16
 test = 0,335905, p-valor > .10

Unit 3, T = 16
 test = 0,335905, p-valor > .10

Unit 4, T = 16
 test = 0,335905, p-valor > .10

Unit 5, T = 16
 test = 0,335905, p-valor > .10

H0: todos os grupos são estacionários

Meta-testes de Choi:

Qui-quadrado inverso(10) = 23,0259 [0,0107]

Teste de normalidade inverso = -2,86564 [0,0021]

Teste Logit: t(29) = -2,80729 [0,0044]

Note: these are LOWER BOUNDS on the true p-values
 (Individual p-values > .10, and recorded as .10: 5)

ANEXO II

Usinas Presentes nas microrregiões	Contagem de Usinas
Ribeirão Preto	12
Bazan - Pontal	1
Bela Vista Bazan - Pontal	1
Unid. Santa Elisa Biosev - Sertãozinho	1
Carolo - Pontal	1
CENTRAL ENERGÉTICA MORENO CEMMA - Luís Antônio	1
Usina Da Pedra - Serrana	1
Lopes - Sertãozinho	1
Santa Inês Viralcool - Sertãozinho	1
Santa Rita - Santa Rita do Passa Quatro	1
São Francisco - Barrinha	1
São Martinho - Pradópolis	1
Balbo - Sertãozinho	1
Araraquara	5
Malosso - Itápolis	1
Tamoio Raizen - Araraquara	1
Santa Fé - Nova Europa	1
São Martinho - Américo Brasiliense	1
Zanin Raizen - Araraquara	1
Jaboticabal	5
Andrade Tereos - Pitangueiras	1
NARDINI AGROINDUSTRIAL LTDA - Vista Alegre do Alto	1
PITANGUEIRAS - Pitangueiras	1
Usina Santa Adélia S/A - Jaboticabal	1

Viralcool - Pitangueiras	1
Piracicaba	8
Iracema São Martinho - Iracemápolis	1
José Granelli - Charqueada	1
Perdeneiras Zambianco - Tietê	1
Raizen Bom Retiro - Capivari	1
Raizen Costa Pinto - Piracicaba	1
Raizen Rafard - Rafard	1
Raizen Santa Helena - Rio das Pedras	1
São José - Rio das Pedras	1
São Carlos	3
Ipiranga - Descalvado	1
Nova Era - Ibaté	1
Raizen Ibaté - Ibaté	1
Total Geral	33

Fonte: Elaborado a partir dos dados do Segmentacana (ORPLANA, 2019).