

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOSÉ GUILHERME BOTARO CADAMURO

**PREVISÃO DO CENÁRIO AGRÍCOLA E PRODUTIVO DO CULTIVO  
DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira

2019

JOSÉ GUILHERME BOTARO CADAMURO

**PREVISÃO DO CENÁRIO AGRÍCOLA E PRODUTIVO DO CULTIVO  
DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Dra. Carla A. P. Schmidt  
Coorientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Medianeira  
2019



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**Câmpus Medianeira**  
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL  
**Departamento Acadêmico de Produção e Administração**  
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

# PREVISÃO DO CENÁRIO AGRÍCOLA E PRODUTIVO DO CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCR NO BRASIL

JOSÉ GUILHERME BOTARO CADAMURO

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 15h50 do dia 22 de novembro de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou este trabalho de diplomação **aprovado**.

---

Profa. Dra. Carla. A. P. Schmidt  
Orientadora - UTFPR

---

Prof. Dr. José Airton A. Dos Santos  
Co-orientador – UTFPR

---

Prof. Dr. Carlos Aparecido Fernandes  
Banca - UTFPR

---

Prof. Esp. André Inácio Melges  
Banca - UTFPR

---

Prof. Dr. Sérgio Adelar Brun  
Coordenador - UTFPR

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Principalmente a Deus, aos meus pais e aos meus irmãos...

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, razão de toda a minha fé.

Aos meus pais Valdir e Conceição, meus irmãos Mateus e Gabriel, minha cunhada Ana Carolina e meu sobrinho Mateus Francisco, pelo amor, confiança e motivação.

A Prof. Dr. Carla A. P. Schmidt, pela orientação durante as etapas deste trabalho.

Aos amigos, principalmente, aos que moram comigo Antônio e Pedro, aos que fazem parte do GOU, da Bateria H1N1 e da Staff Consultoria pela força e pela vibração em relação a esta caminhada.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

“Confie no Senhor de todo o seu coração e não se apoie em sua própria inteligência.

Lembre-se de Deus em tudo o que fizer e Ele lhe mostrará o caminho certo.”

Provérbios 3, 5-6.

## RESUMO

CADAMURO, José Guilherme B. **Previsão do cenário agrícola e produtivo do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil.** Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Com o atual crescimento populacional e a elevada demanda por alimentos e conseqüentemente energia, tem-se a necessidade por fontes que sejam limpas e renováveis, como é o caso da cana-de-açúcar, por esse motivo o estudo do cenário desta cultura se faz deveras interessante. O objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo das áreas de produção e dados referente ao cultivo da cana-de-açúcar e seus produtos no Brasil, através de modelagem matemática para o conhecimento do cenário histórico e atual bem como obtenção de previsões futuras. Para tal, explanou-se primeiramente a cadeia produtiva e o mercado da cana, do açúcar e do etanol e explicou-se sobre conceitos de previsões e erros. Posteriormente foram coletados os dados referentes a área plantada e a produção da cultura da cana e os preços de seus subprodutos no estado de São Paulo em sites como o da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Por fim tratou-se os dados através dos programas Microsoft® Excel e NNQ e obteve-se, com os menores erros, a previsão dos próximos doze meses, explanando o comportamento dos resultados através das sazonalidades obtidas.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum* L; biocombustível; modelagem matemática.

## ABSTRACT

CADAMURO, José Guilherme B. **Prediction of the agricultural and productive scenario of the sugar cane cultivation in Brazil.** 2019. Monograph (Bachelor in Production Engineering) - Federal Technological University of Paraná.

Considering the current population growth and the high demand for food and consequently energy, there is a need for clean and renewable sources, such as sugar cane, for that reason the study of the scenario of this crop was considered interesting to be done. The objective of this work was to conduct a study of the production areas and data related to sugarcane cultivation and its products in Brazil, through mathematical modeling to know the historical and current scenario as well as to obtain future forecasts. For that, first, we explained the supply chain and the sugarcane, sugar and ethanol markets, and we explained about concepts of forecasts and errors. Subsequently, we collected data related to planted area and sugarcane crop production and the prices of its byproducts in the state of São Paulo at sites such as the National Supply Company (CONAB), Center for Advanced Studies in Applied Economics (CEPEA) and Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Finally, the data were processed using the Microsoft® Excel and NNQ programs and the next twelve-month forecast was obtained with the smallest errors, explaining the behavior of the results through the seasonality obtained.

**Key-words:** *Saccharum officinarum* L; biofuels; mathematical modeling.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Cadeia Produtiva da Cana-de-Açúcar.....                              | 17 |
| Figura 2 - Exportação Brasileira de Açúcar .....                                | 18 |
| Figura 3 - Exportação Brasileira de Etanol.....                                 | 19 |
| Figura 4 - Principais países importadores de açúcar produzido pelo Brasil ..... | 20 |
| Figura 5 - Etapas do Modelo de Previsão .....                                   | 21 |
| Figura 6 - Fluxograma do Processo de Seleção da Abordagem de Previsão .....     | 21 |
| Figura 7 - Métodos de Previsão de Demanda .....                                 | 24 |
| Figura 8 - Funções de Correlações entre Variáveis .....                         | 29 |
| Figura 9 - Mínimos Quadrados.....   | 30 |
| Tabela 1 - Estatística Descritiva dos Dados.....                                | 35 |
| Figura 10 - Todos os Métodos para Dados de Área Plantada .....                  | 37 |
| Figura 11 - Todos os Métodos para Dados de Produção.....                        | 37 |
| Figura 12 - Previsão Futura para Área Plantada de Cana-de-Açúcar .....          | 38 |
| Figura 13 - Previsão Futura para Produção de Cana-de-Açúcar .....               | 38 |
| Figura 14 - Sazonalidade da Área Plantada de Cana-de-Açúcar no Brasil.....      | 39 |
| Figura 15 - Sazonalidade da Produção de Cana-de-Açúcar no Brasil .....          | 40 |
| Figura 16 - Todos os Métodos para o Preço da Cana-de-Açúcar Bruta.....          | 41 |
| Figura 17 - Todos os Métodos para o Preço do Açúcar .....                       | 41 |
| Figura 18 - Todos os Métodos para o Preço do Etanol.....                        | 42 |
| Figura 19 - Previsão Futura para o Preço da Cana-de-Açúcar Bruta.....           | 42 |
| Figura 20 - Previsão Futura para o Preço do Açúcar .....                        | 43 |
| Figura 21 - Previsão Futura para o Preço do Etanol .....                        | 43 |
| Figura 22 - Sazonalidade do Preço da Cana-de-Açúcar Bruta em São Paulo .....    | 44 |
| Figura 23 - Sazonalidade do Preço do Açúcar em São Paulo.....                   | 45 |
| Figura 24 - Sazonalidade do Preço do Etanol em São Paulo.....                   | 45 |

## LISTA DE SIGLAS

|                 |  |
|-----------------|--|
| CEPEA           | Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada         |
| CO <sub>2</sub> | Dióxido de Carbono                                       |
| CONAB           | Companhia Nacional de Abastecimento                      |
| EAM             | Erro Absoluto Médio                                      |
| EM              | Erro Médio   |
| EPAM            | Erro Percentual Absoluto Médio                           |
| EQM             | Erro Quadrático Médio                                    |
| IBGE            | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística          |
| IPEA            | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada                 |
| SEBRAE          | Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas |
| UNICA           | União da Indústria de Cana-de-Açúcar                     |

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $\alpha$  Coeficiente de ponderação; Constante de suavização para base
- $\beta$  Constante de suavização para tendência
- $\gamma$  Constante de suavização para sazonalidade

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....                                      | <b>13</b> |
| <b>2 OBJETIVOS</b> .....                                       | <b>14</b> |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....                                       | 15        |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                | 15        |
| <b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                           | <b>16</b> |
| 3.1 CANA-DE-AÇÚCAR.....  | 16        |
| 3.2 CADEIA PRODUTIVA DA CANA-DE-AÇÚCAR .....                   | 17        |
| 3.3 MERCADO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....                             | 18        |
| 3.4 PREVISÃO DE DEMANDA .....                                  | 20        |
| 3.4.1 Processo de Previsão.....                                | 20        |
| 3.4.2 Erros de Previsão .....                                  | 23        |
| 3.4.3 Métodos de Previsão.....                                 | 24        |
| <b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....                             | <b>32</b> |
| 4.1 DEFINIÇÃO DE PESQUISA.....                                 | 32        |
| 4.2 COLETA DE DADOS .....                                      | 33        |
| 4.3 ANÁLISE DE DADOS.....                                      | 33        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                          | <b>35</b> |
| 5.1 ANÁLISE DESCRITIVA.....                                    | 35        |
| 5.2 ÁREA PLANTADA E PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL ..... | 36        |
| 5.3 PREÇOS NO ESTADO DE SÃO PAULO.....                         | 40        |
| <b>6 CONCLUSÃO</b> .....                                       | <b>46</b> |
| REFERÊNCIAS.....   | 47        |

## 1 INTRODUÇÃO

Até 2050 a população mundial crescerá 40 %, são 2,5 bilhões de pessoas a mais que precisarão de comida e energia para sobreviver. A demanda mundial por energia vai dobrar e as emissões de gases como CO<sub>2</sub> podem aumentar em até 80 %, portanto se faz necessário soluções de baixo carbono para produção de alimentos e energia (SUGARCANE, 2019).

De acordo com Alan Bojanic, representante da FAO (*Food and Drug Administration*) no Brasil, a produção agrícola brasileira será essencial para suprir o aumento da demanda global por commodities, segundo ele esse aumento na produção será decorrente dos ganhos em produtividade, sendo dessa forma possível atingir esse aumento de maneira sustentável (FAO, 2017).

Para o cultivo, da cana-de-açúcar, uma potencial planta capaz de produzir energia limpa se faz necessário apenas, terra, água e sol. Nesta planta acumula-se energia de duas maneiras, a sacarose, um adoçante altamente energético e a celulose, matéria vegetal presente nas folhas e na palha. Parte dessa energia acumulada vira açúcar e a inovação liberta produtos ainda mais aperfeiçoados como o etanol: um combustível econômico que reduz as emissões de gases em 90 % (SUGARCANE, 2019).

O Brasil é reconhecido mundialmente, há algum tempo, pela produção de açúcar, um dos principais produtos brasileiros desde a colonização. E hoje em dia pela produção do biocombustível, etanol, desde que surgiu a necessidade de combustíveis alternativos (REIS; COSTA NETO, 2018).

Em 30 anos o Brasil substituiu 50 % da gasolina por etanol proveniente da cana, isto que ainda não se estudou todas as potencialidades do etanol, que graças à estudos da biotecnologia da celulose da cana-de-açúcar esse biocombustível será ainda mais limpo e produtivo, dobrando o volume produzido com a mesma área de terra. Levando-se em consideração também o bagaço da cana que produz eletricidade, usinas brasileiras são autossuficientes e geram energia de sobra (SUGARCANE, 2019).

Tais conjunturas evidenciam a importância dessa planta para o setor sucroenergético e para a economia do Brasil, sendo dessa forma clara a necessidade de estudos que apresentem tanto a situação atual, como as previsões de demandas

que fornecerão perspectivas de produção desde os produtores até os consumidores.

O planejamento da produção tem como um de seus principais objetivos a previsão de demanda e hoje em dia tem-se que as empresas necessitam continuamente de adaptações para se manterem competitivas, com isso, os resultados das previsões servem de embasamento para definições de estratégias.

Conforme explica Tubino (2009) a função da previsão de demanda é fornecer subsídios para o planejamento estratégico das organizações, permitindo que gestores projetem o futuro e planejem de forma eficiente as ações (TUBINO, 2009).

No cenário mundial, o Brasil ocupa a condição de maior produtor de cana-de-açúcar, agregando uma crescente ao agronegócio nacional, tudo isso graças as grandes áreas cultiváveis e as condições de solo e clima favoráveis que tornam o Brasil um membro na comercialização mundial com excelente competitividade (CONAB, 2019).

Considera-se a cana-de-açúcar uma das melhores alternativas para o setor de biocombustíveis, graças ao potencial de produção de etanol e de seus subprodutos. Mais do que os principais produtos da cana, como o etanol e o açúcar, as usinas também têm buscado aumentar sua eficiência na geração de energia elétrica contribuindo para ampliar a sustentabilidade do setor. Conciliando-se as preocupações quanto ao meio ambiente e aos efeitos indesejáveis da utilização de combustíveis provenientes do petróleo, o ramo sucroalcooleiro, quando produz o etanol, oferece um combustível menos poluente que não afeta a camada de ozônio, ou seja, ecologicamente correto e obtido através de uma fonte renovável (CONAB, 2019).

O Brasil sozinho tem potencial para atender 14 % da demanda global por combustíveis sem mexer na produção do açúcar. Sabe-se que hoje mais de 100 países plantam cana, é de grande impacto o que esses países podem fazer juntos, com as soluções que a cana oferece pode-se reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, gerar empregos, reduzir o consumo de petróleo e criar um planeta mais saudável e limpo (SUGARCANE, 2019).

Portanto a finalidade deste trabalho foi mensurar, com informações relevantes, o futuro das safras de cana-de-açúcar através de métodos de previsão de demanda e construir modelos que facilitam o entendimento dos cenários futuros dessa planta que apresenta enorme potencial energético.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar as áreas de produção, coletar dados referentes ao cultivo e expansão da cana-de-açúcar e seus produtos no Brasil e realizar um estudo por meio da aplicação de ferramentas estatísticas de previsão.

### 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- a) Levantar os dados de área de produção, produtividade e preço;
- b) Aplicar ferramentas estatísticas e construção de modelos de previsão com base nos dados históricos encontrados;
- c) Discutir os resultados e ilustrar a importância do cenário para o setor no Brasil e especialmente no estado de maior produção que é São Paulo.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 CANA-DE-AÇÚCAR

Conforme o Portal Nova Cana (2019), a cana-de-açúcar é conhecida por suas características peculiares, uma planta fina de formato cilíndrico, com folhas grandes e que podem alcançar até seis metros de altura. Proveniente da ilha de Nova Guiné, no meio do oceano pacífico e pertencente à família *Poaceae*, da espécie *Gramíneas*, com o nome científico *Saccharum officinarum*. Sua importância está relacionada à utilização total da planta para a fabricação de produtos como açúcar, álcool, energia elétrica, biogás, cachaça, melão e vinhaça.

No contexto histórico da cana-de-açúcar tem-se que durante a colonização do Brasil, os portugueses perceberam que o território era propício ao cultivo de cana-de-açúcar. Só que para isso, precisavam de uma atividade econômica bem rentável. A partir deste plano, decidiram implantar a cultura para a produção de açúcar, muito consumido na Europa (COTRIM, 2005).

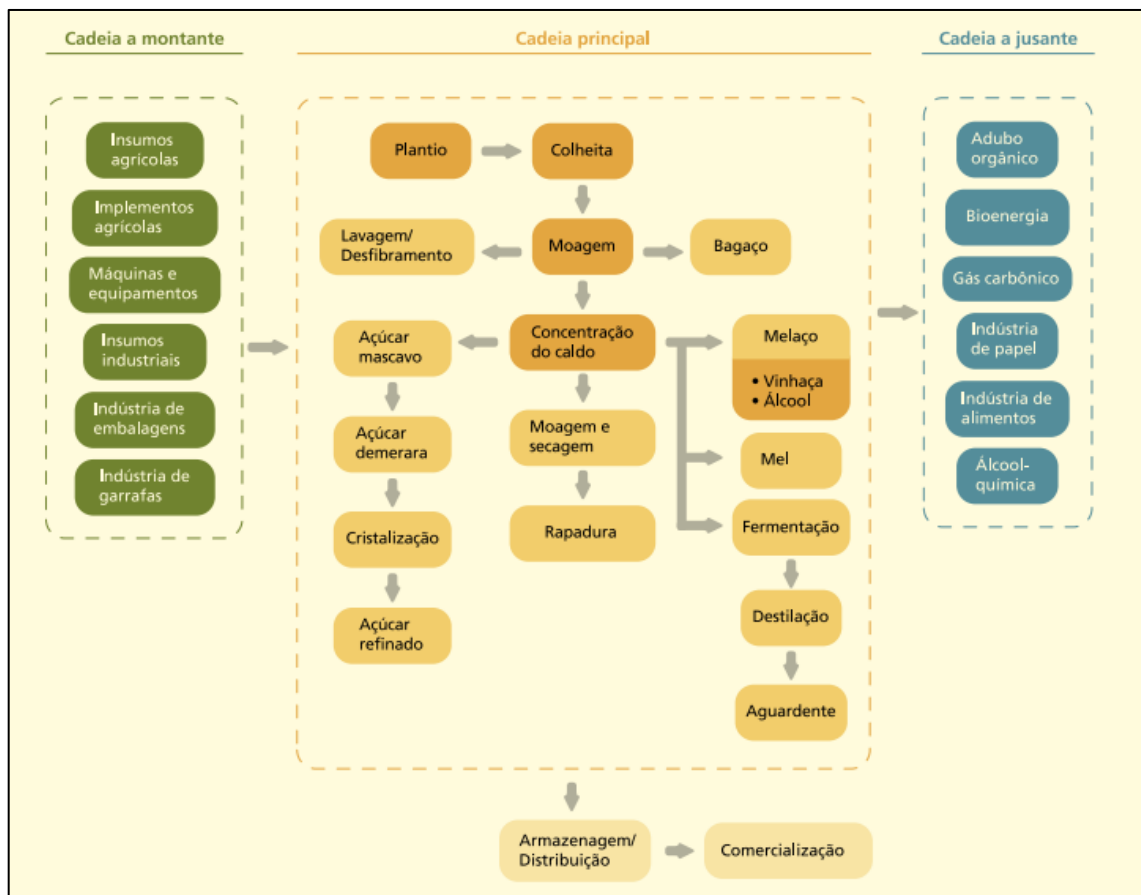
Assim, o açúcar foi umas das primeiras atividades econômicas exploradas no Brasil, de acordo com o historiador Boris Fausto, sendo a origem central da ativação socioeconômica do Nordeste (FAUSTO, 2003). Porém a primeira muda de cana de açúcar, trazida por Martim Afonso de Souza, foi cultivada na Capitania de São Vicente. Lá mesmo construiu-se o primeiro engenho de açúcar, mas foi efetivamente no Nordeste do Brasil, principalmente nas Capitanias de Pernambuco e da Bahia que os engenhos de açúcar se multiplicaram, conta Fúlvio de Barros Pinheiro Machado em Brasil, a doce terra (MACHADO, 2016).

Por ser uma planta que depende de fatores climáticos, a região nordestina colaborava com o cultivo, além dos aspectos geográficos. Como afirma Cotrim (2005) que pelo fato de o açúcar ser de intenso interesse dos países europeus, foi possível organizar o cultivo permanente nas colônias e então surgiu-se a organização produtiva da *commodity*.



### 3.2 CADEIA PRODUTIVA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cadeia produtiva da cana-de-açúcar é bem desenvolvida no Brasil, somos o único país do mundo que compreende todas as etapas da sua tecnologia de produção. Representando um conjunto amplo e articulado de atividades que vão desde a produção da planta, até a disposição de seus produtos no mercado para consumo final, passando por todas as fases de processamento como mostra a Figura 1 (INTG/SEBRAE, 2008).



**Figura 1 - Cadeia Produtiva da Cana-de-açúcar**  
**Fonte: Sebrae (2008)**

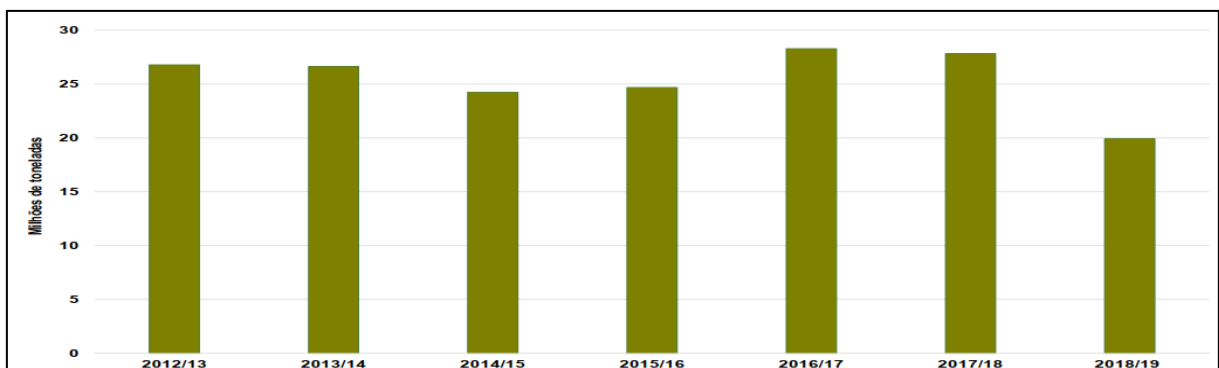
A cadeia é separada nas seguintes etapas: a montante, a principal e a jusante. Na cadeia a montante situa-se os elos encarregados pelos insumos produtivos e tecnológicos. A cadeia principal compreende os elos de produção agrícola e industrial e por fim na cadeia a jusante encontra-se o varejo e os mercados de comercialização de cada produto (INTG/SEBRAE, 2008).

Toda cadeia produtiva relaciona-se a um agrupamento mais amplo de elementos que constituem o universo do negócio no qual se encontram os critérios de regulação, o suprimento de mão-de-obra qualificada, a oferta de tecnologia e os procedimentos de financiamento da atividade econômica, além da infraestrutura e da logística. Em função do número de elos que a compõem, a cadeia produtiva do setor sucroalcooleiro apresenta-se bastante elaborada, gerando várias oportunidades de negócios como produção da cana-de-açúcar, processamento de produtos derivados, serviços de pesquisa, capacitação, assistência técnica, transporte, comercialização, exportação, serviços portuários, entre outras (INTG/SEBRAE, 2008).

Assim, conforme Reis e Costa Neto (2018), a cadeia produtiva da cana precisa enfrentar os desafios de prover alimento, o açúcar, ao mesmo tempo que produz uma opção mais limpa de combustível, o etanol, e cria alternativas para os seus resíduos com a geração de produtos alternativos como a bioeletricidade e o biogás.

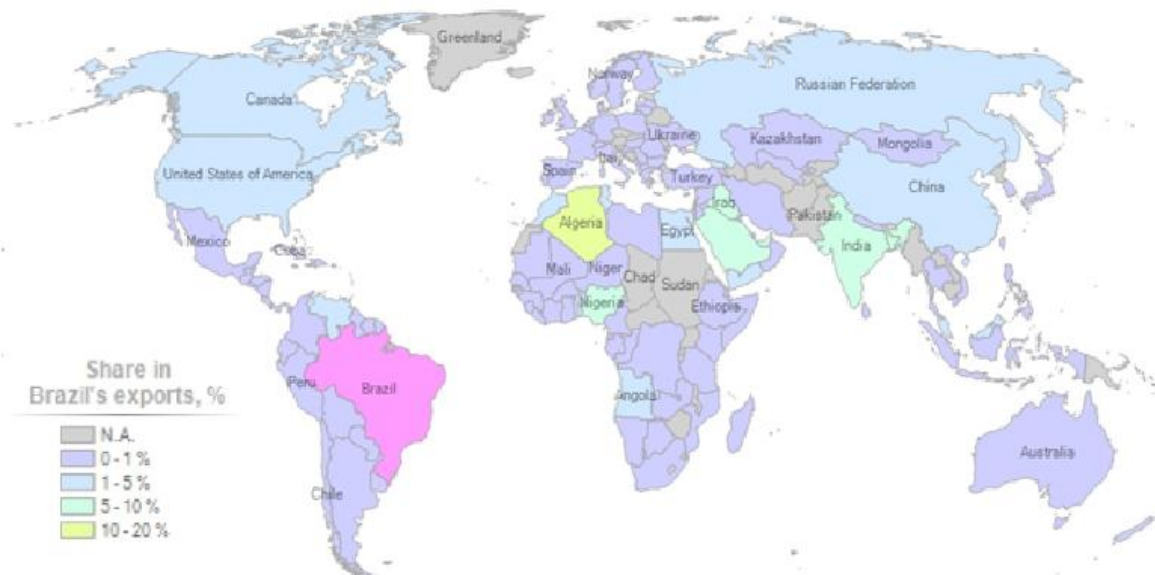
### 3.3 MERCADO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Conforme recorde histórico na produção mundial na safra 2017/18 elevou-se os níveis de estoque e com isso a exportação brasileira sofreu uma baixa. Segundo dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, o Brasil exportou aproximadamente 20 milhões de toneladas de açúcar na safra 2018/19, uma redução em torno de 28% em relação à safra passada (CONAB, 2019). Na Figura 2 pode-se observar o gráfico de exportação brasileira de açúcar desde a safra de 2012/13 até hoje, safra 2018/19 em milhões de toneladas.



**Figura 2 - Exportação Brasileira de Açúcar**  
Fonte: CONAB (2019)

Apesar dessa redução na exportação, conforme mostra o quarto levantamento do Observatório Agrícola – Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar - Volume 5 - o Brasil mantém a posição de principal exportador mundial, seguido por Tailândia (11,5 milhões de toneladas) e Índia (4 milhões de toneladas). Os principais países de destino do açúcar brasileiro, na safra 2018/19, em percentual, de acordo com Trade Map (2019), podem ser identificados na Figura 3 e de acordo com a CONAB, (2019) as quantidades exportadas para esses países foram: Argélia (2,2 milhões de toneladas); Bangladesh (2,0 milhões de toneladas), Índia (1,6 milhão de toneladas), Arábia Saudita (1,2 milhão de toneladas), e Nigéria (1,2 milhão de toneladas).

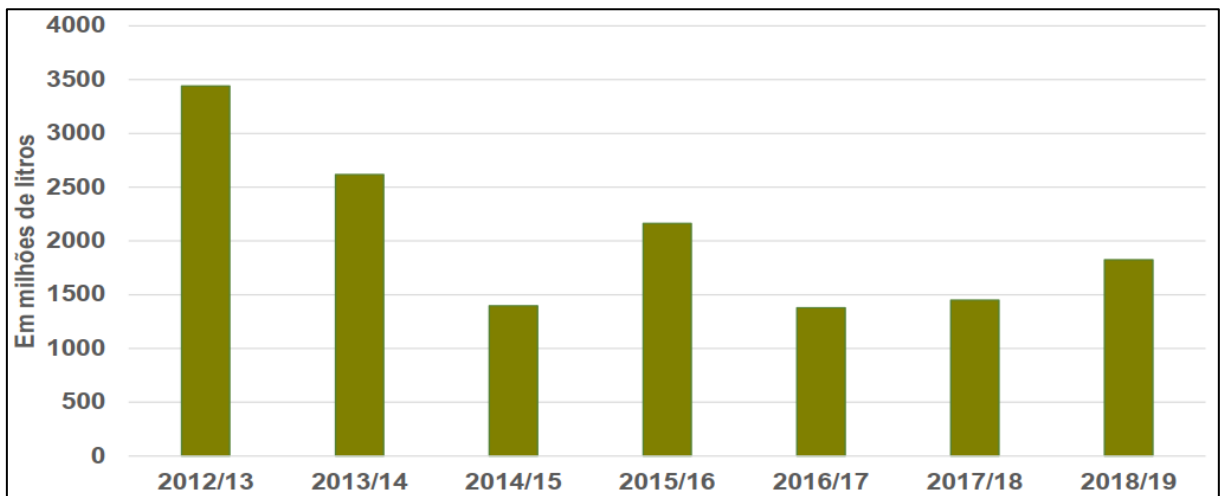


**Figura 3 – Imagem ilustrativa dos principais países importadores de açúcar produzido pelo Brasil com legenda em porcentagem.**  
**Fonte: Trade Map (2019).**

Diferente do açúcar o etanol apresentou um crescimento comparando-se a safra de 2017/18 com a 2018/19 em cerca de 26 % e esse número só não foi maior pelo fato da demanda interna do combustível ter apresentado um crescimento. Conforme mostra a Figura 4, tem-se o segundo aumento na exportação brasileira do etanol, mas nada se compara com os valores da safra de 2012/13 (CONAB, 2019).

Segundo o quarto levantamento do Observatório Agrícola – Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar - Volume 5 - os principais destinos do etanol exportado pelo Brasil na safra 2018/19 foram Estados Unidos (985,1 milhões de litros), Coreia do Sul (566,5 milhões de litros), Japão (109,5 milhões de litros),

Holanda (72,6 milhões de litros) e Colômbia (24,3 milhões de litros) (CONAB, 2019).



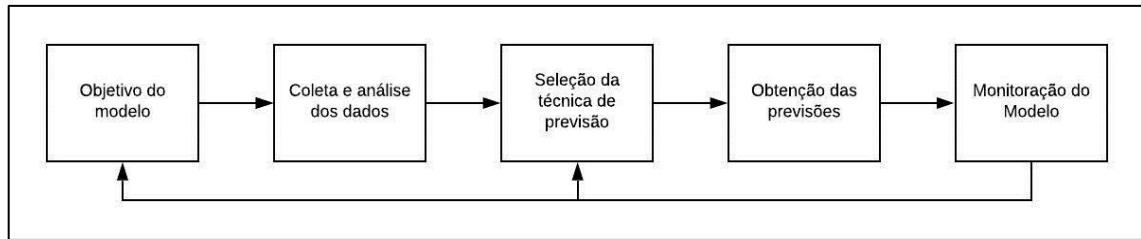
**Figura 4 - Exportação Brasileira de Etanol**  
Fonte: CONAB (2019)

### 3.4 PREVISÃO DE DEMANDA

#### 3.4.1 Processo de Previsão

Uma série de autores afirmam que a previsão de demanda é a base para o planejamento estratégico da produção, vendas e finanças de qualquer empresa. Conta Fernandes e Godinho Filho (2010) que ela está relacionada a um conjunto de métodos e ao conhecimento do previsor sobre o mercado, ao invés de uma suposição. De acordo com Lustosa et al. (2008) entende-se por demanda a disposição dos clientes ao consumo de bens e serviços ofertados por uma organização.

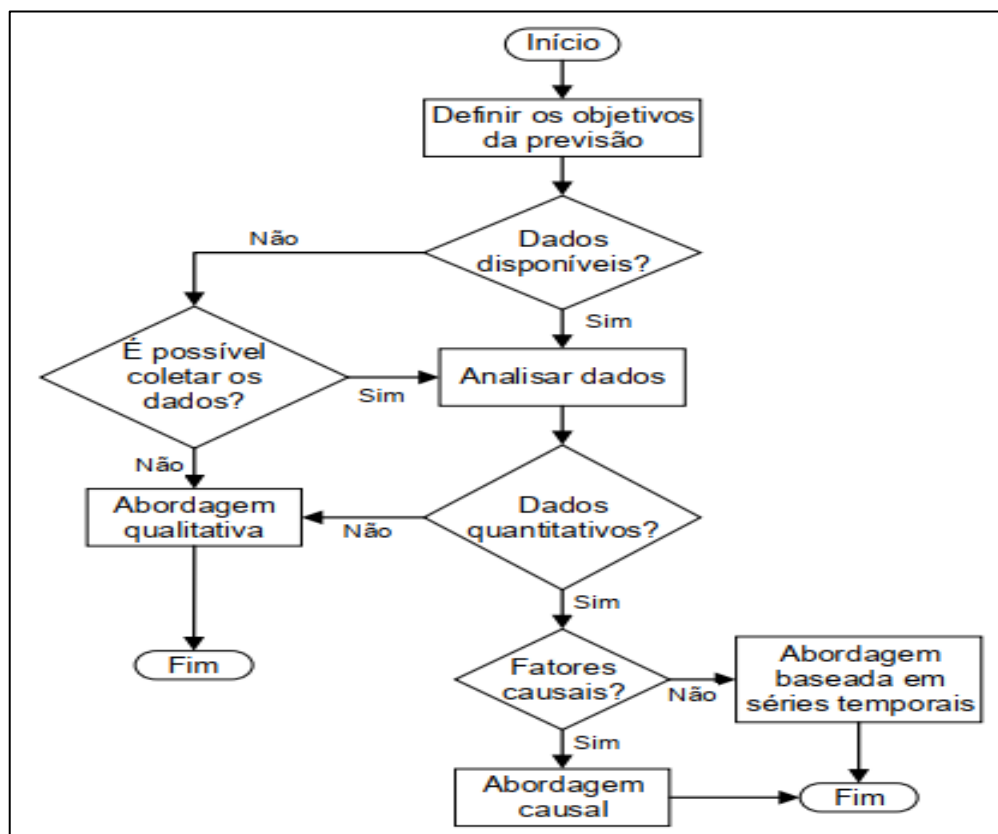
Tubino (2009) explica que a previsão de demanda pode ser dividida em cinco etapas básicas conforme mostra a Figura 5.



**Figura 5 - Etapas do Modelo de Previsão**  
**Fonte: Adaptado de Tubino (2009)**

Na primeira etapa, objetivo de modelo, primordialmente deseja-se saber a decisão que será afetada pelo processo de previsão (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010). Além das informações necessárias para realização do estudo como o que será previsto, o número de itens, o valor agregado, determinar o horizonte de planejamento que variam entre curto, médio e longo prazo, o grau de detalhe que fica entre previsões diárias, semanais ou mensais, os recursos envolvidos e com isso o nível de exatidão.

Coleta e análise de dados são necessárias para selecionar uma abordagem de previsão que pode ser qualitativa, causal ou baseada em séries temporais como mostra a Figura 6.



**Figura 6 - Fluxograma do Processo de Seleção da Abordagem da Previsão**  
**Fonte: Adptado de Sipper e Bulfin (1997) apud Fernandes e Godinho Filho (2010)**

Após a coleta e análise dos dados decide-se qual método de previsão utilizar, conforme Tubino (2009) existem técnicas qualitativas e quantitativas, cada uma com seu campo de ação e aplicabilidade, porém deve-se observar principalmente os fatores de custo e acuracidade.

Depois de definido o método aplica-se os dados obtidos e então elaborase a previsão, estimando os valores para n períodos à frente. Tubino (2009) salienta que quanto maior for o horizonte pretendido, menor a confiabilidade na demanda prevista.

Por fim, a monitoração do modelo, interpretando e atualizando os dados e resultados. Fernandes e Godinho Filho (2010) afirmam a necessidade da análise dos erros e se os mesmos não apresentam viés nem para baixo nem para cima.

#### 3.4.2 Erros de Previsão

Erros em previsões procedem de duas origens, uma é o erro inevitável que está relacionado com a aleatoriedade do mercado; e o segundo erro acontece devido a erros do método de previsão utilizado na escolha de parâmetros referentes a esse método. Como a qualidade da previsão está diretamente relacionada ao método empregado, são necessárias medidas de controle para que os erros de método de previsão sejam mínimos (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2010).

Segundo Lustosa et al. (2008) desvios positivos significam que a demanda superou a previsão, e negativos, o contrário. Para isso temos que o indicador básico de Erro de Previsão para um período t ( $E_t$ ) é a diferença (ou desvio) entre o Valor Real ( $D_t$ ) e o Valor Previsto da demanda ( $F_t$ ) no período correspondente, conforme mostra a Equação (1):

$$E_t = D_t - F_t \quad (1)$$

A contar dos desvios de “n” períodos consecutivos, Lustosa et al. (2008) afirma que se calcula o Erro Médio (EM) pela Equação (2):

$$EM = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)}{n} \quad (2)$$

E a partir da Equação 2, tem-se dois indicadores de erros que são o Erro Absoluto Médio (*EAM*) onde se calcula a média dos desvios absolutos, em módulo, conforme Equação (3) e o Erro Quadrático Médio (*EQM*) onde cada desvio é elevado ao quadrado de acordo com a Equação (4).

$$EAM = \frac{\sum_{t=1}^n |D_t - F_t|}{n} \quad (3)$$

$$EQM = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)^2}{n} \quad (4)$$

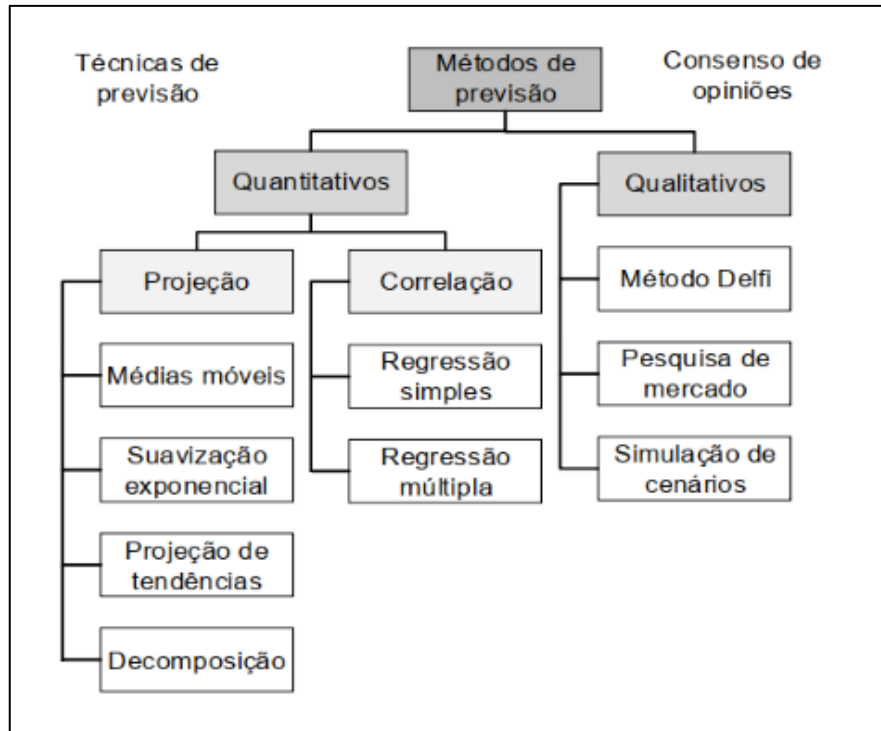
Fernandes e Godinho Filho (2010) afirmam que o Erro Absoluto Médio mede a dispersão dos erros e, portanto, se o seu valor for pequeno significa que a previsão está próxima à demanda real e se for alto indica problemas com o método de previsão empregado.

Lustosa et al. (2008) ainda comenta sobre o Erro Percentual Absoluto Médio (*EPAM*) que é uma alternativa ao *EAM* onde considera-se os desvios relativos no cálculo, como mostra a Equação (5).

$$EPAM = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - F_t}{D_t} \right|}{n} \quad (5)$$

### 3.4.3 Métodos de Previsão

Os métodos de previsão são divididos em duas abordagens, quantitativas, baseadas em séries históricas projetadas para o futuro e qualitativas, baseadas em fatores subjetivos ou de julgamento (CORRÊA; CORRÊA, 2009). A Figura 7, ilustra alguns métodos de previsão de demanda.



**Figura 7 - Métodos de Previsão de Demanda**  
 Fonte: Adaptado de Lustosa et al. (2008)

Por apresentarem maior grau de subjetividade, os dados qualitativos não serão abordados neste trabalho e serão apenas comentados a seguir.

A pesquisa de mercado é um método utilizado pelas empresas para avaliar como estão as circunstâncias do meio naquele momento e com isso traçar estratégias para melhorar os resultados da organização e consequentemente torná-la mais competitiva. Segundo Lustosa et al. (2008) ela pode ser dividida em pesquisa de satisfação, força da marca, teste de novos produtos etc.

Lustosa et al. (2008) explica que a simulação de cenários acontece através da opinião de especialistas que analisam cenários futuros e então estimam o comportamento de vendas, definindo parâmetros como otimista, mais provável e pessimista e a partir disso decorre o processo de decisão.

A partir do Método Delfi obtém-se uma previsão baseado nas opiniões de especialistas. Conta Lustosa et al. (2008) que este método é dividido em duas etapas, primeiramente cada participante expõe sua opinião individual sobre um determinado problema e essa é coletada, posteriormente envolve-se todos os participantes em uma reunião para que haja um consenso a partir de todas ideias recolhidas na primeira etapa.



Quanto aos métodos quantitativos, afirma Tubino (2009) que esses analisam os dados históricos de forma objetiva através de modelos matemáticos a fim de projetar a demanda futura. As técnicas quantitativas são subdivididas em séries temporais ou de projeção e baseadas em correlações.

Tubino (2009, p. 18) justifica as técnicas de séries temporais e correlações da seguinte maneira:

As técnicas baseadas em séries temporais procuram modelar matematicamente a demanda futura relacionando os dados históricos do próprio produto com o tempo, enquanto as técnicas baseadas em correlações associam os dados históricos do produto com uma, ou mais, variáveis que tenham alguma relação com a demanda do produto.

Apresenta-se a seguir os mais importantes modelos de projeção por séries temporais.

Médias Móveis, assumem que a melhor estimativa de previsão é dada pela média dos  $n$  últimos períodos. Segundo Tubino (2009), sempre se substitui o dado mais antigo na medida em que surge um novo dado e o  $n$  (número de períodos) incluído no cálculo determina a sensibilidade com relação aos dados. A média móvel pode ser obtida através da Equação 6.

$$Mm_n = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (6)$$

Nas quais:

$Mm_n$  = média móvel de  $n$  períodos;

$D_i$  = demanda ocorrida no período  $i$ ;

$n$  = número de períodos;

$i$  = índice do período ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ).

O método de suavização exponencial, diferente da média móvel, considera os dados passados têm pesos decrescendo geometricamente. Existem três tipos de suavização exponencial: simples, com tendência (modelo de Holt) e com tendência e sazonalidade (modelo de Holt-Winters) (LUSTOSA, 2008).

Na suavização exponencial simples, segundo Lustosa et al. (2008) a demanda varia em torno de uma base constante e partindo de um dado inicial, essa base é corrigida a cada período. O modelo é dado pelas seguintes Equações 7 e 8.

$$B_t = B_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - B_{t-1}) = \alpha D_t + (1 - \alpha)B_t \quad (7)$$

$$F_t(t + k) = B_t \quad (8)$$

Em que:

$B_t$  = previsão para o período  $t$ ;

$B_{t-1}$  = previsão para o período  $t - 1$ ;

$D_{t-1}$  = valor para o período  $t - 1$ ;

$\alpha$  = coeficiente de ponderação;

$t$  = índice do período ( $t = 1, 2, \dots$ );

$k$  = número de períodos a frente que deseja-se prever ( $k = 1, 2, \dots$ ).

Conforme Tubino (2009), quanto maior o valor de  $\alpha$  mais rapidamente o modelo reagirá às alterações reais. Assim, se o coeficiente de ponderação ( $\alpha$ ) for alto, acarretará em variações na previsão, e, se for baixo, haverá uma discrepância entre a previsão e a realidade. Então, deve-se minimizar o erro através de simulações que ajustam o melhor valor do coeficiente ( $\alpha$ ).

Considerando os aspectos de tendência tem-se a suavização exponencial com tendência ou modelo de Holt que se difere dos outros métodos segundo Lustosa et al. (2008) de maneira a acrescentar uma segunda variável de suavização, onde, reflete o crescimento da demanda de um período para o outro. Ajustando assim o nível e a tendência da série.

As Equações 9, 10, 11, descritas por Lustosa et al. (2008), formam o cálculo da previsão de suavização exponencial com tendência.

$$B_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(B_{t-1} + T_{t-1}) \quad (9)$$

$$T_t = \beta(B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (10)$$

$$F_t(t + k) = B_t + kT_t \quad (11)$$

Nas quais:

$D_t$  = valor do período  $t$ ;

$B_t$  = base ao final do instante  $t$ ;

$T_t$  = tendência ao final do instante t;

$\alpha$  = é a constante de suavização para Base;

$\beta$  = constante de suavização para Tendência;

$F_t(u)$  = previsão ao final do período t para o período u ( $u > t$ );

$k$  = número de períodos a frente que deseja-se prever ( $k = 1, 2, \dots$ ).

Com essas equações calcula-se primeiro uma média ponderada entre a demanda real e a nova base, assim tem-se a suavização da tendência através, da variação da base nos dois últimos períodos e a estimativa anterior, e por fim mediante Equação 11 calcula-se para “k” períodos adiante. (LUSTOSA, 2008).

A suavização exponencial com tendência e sazonalidade ou modelo de Holt-Winters, agrega além da tendência, um componente de sazonalidade que fornece um índice, onde evidencia a proporção entre a demanda média de um período e a demanda média anual (LUSTOSA, 2008).

Segundo Lustosa et al. (2008) para calcular uma previsão de demanda para um instante futuro t qualquer, deve-se multiplicar a projeção da demanda base pelo índice de sazonalidade correspondente, conforme mostra as Equações 12, 13, 14, 15.

$$B_t = \alpha \left( \frac{D_t}{I_{t-L}} \right) + (1 - \alpha)(B_{t-1} + T_{t-1}) \quad (12)$$

$$T_t = \beta(B_t - B_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (13)$$

$$I_t = \gamma \left( \frac{D_t}{I_{t-L}} \right) + (1 - \gamma)I_{t-1} \quad (14)$$

$$F_t(t + k) = (B_t + kT_t)I_{t-L+k} \quad (15)$$

Em que:

$\alpha$  = constante de suavização para base;

$\beta$  = constante de suavização para tendência;

$\gamma$  = constante de suavização para sazonalidade;

$D_t$  = valor referente ao período t;

$B_t$  = base ao final do instante t;

$T_t$  = tendência ao final do instante t;

$I_t$  = índice de sazonalidade no instante t;

$L$  = número de variações sazonais em uma unidade de tempo;

$F_t(u)$  = previsão ao final do período  $t$  para o período  $u$  ( $u > t$ );

$k$  = número de períodos a frente que deseja-se prever ( $k = 1, 2, \dots$ ).

Para realizar cálculos com sazonalidade deve-se conhecer os índices de sazonalidade iniciais para cada período, além da base e tendência, de maneira a considerar-se o primeiro ciclo sazonal da série e fixando-se a razão entre a demanda de cada mês e a demanda média do período (LUSTOSA, 2008).

Segundo Tubino (2009) a projeção de tendências refere-se ao movimento gradual de longo prazo da demanda, e para realizar o cálculo de estimativa deve-se identificar uma equação que descreva o movimento através de uma plotagem dos dados. A equação poderá ser linear ou não linear como exponencial, parabólica, logarítmica etc.

A seguir apresenta-se as equações 16, 17, 18 que definem a tendência linear, que conforme Tubino (2009) é de maior aplicabilidade e facilidade.

$$Y = a + bX \quad (16)$$

Na qual:

$Y$  = previsão da demanda para o período  $X$ ;

$a$  = ordenada à origem, ou intercessão no eixo dos  $Y$ ;

$b$  = coeficiente angular;

$X$  = período (partindo de  $x=0$ ) para previsão.

Ainda segundo Tubino (2009), considerando-se os dados históricos da demanda e com  $n$  representando o número de períodos, os coeficientes  $a$  e  $b$  podem ser obtidos através das seguintes equações:

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (17)$$

$$a = \frac{\sum Y - b(\sum X)}{n} \quad (18)$$

Conforme Lustosa et. al (2008) o método de decomposição clássica admite a projeção de tendências com sazonalidade, ocorrendo da seguinte maneira, produz-

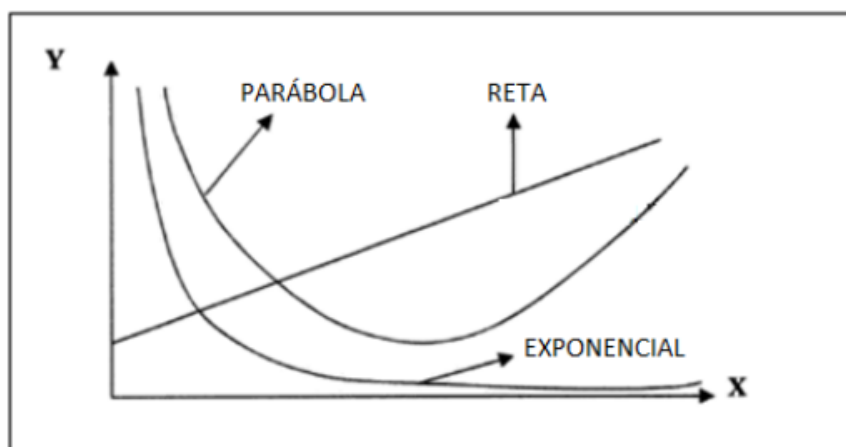
se uma série “dessazonalizada” retirando os efeitos sazonais dos dados, posteriormente projeta-se esses dados na forma de ajuste de tendências e enfim os dados são corrigidos incluindo o fator sazonal.

O fator sazonal pode ser aditivo, adiciona-se uma parcela sobre a demanda base ou multiplicativo, multiplica-se a demanda base por um índice de sazonalidade associado ao período (LUSTOSA et al., 2008).

Diferente das anteriores, as previsões baseadas em correlações buscam prever a demanda com base na previsão de outra variável que esteja relacionada com o produto, por exemplo a demanda de pneus pode estar relacionada com as vendas de automóveis (TUBINO, 2009).

O objetivo das previsões de correlação, conforme Tubino (2009), incide em definir uma equação que mostre o efeito da variável de previsão sobre a demanda do produto em análise, para isso, deve-se estudar o histórico da demanda do produto, que são as variáveis dependentes, e o histórico da variável de previsão, que são as variáveis independentes.

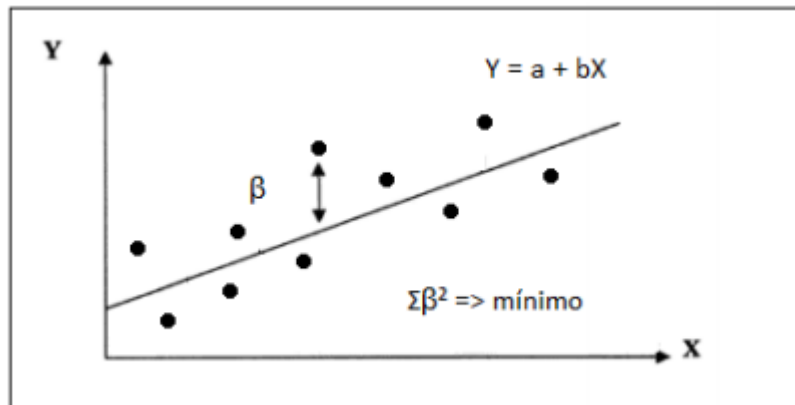
Fernandes e Godinho Filho (2010) afirmam que um modelo de regressão simples envolve uma relação entre uma variável dependente e uma independente. E segundo Fusco e Sacomano (2007), como pode ser visto na Figura 7, a relação pode apresentar resultados lineares, exponenciais, quadráticos, entre outros.



**Figura 8 - Função de Correlações entre Variáveis**  
Fonte: Fusco e Sacomano (2007)

O objetivo da regressão linear simples, segundo Tubino (2009) é encontrar uma equação linear de previsão do tipo,  $y = a + bX$ , de forma que a soma dos quadrados

dos erros de previsão ( $\beta$ ) seja a mínima possível, como mostra a Figura 8 abaixo.



**Figura 9 - Mínimos Quadrados**  
Fonte: Tubino (2009)

Já se foi comentado sobre a equação linear, em previsão de tendências, o que difere agora são os significados das variáveis, portanto, conforme Tubino (2009), para as equações 16, 17 e 18, tem-se:

$Y$  = previsão da demanda para o item dependente;

$a$  = ordenada à origem, ou intercessão no eixo dos  $Y$ ;

$b$  = coeficiente angular;

$X$  = valor da variável independente;

$n$  = número de pares  $XY$  observados.

Afirma Tubino (2009) que com o coeficiente de correlação Pearson ( $r$ ) pode-se aferir a existência de correlação entre duas variáveis através da Equação 19.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2}} \quad (19)$$

O valor de  $r$  pode variar entre +1, quando ocorre uma mudança em uma variável no mesmo sentido e -1, quando ocorre uma mudança no sentido oposto na outra variável. Quando  $r$  for próximo de zero, significa que não existe uma correlação entre as variáveis (TUBINO, 2009).

Na regressão múltipla acontece uma relação entre mais de duas variáveis, aonde segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), essas duas ou mais variáveis

independentes afetam a variável dependente.

Ainda segundo Fernandes e Godinho Filho (2010), o modelo geral da regressão múltipla para  $n$  observações e  $m$  variáveis independentes é representado pela Equação 20:

$$d_t = b_0 + b_1x_{1t} + b_2x_{2t} + \dots + b_mx_{mt} + \varepsilon_t \quad (20)$$

Em que:

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_m$  são parâmetros de intersecção e inclinação a serem estimados.

$t = 1, 2, \dots, n$

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 DEFINIÇÃO DA PESQUISA

Conforme Kauark, Manhães e Medeiros (2010), a classificação de uma pesquisa engloba diversas formas, quanto a natureza sendo uma pesquisa básica ou aplicada, quanto a abordagem sendo quantitativa ou qualitativa, quanto aos objetivos sendo eles exploratórios, descritivos ou explicativos e quanto aos procedimentos sendo esses documentais, bibliográficos, experimentais, operacionais, estudos de caso, levantamentos e outros mais.

A pesquisa proposta neste trabalho, conforme a sua natureza, denomina-se básica, pois através da coleta de dados elaborou-se previsões estatísticas futuras quanto a cultura da cana-de-açúcar, explana Gil (2010) que a pesquisa básica é direcionada à agregação de novos conhecimentos que buscam resolver problemas objetivos.

Tratando-se da abordagem, considerou-se como pesquisa quantitativa, pois utilizou-se dados da cultura da cana-de-açúcar quanto ao preço, área plantada, e produção. Diz Fonseca (2002) que a pesquisa quantitativa se centra na objetividade e toma o auxílio de métodos matemáticos para descrever causas de fenômenos e relacionar variáveis.

A classificação dos objetivos conduziu-se como pesquisa descritiva, pois a partir dos dados reais coletados, analisou-se a relações entre eles, conforme Gil (2010) a pesquisa descritiva identifica, relata e compara dados de determinada população ou fenômeno.

Quanto aos procedimentos classificaram-se como pesquisa documental e operacional. Afirma Gil (2010) que a pesquisa documental se assemelha com levantamentos a partir de dados disponíveis como documentos institucionais, de órgãos públicos ou organizações, registros estatísticos, entre outros. Já a pesquisa operacional busca soluções para determinados problemas através de modelos matemáticos e estatísticos.



## 4.2 COLETA DE DADOS

A construção desta pesquisa foi feita através da coleta de dados referente aos preços da cana-de-açúcar bruta, de açúcar e de etanol no estado São Paulo e a área plantada e a produção a nível Brasil da cultura da cana-de-açúcar.

Os dados foram provenientes de sites de órgãos nacionais como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2019) e Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA, 2019). Além de sites específicos como União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA, 2019) e o maior veículo de comunicação do setor sucroenergético do mundo, um portal brasileiro, o novaCana.com. (NOVA CANA, 2019)

## 4.3 ANÁLISE DE DADOS

Analisou-se os dados através de técnicas estatísticas descritivas, pois segundo Prodanov e Freitas (2013) esse tipo de pesquisa visa observar, registrar, analisar e ordenar dados, sem a interferência do pesquisador, com as finalidades de descobrir a frequência que um fato ocorre, a suas causas, sua natureza, características e relações. Assim foi possível realizar os objetivos de previsões futuras.

Conforme Gil (2008) a estatística descritiva dá-se pela caracterização do que é típico nos dados, pela variabilidade e pela verificação da distribuição dos dados em relação as variáveis. Através da caracterização tem-se os cálculos sobre média aritmética, mediana e moda, fornecendo uma descrição precisa dos dados e possibilitando comparações. Quanto a variabilidade, o grau de semelhança ou diferença dos dados é obtido através de cálculos como amplitude, desvio médio e desvio padrão. E a respeito da distribuição dos dados utiliza-se o polígono de frequências que mostra se a repartição está normal ou mais tendenciosa. (GIL, 2008)

Utilizou-se softwares para auxílio das análises, elaborou-se planilhas dinâmicas através do Microsoft® Excel e realizou-se análises estatísticas com modelos de previsão com suavização exponencial, através do NNQ - Estatística, que significa

Núcleo de Normalização e Qualimetria responsável por tratamento de dados e funções como decomposição e suavização (NNQ, 2019).

Os *softwares* citados fazem uso das equações descritas no tópico de referencial teórico referentes a análise por médias móveis (Equação 6), suavização exponencial (Equações 7 a 15) e regressão (Equações 16 a 20), essas análises foram comparadas por meio dos valores de erros (Equações 1 a 5) e apenas os resultados mais interessantes foram apresentados, tendo em vista a identificação de sazonalidade nos dados a previsão foi realizada com base na suavização exponencial tripla a qual leva em conta tanto esse fator quanto a tendência e é capaz de dar maior peso as informações mais próximas ao final da série temporal apresentando em geral uma boa previsão futura e os melhores modelos desse tipo de método foram elencados para cada uma das variáveis analisadas. Os *softwares* são capazes ainda de realizar as análises estatísticas descritivas, as quais foram apresentadas também nos resultados desse estudo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE DESCRITIVA

Conforme descrito na metodologia, foram coletados os dados, entre janeiro de 2009 e julho de 2019, referentes a área plantada em hectares e a produção em toneladas a nível Brasil e os preços da cana-de-açúcar bruta (R\$. ton<sup>-1</sup>), do açúcar (R\$.saca<sup>-1</sup> de 50 kg) e do etanol (R\$. L<sup>-1</sup>) no estado de São Paulo. Os dados de agosto e setembro de 2019 foram utilizados apenas para comparação e validação da previsão.

O primeiro tratamento dos dados foi a análise de estatística descritiva que apresentou medidas que facilitam a interpretação e compreensão. Silva et. al. (2018) explicam que a estatística descritiva colabora para o alcance de informações que favorecem o entendimento de uma grande quantidade de dados. Na Tabela 1 nota-se os resultados da estatística descritiva obtida com base na totalidade dos dados coletados.

**Tabela 1 - Estatística Descritiva dos Dados**

| Medida               | Área Plantada | Produção     | Preço Cana  | Preço Açúcar | Preço Etanol |
|----------------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| Média                | 10241950,77   | 701453655,8  | 59,60433071 | 59,84787402  | 1,289016535  |
| Erro padrão          | 43204,86735   | 2515719,18   | 1,113273084 | 1,192890642  | 0,028921475  |
| Mediana              | 10221515      | 698430945    | 59,25       | 56,21        | 1,2297       |
| Moda                 | -             | -            | 69,08       | 68,49        | -            |
| Desvio padrão        | 486894,1276   | 28350715,33  | 12,5459505  | 13,44319481  | 0,325928466  |
| Variância da amostra | 2,37066E+11   | 8,03763E+14  | 157,400874  | 180,7194867  | 0,106229365  |
| Curtose              | -1,050849584  | -1,086900333 | -0,46001641 | -0,095328588 | -0,556639216 |
| Assimetria           | 0,257070383   | 0,024493148  | -0,27683094 | 0,751988327  | 0,016942516  |
| Intervalo            | 1759435       | 120102319    | 51,27       | 61,18        | 1,3324       |
| Mínimo               | 9492869       | 634846136    | 32,88       | 36,88        | 0,584        |
| Máximo               | 11252304      | 754948455    | 84,15       | 98,06        | 1,9164       |
| Soma                 | 1300727748    | 89084614287  | 7569,75     | 7600,68      | 163,7051     |
| Contagem             | 127           | 127          | 127         | 127          | 127          |

Fonte: Autoria Própria (2019)

Analisando-se a estatística descritiva, notou-se que todos os valores de mediana se aproximam dos valores da média, indicando uma normalidade na

distribuição dos dados. Os dados de área plantada e preço do açúcar apresentaram elevada assimetria. O preço do etanol sofreu uma baixíssima variância, diferente dos dados de área planta e produção que apresentaram altos índices de variação.

## 5.2 ÁREA PLANTADA E PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

Utilizou-se inicialmente o NNQ com vistas a avaliar todos os métodos possíveis de serem aplicados aos dados de área plantada e produção de cana de açúcar do Brasil. Posteriormente com base nos menores valores de erros (DM, DAM, RQDQM, DPAM) apresentados para cada método, autocorrelação ( $r_1$ ), U de Theil e Critério de Informação de Akaike (AIC), o melhor método de suavização exponencial dentre todos foi escolhido e os resultados para esse método foram apresentados.

Nas Figuras 10 e 11 pode-se observar que os métodos MNM e MMdM foram destacados pelo *software* como os melhores métodos, tanto para área plantada quanto para produção, porém com a avaliação humana ao fim foi escolhido o método MNM, que foi considerado mais adequado por apresentar menores valores para tanto para o U de Theil quanto para o AIC, sendo todos os valores de erros muito próximos entre os dois métodos destacados.

Conforme Silva e Dantas (2009) o coeficiente de U de Theil avalia o desempenho das previsões contra os valores da previsão ingênua. Esta última refere-se a uma previsão em que o valor futuro é apenas o valor da observação anterior. Quando o valor de U de Theil for maior de 1, significa que o erro do modelo é maior do que da previsão ingênua e quando menor que 1, garante que o erro do modelo é menor que da previsão ingênua. Portanto quanto mais próximo de zero, melhor é a previsão.

Akaike desenvolveu o critério de informação, AIC, que se origina da minimização da informação de Kullback-Leibler (K-L) como base para a seleção de modelos. Conta Dal Bello (2010) que essa informação é uma distância entre o modelo verdadeiro e o modelo candidato e ao comparar-se diversos modelos, se destacaram aqueles que apresentarem menor distância, tendo assim um menor erro.

| Método | DM        | DAM        | RQDQM      | DPAM  | r1     | U de Theil | AIC      |
|--------|-----------|------------|------------|-------|--------|------------|----------|
| ANA    | -2084,587 | 169968,230 | 253021,949 | 1,65% | -0,023 | 0,861      | 3803,285 |
| MNA    | -2083,765 | 169927,417 | 253022,006 | 1,65% | -0,023 | 0,861      | 3800,613 |
| AAA    | -9551,459 | 171173,776 | 254182,262 | 1,66% | -0,024 | 0,865      | 3808,447 |
| MAA    | -9546,315 | 171142,054 | 254182,296 | 1,66% | -0,024 | 0,865      | 3805,573 |
| AAdA   | -2371,681 | 170080,199 | 253432,954 | 1,65% | -0,023 | 0,863      | 3809,697 |
| MAdA   | -2370,655 | 170041,100 | 253433,005 | 1,65% | -0,024 | 0,863      | 3806,991 |
| MNM    | -2119,918 | 169747,792 | 252840,711 | 1,64% | -0,022 | 0,860      | 3800,291 |
| MAM    | -9555,201 | 170912,647 | 254002,982 | 1,66% | -0,023 | 0,864      | 3805,252 |
| MAdM   | -2406,011 | 169864,852 | 253255,387 | 1,65% | -0,022 | 0,862      | 3806,672 |
| MMM    | -7944,629 | 170811,415 | 254129,448 | 1,66% | -0,021 | 0,864      | 3805,395 |
| MMdM   | 1140,756  | 169581,070 | 252952,457 | 1,64% | -0,022 | 0,861      | 3806,273 |

**Figura 10 - Todos os Métodos para Dados de Área Plantada**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

| Método | DM          | DAM         | RQDQM        | DPAM  | r1    | U de Theil | AIC      |
|--------|-------------|-------------|--------------|-------|-------|------------|----------|
| ANA    | -265890,289 | 9591370,186 | 15997333,900 | 1,38% | 0,124 | 0,976      | 4856,547 |
| MNA    | -265890,289 | 9591370,186 | 15997333,900 | 1,38% | 0,124 | 0,976      | 4856,662 |
| AAA    | -336535,322 | 9622312,742 | 16072267,669 | 1,38% | 0,123 | 0,981      | 4861,734 |
| MAA    | -336535,322 | 9622312,742 | 16072267,669 | 1,38% | 0,123 | 0,981      | 4861,814 |
| AAdA   | -261688,485 | 9598196,858 | 16019576,217 | 1,38% | 0,120 | 0,978      | 4862,900 |
| MAdA   | -261688,485 | 9598196,858 | 16019576,217 | 1,38% | 0,120 | 0,978      | 4862,993 |
| MNM    | -264985,697 | 9573927,883 | 15970724,259 | 1,37% | 0,124 | 0,975      | 4856,344 |
| MAM    | -335567,021 | 9606755,468 | 16045828,370 | 1,38% | 0,123 | 0,980      | 4861,500 |
| MAdM   | -260765,153 | 9579995,507 | 15993048,768 | 1,37% | 0,119 | 0,976      | 4862,677 |
| MMM    | -435980,577 | 9616816,658 | 16050282,019 | 1,38% | 0,123 | 0,980      | 4861,539 |
| MMdM   | 19500,326   | 9601186,423 | 15945858,874 | 1,38% | 0,124 | 0,982      | 4862,026 |

**Figura 11 - Todos os Métodos para Dados de Produção**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

Nota-se que o método MNM escolhido, realiza a previsão por meio de uma suavização exponencial tripla, do tipo que trata os erros de forma multiplicativa (constante alfa), não considera a tendência (constantes beta amortecida pela fi) as quais portanto foram zeradas nesse método e considera a sazonalidade de forma multiplicativa (constante gama).

Os resultados apresentados pelo *software* quanto aos valores de alfa e gama, foram, respectivamente: 0,79 e 0,01 para dados da área plantada e 0,99 e 0,01 para os dados da produção.

Com base nos dados históricos dos 127 meses de dados coletados, previu-se os próximos 12 meses utilizando-se o melhor método (MNM) apresentado pelo

software e então obteve-se os resultados conforme se pode observar nas Figuras 12 e 13.

| Datas  | t   | Previsão   | L.inf 80   | L.Sup 80    |
|--------|-----|------------|------------|-------------|
| ago/19 | 128 | 9634001,60 | 9331115,29 | 9936887,91  |
| set/19 | 129 | 9697259,17 | 9309260,65 | 10085257,69 |
| out/19 | 130 | 9727518,80 | 9269851,39 | 10185186,22 |
| nov/19 | 131 | 9722142,81 | 9205266,46 | 10239019,15 |
| dez/19 | 132 | 9809973,38 | 9234632,89 | 10385313,86 |
| jan/20 | 133 | 9434715,68 | 8834069,81 | 10035361,55 |
| fev/20 | 134 | 9638531,05 | 8980096,59 | 10296965,51 |
| mar/20 | 135 | 9638415,20 | 8938022,43 | 10338807,98 |
| abr/20 | 136 | 9721687,10 | 8975296,65 | 10468077,54 |
| mai/20 | 137 | 9714730,97 | 8930973,31 | 10498488,63 |
| jun/20 | 138 | 9559953,06 | 8753094,35 | 10366811,77 |
| jul/20 | 139 | 9619595,42 | 8773394,36 | 10465796,49 |

**Figura 12 - Previsão Futura para Área plantada de Cana-de-açúcar**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

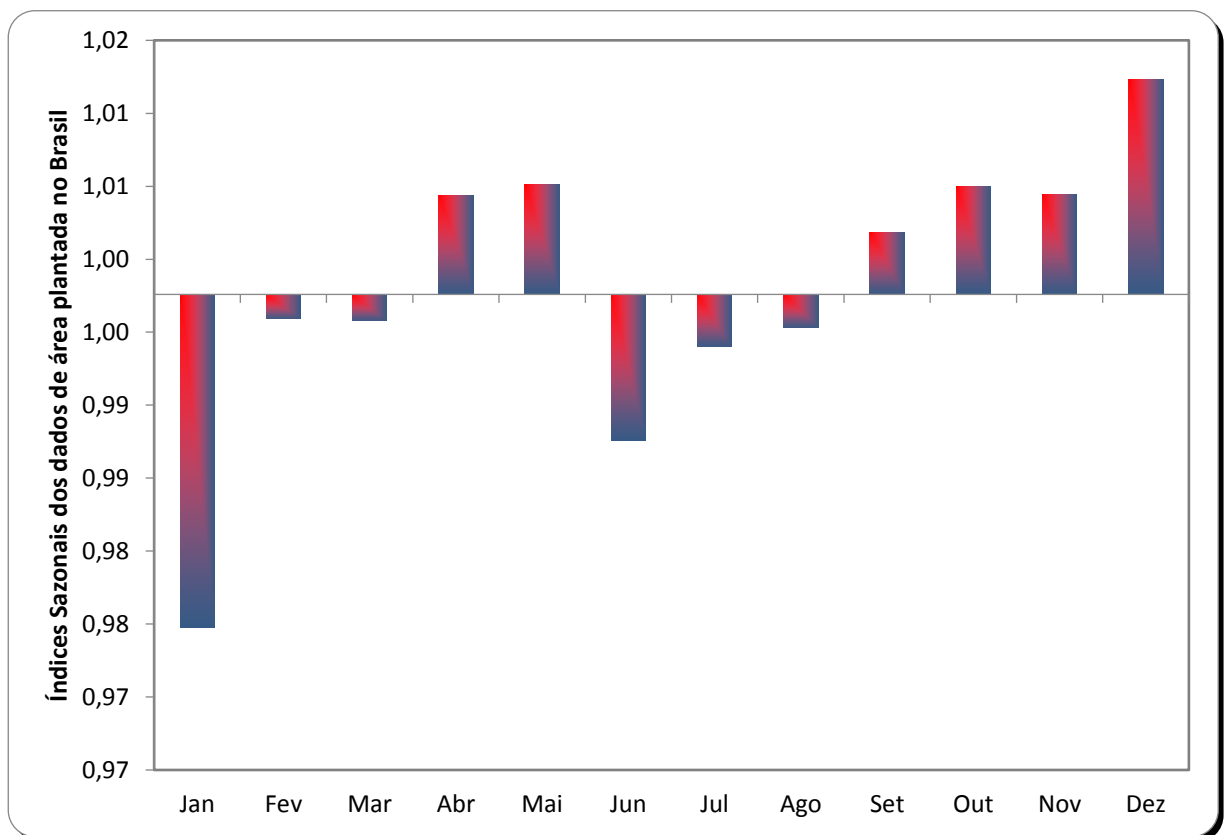
| Datas  | t   | Previsão     | L.inf 80     | L.Sup 80     |
|--------|-----|--------------|--------------|--------------|
| ago/19 | 128 | 666403634,72 | 646857222,18 | 685950047,26 |
| set/19 | 129 | 662939047,19 | 635573561,54 | 690304532,84 |
| out/19 | 130 | 657798752,84 | 624594363,32 | 691003142,36 |
| nov/19 | 131 | 657559679,44 | 619259784,21 | 695859574,66 |
| dez/19 | 132 | 660366693,29 | 617379515,01 | 703353871,57 |
| jan/20 | 133 | 660719402,32 | 613613987,51 | 707824817,14 |
| fev/20 | 134 | 664815572,35 | 613626237,05 | 716004907,64 |
| mar/20 | 135 | 665919000,91 | 611107341,19 | 720730660,63 |
| abr/20 | 136 | 669441053,67 | 610997738,36 | 727884368,99 |
| mai/20 | 137 | 669812325,18 | 608172516,21 | 731452134,15 |
| jun/20 | 138 | 660533488,90 | 596778361,58 | 724288616,21 |
| jul/20 | 139 | 665045754,31 | 597997336,98 | 732094171,64 |

**Figura 13 - Previsão Futura para Produção de Cana-de-Açúcar**  
**Fonte: Autoria própria (2019)**

A fim de validar a previsão coletou-se os dados reais de agosto e setembro de 2019, que são 9594602 e 9561022 hectares de área plantada e 664895784 e 665937415 toneladas de produção. Comparando esses com os limites inferiores e superiores apresentados nas Figuras 12 e 13, nota-se que eles estão entre os

mesmos, tornando assim a previsão válida.

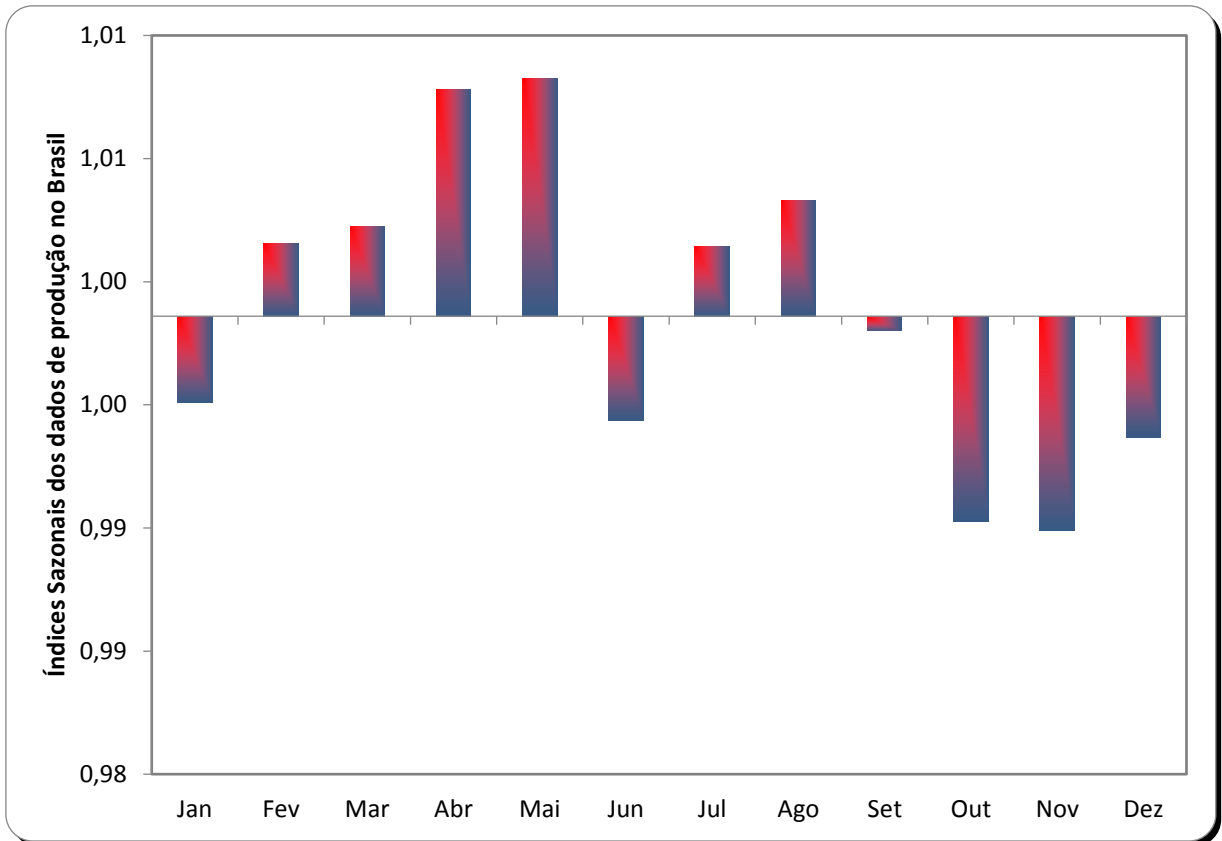
Analisando-se a sazonalidade da área plantada, na Figura 14, notou-se a tendência entre os meses de setembro a dezembro, onde fatores como a estação da primavera e grande ocorrência de chuvas favorecem o plantio. Nos três primeiros meses observa-se a baixa devido ao a preocupação com o controle de adubação e combate de pragas. Entre os meses de junho e agosto acontece a fase ideal para a colheita, pois a planta está em um bom nível de maturação, retirando assim a atenção da plantação.



**Figura 14 - Sazonalidade da Área Plantada de Cana-de-Açúcar no Brasil**

Fonte: Autoria Própria (2019)

Como pode observar-se na Figura 15, a sazonalidade da produção, fica em baixa de setembro a janeiro, pois neste período o foco está no plantio e desenvolvimento da cultura e em alto quase em todo restante do ano já que acontece a colheita e então obtém-se a matéria prima para a produção principalmente do açúcar e do etanol.



**Figura 15 - Sazonalidade da Produção da Cana-de-Açúcar no Brasil**

Fonte: Autoria Própria (2019)

### 6.3 PREÇOS NO ESTADO DE SÃO PAULO.

A fim de avaliar todos os métodos possíveis de serem aplicados aos dados de preço da cana-de-açúcar bruta (R\$. ton<sup>-1</sup>), do açúcar (R\$. saca<sup>-1</sup> de 50 kg) e do etanol (R\$. L<sup>-1</sup>) no estado de São Paulo, utilizou-se o software NNQ e em seguida com base nos menores valores de erros (DM, DAM, RQDQM, DPAM) encontrados para cada método, autocorrelação (r1), U de Theil e Critério de Informação de Akaike (AIC), foi melhor método de suavização exponencial dentre todos foi escolhido e os resultados para esse método foram apresentados.

Conforme as Figuras 16 e 18, observou-se que o software destacou os métodos MAA e MAdA para os preços da cana-de-açúcar bruta e do etanol e então após análise humana decidiu-se, para ambos, que o melhor método seria o MAA por apresentar o menor valor de AIC e um ótimo valor de U de Theil. Já na Figura 17, com relação a análise dos preços do açúcar, observou-se prontamente como melhor



método o MAdA já que demonstrou o menor valor tanto de AIC como de U de Theil.

| Método | DM     | DAM   | RQDQM | DPAM  | r1     | U de Theil | AIC     |
|--------|--------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|
| ANA    | 0,349  | 1,071 | 2,190 | 1,76% | -0,028 | 0,876      | 842,317 |
| MNA    | 0,332  | 1,144 | 2,232 | 1,90% | -0,056 | 0,872      | 841,554 |
| AAA    | -0,052 | 1,032 | 2,170 | 1,65% | -0,002 | 0,856      | 843,986 |
| MAA    | -0,175 | 1,059 | 2,220 | 1,70% | -0,043 | 0,852      | 838,396 |
| AAdA   | 0,213  | 1,042 | 2,163 | 1,69% | -0,001 | 0,862      | 845,227 |
| MAdA   | -0,063 | 1,059 | 2,207 | 1,70% | -0,036 | 0,849      | 839,543 |
| MNM    | 0,338  | 1,142 | 2,291 | 1,86% | -0,075 | 0,901      | 854,076 |
| MAM    | -0,173 | 1,097 | 2,279 | 1,75% | -0,063 | 0,879      | 851,248 |
| MAdM   | 0,210  | 1,154 | 2,320 | 1,92% | -0,105 | 0,908      | 861,418 |
| MMM    | -0,199 | 1,117 | 2,306 | 1,80% | -0,064 | 0,889      | 854,245 |
| MMdM   | -0,025 | 1,112 | 2,272 | 1,78% | -0,056 | 0,879      | 853,129 |

**Figura 16 - Todos os Métodos para o Preço de Cana-de-Açúcar Bruta**  
**Fonte: Autoria Própria (2019)**

| Método | DM     | DAM   | RQDQM | DPAM  | r1    | U de Theil | AIC      |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|----------|
| ANA    | 0,257  | 3,087 | 4,299 | 5,22% | 0,401 | 0,904      | 1013,622 |
| MNA    | 0,246  | 3,213 | 4,350 | 5,40% | 0,326 | 0,884      | 1010,712 |
| AAA    | -0,072 | 3,161 | 4,322 | 5,32% | 0,347 | 0,888      | 1019,023 |
| MAA    | -0,498 | 3,332 | 4,505 | 5,55% | 0,302 | 0,885      | 1016,429 |
| AAdA   | 0,090  | 3,090 | 4,226 | 5,25% | 0,251 | 0,866      | 1015,308 |
| MAdA   | -0,177 | 3,149 | 4,301 | 5,26% | 0,324 | 0,858      | 1008,210 |
| MNM    | 0,253  | 3,068 | 4,295 | 5,18% | 0,397 | 0,901      | 1016,069 |
| MAM    | -0,501 | 3,242 | 4,377 | 5,48% | 0,400 | 0,887      | 1013,571 |
| MAdM   | -0,171 | 3,118 | 4,265 | 5,32% | 0,373 | 0,866      | 1013,291 |
| MMM    | -0,428 | 3,180 | 4,366 | 5,37% | 0,402 | 0,900      | 1019,348 |
| MMdM   | -0,052 | 3,057 | 4,220 | 5,18% | 0,375 | 0,866      | 1010,685 |

**Figura 17 - Todos os Métodos para o Preço de Açúcar**  
**Fonte: Autoria Própria (2019)**

| Método | DM     | DAM   | RQDQM | DPAM  | r1    | U de Theil | AIC    |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|
| ANA    | 0,009  | 0,067 | 0,092 | 5,32% | 0,012 | 0,890      | 37,315 |
| MNA    | 0,008  | 0,066 | 0,094 | 5,19% | 0,017 | 0,872      | 20,932 |
| AAA    | -0,001 | 0,066 | 0,092 | 5,25% | 0,012 | 0,879      | 41,362 |
| MAA    | -0,007 | 0,064 | 0,094 | 5,03% | 0,020 | 0,857      | 20,648 |
| AAdA   | 0,008  | 0,067 | 0,092 | 5,31% | 0,009 | 0,888      | 43,698 |
| MAdA   | -0,003 | 0,064 | 0,093 | 5,03% | 0,027 | 0,856      | 22,321 |
| MNM    | 0,009  | 0,065 | 0,090 | 5,15% | 0,022 | 0,868      | 20,961 |
| MAM    | -0,005 | 0,064 | 0,090 | 5,04% | 0,023 | 0,857      | 21,368 |
| MAdM   | -0,002 | 0,064 | 0,090 | 5,05% | 0,025 | 0,858      | 23,451 |
| MMM    | -0,006 | 0,064 | 0,091 | 5,09% | 0,024 | 0,863      | 23,356 |
| MMdM   | -0,002 | 0,064 | 0,090 | 5,06% | 0,027 | 0,862      | 24,539 |

**Figura 18 - Todos os Métodos para o Preço de Etanol**  
**Fonte: Autoria Própria (2019)**

Com base nos dados de preços coletados, previu-se os próximos 12 meses para cada tipo, utilizando-se o melhor método como foi descrito acima e então obteve-se os resultados conforme se pode observar nas Figuras 19, 20, 21.

| Datas  | t   | Previsão | L.inf 80 | L.Sup 80 |
|--------|-----|----------|----------|----------|
| ago/19 | 128 | 74,62    | 71,13    | 78,11    |
| set/19 | 129 | 74,84    | 69,94    | 79,73    |
| out/19 | 130 | 75,28    | 69,26    | 81,29    |
| nov/19 | 131 | 75,85    | 68,87    | 82,83    |
| dez/19 | 132 | 76,45    | 68,59    | 84,31    |
| jan/20 | 133 | 77,05    | 68,38    | 85,73    |
| fev/20 | 134 | 77,46    | 68,01    | 86,90    |
| mar/20 | 135 | 77,62    | 67,45    | 87,79    |
| abr/20 | 136 | 82,01    | 71,08    | 92,94    |
| mai/20 | 137 | 80,63    | 69,00    | 92,26    |
| jun/20 | 138 | 79,67    | 67,38    | 91,96    |
| jul/20 | 139 | 79,23    | 66,30    | 92,16    |

**Figura 19 - Previsão Futura para o Preço da Cana-de-Açúcar Bruta**  
**Fonte: Autoria Própria (2019)**

| Datas  | t   | Previsão | L.inf 80 | L.Sup 80 |
|--------|-----|----------|----------|----------|
| ago/19 | 128 | 58,64    | 53,35    | 63,93    |
| set/19 | 129 | 62,94    | 55,17    | 70,71    |
| out/19 | 130 | 68,58    | 58,61    | 78,55    |
| nov/19 | 131 | 73,39    | 61,35    | 85,42    |
| dez/19 | 132 | 71,98    | 58,22    | 85,74    |
| jan/20 | 133 | 68,99    | 53,78    | 84,21    |
| fev/20 | 134 | 67,35    | 50,84    | 83,85    |
| mar/20 | 135 | 67,17    | 49,45    | 84,90    |
| abr/20 | 136 | 67,97    | 49,07    | 86,87    |
| mai/20 | 137 | 66,76    | 46,76    | 86,75    |
| jun/20 | 138 | 63,41    | 42,45    | 84,38    |
| jul/20 | 139 | 60,08    | 38,25    | 81,91    |

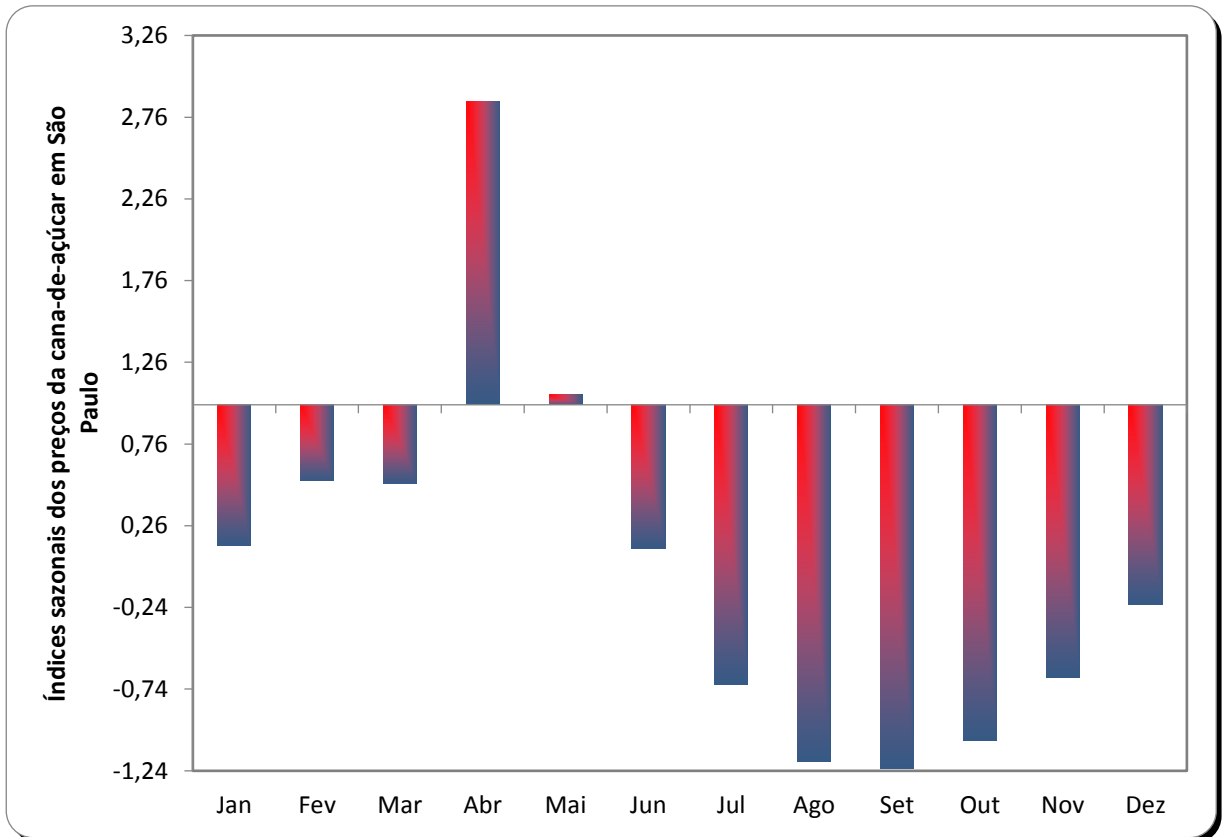
**Figura 20 - Previsão Futura para o Preço do Açúcar**  
**Fonte: Autoria Própria (2019)**

| Datas  | t   | Previsão | L.inf 80 | L.Sup 80 |
|--------|-----|----------|----------|----------|
| ago/19 | 128 | 1,69     | 1,54     | 1,83     |
| set/19 | 129 | 1,74     | 1,53     | 1,95     |
| out/19 | 130 | 1,81     | 1,55     | 2,08     |
| nov/19 | 131 | 1,85     | 1,54     | 2,16     |
| dez/19 | 132 | 1,89     | 1,54     | 2,24     |
| jan/20 | 133 | 1,92     | 1,53     | 2,31     |
| fev/20 | 134 | 1,94     | 1,51     | 2,37     |
| mar/20 | 135 | 1,91     | 1,45     | 2,37     |
| abr/20 | 136 | 1,85     | 1,36     | 2,35     |
| mai/20 | 137 | 1,77     | 1,25     | 2,30     |
| jun/20 | 138 | 1,78     | 1,23     | 2,33     |
| jul/20 | 139 | 1,81     | 1,23     | 2,39     |

**Figura 21 - Previsão Futura para o Preço do Etanol**  
**Fonte: Autoria Própria (2019)**

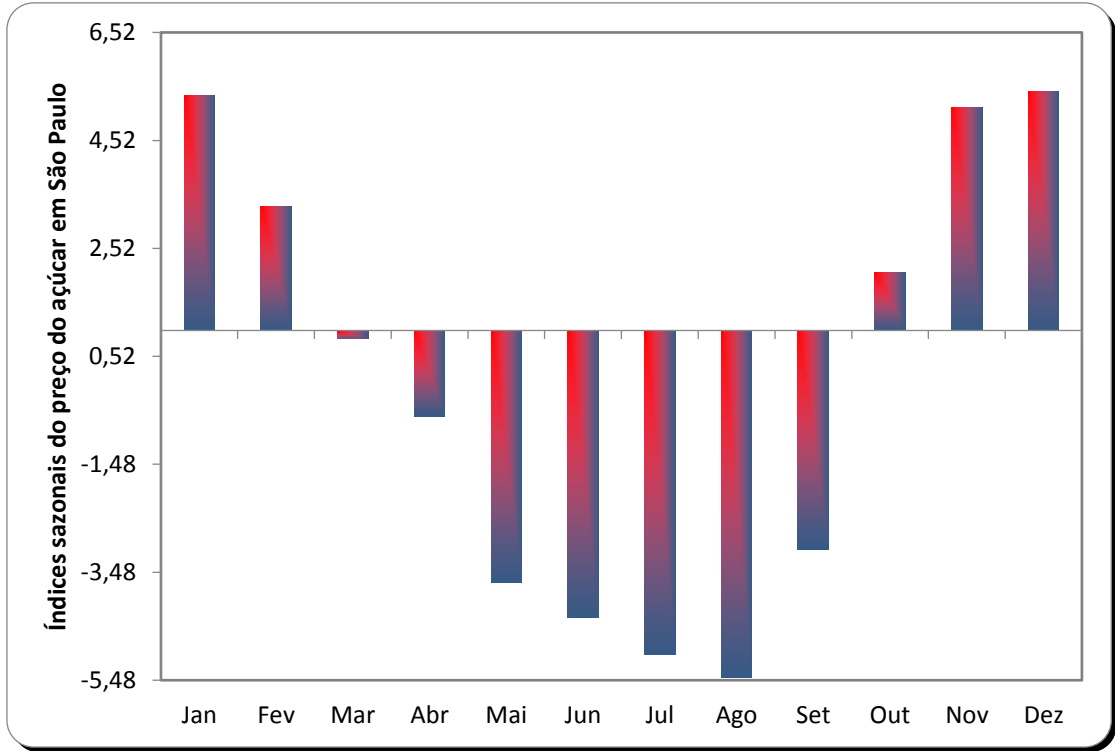
Com a finalidade de validar a previsão dos preços coletou-se os dados reais de agosto e setembro de 2019, que para a cana-de-açúcar são R\$74,90 e R\$74,87, para o açúcar R\$60,06 e R\$61,04 e para o etanol R\$1,72 e R\$1,71 e observou-se que todos estiveram dentro dos limites superiores e inferiores, como mostra as Figuras 19, 20 e 21, tornando a previsão apropriada.

Conforme nota-se na Figura 22, a sazonalidade dos preços da cana de açúcar é inferior durante todo o ano, menos exclusivamente por meados dos meses de abril e maio, época em que ocorre a grande parte das colheitas.

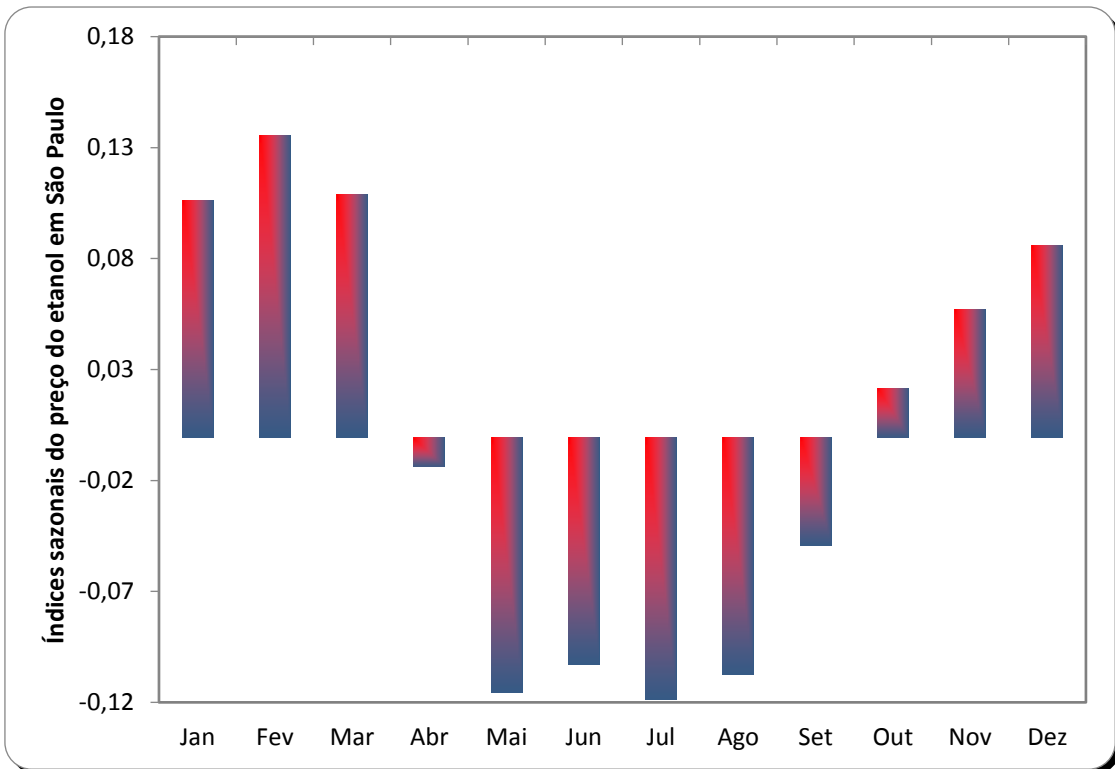


**Figura 22 - Sazonalidade do Preço da Cana-de-Açúcar Bruta em São Paulo**  
 Fonte: Autoria Própria (2019)

Analisando-se as Figura 23 e 24, tem-se as sazonalidades dos preços do açúcar e do etanol, onde observa-se a tendência entre março e setembro em baixa, mostrando que, como nesse período a produção está elevada a oferta está grande portando o preço diminui diferente do que acontece entre outubro e fevereiro aonde ocorre a diminuição da oferta e então a elevação dos preços.



**Figura 23 - Sazonalidade do Preço do Açúcar em São Paulo**  
 Fonte: Autoria Própria (2019)



**Figura 24 - Sazonalidade do Preço do Etanol em São Paulo**  
 Fonte: Autoria Própria (2019)

## 7 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo prever o cenário agrícola e produtivo do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil, através da utilização de *softwares* para o tratamento de dados, como área plantada, produção e série de preços obtidos por meio de pesquisa como mencionado nos materiais e métodos. Sendo que o método que mais se ajustou a realização da previsão para esses dados foi a suavização exponencial tripla.

Todas as previsões estiveram dentro dos limites propostos, garantindo a validade da pesquisa e também o *software* apresentou os melhores modelos de suavização para serem seguidos, garantindo os menores erros.

Identificou-se a presença de sazonalidade em todas as séries analisadas, possibilitando uma facilidade na visualização mensal sobre o período de plantação que está relacionado ao clima, de produção que está relacionado a colheita e nas séries de preço pode-se observar as relações de oferta e demanda dos subprodutos da cana-de-açúcar, como o açúcar e o etanol.

Por fim ficou claro que o Brasil é um importante produtor e exportador mundial da cultura da cana-de-açúcar, uma planta altamente energética que fornece diversos subprodutos de grande valor. Analisando-se os dados de área plantada, notou-se uma diminuição nos valores, isso está acontecendo devido ao avanço da tecnologia, com o melhoramento genético das plantas, fazendo com que as mesmas produzam mais em uma menor área, reduzindo custos operacionais.

Recomenda-se a elaboração de estudos mais avançados, principalmente sobre novos subprodutos que podem surgir da cana-de-açúcar e também relacionados as previsões pois estes apresentam uma facilidade da visualização de cenários futuros.

Espera-se que o presente estudo possa contribuir para a análises e trabalhos futuros de agricultores, usinas, governo e demais órgãos que estejam envolvidos com a cana-de-açúcar, já que o cenário se difere a cada ano.

## REFERÊNCIAS

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Custos e gestão**. 2019. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br>> Acesso em: 3 jun. 2019.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Portal de informações agropecuários**. 2019. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/>>. Acesso em: 3 jun. 2019.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

COTRIM, Gilberto. **História Global: Brasil e Geral**. 8.ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

DAL BELLO, Luiz Henrique Abreu. **Modelagem em Experimentos Mistura-Processo para Otimização de Processos Industriais**. 2010. Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial da PUC-Rio.

FAO – Food And Drug Administration. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/901168/>>. Acesso em 15 nov. 2019.

FAUSTO, Boris. **História do Brasil**. 11. ed. São Paulo: USP, 2003.

FERNANDES, Flavio Cesar Faria; GODINHO FILHO, Moacir. **Planejamento e Controle da Produção: Dos Fundamentos ao Essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FUSCO, José Paulo Alves; SACOMANO, Jose Benedito: **Operações e Gestão Estratégica da Produção**, (2007), SP, editora Arte e Ciência.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GRETl – Gnu Regression, Econometrics and Time-series Librerary. **Software multi-plataforma para análise econométrica**. 2019. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br>> Acesso em: 13 jun. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de tabelas estatísticas do IBGE**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 3 jun. 2019.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Ipeadata**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 3 jun. 2019.

KAUARK, F.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

LUSTOSA, Leonardo Junqueira et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 357 p.

MACHADO, Fulvio de Barros Pinheiro. **Brasil, A Doce Terra: História do Setor**. Acesso em: 16 abr. 2019.

NNQ®, Núcleo de Normalização e Qualimetria. **Previsão**. Disponível em: <<https://qualimetria.ufsc.br>> Acesso em: 13 jun. 2019.

NOVA CANA, O maior veículo de comunicação do setor sucroenergético do mundo. **Cana-de-Açúcar — Tudo sobre esta versátil planta**. Disponível em: <<https://novacana.com>> Acesso em: 22 mar. 2019.

OBSERVATÓRIO AGRÍCOLA. **Acompanhamento da safra brasileira da cana-de-açúcar**, v. 5 - Safra 2018/19, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-75, abril de 2019. ISSN 2318-7921. Acesso em: 14 mai. 2019.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.



REIS, João Gilberto Mendes dos; COSTA NETO, Pedro Luiz de Oliveira (Org.). **Engenharia de Produção Aplicada ao Agronegócio**. São Paulo: Blucher, 2018. 312 p.

SEBRAE/INTG. **Cadeia produtiva da indústria sucroalcooleira**, 2008. Acesso em: 16 abr. 2019.

TRADE MAP. **Trade statistics for international business development**: Monthly, quarterly and yearly trade data. Import & export values: volumes, growth rates, market shares, etc. Disponível em: <[https://www.trademap.org/Country\\_SelProductCountry\\_Map.aspx?nvpm=1%7c076%7c%7c%7c%7c17%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1](https://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_Map.aspx?nvpm=1%7c076%7c%7c%7c%7c17%7c%7c%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1)>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SILVA, L. T.; DANTAS, T. M. **Previsão de seguros de automóveis utilizando modelagem estrutural**. 2009. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Estatística, Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, 2009.

SUGARCANE, Spreading the word about clean solutions from sugarcane. **Overview Video SUGAR**. Disponível em: <<https://sugarcane.org>> Acesso em: 16 abr. 2019.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção**: Teoria e Prática. São Paulo: Atlas, 2009.

UNICA, **União da Indústria de Cana-de-Açúcar**. São Paulo – Brasil. Disponível em: <<https://www.unica.com.br>> Acesso em: 3 jun. 2019.