



## ANAIS

### FATORES ECONÔMICOS DETERMINANTES DA OFERTA CANAVIEIRA EM 5 MICRORREGIÕES DE SÃO PAULO ENTRE 2001 A 2016.

VINICIUS DE CAMARGO NORONHA  
noronha.agronomia@gmail.com  
FCAV

SÉRGIO RANGEL FERNANDES FIGUEIRA  
sergio.rf.figueira@unesp.br  
FCAV/UNESP

**RESUMO:** O objetivo geral do trabalho foi 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. Para isso foram apresentados: 1) Séries históricas no período de 2001 a 2016 para as variáveis: área colhida (hectares), produção (toneladas), produtividade (toneladas por hectare), valor da tonelada (reais). 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. 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.

**PALAVRAS CHAVE:** Cana-de-açúcar, Microrregiões, Estado de São Paulo, Modelo econométrico, Dados em painel.

**ABSTRACT:** 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. For this they were presented: 1) 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; 2). Descriptive statistics of variables: mean, median, standard deviation, minimum and maximum of the historical series; 3) 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; 4). 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. The microregion of Ribeirão Preto had the highest production for maximum, average and median, and the microregion of São Carlos had the smallest volume among the selected microregions. The microregion with the highest average productivity in the period studied was Jaboticabal and the lowest was Piracicaba. In the econometric model, fertilization in the second lag, diesel oil in the first lag and minimum wage in the second lag impacted sugarcane productivity. The sugarcane price variable had a positive impact on the sugarcane production area.

**KEY WORDS:** Sugarcane, Microregions, State of São Paulo, Econometric model, Panel data.



## ANAIS

### 1. INTRODUÇÃO

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 (Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB], 2020), e as microrregiões de Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto e São Carlos concentram 21% das lavouras canavieiras do estado (Sistema Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de Recuperação Automática [SIDRA/IBGE], 2018).

Nesse sentido, a teoria microeconômica tem o objetivo de estudar o comportamento das empresas em um ambiente de mercado identificando fatores determinantes da demanda e da formação de preços da oferta (Pindyck & Rubinfeld, 1994; Ferguson, 1999; Varian, 2006). Por meio da avaliação do mercado, é possível estudar seus componentes principais e prever a sua capacidade de atuar com a concorrência (Vasconcellos & Garcia, 2006) e com a econometria é possível quantificar o impacto de um conjunto de variáveis.

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,



## ANAIS

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. 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.
3. 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

### 2.1. Fatores determinantes da produtividade do canavial

A produtividade do canavial depende de várias operações mecânicas e manuais, denominadas de tratos 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



## ANAIS

produção. Entre as principais técnicas de manejo estão os tratos culturais que incluem a adubação complementar e aplicação de produtos fitossanitários (Beuclair et al., 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 (Rosseto, 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).

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 agrônômicas e melhoramento genético (Salles 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 canvieira, de modo especial no estado de São Paulo (Rudorff et al., 2010).

### **2.2. Fatores determinantes da produção agrícola**

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



## ANAIS

diferentes fatores e variáveis da produção (Schiller, 1943). Barros (2007) considera a teoria econômica nas pesquisas aplicadas sobre a oferta de produtos agrícolas, sendo necessários ajustes para ser aplicável à produção de cana-de-açúcar, considerando suas características e particularidades. Nesse segmento, a variabilidade da oferta de insumos agrícolas transcorre da variação da área cultivada (hectares) e da produtividade (toneladas por hectare). A teoria microeconômica estuda o comportamento dos consumidores e das empresas em um ambiente de mercado (Pindyck & Rubinfeld, 1994; Varian, 2006). Dentro da microeconomia são estudados fatores determinantes da demanda e da formação de preços da oferta (Ferguson, 1999; Varian, 2012), como variações de preços que influenciam na quantidade ofertada por empresas de bens ou serviços, ou de como a variação de preços impactam na quantidade demandada pelos consumidores de bens ou serviços (Andrade & Madalozzo, 2003; Frank, 2013).

O mercado exerce ampla importância dentro das questões da microeconomia, uma vez que decorrem de um ambiente onde consumidores e produtores ofertam bens e serviços em vários níveis ou escalas (Rennó & Spanakos, 2006). Por meio das medidas do mercado, consegue-se avaliar seus componentes, e definir e prever a sua capacidade de atuar com a concorrência (Vasconcellos & Garcia, 2006).

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).

Uma 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



## ANAIS

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 canavieira de 5 microrregiões do Estado: Araraquara, Jaboticabal, Piracicaba, Ribeirão Preto, e São Carlos.

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:

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

#### 3.1. Variáveis Econômicas

##### 3.1.1. 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



## ANAIS

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. (UDOP, 2021).

### 3.1.2. 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 (2020).

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

## ANAIS

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).

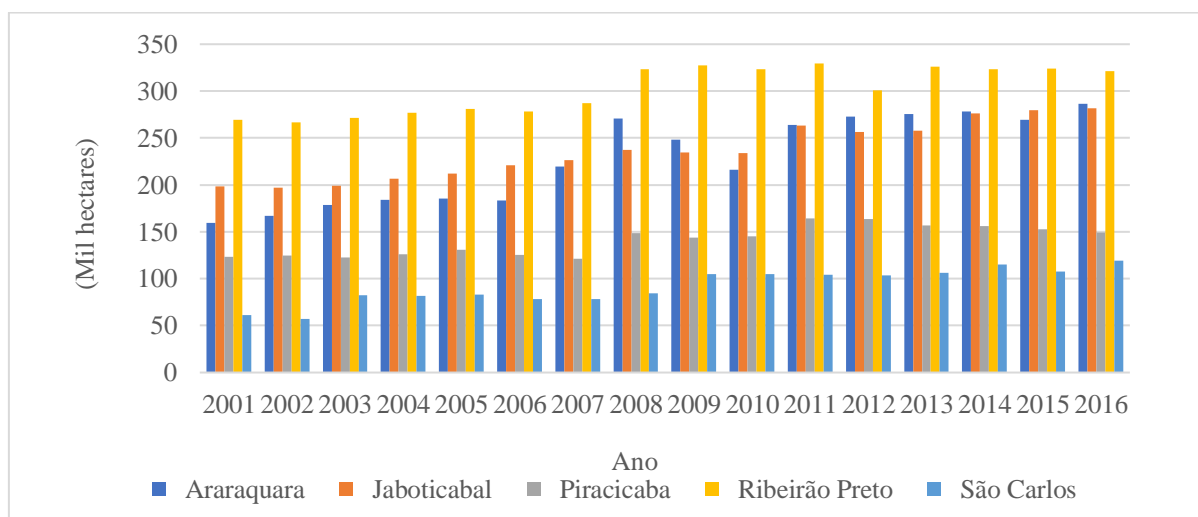
### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

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 2 .

**FIGURA 2.** Evolução da área de cana-de-açúcar colhida por microrregião





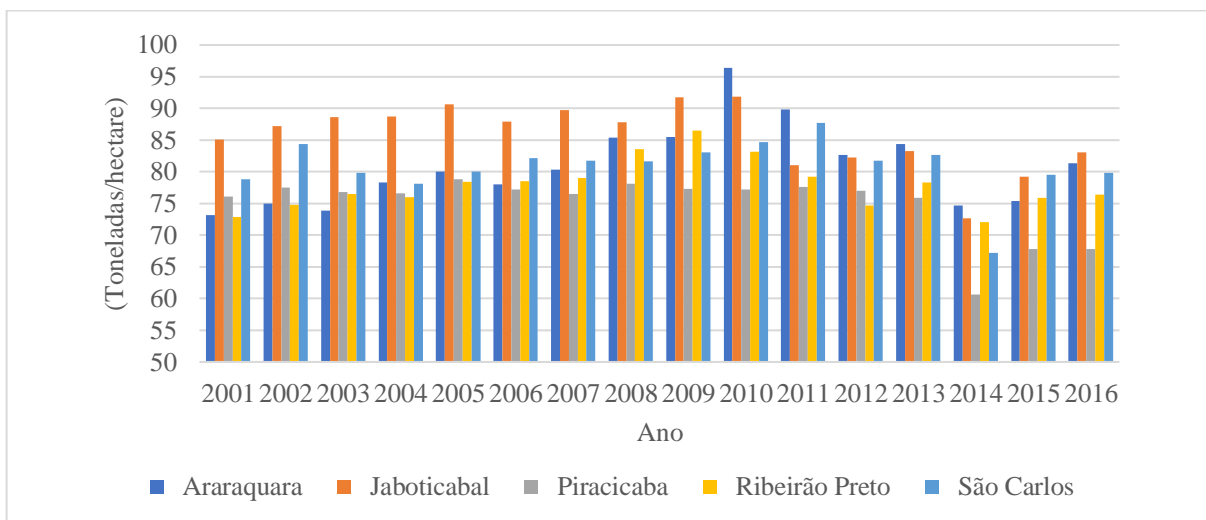


## ANAIS

Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

Para variável produtividade, ver figura 3, 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 3.** Evolução da Produtividade de cana-de-açúcar por microrregião



Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

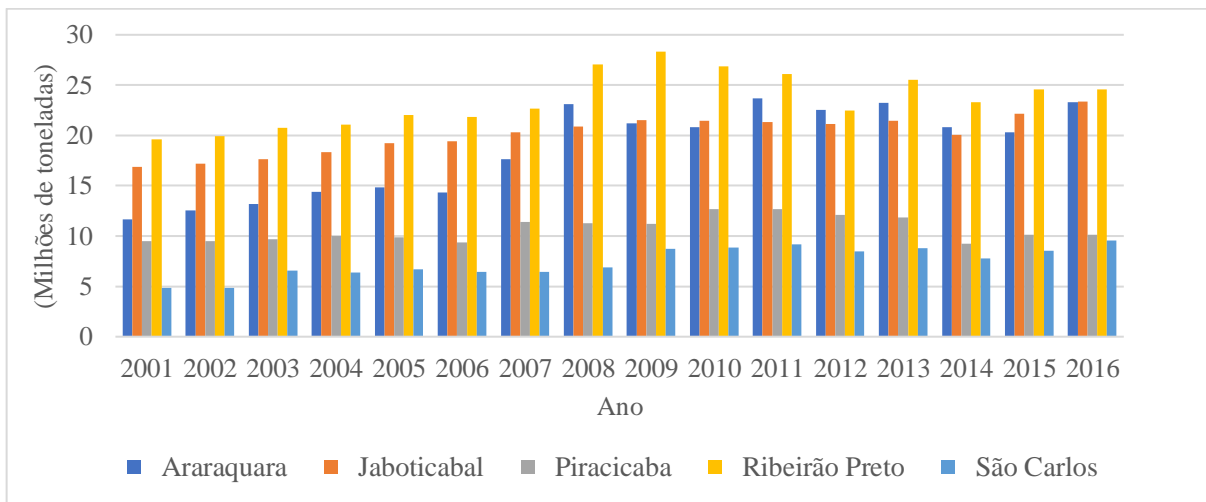
A região de Ribeirão Preto representa o maior volume de produção, por ser a maior microrregião entre as selecionadas. (Figura 4). A quantidade de cana-de-açúcar produzida apresentou maior expansão no período de 2005 a 2009 para a maior parte das microrregiões, com exceção da microrregião de São Carlos 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



## ANAIS

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 4.** Quantidade de cana-de-açúcar produzida por microrregião



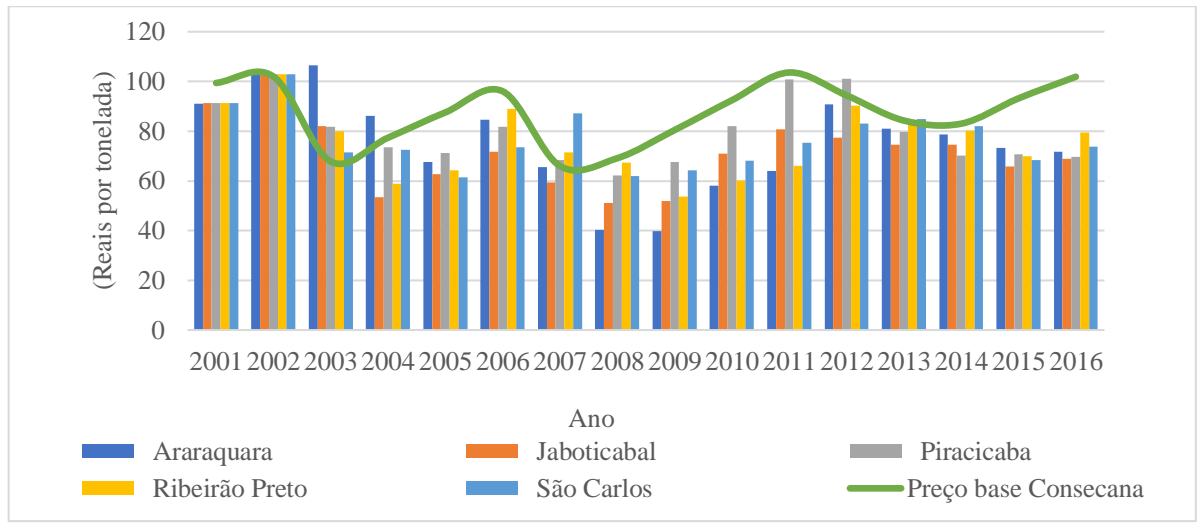
Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE

Na variável preço da cana-de-açúcar, ver figura 5, 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.



# ANAIS

FIGURA 5. Preço da cana-de-açúcar por microrregião.



Fonte: Elaborado a partir de dados do SIDRA/IBGE, Consecana e UDOP.

### 3.2. Modelos Econométrico

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

#### Produtividade

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 1).

$$dlProd = \alpha + \beta_1 dlPcan + \beta_2 dlPcan_{-1} + \gamma_1 dlPad + \gamma_2 dlPad_{-1} + \delta_1 dlPsal + \delta_2 dlPsal_{-1} + \theta_1 Pold + \theta_2 Pold_{-1} + Prod_{-1} + \mu \quad eq (1)$$

Onde:

*Prod* = produtividade,

*Pcan* = preço da cana-de-açúcar pelo IBGE,



## ANAIS

$Pad$  = preço do adubo,

$Psal$  = valor do salário mínimo

$Pold$  = preço do óleo diesel.

Dummies regionais

**TABELA 4.** Modelo 3: MQO agrupado, usando 65 observações. Incluídas 5 unidades de corte transversal. Comprimento da série temporal = 13. Variável dependente:  $d\_1\_Prod$ . Erros padrão robustos (HAC)

| 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 | *** |
| $d\_1\_PrecoIBGE\_1$  | -0,0839082   | 0,0171866   | -4,882  | 0,0081  | *** |
| $d\_1\_PrecoIBGE\_2$  | -0,0102455   | 0,0447954   | -0,2287 | 0,8303  |     |
| $d\_1\_Aducacao\_1$   | -0,0470607   | 0,0261904   | -1,797  | 0,1468  |     |
| $d\_1\_Aducacao\_2$   | -0,106938    | 0,0380869   | -2,808  | 0,0484  | **  |
| $d\_1\_oleodiesel\_1$ | -0,599282    | 0,215006    | -2,787  | 0,0494  | **  |
| $d\_1\_oleodiesel\_2$ | -0,114466    | 0,151574    | -0,7552 | 0,4922  |     |
| $d\_1\_Salminimo\_1$  | -0,171682    | 0,160457    | -1,070  | 0,3449  |     |
| $d\_1\_Salminimo\_2$  | -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 |
| $r^2$                  | -0,250172 | Durbin-Watson         | 2,312075  |

Fonte: Elaborado no software Gretl a partir de dados do SIDRA/IBGE, Consecana e UDOP.

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.



## ANAIS

### 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 2).

$$d_{l}Areacolhidaha = \alpha + \beta_1 d_{l}PredaTonel + \beta_2 d_{l}d_{l}PredaTonel_{-1} + \gamma_1 d_{l}PBoigord + \gamma_2 d_{l}PBoigord_{-1} + d_{l}Prod_{-1} + \mu \quad \text{eq (2)}$$

Onde:

*Áreacolhidaha* = Área colhida de cana-de-açúcar em hectares,

*Pboigord* = preço do boi gordo

*Prod* = produtividade,

Dummies regionais

**TABELA 5.** MQO agrupado, usando 60 observações. Incluídas 5 unidades de corte transversal. Comprimento da série temporal: mínimo 8, máximo 13. Variável dependente: *d\_l\_Areacolhidaha*. Erros padrão robustos (HAC)

| 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  | **  |
| <i>d_l_Predatonel</i>    | 0,0527919    | 0,0516014             | 1,023     | 0,3641  |     |
| <i>d_l_Predatonel_2</i>  | 0,102139     | 0,0388757             | 2,627     | 0,0583  | *   |
| <i>d_l_BoiGordo_1</i>    | 0,133470     | 0,0524807             | 2,543     | 0,0638  | *   |
| <i>d_l_BoiGordo_2</i>    | -0,159568    | 0,0802827             | -1,988    | 0,1178  |     |
| <i>d_l_ProdutivademA</i> | 0,402842     | 0,0636178             | 6,332     | 0,0032  | *** |
| <i>diat_1</i>            |              |                       |           |         |     |
| 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 |         |     |



## ANAIS

rô -0,102452 Durbin-Watson 2,164796

Fonte: Elaborado no software Gretl a partir de dados do SIDRA/IBGE, Consecana e UDOP.

### **DISCUSSÕES**

O preço da cana-de-açúcar pago nas microregiões 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.

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



## ANAIS

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.

Portanto, está pesquisa encontrou para a elasticidade do boi gordo em relação a cana-de-açúcar valores distintos ao encontrado nos trabalhos de Figueira (2020) e Oliveira (2017). Está diferença 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 e Figueira (2020) e Oliveira (2017) pelos quais incorporaram trinta EDRs no estado com maior participação na produção canavieira paulista entre 1995 e 2012. 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.

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-



## ANAIS

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.

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.

### 5. CONCLUSÕES

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%.

Utilizando-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.





## ANAIS

### REFERÊNCIAS

- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, (2020). *Série Histórica de Preços de Combustíveis*. Recuperado em 18 outubro, 2020, de: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/serie-historica-de-precos-de-combustiveis>.
- Andrade, E.; Madalozzo, R. (2003); *Microeconomia*. São Paulo: Publifolha.
- Banco Central do Brasil, (2020). *Calculadora do cidadão*. Recuperado em 08 junho. 2020, de <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>.
- Companhia Nacional de Abastecimento, (2010). *Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil: Safra 2008-2009*. Brasília: CONAB, maio 2010. 77 p.
- Companhia Nacional de Abastecimento, (2019). *Observatório Agrícola: acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Safra 2018/19*, v.5, n. 4, 2019.
- Companhia Nacional de Abastecimento, (2020). *Observatório Agrícola: acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Safra 2020/21*, v.6, n. 4, 2020.
- Enbr São Paulo (2020). *Microrregiões*. Recuperado em 10 junho, 2020, de <https://sites.google.com/site/enbrsaopaulo/regioes/microrregioes>.
- Figueira, S. R. F.; Rolim, G. S. (2020). *Economic and agrometeorological modeling of sugarcane productivity in São Paulo state, Brazil*. Agronomy Journal, v. 112, n. 6, p. 4836-4848.
- 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.
- Figueira, S. R. F. (2020) *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.
- Gujarati, D. N.; Porter, D. C. (2011). *Econometria básica*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 924 p.
- Hayami, Y.; Ruttan, V. W. (1988). *Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais*. Departamento de Publicações.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2020). *Banco de dados agregados: Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA*. Recuperado em 07 junho, 2020, em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#>.
- Instituto de Economia Agrícola, (2021). *Banco de dados*. São Paulo: IEA. Recuperado em 10 de setembro, 2021, de <http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>.



## ANAIS

Instituto de Economia Agrícola, (2018). *Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo, 2º Levantamento, Ano Agrícola 2017/18 e Levantamento Final, Ano Agrícola 2016/17*. Recuperado em 10 de setembro, 2021, de <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-06-2018.pdf>.

Instituto de Economia Agrícola, (2020). *Relação Troca entre Defensivos e Produtos Agrícolas*. Recuperado em 20 de outubro, 2020, de [http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/RelaTrocaDefensivos.aspx?cod\\_sis=20](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/RelaTrocaDefensivos.aspx?cod_sis=20)

Koga-Vicente, A.; Zullo, Jr, J.; Aidar, T. (2013). *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.

Malthus, T. R. (1982). *Economia*. São Paulo: Ática.

Mankiw, N. G.; Monteiro, M. J. C. (2001). *Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia*. Rio de Janeiro: Campus.

Matsunaga, M., Bemelmans, P. F., Toledo, P. D., Dulley, R. D., Okawa, H., & Pedroso, I. A. (1976). *Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA*. Agricultura em São Paulo, v. 23, n. 1, p. 123-139.

Mendonça, M. F. D. (2018). *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.

Ministério do Trabalho e Emprego, (2020). *Salário mínimo nominal vigente*. Recuperado em 21 de outubro, 2020, de <http://www.ipeadata.gov.br/exibeserie.aspx?stub=1&serid1739471028=1739471028>

Neves, M. F.; Kalaki, R. B. (2015). *Perspectivas para a produção brasileira*. AgroANALYSIS, v. 35, n. 6, p. 26-27.

OECD-FAO (2020). *Agricultural Outlook 2020-2029*. Paris: OECD; Rome: FAO.

Oliveira, A.F.M. (2017). *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 campus de Jaboticabal.

Pindyck, R; Rubinfeld, D. (1994). *Microeconomics*. Englewoods Cliff.



## ANAIS

Rudorff, B. F. T., Aguiar, D. A., Silva, W. F., Sugawara, L. M., Adami, M., & Moreira, M. A. (2010). *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.

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

Rodrigues, G. S. S. C., Ross, J. L. S. (2020). *A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental*. EDUFU.

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

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

União da Indústria de Cana-De-Áçúcar (2018). *Fotografia do Setor Sucroenergético no Brasil e os benefícios econômicos, ambientais e sociais gerados*. Recuperado em 28 de junho, 2020, de <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=35831777>.

União da Indústria de Cana-De-Áçúcar (2020). *UNICADATA - Produção brasileira de etanol anidro e hidratado*. Recuperado em 10 de janeiro, 2021, de <http://www.unicadata.com.br/>.

União Nacional da Bioenergia (2021). *Valores de ATR e Preço da Tonelada de Cana-de-açúcar - Consecana do Estado de São Paulo*. Recuperado em 9 de setembro, 2021, de [https://www.udop.com.br/cana/tabela\\_consecana\\_saopaulo.pdf](https://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf).

Vasconcellos, M. A. S. D.; Garcia, M. E. (2006). *Fundamentos de economia*. 2. ed. São Paulo: Saraiva.

Vieira, J. E. R.; Fishlow, A. (2017). *Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade*.