



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO  
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

**NELSON FINARDI JUNIOR**

**PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO DE ETANOL DA BATATA-DOCE NO OESTE  
DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Presidente Prudente - SP  
2025



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO  
AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

**NELSON FINARDI JUNIOR**

**PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO DE ETANOL DA BATATA-DOCE NO OESTE  
DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento

Linha de pesquisa: Planejamento ambiental e desenvolvimento regional

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maíra Rodrigues Uliana

Coorientadores: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alba Regina Azevedo Arana

Prof. Dr. Sérgio Marques Costa

662.6 F491p	Finardi Junior, Nelson. Perspectivas de produção de etanol da batata-doce no oeste do estado de São Paulo / Nelson Finardi Junior. - Presidente Prudente, 2025. 63 f.: il.  Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2025. Bibliografia.  Orientadora: Dra. Maíra Rodrigues Uliana  1. Álcool. 2. Etanol. 3. Batata-doce. 4. Microdestilarias. 5. Ipomea batatas. I. Título.
----------------	---

Catálogo na Fonte: Maria Letícia Silva Vila Real - CRB 8/10699

**NELSON FINARDI JUNIOR**

**PERSPECTIVAS DE PRODUÇÃO DE ETANOL DA BATATA-DOCE NO OESTE  
DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Presidente Prudente, 01 de outubro de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maíra Rodrigues Uliana  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste  
Presidente Prudente SP

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alba Regina Azevedo Arana  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste  
Presidente Prudente SP

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edilene Mayumi Murashita Takenaka  
Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente - Fatec  
Presidente Prudente SP

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus familiares, aos alunos e professores do Curso de Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional que me deram o devido apoio e incentivo, contribuindo assim para a sua realização.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a primeiramente Deus que não me faltou em nenhum momento.

Agradeço a Profa. Orientadora, Maíra Rodrigues Uliana por me acolher e direcionar nesta longa caminhada de conhecimentos. A prof.<sup>a</sup>. Alba Regina Azevedo Arana que me incentivou, acreditando na minha capacidade e determinação.

Agradeço à Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE e aos amigos do Curso de Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional pela contribuição na confecção, dedicação e ajuda com informações que tornaram possíveis o desenvolvimento deste trabalho.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

### **Perspectivas de produção de etanol da batata-doce no oeste do estado de São Paulo**

Este trabalho tem como objetivo prospectar cenários futuros como perspectiva técnica para a produção de etanol da batata-doce em microdestilarias nas principais cidades produtoras da região oeste do estado de São Paulo. A cultura da batata-doce possui características favoráveis, como um curto ciclo de produção e baixo custo de manejo, tornando-a adequada para as pequenas e médias propriedades. A hipótese que foi adotada é que existe viabilidade econômica para a produção de etanol da batata-doce em microdestilarias no Pontal do Paranapanema, com a utilização de cultivares mais produtivas. As constantes transformações que ocorrem em ritmo acelerado no mundo mediante incertezas com o avanço da tecnologia proporcionam diversas mudanças sociais, econômica, políticas e tecnológicas nem sempre previsíveis que provoca rupturas de tendências. A introdução de novas tecnologias pode aumentar a produção no campo e contribuir para o desenvolvimento de um novo modelo de negócio como fonte alternativa de renda para os produtores rurais. A pesquisa foi conduzida por meio de análise bibliográfica e documental, com abordagem quali-quantitativa, utilizando dados de instituições de pesquisa e bases de dados bibliográficas. Outrossim, foi realizado um levantamento dos dados da produção de batata-doce para a implantação de microdestilarias, seguido de simulação de custos utilizando software adequado. Os resultados foram obtidos por meio da interpretação dos dados coletados, comparados com o referencial teórico escolhido. Segundo o levantamento realizado, a região possui matéria-prima suficiente para a instalação de microdestilarias para processamento de etanol, iniciando em uma menor escala com 10% da produção anual no campo, com possibilidades de crescimento gradativo com o passar do tempo para 25 e 50%, no entanto tudo depende de um programa de incentivo do governo local que forneça recursos técnicos e econômicos aos agricultores. A prospecção de Cenários futuros como ferramenta neste trabalho favorece a análise dos dados e a obtenção de informações importantes para uma melhor tomada de decisão.

**Palavras-chave:** álcool; etanol; batata-doce; microdestilarias; Ipomea batatas.

## **ABSTRACT**

### **Prospects for ethanol production from sweet potatoes in the west of the state of São Paulo**

This work aims to prospect future scenarios as a technical perspective for the production of sweet potato ethanol in microdistilleries in the main producing cities in the western region of the state of São Paulo. The sweet potato crop has favorable characteristics, such as a short production cycle and low management cost, making it suitable for small and medium-sized properties. The hypothesis that was adopted is that there is economic feasibility for the production of ethanol from sweet potatoes in microdistilleries in Pontal do Paranapanema, with the use of more productive cultivars. The constant transformations that occur at an accelerated pace in the world due to uncertainties with the advancement of technology provide several social, economic, political and technological changes that are not always predictable that cause ruptures in trends. The introduction of new technologies can increase production in the field and contribute to the development of a new business model as an alternative source of income for rural producers. The research was conducted through bibliographic and documentary analysis, with a qualitative-quantitative approach, using data from research institutions and bibliographic databases. In addition, a survey of the data of sweet potato production for the implementation of micro-distilleries was carried out, followed by cost simulation using appropriate software. The results were obtained through the interpretation of the collected data, compared with the chosen theoretical framework. According to the survey carried out, the region has enough raw material for the installation of micro-distilleries for ethanol processing, starting on a smaller scale with 10% of the annual production in the field, with possibilities of gradual growth over time to 25 and 50%, however everything depends on an incentive program from the local government that provides technical and economic resources to farmers. The prospection of future scenarios as a tool in this work favors the analysis of data and the obtaining of important information for better decision making.

**Keywords:** alcohol; ethanol; sweet potato; microdistillery; Ipomea potatoes.

## LISTA DE SIGLAS

°GL	— (°GL= %V): quantidade em mililitros de álcool
APTA	— Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
ATR	— Açúcar Total Recuperável
BATATEC	— Feira Tecnológica da Batata-doce
BEN	— Balanço Energético Nacional
BRIX	— Teor de solido solúvel
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	— Etanol
C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>1</sub>	— Açúcares de Fórmulas Brutas
C <sub>12</sub> H <sub>12</sub> O <sub>12</sub>	— Rafinose
CAPEX	— Capital Expenditure (Despesas de Capital)
CBIE	— Centro Brasileiro de Infraestrutura
CNPH	— Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (Embrapa)
CEASA	— Centrais Estaduais de Abastecimento
CEOFOP	— Centro de Estudos em Olericultura e Fruticultura do Oeste Paulista
CEPEA	— Centro de Estudos Avançados em economia aplicada
CICA	— Companhia Industrial de Conservas Alimentícias
CO <sub>2</sub>	— Gás Carbônico
COFINS	— Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONAB	— Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	— Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	— Empresa de Pesquisa Energética
ESALQ	— Escola superior de agricultura “luis de Queiroz”
FVP	— Fator de Valor Presente
HA	— Hectares ´
IAC	— Instituto Agrônômico
IBC	— Instituto Brasileiro do Café
IBGE	— Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBEN	— Instituto Brasileiro de Bioenergia
ICMS	— Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA	— Instituto de Economia Agrícola
KG	— Quilo
MAPA	— Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MADRE	— Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional
OCDE	— Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODS	— Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
OIE	— Oferta Interna de Energia
OPEX	— Operational Expenditure (Despesas de Operação)
PROALCOOL	— Programa Nacional do Álcool
PL	— Projeto de lei
PIS	— Programa de Integração Social
SO2	— Enxofre
TIR	— Taxa Interna de Retorno
TR	— Tempo de Retorno do Capital
UDOP	— União Nacional de Bioenergia
UNICA	— União da Indústria de Cana de açúcar
VAL	— Valor Anual Líquido
VL	— Valor Líquido
VPL	— Valor Presente Líquido

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1—</b>	Mapa da cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo em 2020 .....	24
<b>Figura 2—</b>	Matriz energética brasileira (2023).....	25
<b>Figura 3—</b>	Matriz energética brasileira versus a mundial .....	26
<b>Figura 4—</b>	Fluxograma de processo de fabricação de etanol.....	31
<b>Figura 5—</b>	Fluxograma de Produção de álcool da batata-doce .....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1—</b>	Produção de batata-doce nas Principais cidades da microrregião de Presidente Prudente .....	42
<b>Gráfico 2—</b>	Produção de etanol por faixas de processamento industrial de 10 a 50% .....	43
<b>Gráfico 3—</b>	Número de microdestilarias por faixas de capacidade produtiva de etanol na microrregião de Presidente Prudente .....	45
<b>Gráfico 4—</b>	Preço da batata-doce no mercado (CEASA) .....	46
<b>Gráfico 5—</b>	Preços ao Produtor de batata-doce – CONAB .....	47

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1—</b>	Cultivares de batata-doce para a microrregião de Presidente Prudente .....	28
<b>Quadro 2—</b>	Matérias-primas diretamente e indiretamente fermentáveis .....	29

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1—</b>	Rendimento do etanol por fontes de carboidratos.....	30
<b>Tabela 2—</b>	Ranking da produção de batata-doce no Brasil .....	37
<b>Tabela 3—</b>	Produção de Batata-doce no Estado de São Paulo e no Brasil .....	38
<b>Tabela 4—</b>	Ranking de produção de batata-doce no Estado de São Paulo e no Brasil .....	39
<b>Tabela 5—</b>	Área cultivada de cana-de-açúcar na microrregião de Presidente Prudente Safra 2019/20 .....	40
<b>Tabela 6—</b>	Ranking de área cultivada de batata-doce no Estado de São Paulo e Brasil .....	40
<b>Tabela 7—</b>	Produção de Batata-doce nas Principais Cidades da Microrregião de Presidente Prudente .....	41
<b>Tabela 8—</b>	Produção equivalente de etanol por faixas de processamento de 10 a 50% de matéria-prima .....	43
<b>Tabela 9—</b>	Número de microdestilarias para processamento de 10 a 50% de matéria-prima .....	44
<b>Tabela 10—</b>	Preços ao produtor da batata-doce e do etanol hidratado carburante .....	48
<b>Tabela 11—</b>	Produção de batata-doce e etanol na microrregião de Presidente Prudente (Projeção de Custos nº 1).....	48
<b>Tabela 12—</b>	Matéria-prima versus produto acabado (Projeção de Custos nº 1)....	49
<b>Tabela 13—</b>	Preços praticados no mercado de venda ao produtor da batata-doce (Projeção de Custos nº 2) .....	49
<b>Tabela 14—</b>	Produção de batata-doce e etanol na microrregião de Presidente Prudente (Projeção de custos nº 2) .....	50
<b>Tabela 15—</b>	Matéria-prima versus produto acabado (Projeção de custos nº 2).....	50
<b>Tabela 16—</b>	Número de microdestilarias por capacidade produtiva .....	52
<b>Tabela 17—</b>	Preço da tonelada de cana no campo Safra 2023/24 .....	54

## SUMÁRIO

	<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>14</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>Biocombustíveis e etanol: definição, importância, tipos .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>Etanol: avanço no Brasil e no Mundo, posição do Brasil, participação na matriz energética .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3</b>	<b>Matriz energética mundial versus matriz brasileira.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4</b>	<b>Batata-doce: importância na produção de etanol e alimentos, cultivares utilizados no Brasil e no Oeste Paulista, potencial de produção do etanol .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5</b>	<b>Etanol: etapas e uso de enzimas na produção, aplicações .....</b>	<b>30</b>
<b>2.6</b>	<b>Dimensionamento da capacidade produtiva de uma microdestilaria....</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>Etapas do trabalho de pesquisa.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Análise dos dados .....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>PANORAMA DA PRODUÇÃO DE BATATA-DOCE NO BRASIL, ESTADO DE SÃO PAULO E OESTE PAULISTA: ANÁLISE PRODUTIVA E ECONÔMICA .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1</b>	<b>Produção de batata-doce no Brasil, Estado de São Paulo e Oeste Paulista .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2</b>	<b>Balanco de produção de etanol por tonelada de batata-doce .....</b>	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Preços da matéria-prima e produto acabado .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4</b>	<b>Projeções de custos para 10, 25 e 50% da produção de matéria-prima</b>	<b>47</b>
<b>4.5</b>	<b>Cálculo do custo de uma microdestilaria de processamento de etanol para 10, 25 e 50% da produção de matéria-prima.....</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>

## PRÓLOGO

Ao longo de minha trajetória profissional, marcada pela graduação em Engenharia Mecânica no Centro Universitário da FEI, em 1986, e pelas especializações em Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia de Avaliações de Bens e Perícias pela Universidade do Oeste Paulista, desenvolvi uma sólida experiência no gerenciamento de atividades industriais. Minha atuação, principalmente no setor de alimentos e bebidas, em empresas de grande porte, proporcionou uma convivência rica e intensa em ambientes operacionais de chão de fábrica, o que me permitiu uma visão abrangente sobre os desafios e oportunidades industriais.

Com esse histórico e experiência prática, minha entrada no Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional – nível mestrado, representa uma continuidade natural de meu compromisso com a inovação e o desenvolvimento sustentável. O trabalho que ora apresento busca, por meio de uma análise criteriosa, contribuir para a promoção de um modelo de negócio viável e sustentável para pequenos produtores rurais. Focado na produção de etanol a partir da batata-doce, este estudo explora as perspectivas de viabilidade econômica para pequenos agricultores no oeste do estado de São Paulo, visando criar novas oportunidades de renda e desenvolvimento regional.

A pesquisa aqui desenvolvida não apenas reflete minha formação técnica, mas também o desejo de contribuir para a transição sustentável das atividades rurais, utilizando novas tecnologias para transformar o potencial da agricultura em soluções viáveis para o futuro.

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho em referência tem o intuito de analisar os aspectos econômicos da produção do etanol (Álcool Etílico) derivado da cadeia da batata-doce de maior potencial energético em microdestilarias como fonte alternativa de renda para os pequenos e médios produtores agrícolas instalados no oeste do estado de São Paulo. “A batata-doce, usada principalmente para a alimentação, tem sido apontada como uma matéria-prima alternativa para a produção de bioetanol devido ao curto ciclo de produção permitindo duas safras por ano, ampla adaptação a solos de baixa fertilidade e se enquadra no sistema de agricultura familiar” (Rizzolo, 2014, p. 17).

A investigação documental foi realizada junto ao banco de dados da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), órgão vinculado à Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, Instituto Agrônomo (IAC), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) e bases de dados bibliográficas.

De acordo com a APTA (2024), “na região de Presidente Prudente/SP, a exploração da cultura da batata-doce é uma expressiva fonte de renda para muitos produtores”, sendo que “ocorre principalmente por meio de produtores rurais que desenvolvem atividades econômicas em pequenas e médias propriedades” (Breda *et al.*, 2021, p. 597).

Relembrando um pouco da história do surgimento do Etanol no Brasil: segundo Mardegan, (2016), “a busca pela redução da dependência externa do petróleo, como estratégia de diversificação da matriz energética, tornou-se um objetivo nacional em muitos países latino-americanos a partir da década de 1970, com destaque para Brasil e Argentina”. Dentre as medidas para minimizar a crise do petróleo, de acordo com Piacente (2006), o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) foi instituído pelo Decreto nº 76.593 de 14 de novembro de 1975 com a finalidade de expandir a produção do álcool etílico anidro, viabilizando seu uso como combustível adicionado à gasolina. Após o segundo choque do petróleo, em 1979, o governo redirecionou o Proálcool. O Conselho de Desenvolvimento Econômico optou por investir na segunda fase do programa, passando a ver o álcool etílico carburante não apenas como um aditivo para a gasolina (etanol anidro), mas como um combustível em si (etanol hidratado), destinado a ser utilizado em “carros a álcool” (veículos com motores ciclo Otto modificados para funcionar com 100% de álcool etílico hidratado). Para isso, foram

alocados recursos para expandir as áreas plantadas e as destilarias anexas, além de implantar novas destilarias autônomas, melhorar a qualidade da matéria-prima e aperfeiçoar o sistema de armazenamento.

Como o foco deste trabalho é a fabricação de álcool a partir desta hortaliça de raiz tuberosa é necessário desvendar o cenário em que se encontra a região oeste do estado de São Paulo no que diz respeito a sua produção em toneladas.

No Brasil, de acordo com a Embrapa, “As principais regiões produtoras de batata-doce no Brasil são Nordeste (317,3 mil toneladas), Sul (252,9 mil toneladas), e Sudeste (214,0 mil toneladas)” (EMBRAPA, 2021).

De acordo com a APTA (2024), “a cultura apresenta elevado potencial de produção de raízes tuberosas, podendo atingir mais de 40 t ha<sup>-1</sup>. No entanto, em 2012, a produtividade média no Brasil foi de 12,2 t ha<sup>-1</sup>”, sendo que “o estado que apresenta a maior produção nacional é o Rio Grande do Sul, com 175,0 mil toneladas, seguido pelo estado de São Paulo, com 140,7 mil toneladas (EMBRAPA, 2021). “São Paulo ocupa a vice-liderança, com 140.727 toneladas em 8.650 hectares e produtividade média de 16,27 toneladas por hectare” (IAC, 2021), sendo que “a região do oeste paulista ocupa o primeiro lugar no ranking estadual da batata-doce, com produção média de 15,38 toneladas por hectare, o que é maior que a média nacional de 14,5” (UNOESTE, 2020).

Para produzir etanol a de se ter matéria-prima suficiente na região, sem a qual praticamente não é possível devido a custos representativos com transportes de carga até a unidade de processamento. Segundo o SEBRAE (2023), são 13 municípios produtores de batata-doce geograficamente localizados na região oeste paulista. Além de Presidente Prudente estão entre eles: Alfredo Marcondes, Álvares Machado, Anhumas, Caiabu, Emilanópolis, Indiana, Martinópolis, Pirapozinho, Presidente Bernardes, Santo Anastácio, Santo Expedito e Tarabai.

A batata-doce dispõe de várias aplicações, sendo principalmente direcionada em grande parte para comercialização através de redes de distribuição no mercado de mesa a nível nacional e internacional. Pode ser utilizada também como matéria-prima para a fabricação de outros produtos como por exemplo: farinha, suplementos alimentares, amido modificado, ração animal, cachaça, álcool etílico e outros.

A cultura da batata-doce é antiga na região, vem sendo cultivada por décadas. Nos anos 80 e início da década de 90 era processada em larga escala para a extração

de polpa em tambores de 200 litros destinada para a produção de doce (Marrom Glacê) na unidade fabril da empresa CICA SA em Presidente Prudente.

A batata-doce pode produzir aproximadamente o “dobro” de etanol quando comparado a tonelada de cana-de-açúcar, no entanto sua produtividade no campo ainda é muito baixa a nível nacional. O seu preço ao produtor oscila com frequência no mercado com patamares altos e baixos, seja ou não, por interferência de atravessadores. O preço da tonelada de matéria-prima pode chegar a valores impraticáveis para a produção de etanol.

Apesar da batata-doce ser uma cultura de baixo custo de manejo, oferecer duas safras por ano e possuir propriedades interessantes para a fabricação de etanol, no entanto, há de se trabalhar em vários pontos da cadeia produtiva, otimizando inclusive a produtividade com o apoio de órgãos governamentais como o IAC e da APTA para introdução de novas cultivares de maior rendimento no campo.

Lapidar a cultura do produtor rural munindo-lhes de forma organizada de novos conhecimentos técnicos e compreensão dos benefícios desta hortaliça de raiz tuberosa pode lhes trazer resultados positivos. O registro de Indicação Geográfica (IG) é uma forma de agregar valor aos produtos derivados da batata-doce de modo a se obter o reconhecimento da região. A Feira Tecnológica da Batata-doce “Batatec” realizada todos os anos no pavilhão do IBC em Presidente Prudente já é uma realidade.

O trabalho traz como questionamento: Qual a viabilidade econômica na implantação de sistemas de produção de Etanol (Álcool Etílico) em microdestilaria nos principais municípios produtores de batata-doce no Oeste Paulista? Qual o rendimento de novas cultivares no processo de produção de etanol que viabilize sua produção na região? A cultura batata-doce oferece condições econômicas suficientes para a produção de álcool nos principais municípios produtores de batata-doce no Oeste Paulista?

A hipótese adotada é que existe uma viabilidade econômica para a produção do etanol da batata-doce (*Ipomoea batatas*) em microdestilarias no Pontal do Paranapanema com a introdução de cultivares de maior rendimento no campo. O acesso a novas tecnologias com matérias-primas de maior rendimento pode aumentar a produção no campo com a possibilidade de fabricação de etanol permitindo ao pequeno produtor rural um novo modelo de negócio.

O cenário atual da região é de produtividade baixa de matéria-prima, mas com perspectivas de buscar resultados promissores no campo para pequenas e médias propriedades rurais. A cultura possui características favoráveis a solos arenosos e resiste a períodos de estiagem despendendo baixos custos de manejo. Possui como característica um curto ciclo de produção com duas safras por ano, bem como apresenta um elevado rendimento de biomassa quando comparado a outras culturas, contribuindo assim para a produção de etanol.

O objetivo principal deste trabalho é de prospectar cenários futuros de modo a criar perspectivas técnicas para fabricação de etanol oriundo da batata-doce de maior potencial energético na microrregião de Presidente Prudente. Para atender este requisito foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- Caracterização do processo de produção de etanol de batata-doce em microdestilaria;
- Levantamento da produção de batata-doce referente ao ano base de 2020 segundo dados extraídos do site do IBGE ([s.d.]) nos 5 (Cinco) principais municípios produtores no Oeste Paulista;
- Levantamento da quantidade de etanol equivalente para as faixas de produção de 10, 20, 30, 40 e 50% da matéria-prima;
- Mapeamento da quantidade prevista de microdestilaria por faixa de capacidades produtiva de etanol (Equivalente) para 10, 20, 30, 40 e 50% da produção de batata-doce no campo;
- Prospecção de cenários futuros para implantação de microdestilarias de (CAPEX/OPEX) nos 5 (Cinco) principais municípios da microrregião de Presidente Prudente para 10, 25 e 50% do montante de matéria-prima produzida no campo conforme dados extraídos do site do IBGE ([s.d.]) no ano base de 2020;
- Modulações de custos entre preços da matéria-prima ao produtor e produto acabado (Etanol) posto usina;
- Prospecção de custos de implantação (CAPEX/OPEX) dos investimentos em instalação de microdestilarias nas cinco principais cidades da microrregião de Presidente Prudente para 10, 25 e 50% da matéria-prima produzida no campo levando-se em consideração os dados extraídos do site do IBGE ([s.d.]) para o ano base de 2020.

Cabe ressaltar que o presente trabalho leva em consideração os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), item número “9” implementado pelas Nações Unidas: indústria, inovação e infraestrutura. Consiste em construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação que leva em consideração as metas 9.2 e 9.3 que discutem o incentivo a industrialização de forma inclusiva e sustentável e, até 2030, aumentando de maneira significativa a contribuição da indústria para o emprego e o PIB, respeitando as condições de cada país, além de dobrar essa participação nas nações menos desenvolvidas; e a ampliação do acesso das pequenas indústrias e demais empresas, especialmente nos países em desenvolvimento, a serviços financeiros, como crédito acessível, e promover sua integração em cadeias de valor e mercados (DGE, 2021). Propõe como linha de pesquisa, o planejamento ambiental e desenvolvimento regional, econômico e social sobre os sistemas alimentares e as políticas públicas voltadas para a agricultura familiar e ao desenvolvimento territorial no Pontal do Paranapanema segundo o “Prointer” da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE, 2021).

Estudos mostraram uma produtividade anual de etanol cerca de duas vezes maior com relação cana-de-açúcar, no entanto “na região, são cultivadas principalmente as variedades Londrina e Uruguaiana, mas pode-se inserir novas variedades a fim de maior produtividade e/ou redução de custos” (APTA, 2024). A viabilidade econômica da produção de etanol depende quase que exclusivamente da variedade de batata-doce aplicada. Segundo o IBGE ([s.d.]) a produtividade média nacional no ano base de 2020 foi de 14,225 t/ha.

O trabalho está organizado em 6 capítulos correlacionados. O Capítulo 1, Introdução, apresentou por meio de sua contextualização o tema proposto neste trabalho, além da definição da problemática, hipótese, objetivos e estrutura do trabalho. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica que consiste na seleção das fontes relevantes de leituras de outros autores sobre o assunto abordado que contribuirão para a elaboração do trabalho de pesquisa. Já o capítulo 3 apresenta a metodologia que foi utilizada para o desenvolvimento do trabalho. No capítulo 4 apresenta a análise comparativa da produção de etanol de batata-doce simulando duas condições de preços para a região. Na sequência demonstra as tabelas com os custos de implantação de microdestilarias em valores monetários para 10, 25 e 50% da produção de matéria-prima. No capítulo 5 estão enfatizadas as questões referentes

as análises e discussões, colocando em pauta as perspectivas, dúvidas e incertezas futuras sobre o tema em questão em diversos pontos de vista: macroeconômico, socioambientais, político e governamental. No Capítulo 6 são tecidas as conclusões do trabalho, relacionando os objetivos identificados inicialmente com os resultados alcançados. São ainda propostas possibilidades de continuação da pesquisa desenvolvida a partir das experiências adquiridas com a execução do trabalho. Por fim, são apresentadas as referências utilizadas para a construção desta dissertação.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Fundamentação teórica consiste na revisão literária de todo material pertinente ao assunto estudado referente ao tema abordado. Consolida a contribuição de vários autores para a compreensão do fenômeno estudado para embasamento do trabalho de pesquisa e serve como um referencial teórico.

### 2.1 Biocombustíveis e etanol: definição, importância, tipos

De acordo com Mota e Monteiro (2013), de maneira geral, os biocombustíveis podem ser definidos como combustíveis derivados de matérias-primas renováveis, especialmente de origem vegetal. O ciclo do carbono envolve a absorção de CO<sub>2</sub> da atmosfera por plantas e outros organismos que realizam a fotossíntese, convertendo-o em carboidratos, triglicerídeos e outras substâncias orgânicas. Dessa forma, os biocombustíveis apresentam um balanço neutro de carbono, já que o CO<sub>2</sub> liberado durante sua queima pode ser novamente absorvido pelas plantas através da fotossíntese.

Conforme abordado pela CBIE (2020), “além de serem renováveis, por serem praticamente livres de enxofre e outros gases poluidores, eles colaboram para a redução da poluição atmosférica e são considerados uma solução sustentável”.

Segundo Santos (2011, p. 6), o etanol pode ser definido de forma simples como um líquido incolor, volátil, inflamável e completamente solúvel em água, obtido pela fermentação de açúcares presentes em produtos naturais como cana-de-açúcar, uva e beterraba, ou através da sacarificação de amido encontrado em cereais e tubérculos. Sua fórmula química (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) consiste em dois átomos de carbono, cinco de hidrogênio e uma hidroxila, com aproximadamente 35% de oxigênio em sua composição. Por ser produzido a partir de matérias-primas vegetais que absorvem dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante o crescimento, suas emissões líquidas de CO<sub>2</sub> podem ser significativamente menores em comparação com os combustíveis fósseis, dependendo da produtividade.

É um biocombustível utilizado em motores de combustão interna com ignição por centelha (Ciclo Otto) em substituição especialmente à gasolina e em contraponto a outros combustíveis fósseis (ANP, 2024). O etanol pode ser utilizado para diversas aplicações, além de biocombustível. Rizzolo (2014) afirma que o etanol é considerado

um dos compostos químicos mais notáveis devido à sua combinação única de propriedades, funcionando como bebida, solvente, germicida, anticongelante, combustível, calmante, e sendo especialmente valorizado por sua versatilidade como intermediário na produção de outros compostos orgânicos. Além de ser utilizado como biocombustível, o etanol tem aplicação em diversos setores, como solvente industrial, antisséptico, conservante, produtos de limpeza, medicamentos e na produção de bebidas. No setor de bebidas, destaca-se a cachaça, com uma produção anual estimada em 1,5 bilhão de litros, sendo a segunda bebida alcoólica mais consumida.

De acordo com a UDOP (2007), os tipos de álcool carburante incluem: o metanol, ou álcool metílico, possui um átomo de carbono, três de hidrogênio e uma hidroxila ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Embora faça parte da mesma família do etanol, o metanol é extremamente tóxico, podendo ser absorvido pela pele, vias respiratórias e digestivas, e causar cegueira parcial ou total, além de ser letal. Sua principal vantagem é a alta resistência à detonação. Entretanto, mecanicamente, possui desvantagens, como seu baixo poder calorífico (o que dificulta partidas a frio), baixa miscibilidade com gasolina e facilidade de pré-ignição. Já o etanol, ou álcool etílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), é composto por dois átomos de carbono, cinco de hidrogênio e uma hidroxila, sendo produzido a partir de matérias-primas como cana-de-açúcar, milho, mandioca, eucalipto e batata. Utilizado como combustível em motores de ciclo Otto, principalmente no transporte rodoviário, o álcool etílico hidratado carburante (AEHC) no Brasil é obtido pela fermentação de açúcares. Este é o combustível encontrado nos postos de serviço, sendo que uma pequena quantidade de gasolina é adicionada para evitar seu uso doméstico ou na fabricação de bebidas. O álcool hidratado contém 96% de pureza e 4% de água (96° GL), enquanto o álcool anidro, sem água, é completamente miscível com gasolina e melhora as características antidetonantes do combustível. Embora o álcool tenha um poder calorífico inferior ao da gasolina, resultando em um consumo maior para realizar o mesmo trabalho, sua utilização como combustível é viável e eficiente no contexto brasileiro.

O presidente Luiz Inácio Lula da Silva sancionou o projeto de lei 528/2020, que institui a "Lei do Combustível do Futuro" que estabelece que a margem de mistura de etanol à gasolina passará a ser de 22% a 27%, podendo chegar a 35%. Atualmente, a mistura pode chegar a 27,5%, sendo, no mínimo, de 18% de etanol (Brasil, 2024).

## **2.2 Etanol: avanço no Brasil e no Mundo, posição do Brasil, participação na matriz energética**

A busca por novas fontes de energia renovável é uma realidade mundial em prol da preservação do meio ambiente. O etanol é um biocombustível que provou ser eficaz ao longo dos anos, apesar dos “altos e baixos”, desde que iniciou o seu processamento em larga escala para alimentar motores de combustão interna do ciclo Otto no Brasil, sua produção vem aumentando incessantemente ao longo de décadas desde 1970 quando surgiu. Atualmente, o etanol é considerado uma das melhores fontes de energia renovável.

Conforme relatado por Duarte *et al.* (2022), “o Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol (29,5%), somente atrás dos Estados Unidos que é hoje o maior produtor global (54,3%)”, sendo que, “Atualmente, o etanol vem sendo considerado umas das melhores opções dentre as fontes de energias renováveis estudadas e utilizadas, principalmente nos países desenvolvidos, onde o consumo de combustíveis automotivos é maior (Dos Santos, Kenia Gabriela *et al.*, p. 269)”, além do mais, “o etanol apresenta também vantagens ambientais, já que sua combustão gera cerca de 70% de dióxido de carbono a menos que a gasolina” (De Campos Coletti; de Oliveira, 2016, p. 3).

Conforme Melo (2020), o Brasil é frequentemente citado como o país com as maiores vantagens competitivas para liderar a agricultura voltada à energia, apresentando um enorme potencial para expandir a produção de fontes de energia renovável, como etanol e biodiesel. Isso se deve à ampla disponibilidade de terras agrícolas, à localização geográfica estratégica com clima favorável, e à elevada competitividade internacional do setor sucroalcooleiro brasileiro, tanto na produção de açúcar quanto de álcool.

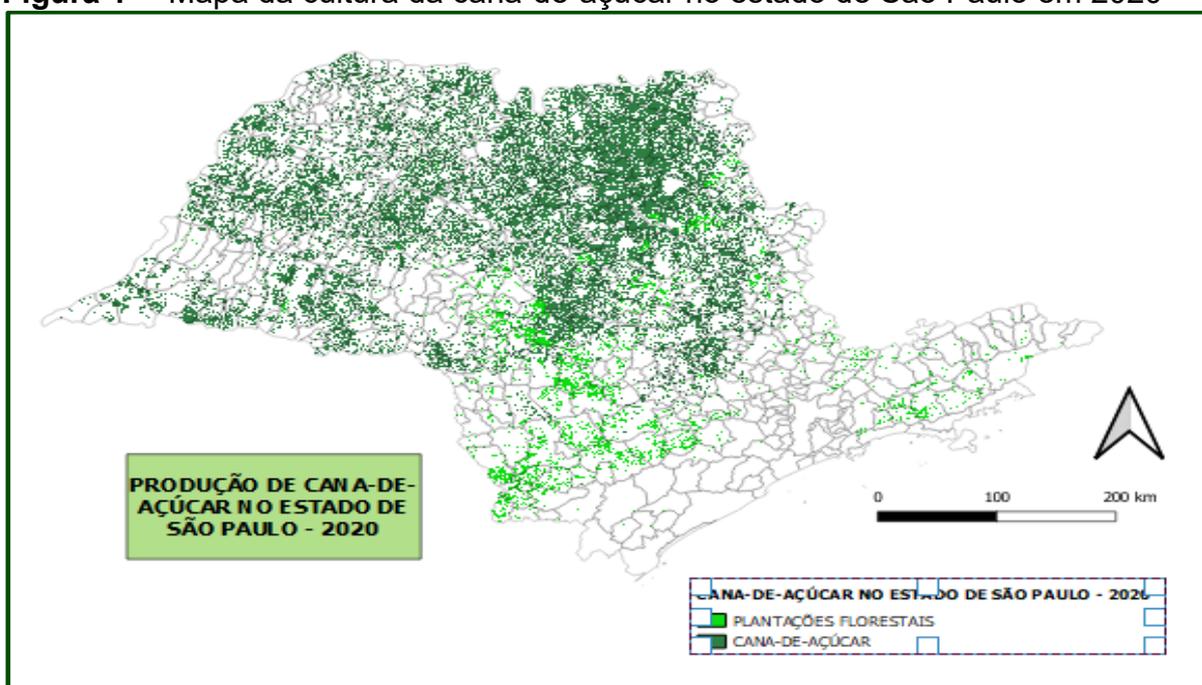
Duarte *et al.* (2022) destacam que, na safra 2019/2020, a produção de etanol no Brasil atingiu 35,6 bilhões de litros, estabelecendo um novo recorde para o biocombustível. Além disso, o país é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e, na safra 2020/2021, produziu 654,5 milhões de toneladas da matéria-prima, resultando em 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol (IEA, 2021).

De acordo com a Secretaria da Agricultura e Abastecimento (São Paulo, 2023), a presença de grandes polos de processamento de cana-de-açúcar nas regiões de

Ribeirão Preto, Sertãozinho, Piracicaba e Araçatuba fortalece ainda mais o setor agrícola paulista. O estado de São Paulo abriga 171 das 360 usinas sucroalcooleiras em operação no Brasil, representando quase metade da capacidade total nacional.

A Figura 1 exibe o mapa da cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo ilustrado em cores. Em verde escuro estão as áreas de concentrações de plantio da cana-de-açúcar no estado de São Paulo em 2020. Em verde claro indicada na legenda, estão localizadas as áreas de plantações florestais. Permite observar que as maiores concentrações de plantio estão localizadas nas regiões: norte, noroeste, oeste e centro-oeste do estado de São Paulo.

**Figura 1**— Mapa da cultura da cana-de-açúcar no estado de São Paulo em 2020



Fonte: dados extraídos do Mapbiomas.

Nota: elaborado pelo autor.

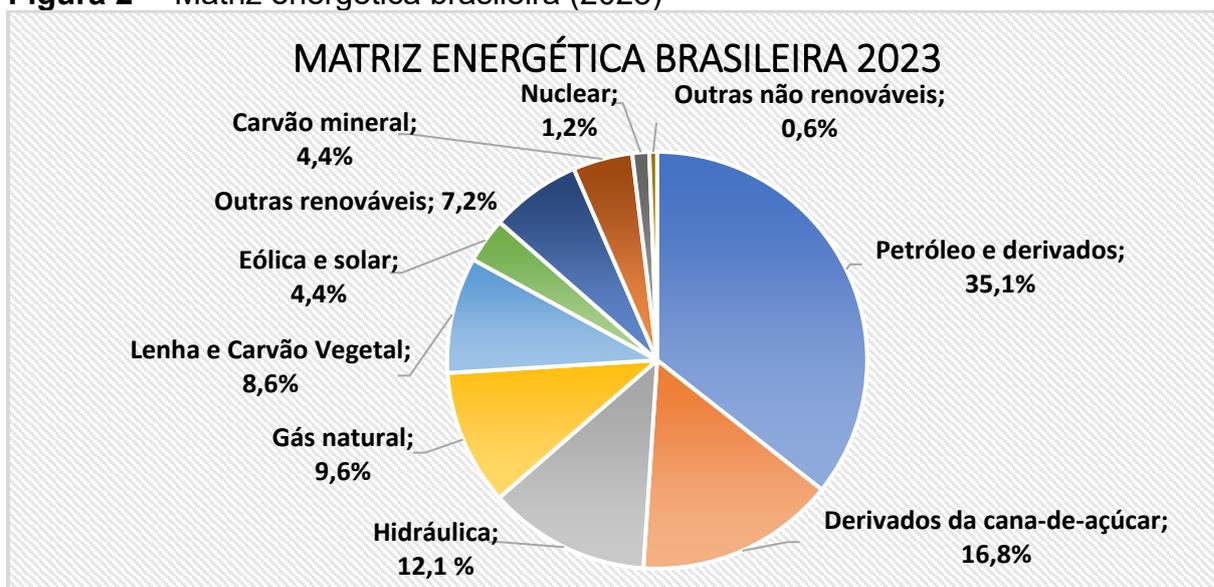
Segundo Goldemberg (2009), o etanol de cana-de-açúcar é o maior sucesso comercial entre os combustíveis de biomassa em produção atualmente. Com um balanço energético positivo, esse biocombustível tem recebido apoio de políticas governamentais em vários países, incluindo o Brasil, onde responde por cerca de 40% do combustível utilizado em veículos de passageiros, representando um terço da demanda total de energia para transporte.

### 2.3 Matriz energética mundial versus matriz brasileira

A Unica (2021) aponta que a cana-de-açúcar, isoladamente, posiciona o Brasil como uma referência global em energias limpas, contribuindo para uma participação superior à média mundial de 13,8% de fontes renováveis na matriz energética. Entre os países desenvolvidos da OCDE, essa média é de 11%, enquanto no Brasil, em 2020, 48,4% da energia consumida foi proveniente de fontes renováveis.

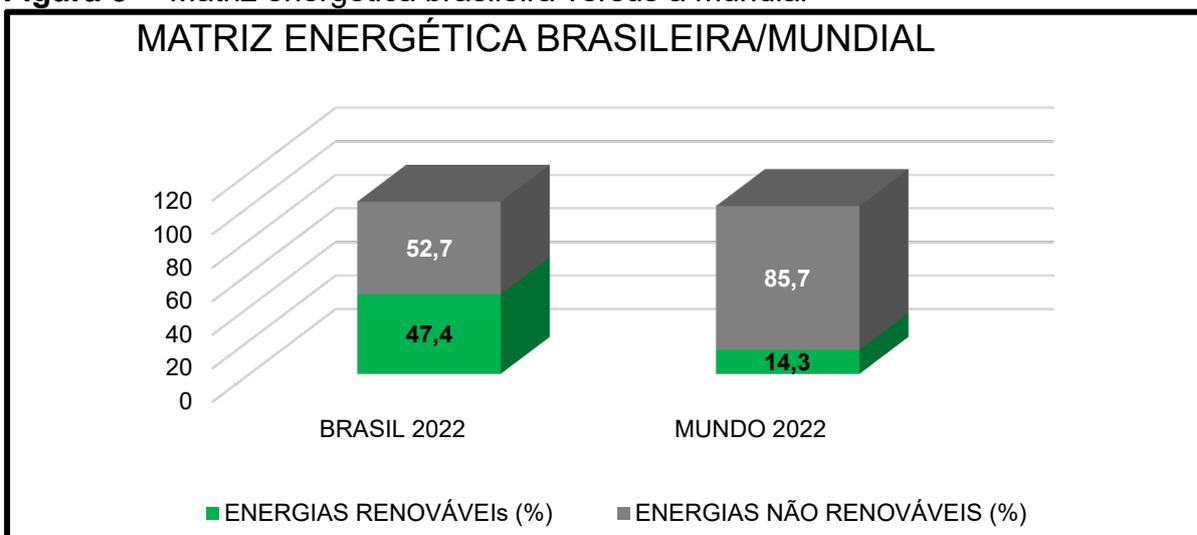
O consumo dos combustíveis fósseis produz gases que afetam a camada de ozônio e agravam o aquecimento global. A Figura 2 exibe a matriz energética brasileira 2023. As fontes de energia renováveis (Lenha e carvão vegetal; hidráulica; derivados de cana; eólica e solar; outras renováveis) representam cerca 49,1%, quase metade da matriz energética brasileira. A fonte de energia renovável derivada da cana-de-açúcar é de 16,8% (EPE, 2023).

**Figura 2—** Matriz energética brasileira (2023)



Fonte: EPE (2023)

A Figura 3 exibe uma comparação entre a matriz energética brasileira e a matriz energética mundial no ano base de 2022. A matriz energética brasileira em 2022 é composta por uma maior quantidade de fontes renováveis (47,4%) quando comparada com a matriz energética mundial que utiliza na sua grande maioria, fontes não renováveis (85,7 %) (EPE, 2023).

**Figura 3—** Matriz energética brasileira versus a mundial

Fonte: EPE (2023)

De acordo com a UNICA (2021), "a cana-de-açúcar é a principal fonte de energia renovável no Brasil, conforme o Balanço Energético Nacional (BEM)". O relatório da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) aponta que a biomassa de cana-de-açúcar corresponde a 19,1% da Oferta Interna de Energia (OIE) do país, representando 39,5% de toda a energia renovável consumida no Brasil.

Conforme publicado por Souza (2021, p. 15) em seu trabalho de pesquisa, "a produção crescente de bioeletricidade proveniente do bagaço combinada com a ampla utilização de etanol faz da cana-de-açúcar a segunda maior fonte da matriz energética brasileira (UNICA, 2021)". De acordo com Aquino (2014, p. 116), o bagaço gerado na extração da cana pode ser utilizado na produção de energia: térmica, mecânica e elétrica. O vinhoto, resíduo gerado na fabricação do etanol utilizado como fertilizante agrícola, pode ser aproveitado também para a produção de biogás.

#### **2.4 Batata-doce: importância na produção de etanol e alimentos, cultivares utilizados no Brasil e no Oeste Paulista, potencial de produção do etanol**

De acordo com a APTA (2024), "a batata-doce é uma planta originária da América Latina e suas raízes tuberosas ocupam o sexto lugar entre os alimentos mais produzidos no mundo".

Conforme Hackenhaar (2012), a batata-doce é uma olerícola que possui grande potencial para a produção de etanol com grande capacidade de gerar energia por área cultivada. É considerada como uma alternativa para a geração de energia em substituição da cana-de-açúcar na produção para a produção de biocombustíveis. Enquanto a cana-de-açúcar pode produzir 67 litros de álcool por tonelada, a batata-doce pode gerar até 199 litros utilizando-se como base a mesma quantidade, de modo a favorecer a geração de empregos e acarretar menos impactos ambientais.

De acordo com Rizzolo (2014), a batata-doce “também tem um elevado rendimento de biomassa em comparação a outras culturas, além de ser facilmente sacarificada”.

Conforme Magalhães (2007, p. 6), “paralelo a produção de álcool da mandioca, fabricou-se álcool de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.], obtendo-se um rendimento de 150 a 158 litros de álcool absoluto por tonelada de raiz”. A batata-doce possui características favoráveis para a produção de etanol, sendo considerada uma espécie promissora para a geração de combustível (Franco; Franco, 2021, p. 3728).

Segundo Amaro *et al.* (2019; p. 2), no Brasil, já foram registradas 29 cultivares de batata-doce no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). No entanto, o cultivo de variedades locais ainda prevalece em várias regiões, como em Sergipe, onde se plantam variedades como Ourinho, Italiana, Nova Italiana, Coração de Negô, Boka Loka, Ronca, Paulistinha e Canadense, sendo que muitas têm origem desconhecida. Para melhorar essa situação, é essencial o uso de cultivares mais produtivas, aliado ao manejo adequado do plantio, adubação e cuidados fitossanitários.

O Instituto Agrônomo (IAC) e a APTA Regional de Presidente Prudente, unidades de pesquisa da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, lançaram seis novas cultivares de batata-doce, sendo que “os investimentos na unidade Campinas são de R\$ 134 mil e em Presidente Prudente de R\$ 253 mil, aproximadamente (IAC, 2021).

De acordo com o IAC (2021), as novas cultivares de batata-doce apresentam características que agradam tanto à indústria de processamento quanto aos consumidores, como a coloração da polpa e casca, sabor, textura e alto teor de nutrientes. A IAC 1049, por exemplo, tem casca e polpa roxas, com potencial produtivo de 30 toneladas por hectare e 30% de matéria seca, sendo indicada para a produção de doces e farinhas. A IAC 417, com casca rosada e polpa amarela, possui um

rendimento de 50 toneladas por hectare e é ideal para a produção de fécula e bioplásticos, enquanto a IAC 21 é voltada para o consumo de mesa, com potencial produtivo de até 40 toneladas por hectare no inverno.

Outras variedades, como a IAC 198 e a IAC 1308, também são indicadas para o consumo in natura, com um rendimento de 40 toneladas por hectare. Já a IAC 1063, com polpa alaranjada rica em betacaroteno e maltose, se destaca pela alta qualidade nutricional e é ideal para a gastronomia e a indústria de compotas.

O Quadro 1, apresenta um resumo das características de cada variedade.

**Quadro 1—** Cultivares de batata-doce para a microrregião de Presidente Prudente

Novas Cultivares		Ciclo de Produção (Dias)	Rendimento (t/ha)
<b>IAC 1063</b>	Polpa Alaranjada	120 A 150 (Primavera/Verão); 150 A 180 (Outono/Inverno)	35
<b>IAC 1049</b>	Casca E Polpa Roxas	120 A 150 (Primavera/Verão); 150 A 180 (Outono/Inverno)	30
<b>IAC 417</b>	Casca Rosada Bem Clara E Polpa Amarelo Pálido	120 A 150 (Primavera/Verão); 150 A 180 (Outono/Inverno)	50
<b>IAC 21</b>	Casca Roxa E Polpa Amarelo Pálido	120 A 150 (Primavera/Verão); 150 A 180 (Outono/Inverno)	30 (Primavera); 40 (Verão)
<b>IAC 198</b>	Casca Roxa E Polpa Amarelo Pálido	120 A 150 (Primavera/Verão); 150 A 180 (Outono/Inverno)	40
<b>IAC 1308</b>	Casca Roxa E Polpa Amarelo Pálido	120 A 150 (Primavera/Verão); 150 A 180 (Outono/Inverno)	40

Fonte: dados extraídos do site: IAC (2021). Elaborado pelo autor.

Segundo o IAC (2021), este trabalho tem por objetivo avaliar o desempenho agrônômico desses clones de batata-doce desenvolvidos pelo IAC em comparação com as variedades já amplamente cultivadas na região de Presidente Prudente/SP.

A produtividade média de batata-doce no Brasil é baixa. Entretanto, utilizando o manejo adequado pode-se atingir a produtividades entre 25 a 30 Ton ha<sup>-1</sup> dentro de quatro a cinco meses de cultivo, podendo ainda ser superior a 40 Ton ha<sup>-1</sup> (CAJANGO, Talita Cavalcante, et al. 2021, p.2)

O Quadro 2 revela alguns exemplos de matérias-primas diretamente e indiretamente fermentáveis.

**Quadro 2—** Matérias-primas diretamente e indiretamente fermentáveis

<b>Diretamente Fermentáveis</b>	Glicose	Polpa de Frutas
	Frutose	Polpa de Frutas
	Sacarose	Cana-de-açúcar Sorgo Beterraba
<b>Indiretamente Fermentáveis</b>	Amido	Batata-doce Mandioca Milho Grãos de Cereais Babaçu Bata Inglesa Tubérculos
	Celulose	Madeira Bagaço de Cana Palha de Arroz Casca de Amendoim Sabugo de Milho

Fonte: dados extraídos Taborda (2014, p. 26)

Conforme exposto por Barbosa (2016, p.16), as matérias-primas açucaradas podem ser classificadas em duas categorias: a) Diretamente fermentáveis: essas matérias-primas contêm substâncias que podem ser prontamente absorvidas e transformadas em etanol pelos microrganismos, sem necessidade de transformações prévias; b) Indiretamente fermentáveis ou não diretamente fermentáveis: são aquelas que contêm açúcares como sacarose, maltose e lactose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), e rafinose ( $C_{18}H_{32}O_{16}$ ). Esses açúcares precisam ser previamente desdobrados (hidrolisados) para que os microrganismos possam absorvê-los e transformá-los em etanol.

A Tabela 1 fornece os valores de rendimento de produção do etanol por fontes de carboidratos para matérias-primas indiretamente fermentáveis (Batata-doce e mandioca) e diretamente fermentáveis (Sorgo e cana-de-açúcar). O rendimento do etanol da batata-doce em litros por hectare é bem superior as demais matérias-primas apontadas. Demonstra que a produção de etanol por tonelada de batata-doce pode chegar a atingir 190 litros. A mandioca apresenta um número que também chama a atenção quando o referencial é em toneladas, porém quando passa a ser em hectare é bem inferior a produtividade da batata-doce. Do mesmo modo, o sorgo sacarino e a cana-de-açúcar também apresentam uma produtividade baixa quando comparado a

mesma. Atualmente a produtividade da cana para a produção de etanol vem aumentando gradativamente. A safra de 2022/23 atingiu 73,3 toneladas por hectare.

**Tabela 1—** Rendimento do etanol por fontes de carboidratos

Matéria-Prima	Sólidos Solúveis em Brix, %	Amido em %	Produtividade t/ha	Rendimento de Etanol em l/t	Rendimento de Etanol em l/ha
Batata-doce	--	31	44	<b>190</b>	8.360
Mandioca	--	25	25	188	4.700
Sorgo Sacarino	18	--	50	43	2.155
Cana-de-Açúcar	19	--	40,75	49	2.001

Fonte: dados extraídos Taborda (2014, p. 26)

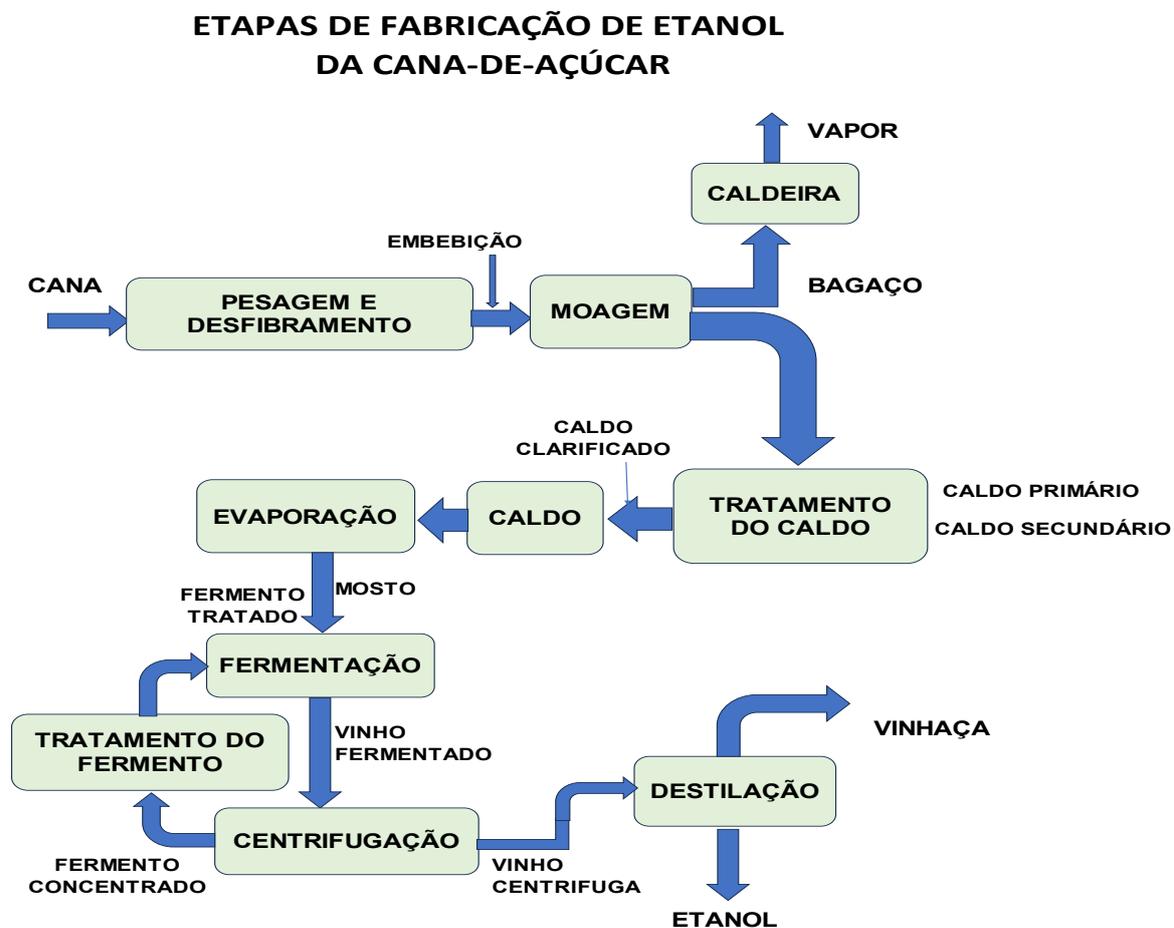
## 2.5 Etanol: etapas e uso de enzimas na produção, aplicações

De acordo com de Lima, de Castro e Rocha (2022), a cana-de-açúcar é a principal matéria-prima utilizada pela indústria sucroalcooleira no Brasil. As etapas de colheita, carregamento, transporte, pesagem, pagamento pela qualidade da cana, descarregamento e lavagem são cruciais para garantir o bom desempenho industrial. Essas operações devem estar sincronizadas com as atividades industriais para evitar o excesso de abastecimento, que demandaria armazenamento e resultaria na queda da qualidade da cana, ou a falta de cana para moagem, o que poderia atrasar a produção.

Conforme tratado por Vilela *et al.* (2017) em seu trabalho, o processo de produção do etanol as seguintes etapas: Cana-de-Açúcar – Pesagem – Amostragem da Cana – Moagem – Tratamento de Caldo – Evaporação – Fermentação – Centrifugação – Destilação – Etanol Produzido. O caldo depois da moagem, processo físico em que é extraído da fibra da cana, é clarificado com a adição de produtos químicos, a seguir é evaporado para a remoção da água, transformando-se em mosto, substrato para fermentação nas dornas. Após é fermentado, denominado de vinho bruto. É centrifugado de modo a separar o fermento do vinho, sendo este último enviado posteriormente à destilação para extração do etanol. Análises químicas laboratoriais são realizadas em todas as etapas do processo para garantir o controle e qualidade do produto.

A Figura 4 exibe as etapas básicas de um processo convencional de fabricação de etanol da cana-de-açúcar.

**Figura 4**— Fluxograma de processo de fabricação de etanol



Fonte: Vilela (2017, p. 24). Modificado pelo autor

Conforme Santos (2011), o etanol produzido nas propriedades rurais pode gerar autonomia energética tanto para pequenas propriedades de agricultura familiar quanto para grandes fazendas. Além da autossuficiência energética, o etanol pode ser comercializado através de distribuidoras de combustíveis no mercado nacional ou exportado como etanol anidro. Nas propriedades rurais, o etanol pode ser utilizado de diversas maneiras, como em carros movidos a etanol, geração de energia elétrica, equipamentos agrícolas, fogões a etanol, transporte de produtos e na produção de biodiesel.

O investimento em etanol nas pequenas propriedades rurais é viável, embora o retorno seja a longo prazo. Ele traz benefícios como economia no consumo de álcool combustível e contribui para atividades associadas, como alimentação de gado e adubação. Além disso, promove a preservação ambiental e o reinvestimento local, fortalecendo a economia rural. Tais práticas são implementadas em várias regiões do

Brasil, integrando sistemas consorciados de lavouras, pecuária e microdestilarias de etanol (De Oliveira, 2009).

Conforme Rosa e Garcia (2009), as enzimas são moléculas proteicas complexas, frequentemente produzidas por micro-organismos como bactérias e fungos, utilizadas em processos industriais. No processo enzimático de produção de etanol, a biomassa lignocelulósica é pré-tratada para facilitar o ataque das enzimas. A celulose é quebrada por celulasas durante a hidrólise, um processo que gera menos subprodutos e permite a obtenção de altos rendimentos de açúcares, embora o custo elevado das enzimas seja um desafio.

Oliveira (2012) observa que as enzimas representam o maior custo no processo de produção de etanol da batata-doce, pois muitas são importadas e ainda há poucos fornecedores no Brasil. Entretanto, Melo (2020, p. 33) destaca que a redução de custos das enzimas e o desenvolvimento de espécies nacionais são fatores-chave para o crescimento do etanol celulósico no Brasil, tornando essa alternativa promissora para o futuro. A Figura 5 demonstra na sequência de forma simplificada o fluxograma de produção de álcool a partir da batata-doce identificando a duas etapas de fabricação em que é efetuada a adição de enzimas (alfa-amilase/Amiloglucosidase) necessárias para a quebra da celulose para obtenção de açúcares.

**Figura 5**— Fluxograma de Produção de álcool da batata-doce

### **Fluxograma de Produção de Álcool de Batata-doce**



Fonte: Magalhães (2007)

## 2.6 Dimensionamento da capacidade produtiva de uma microdestilaria

Para transformação da matéria-prima em etanol é necessário a criação de minicentros de processamento que permita a manipulação e transformação em várias etapas até a obtenção do produto final. O objetivo desta instalação é maximizar o rendimento industrial, ou seja, estudar a relação entre matéria-prima e produto final, bem como avaliar a eficiência e o desempenho de todos os equipamentos.

A busca de matérias-primas alternativas para a produção de álcool em microdestilarias está direcionada a agricultura familiar, aos pequenos e médios produtores rurais, trabalhadores em regime de parceria, os meeiros, os comodatários, os assentados em projetos de reforma agrária e os arrendatários rurais.

De acordo com o publicado pela EMBRAPA (1980), “as micro usinas, ou seja, são aquelas unidades com capacidades de 1.000 a 5.000 litros/dia de etanol hidratado 92°- 94° GL”.

O projeto de instalação de miniusinas de etanol deve ser concebido com um dimensionamento produtivo que permita o uso eficiente de todos os produtos resultantes do processamento da matéria-prima. Além de maximizar a geração de lucros, esse tipo de indústria traz benefícios ambientais, ao devolver ao meio ambiente uma quantidade mínima de resíduos poluentes. A racionalização no uso de recursos naturais, especialmente a água, é fundamental para evitar desperdícios e desequilíbrios ambientais. Contudo, para que esses benefícios sejam alcançados, é essencial que haja sustentabilidade ao longo da cadeia produtiva, favorecendo um arranjo produtivo eficiente entre a produção de matéria-prima e a indústria de etanol (Magalhães, 2007).

Conforme abordado no Projeto de Lei 9625/18, do deputado Padre João (PT-MG), publicado pela Agência Câmara de Notícias (Brasil, 2018), “microdestilaria é aquela com capacidade de produção de até 10 mil litros de etanol combustível por dia”.

De acordo com o Art. 2º da Lei n. 15.456 do estado de Minas Gerais publicada no site da Secretaria da Fazenda de Minas Gerais (Minas Gerais, 2005), “para os efeitos desta Lei, entende-se por microdestilaria a unidade com capacidade de produção de até 5.000l (cinco mil litros) de álcool por dia”.

A década de 1980 marcou a primeira grande expansão do uso de etanol para fins energéticos, com o desenvolvimento de agroindústrias capazes de produzir 120

mil litros de etanol por dia, processando cerca de 1.500 toneladas de cana-de-açúcar diariamente. Durante esse período, surgiram propostas para a disseminação das microdestilarias, que operavam em menor escala (até cinco mil litros por dia), mas compensavam a menor produtividade com a diversificação e integração das atividades rurais (Santos, 2011).

Segundo Magalhães (2007), os equipamentos utilizados para a montagem de miniusinas de etanol a partir da batata-doce não variam significativamente entre as quatro escalas de produção (150, 500, 1200 e 4000 litros/dia). A tecnologia de produção é a mesma, e as diferenças nos custos de investimento estão no tamanho, quantidade de equipamentos e na infraestrutura necessária para o processo produtivo. Esses equipamentos são fabricados no Brasil, utilizando tecnologia nacional, o que contribui para a geração de empregos diretos e o fortalecimento da economia interna, além de promover o aprimoramento tecnológico.

Segundo de Oliveira (2009), as microdestilarias de etanol trazem diversos benefícios, tangíveis e intangíveis, para pequenas propriedades rurais e suas regiões, incluindo: a expansão da produção de etanol em áreas menos desenvolvidas, o desenvolvimento tecnológico da cadeia produtiva com aproveitamento integral da cana, autonomia energética comunitária, geração de emprego e renda, redução das disparidades regionais, valorização das vocações regionais, agregação de valor à cadeia produtiva do etanol, respeito à política ambiental e desconcentração da produção oligopolizada de etanol no Brasil.

Segundo ilustrado por Magalhães (2007, p. 73) em seu trabalho de pesquisa, quanto maior o tamanho da unidade de fabricação, menor é o custo médio de produção do etanol. Nota-se que os custos dos elementos de despesa se elevam gradativamente com os preços dos insumos e das instalações à medida que aumentam a capacidade produtiva. Logo, quanto maior a capacidade produtiva, maior o lucro por litro de etanol, desde que não ocorram ociosidades de fábrica.

### 3 METODOLOGIA

As etapas de desenvolvimento deste trabalho contam com uma análise sistemática dos fenômenos qualiquantitativa com a aplicação de métodos lógicos e científicos, por meio de bases bibliográficas e tabulação de dados.

De acordo com Lucas e Machado Neto *et al.* 2022, ao levantar as diversas possibilidades de futuros, ela pode proporcionar às organizações, no planejamento a longo prazo, formular estratégias, preparar as pessoas e adaptar os recursos para enfrentar possíveis adversidades e rupturas, para inovação da gestão e aproveitar melhor as possíveis oportunidades.

#### 3.1 Etapas do trabalho de pesquisa

Para levantamento das informações, inicialmente foram feitas inúmeras consultas a livros, revistas científicas, teses, dissertações e sites especializados, com o objetivo de situar, fazer a análise bibliográfica, compreender os assuntos e definições acerca do tema do presente trabalho.

A análise bibliográfica visa aprofundar teoricamente o tema, através de ideias de autores que abordam esses conceitos, a fim de contribuir para o entendimento do problema a estudado.

Num segundo momento foram coletados dados técnicos referentes à produção de batata-doce e do etanol a partir de matérias-primas amiláceas, além de referenciais teóricos de custos para a implantação de microdestilarias.

Na sequência, foram levantados os custos de venda ao produtor (CONAB) da batata-doce e do etanol posto usina segundo a Esalq. A tabulação dos dados obtidos foi elaborada com o auxílio do software Excel. De posse dos preços da caixa de 30 kg da batata-doce e do litro do etanol equivalente foram realizadas duas projeções de custos anuais para 10, 25 e 50% de matéria-prima produzida no campo nos 5 (Cinco) principais municípios produtores do Oeste Paulista na expectativa de prospectar cenários, faces incertezas do mercado. Por fim foram obtidos os custos de implantação (CapEx/OpEx) de microdestilarias utilizando-se referenciais teóricos obtidos de fontes confiáveis para mesmas faixas de matéria-prima (10, 25 e 50%).

### 3.2 Análise dos dados

A análise dos dados seguiu o método dedutivo, partindo do geral para o específico, com análise da situação nacional e focando nos resultados de pesquisa sobre o tema. Foram apresentadas situações, fenômenos, fatos e agentes intrínsecos, com a pretensão de interpretá-los, compreendê-los e analisá-los, para assim, por fim apresentar possíveis propostas de soluções para as situações e simulações apontadas. Tudo está sobre o efeito de constantes mudanças e transformações, neste sentido a prospecção de cenários futuros pode contribuir no planejamento estratégico e gerar expectativas para uma possível tomada de decisão. Como é determinado por interação entre tendências históricas e eventos hipotéticos, surgindo futuros múltiplos e incertos, logo o futuro neste ponto de vista não é uma continuidade do passado (Lucas; Machado Neto *et al.* 2022).

Os resultados foram obtidos com base na interpretação dos dados coletados, à luz do referencial teórico escolhido, que foram individualmente comparados com algumas variáveis no momento da caracterização. No entanto, passíveis de ajustes quanto aos métodos utilizados conforme as limitações no desenvolvimento do trabalho, haja vista, por se tratar de uma proposta inicial que necessita de um maior aprofundamento teórico. A análise dos dados coletados foi realizada com o objetivo de gerar expectativas técnicas para a implantação microdestilarias. A pesquisa exige uma abordagem da elaboração estrutural e física, custo de estabelecimento, localização e todos os aspectos que estejam ligados ao empreendimento, tais como, logística de funcionamento, captação de matéria-prima, distribuição e mercado (estudo mercadológico). Segundo Zago, Weise e Hornburg (2009, não paginado):

“Casarotto Filho & Kopittke (1994) explica que a decisão da implementação de um projeto deve, altissonantemente, considerar: critérios econômicos (rentabilidade do investimento); critérios financeiros (disponibilidade de recursos) e critérios imponderáveis, que são fatores não conversíveis em dinheiro, como boa vontade de um fornecedor”.

Por fim, permite-se neste trabalho prospectar cenários, levando em conta as mudanças, os desafios, oportunidades e as probabilidades de futuro como perspectivas técnicas para implantação de microdestilarias de etanol de batata-doce no Oeste Paulista.

## 4 PANORAMA DA PRODUÇÃO DE BATATA-DOCE NO BRASIL, ESTADO DE SÃO PAULO E OESTE PAULISTA: ANÁLISE PRODUTIVA E ECONÔMICA

Este capítulo apresenta dados sobre a produção de batata-doce e contextualiza a importância dessa cultura em diferentes escalas geográficas, além de explorar o potencial produtivo para a indústria do etanol na região oeste de São Paulo.

### 4.1 Produção de batata-doce no Brasil, Estado de São Paulo e Oeste Paulista

A partir deste momento, o trabalho de pesquisa traz um panorama geral da produção de batata-doce in natura no Brasil, no estado de São Paulo e nas principais cidades da microrregião de Presidente Prudente, através do levantamento de dados extraídos no portal do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A Tabela 2 ilustra o ranking da produção de batata-doce no Brasil. Os cinco principais produtores nacionais de batata-doce em faturamento segundo o IBGE ([s.d.]) no ano base de 2018 são: Rio Grande do Sul, Ceará, São Paulo, Minas Gerais e Paraná. Quando avaliado por tonelada produzida, São Paulo está em primeiro lugar seguido pelo estado do Rio Grande do Sul.

**Tabela 2—** Ranking da produção de batata-doce no Brasil

Posição nº	Estados produtores	Produção (t)	(R\$ x 1000)
1º	Rio Grande do Sul	133.605	171.313,00
2º	Ceará	101.187	132.553,00
3º	São Paulo	182.759	131.922,00
4º	Minas Gerais	68.142	83.411,00
5º	Paraná	57.755	82.269,00

Fonte: dados referentes ao ano base de 2018 extraídos do site IBGE ([s.d.]). Organizado pelo autor.

De acordo com os dados extraídos do site do IBGE ([s.d.]) referentes ao ano base de 2018, o estado de São Paulo lidera o ranking de produção de batata-doce no Brasil com 101.187 t, no entanto, quando se refere ao faturamento, o estado do Rio Grande do Sul permanece em primeiro lugar (R\$ 171.313.000,00). Estão entre os cinco principais estados produtores: São Paulo, Rio Grande do Sul, Ceará, Minas

Gerais e Paraná. De um modo geral, a produtividade nacional por hectare de batata-doce apresenta valores aquém da expectativa podendo ser melhorada com a introdução de novos genótipos livres de vírus e com o aperfeiçoamento das técnicas de manejo e adubação do solo. A Tabela 3 expressa a produtividade média nacional que está na ordem de 14.255 kg por hectare para uma produção no campo 847.896 toneladas.

**Tabela 3—** Produção de Batata-doce no Estado de São Paulo e no Brasil

<b>Produção de Batata-Doce</b>	<b>Brasil</b>	<b>Estado de São Paulo</b>
Quantidade Produzida (t)	847.896	182.759
Valor da Produção (R\$ x 1000)	1.010.317,00	131.922,00
Área Plantada (ha)	59.790	10.185
Área Colhida (ha)	59.481	10.153
Rendimento Médio (Kg/Ha)	14.255	18.000

Fonte: dados referentes ao ano base de 2018 extraídos do site IBGE ([s.d.]). Organizado pelo autor.

O estado de São Paulo conta com uma produtividade de 18.000 kg/ha acima da média nacional que é de 14,255 t/ha com uma produção de 182.759 toneladas, cerca de 21,55% de toda a produção brasileira, mas que ainda pode ser melhorada.

Na sequência a Tabela 4 apresenta a posição das cinco maiores cidades produtoras de batata-doce que compõem o ranking de produção a nível nacional e no estado de São Paulo.

Estão entre elas as cidades Regente Feijó, Presidente Prudente e Anhumas que fazem parte da microrregião de Presidente Prudente. Apesar de estarem entre as primeiras cidades a nível de produção do estado de São Paulo, não estão classificadas entre as cinco primeiras a nível nacional. Cabe ressaltar que Ceará está entre os maiores estados produtores do Brasil e a cidade de São Benedito está na frente com produção de 40.036 toneladas, bem acima das primeiras colocadas paulistas. Compete salientar que a cidade de Regente Feijó vem posicionada em segundo lugar no ranking de produção do estado de São Paulo com uma produção de 13.235 toneladas depois de Braúna (14.400 t). Presidente Prudente encontra-se

em terceiro lugar com 9.600 toneladas. Na sequência está posicionada a cidade de Lacri seguida por Anhumas em 5º lugar (6.600 t).

**Tabela 4— Ranking de produção de batata-doce no Estado de São Paulo e no Brasil**

Posição	Cidades produtoras de Batata-doce no Estado de São Paulo	Produção (t)	Cidades produtoras de Batata-doce no Brasil	Produção (t)
1ª	Braúna	14.400	São Benedito - CE	40.036
2ª	Regente Feijó	13.235	Abaiana - SE	23.750
3ª	Presidente Prudente	9.600	Moita Bonita - SE	22.400
4ª	Lacri	9.408	Guaraciaba do Norte - CE	20.307
5ª	Anhumas	6.600	Touros-RN	18.520

Fonte: dados referentes ao ano base de 2020 extraídos do site IBGE ([s.d.]). Organizado pelo autor.

Conforme a EMBRAPA (2021), os municípios de Braúna e Presidente Bernardes, localizados no Oeste Paulista, fazem parte de uma região importante na produção de batata-doce no estado de São Paulo. Nos últimos cinco anos, essa região teve um aumento significativo na quantidade produzida, com Braúna alcançando 16,2 mil toneladas.

Atualmente, o “forte” do agronegócio na região oeste do estado de São Paulo é a cana-de-açúcar que responde por boa parte da produção de álcool e açúcar. Aos poucos, as pastagens que antes eram destinadas a pecuária leiteira e de corte bem como outras culturas cultivadas na região, foram perdendo espaço para a cana-de-açúcar devido as dificuldades nos negócios. No entanto como veremos adiante, a região está em primeiro lugar em área plantada de batata-doce no estado de São Paulo e como neste trabalho o foco principal é abordar a produção de álcool, nada mais justo do que procurar saber quanto produz de etanol a região de Presidente Prudente.

Conforme publicado pela UNICA ([s.d.]), referente a safra de 2019/20, a microrregião de Presidente Prudente, contava com uma área cultivada de cana-de-açúcar de 569.335 ha.

A Tabela 5 na sequência demonstra em números os valores correspondentes a área cultivada de cana-de-açúcar na microrregião de Presidente Prudente (Safra 2019 – 2020).

**Tabela 5**— Área cultivada de cana-de-açúcar na microrregião de Presidente Prudente Safra 2019/20

Safra	Disponível para colheita (ha)				Em Reforma ha	Total cultivado ha
	Seca	Reformada	Expansão	Total		
2019/2020	454.350	20.578	9.914	484.845	84.492	569.335

Fonte: dados referentes a Safra 2019/20 da cana-de-açúcar extraídos do site da UNICA ([s.d.]).

Na sequência, a Tabela 6 expressa a área cultivada de batata-doce nos principais municípios produtores da microrregião de Presidente Prudente no ano base de 2020. Através dos dados levantados no site do IBGE ([s.d.]), é possível identificar a posição de cada um dos municípios que compõem o ranking de produção, a nível nacional e estadual. Entre os maiores produtores estão: os municípios de Braúna, Presidente Prudente, Laci, Regente Feijó e Anhumas. Apesar destas cidades estarem entre as primeiras do estado de São Paulo, no entanto não estão classificadas entre as cinco primeiras a nível nacional. Presidente Prudente aparece na oitava posição. Cabe ressaltar que o Ceará é o terceiro maior produtor de batata-doce do Brasil, no entanto a cidade de Itabaiana (SE) está em primeiro lugar com 1900 hectare, bem acima das primeiras colocadas paulistas. A Tabela 6 exibe a posição de Presidente Prudente no ranking de área cultivada de batata-doce no Brasil e no estado de São Paulo.

**Tabela 6**— Ranking de área cultivada de batata-doce no Estado de São Paulo e Brasil

Posição	Cidades produtoras de Batata-doce no Estado de São Paulo	Área (ha)	Cidades produtoras de Batata-doce no Brasil	Área (ha)
1ª	Braúna	800	Itabaiana - SE	1.900
1ª	Presidente Prudente	800	São Benedito - CE	1.795
3ª	Laci	490	Touros - RN	1.400
4ª	Regente Feijó	490	Moita Bonita - SE	1.400
5ª	Anhumas	442	Presidente Prudente (8ª)	800

Fonte: dados referentes ao ano base de 2020 extraídos do site IBGE ([s.d.]). Organizado pelo autor.

Cabe observar que a cidade de Presidente Prudente está em primeiro lugar no ranking de produção do estado de São Paulo ao lado de Braúna, ambas com 800 hectare em área plantada. Em terceiro lugar vem a cidade de Laci com 490 ha, depois Regente Feijó (490 ha) e em seguida, em 5º lugar, Anhumas com 442 ha.

O intuito deste trabalho é abordar a produtividade no campo para processamento de etanol nas cinco principais cidades produtoras de batata-doce da microrregião de Presidente Prudente. Dentre todas elas, está em primeiro lugar em produtividade, Regente Feijó com um rendimento médio expressivo de 29.411 kg/ha, superior à média do estado de São Paulo (18.000 kg/ha).

A cidade de Presidente Prudente está posicionada em primeiro lugar em produção entre as avaliadas no projeto, porém apresenta uma produtividade aquém das expectativas de 12.000 kg/ha, bem inferior à média nacional de 14.255 (Kg/ha), segundo dados obtidos pelo site do IBGE ([s.d.]). Além de Regente Feijó e Presidente Prudente, a Tabela 7 identifica também outras três cidades com volumes inferiores de produção das duas citadas acima. São elas:: Anhumas (14.932 kg/ha), Presidente Bernardes (15.600 kg/ha), Pirapozinho (20.000 kg/ha) e Alvares Machado (14.625 kg/ha).

**Tabela 7—** Produção de Batata-doce nas Principais Cidades da Microrregião de Presidente Prudente

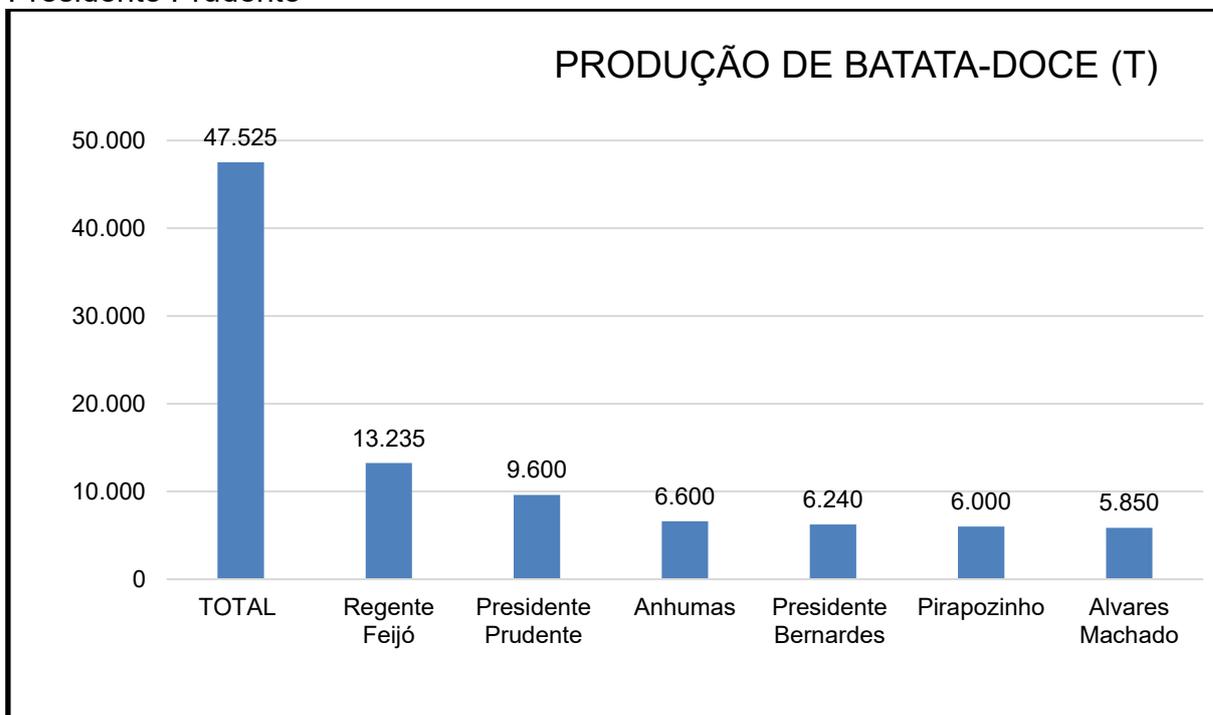
<b>Produção</b>	<b>Regente Feijó</b>	<b>Presidente Prudente</b>	<b>Anhumas</b>	<b>Presidente Bernardes</b>	<b>Pirapozinho</b>	<b>Alvares Machado</b>
Produção (t)	13.235	9.600	6.600	6.240	6.000	5.850
Produção (R\$ $\times$ 1000)	6.287,00	5.184,00	3.135,00	2.964,00	3.600,00	2.779,00
Área Plantada (ha)	450	800	442	400	300	400
Área Colhida (ha)	450	800	442	400	300	400
Rendimento Médio (Kg/ha)	29.411	12.000	14.932	15.600	20.000	14.625

Fonte: dados referentes ao ano base de 2020 extraídos do site IBGE ([s.d.]). Organizado pelo autor.

O município de Presidente Prudente com 800 ha de áreas cultivadas está posicionado em 1º lugar no Ranking de cidades produtoras de batata-doce do estado de São Paulo e conta com uma produção de 9.600 toneladas, no entanto apresenta uma produtividade de 12 t/ha, abaixo do rendimento nacional de 14,255. Em contrapartida a cidade de Regente Feijó tem um resultado bem mais expressivo de 29,411 t/ha acima da média do estado de São Paulo (18 t/ha). Cabe ressaltar que o estado de São Paulo é o maior produtor de batata-doce com 182.759 toneladas produzidas e representa cerca de 21,55% do montante nacional (847.896 t) conforme dados extraídos no Portal do IBGE ([s.d.]). Em se tratando de área plantada corresponde a 17,03% do território nacional. O Gráfico 1 apresenta em ordem

decrecente da esquerda para a direita as principais cidades produtoras batata-doce na microrregião de Presidente Prudente abordadas neste trabalho.

**Gráfico 1**— Produção de batata-doce nas Principais cidades da microrregião de Presidente Prudente



Fonte: dados referentes ao ano base de 2020 extraídos do site IBGE ([s.d.]). Organizado pelo autor.

Conforme indicado no Gráfico 1, cabe ressaltar que o montante produzido de batata-doce corresponde a soma 5 (Cinco) principais cidades produtoras da microrregião de Presidente Prudente abordadas neste trabalho e representa um total de 47.525 toneladas. Outros municípios de menor produção, não foram contemplados.

#### 4.2 Balanço de produção de etanol por tonelada de batata-doce

A Tabela 8 ilustra a quantidade de matéria-prima, os volumes previstos de produção anual de etanol e o número de microdestilarias propostas para instalação por faixas de processamento industrial de 10 a 50%. A batata-doce é uma cultura rustica com baixos custos de manejo capaz de produzir até duas safras por ano. No estudo em questão foi adotado para o cálculo uma produtividade média de 190 litros de álcool por tonelada de batata-doce para uma produção anual de 47.525 toneladas, levando-se em consideração a possibilidade de introdução de cultivares de maior rendimento no campo.

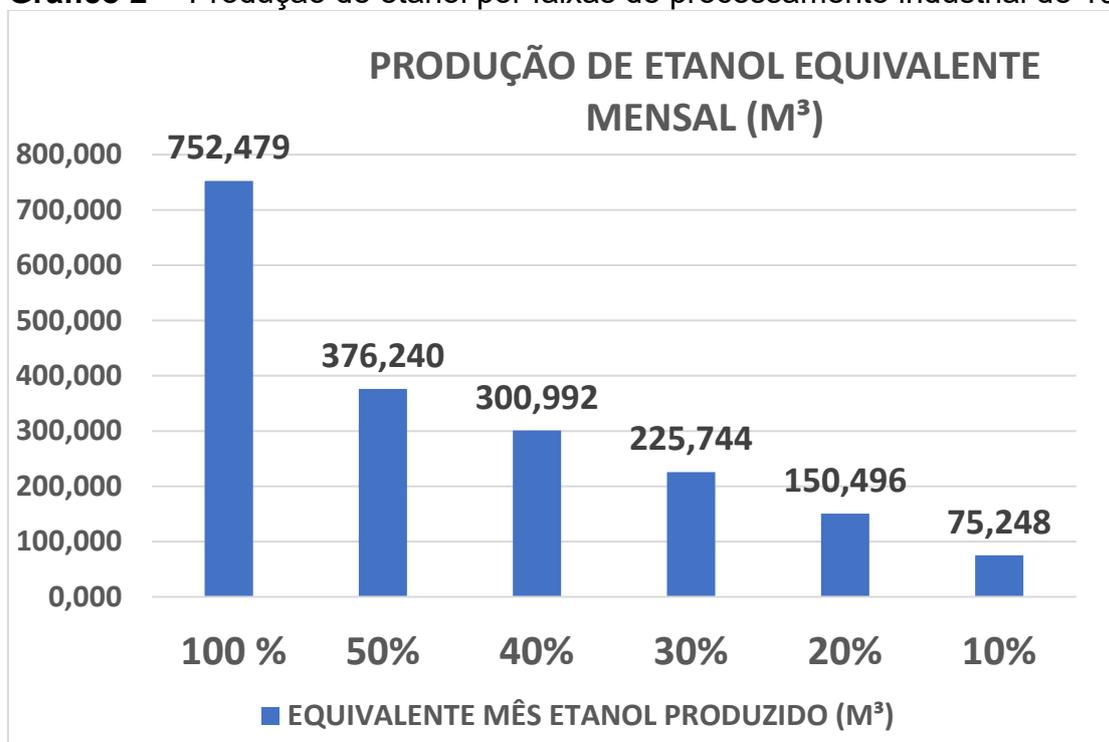
**Tabela 8—** Produção equivalente de etanol por faixas de processamento de 10 a 50% de matéria-prima

Produção	Safra	50%	40%	30%	20%	10%
Matéria-prima (t/ano)	47.525	23.763	19.010	14.258	9.505	4.753
Matéria-prima (t/mês)	3.960	1.980	1.584	1.188	792	396
Etanol (l/ano)	9.029.750	4.514.875	3.611.900	2.708.925	1.805.950	902.975
Etanol (l/mês)	752.479	376.240	300.992	225.744	150.496	75.248

Nota elaborado pelo autor.

O volume anual de matéria-prima considerado no projeto é de 47.525 t na safra representando uma produção equivalente de 9.029.750 litros de etanol ano. O intuito deste trabalho é de avaliar a produção de etanol até o montante de 50% da matéria-prima tendo como primeiro momento a faixa de 10% como projeto piloto iniciando com 4.753 toneladas.

O Gráfico 2 expressa os volumes mensais de produção de etanol por faixas de processamento industrial de 10 a 50%.

**Gráfico 2—** Produção de etanol por faixas de processamento industrial de 10 a 50%

Nota elaborado pelo autor.

Os números de miniusinas foram baseados na quantidade equivalente de álcool produzido num período de 12 meses. Para processamento de álcool hidratado

carburante, a de se opinar por uma ou mais usinas iguais ou de capacidades diferentes que atenda a demanda de matéria-prima e as necessidades dos produtores rurais, Para a seleção do tamanho e quantidade de microdestilarias na região depende de vários aspectos como: pontos de concentração de matéria-prima, localização estratégica para reduzir distâncias entre produtores, facilidade de transporte aos centros de distribuição, definição da gestão do projeto e uma política de incentivos governamentais.

A Tabela 9 expressa esta questão e pode servir como base para uma tomada de decisão. Indica a quantidade estimada de microdestilarias para cada faixa de processamento de matéria-prima de 10 a 50% da produção anual. Para efeito de cálculo, foram adotados neste trabalho as seguintes capacidades de processamento: 150, 500, 1.200 e 4.000 litros por dia:

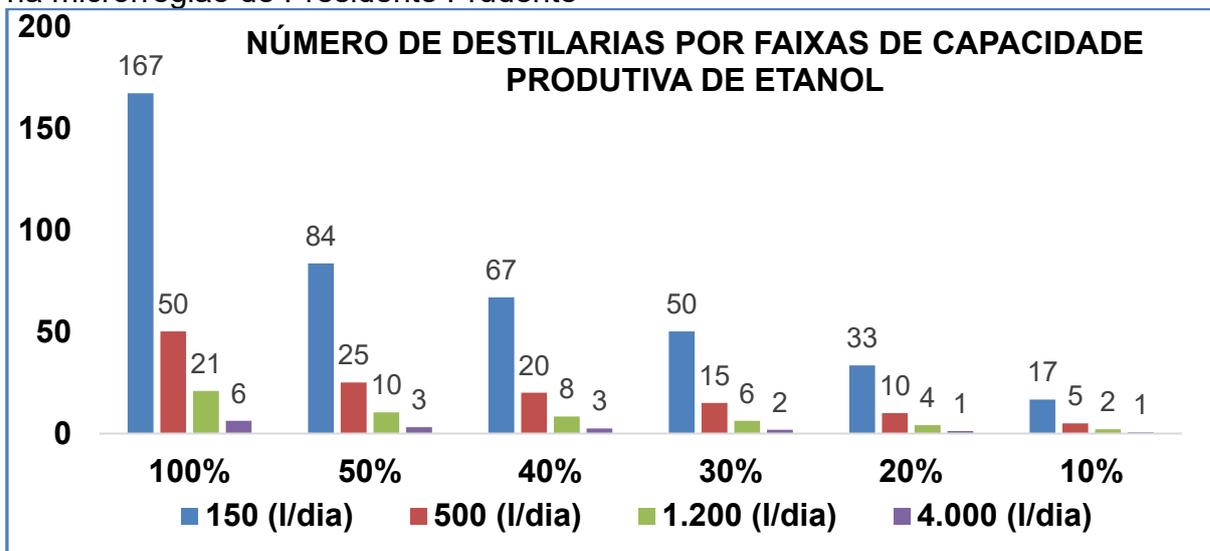
**Tabela 9—** Número de microdestilarias para processamento de 10 a 50% de matéria-prima

<b>Capacidade Produtiva Microdestilarias</b>	<b>Un (Safrá)</b>	<b>Un (50%)</b>	<b>Un (40%)</b>	<b>Un (30%)</b>	<b>Un (20%)</b>	<b>Un (10%)</b>
<b>150 (l/dia)</b>	167	84	67	50	33	17
<b>500 (l/dia)</b>	50	25	20	15	10	5
<b>1.200 (l/dia)</b>	21	10	8	6	4	2
<b>4.000 (l/dia)</b>	6	3	3	2	1	1

Nota elaborado pelo autor.

De outro modo, o Gráfico 3 ilustra o número proposto de microdestilarias por capacidade produtiva na microrregião de Presidente Prudente. A região possui matéria-prima suficiente para instalação de microdestilarias, iniciando em um primeiro momento com uma proposta de 10% da produção de batata-doce no campo, com possibilidade de crescimento gradativo. Para tornar possível a implementação deste projeto, há de se dispor de incentivos do governo federal de modo a fornecer todo o suporte técnico necessário e recursos financeiros para os agricultores locais: pequenos, médios e grandes.

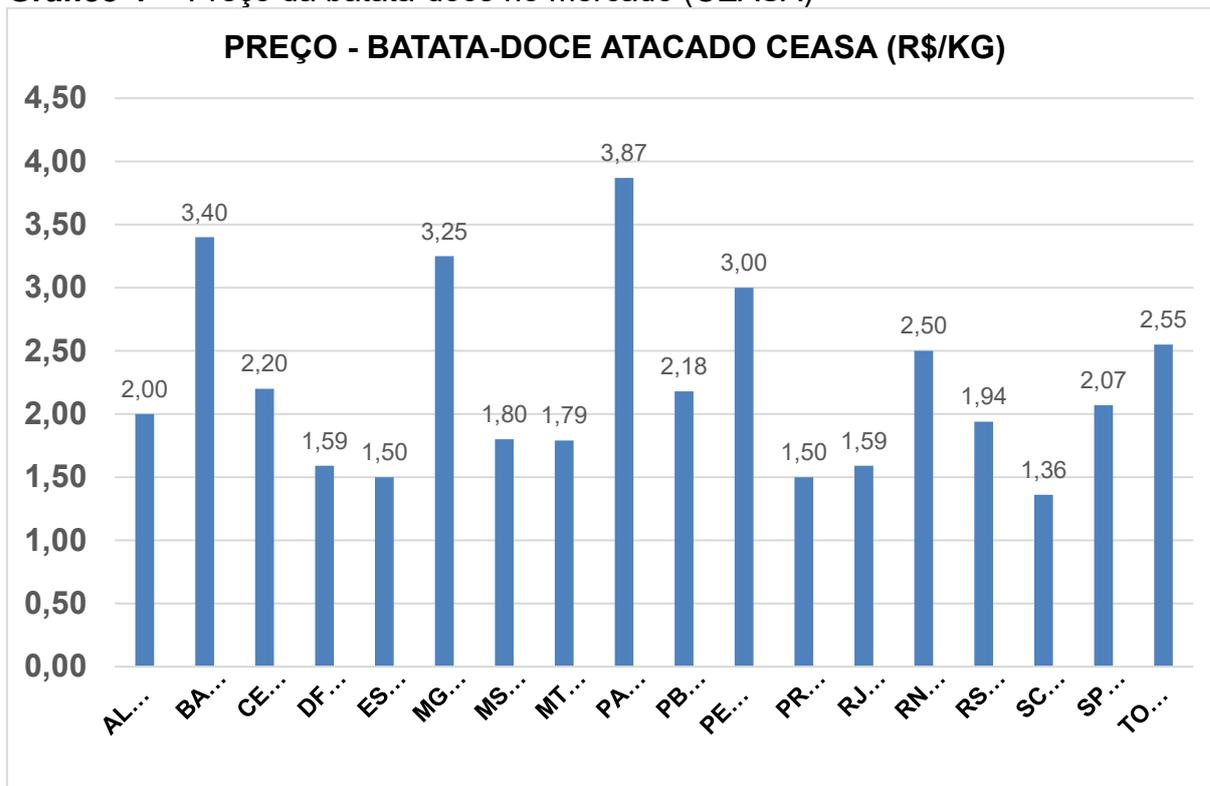
**Gráfico 3**— Número de microdestilarias por faixas de capacidade produtiva de etanol na microrregião de Presidente Prudente



Nota: elaborado pelo autor.

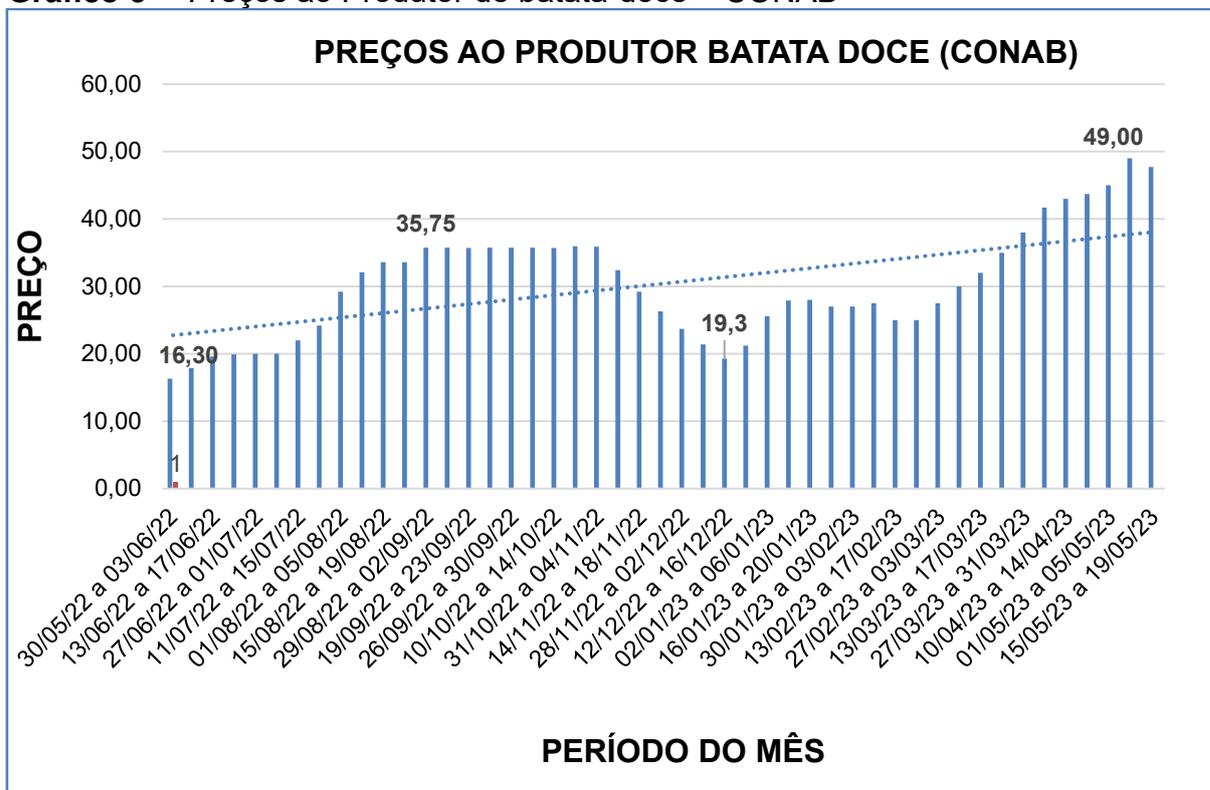
### 4.3 Preços da matéria-prima e produto acabado

Os produtores estão sujeitos a oscilações do preço da batata-doce in natura no mercado nacional. Uma alternativa é tentar comercializar do produto no mercado internacional. Para isto, deve atender as exigências dos clientes para possibilitar a exportação do produto. A garantia dos padrões de qualidade é essencial para conquistar novos mercados. Há de se manter uma política de qualidade no campo e no tratamento da raiz após a colheita. A matéria-prima está sujeita a altos e baixos, muitas vezes sem opções de venda perdendo a produção no campo. O Gráfico 4 ilustra as oscilações de preços no atacado da batata-doce no mercado nas diversas regiões do Brasil no ano base de 2022 segundo o CEASA ([s.d.]). Permite observar uma expressiva discrepância nos estados da união com valores que variam de R\$ 1,36 em Santa Catarina até R\$ 3,87 no Pará. Entre os cinco maiores estados produtores, quatro tem amplitudes menores, São Paulo com R\$ 2,07, Rio Grande do Sul com R\$ 1,94, Ceará com R\$ 2,20, Paraná com R\$ 1,50 com exceção de Minas Gerais que apresenta o maior preço R\$ 3,25. Os preços não seguem uma regra específica no mercado nacional como acontece de modo geral com algumas commodities. A Ceagesp ajuda na distribuição, armazenamento e comercialização de alimentos. Em outras palavras, a incumbência da Ceagesp é fornecer espaços para comerciantes que vendam produtos agropecuários de produtores rurais a varejistas como sacolões, supermercados, restaurantes e outros indivíduos.

**Gráfico 4— Preço da batata-doce no mercado (CEASA)**

Fonte: dados extraídos do CEASA ([s.d.]) referente ao ano base de 2022. Elaborado pelo autor.

A caixa de 30 kg da batata-doce está susceptível a variações de preço no mercado ocasionando patamares altos e baixos viabilizando ou não a venda no campo. As agroindústrias de um modo geral trabalham com regimes de contratos com produtores em potencial de modo a pagar um preço justo por tonelada para que não sejam gerados prejuízos. Nem sempre os acordos comerciais agradam a ambas as partes. Os preços de comercialização da batata-doce e de industrialização do etanol devem estar em equilíbrio para que não haja prejuízos, no entanto nem sempre acontece. Há mais de três décadas, a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) realiza pesquisas sistemáticas de preços para mais de 130 produtos agropecuários. Esse banco de dados inclui mais de vinte mil registros, abrangendo todas as unidades federativas. As políticas públicas ou as demandas internas e externas influenciam a escolha das localidades, níveis de comercialização e produtos pesquisados. A decisão sobre o que plantar e quanto investir na agropecuária é fortemente influenciada pelos preços, sendo que os consumidores consideram o preço um fator decisivo, enquanto os produtores optam por culturas que oferecem maior lucratividade (CONAB, ([s.d.])). O Gráfico 5 exemplifica bem a evolução dos preços da batata-doce no período de junho de 2022 a maio de 2023.

**Gráfico 5— Preços ao Produtor de batata-doce – CONAB**

Fonte: preços da caixa 30 kg da Batata-doce CONAB ([s.d.]) no período de 30-05-2022 a 19-05-2023.

Examinando o Gráfico 5, observa-se que a linha de tendência linear dos preços ao produtor (CONAB, [s.d.]) da caixa de 30 kg de batata-doce ao longo do período compreendido entre junho de 2022 a maio de 2023, apesar das oscilações apontadas, sofreu sensível valorização ao longo dos meses. O primeiro semestre de 2023 teve um peso maior, apresentou valores mais expressivos que contribuiu para elevação desta curva média.

#### 4.4 Projeções de custos para 10, 25 e 50% da produção de matéria-prima

Este item visa apresentar uma análise comparativa de custos da produção de etanol de batata-doce simulando duas condições de preços. para a 10, 25 e 50% da produção anual de batata-doce. Primeiro, para uma pior oferta da batata-doce praticada no mercado, e posteriormente para um preço mais atrativo no mercado.

Para os cálculos são utilizados dados extraídos para a batata-doce referentes ao ano base de 2022, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, [s.d.]) e para o etanol carburante, dados fornecidos pela CEPEA Esalq/USP ([s.d.]

- **Projeção de custos nº 1 (Preço da batata-doce em baixa)**

Com o intuito de se obter uma simulação de custos com resultado operacional positivo, foi proposto inicialmente um preço de venda da matéria-prima praticado no mercado menos atrativo. Cabe ressaltar que se trata apenas de uma simulação de custos. Os valores indicados na Tabela 10 referem-se preços ao produtor praticados no mercado para a caixa de batata-doce 30 kg e para o litro do etanol hidratado carburante (Sem frete sem ICMS e sem PIS/COFINS).

**Tabela 10—** Preços ao produtor da batata-doce e do etanol hidratado carburante

Produto	Nível de Comercialização	Período	Preço Médio por Litro sem frete, ICMS, PIS/COFINS
Etanol Hidratado Combustível	Produtor	13/05/2022	R\$ 3,36
Batata-doce caixa de 30 Kg	Produtor	30/05 a 03/06/2022	R\$ 16,30

Fonte: preço do etanol hidratado combustível CEPEA Esalq/USP ([s.d.]) atribuído para São Paulo em 13-05- 2022. Preço da caixa 30 kg da Batata-doce CONAB ([s.d.]) no período de 30-05 a 03-06-2022.

Aplicando-se os valores atribuídos na acima e convertendo os montantes obtidos anuais de matéria-prima/etanol nas principais cidades da microrregião de Presidente Prudente obtêm-se os valores monetários, conforme demonstrados na Tabela 11.

**Tabela 11—** Produção de batata-doce e etanol na microrregião de Presidente Prudente (Projeção de Custos nº 1)

Projeção de Custos	50% R\$	25% R\$	10% R\$
Anual de Matéria-Prima	12.910.958,33	6.455.479,17	2.582.191,67
Mensal de Matéria-Prima	1.075.913,19	537.956,60	215.182,64
Etanol Equivalente Anual	15.164.110,66	7.582.055,33	3.032.822,13
Etanol Equivalente Mensal	1.263.675,89	631.837,94	252.735,18

Nota: elaborado pelo autor.

A Tabela 12 exibe o resultado em valores monetários da matéria-prima e do produto acabado em reais (Projeção de custos nº 1). Neste caso, a receita bruta anual

atribuída foi positiva, em torno de 17,45% preço no atacado da matéria-prima praticado no mercado, de certo modo, manteve-se em baixa.

**Tabela 12—** Matéria-prima versus produto acabado (Projeção de Custos nº 1)

Projeção de Custos	50%	25%	10%
	R\$	R\$	R\$
Receita Bruta R\$	2.253.152,33	1.126.576,16	450.630,47
Receita Bruta %		<b>17,45</b>	

Nota: elaborado pelo autor.

- **Projeção de custos nº 2 (Preço da batata-doce em alta)**

Neste caso foi mantido o mesmo preço para o etanol carburante segundo dados fornecidos pela CEPEA Esalq/USP – São Paulo ([s.d.]). O preço da batata-doce foi adotado para efeito demonstrativo. Lembrando que se trata apenas de uma simulação de custos. Os valores indicados na Tabela 13 referem-se aos preços ao produtor praticados no mercado para a caixa de batata-doce 30kg (Adotado) e para o litro do etanol hidratado carburante (Sem frete sem ICMS e sem PIS/COFINS).

**Tabela 13—** Preços praticados no mercado de venda ao produtor da batata-doce (Projeção de Custos nº 2)

Produto	Nível De Comercialização	Período	Preço Médio por Litro sem frete, ICMS, PIS/COFINS
Etanol Hidratado Combustível	Produtor	13/05/2022	R\$ 3,36
Batata-doce caixa de 30 Kg	Produtor	Valor Adotado	R\$ 19,14

Fonte: preço do etanol hidratado combustível CEPEA Esalq/USP - São Paulo ([s.d.]) em 13-05- 2022.  
Nota: adotado o preço da caixa da batata-doce de 30kg. Elaborado pelo autor.

Aplicando-se os preços e convertendo os montantes da matéria-prima e do etanol equivalente produzido nas principais cidades da microrregião de Presidente Prudente em valores monetários chega-se nos seguintes resultados conforme demonstrado na Tabela 14.

**Tabela 14—** Produção de batata-doce e etanol na microrregião de Presidente Prudente (Projeção de custos nº 2)

Projeção de Custos	50%	25%	10%
	R\$	R\$	R\$
Anual de Matéria-Prima	15.160.475,00	7.580.237,50	3.032.095,00
Mensal de Matéria-Prima	1.263.372,92	631.686,46	252.674,58
Etanol Equivalente Anual	15.164.110,66	7.582.055,33	3.032.822,13
Etanol Equivalente Mensal	1.263.675,89	631.837,94	252.735,18

Nota: elaborado pelo autor.

A Tabela 15 a seguir exibe os resultados da simulação de custos de produção correspondente ao montante anual produzido de matéria-prima e produto acabado para as faixas consideradas no projeto de 10, 25 e 50% (Projeção de custos nº 2). Compete lembrar que neste caso foi atribuído um preço de referência (Adotado) para a caixa de 30 kg de batata-doce. No que tange ao etanol hidratado foi considerado o preço extraído do site CEPEA Esalq/USP ([s.d.]) para o ano base de 2022. A receita bruta atribuída, neste caso foi 0%. O preço de venda ao produtor da matéria-prima aplicada empatou com o custo de produção de álcool hidratado carburante na usina, não apresentando resultados positivos.

**Tabela 15—** Matéria-prima versus produto acabado (Projeção de custos nº 2)

Projeção de Custos	50%	25%	10%
	R\$	R\$	R\$
Receita Bruta R\$	3.635,66	1.817,83	727,13
Receita Bruta %		0,02	

Nota: elaborado pelo autor.

Observando-se os valores, fica claro que a diferença de preço (Receita Bruta) entre o valor da matéria-prima e do produto acabado (Etanol) não apresentou resultados positivos significativos que evidencie uma possível industrialização. Existe um equilíbrio entre os preços. Acima deste ponto para a matéria-prima, o resultado operacional para fabricação do etanol passa a ser negativo. Há de se ter uma valorização deste, posto usina, ou ter uma redução no custo da tonelada de batata-doce para viabilizar os investimentos.

#### **4.5 Cálculo do custo de uma microdestilaria de processamento de etanol para 10, 25 e 50% da produção de matéria-prima**

Os produtores estão sujeitos a preços baixos do mercado, amargando prejuízos com perdas da matéria-prima no campo, e quando não, muitas vezes aproveitando para alimentação animal. Há de se ter uma valorização nos preços para que a produção seja interessante para ambas as partes: matéria-prima in natura e/ou etanol. O preço da batata-doce no campo não pode subir acima de um determinado patamar que torne inviável a produção de etanol. A projeção de custo nº 2 expressa bem essa questão. Há de se ter uma valorização do etanol no mercado nacional para que se possa trabalhar com preços mais competitivos da matéria-prima.

Através de informações extraídas de Magalhães (2007, p.70) em seu trabalho de pesquisa pode se chegar ao custo médio aproximado de implantação de uma instalação de uma microdestilaria para processamento de etanol de batata-doce aplicando-se a relação, R\$ 0,92/l. Partindo-se deste mesmo princípio, com base nos dados da NOTA TÉCNICA EPE/DPG/SDB/2022/07, esta relação foi atualizada para maior consistência nos dados obtidos segundo a EPE (2022). A Nota técnica em questão trata dos investimentos em capital (CAPEX) e das despesas de operação (OPEX) para o setor de biocombustíveis para o período de 2023 a 2032. Esse relatório, publicado pela EPE em 2022, inclui biocombustíveis como etanol (de cana e milho), biodiesel, biogás e BioQAV/Diesel Verde. As previsões de oferta e demanda de biocombustíveis se referem ao cenário médio dos estudos sobre o ciclo Otto para o período de 2023 a 2032. Especificamente para o etanol de milho, o cenário prevê a adição de 33 unidades até 2032, sendo 8 unidades flex, que processam tanto cana quanto milho, e 25 unidades full, que processam apenas milho. Com isso, a capacidade de produção adicional será de 5,5 bilhões de litros de etanol, atingindo um total de 10,1 bilhões de litros em 2032, com a produção chegando a 9,1 bilhões de litros. O CAPEX para uma usina flex é de R\$ 1,18 por litro e, para uma usina full, de R\$ 2,13/litro. O OPEX somente foi considerado para este último tipo de unidade e equivale a R\$ 1,76/litro (NOVACANA, 2022c). Para a unidade flex, assumiu-se que esta despesa será alocada na unidade produtora de etanol de cana. Desta forma, o investimento estimado na construção de plantas de etanol de milho é da ordem de R\$ 11,6 bilhões e os custos operacionais de R\$ 67,0 bilhões. Aplicando-se o custo de implantação CAPEX para uma usina full de R\$ 2,13/litro e fazendo-se uma analogia

para o processamento de batata-doce considerando-se um preço “favorável” de venda da matéria-prima ao produtor chega-se ao seguinte cenário. A Tabela 16, expressa a quantidade estimada de unidades de produção de etanol por capacidade produtiva para 10, 25 e 50% do montante de batata-doce na safra. Os cálculos para determinar o número de miniusinas foram baseados na quantidade equivalente de álcool produzido num período de 12 meses. Serve de base para uma tomada de decisão para iniciar a implementação de um eventual projeto. Neste caso, há de se opinar pela instalação de uma ou mais usinas de capacidades iguais ou diferentes que atenda a demanda de matéria-prima e as necessidades em grupo ou em caráter individual dos produtores rurais. O projeto piloto proposto deve assegurar que as unidades estejam localizadas dentro da área estratégica de concentração de matéria-prima a uma distância aceitável dos pontos de coleta que garantam o escoamento da produção. Levando-se em consideração os dados Nota Técnica EPE/DPG/SDB/2022/07 (EPE, 2022) para a usina Full de processamento de milho adotado neste trabalho é possível encontrar o custo de instalação CAPEX para o montante equivalente de etanol produzido. Do mesmo modo, obtém-se o também OPEX para dimensionar as despesas considerando-se a relação de custo R\$ 1,76/l. Para efeito comparativo, a diferença de custos entre os valores CAPEX e OPEX representa 17,37%.

**Tabela 16—** Número de microdestilarias por capacidade produtiva

<b>Investimentos em microdestilarias na microrregião de Presidente Prudente</b>	<b>Produção Equivalente (50%)</b>	<b>Produção Equivalente (25%)</b>	<b>Produção Equivalente (10%)</b>
Unidades de Produção 150 (l/dia)	84	33	17
Unidades de Produção 500 (l/dia)	25	10	5
Unidades de Produção 1.200 (l/dia)	10	4	2
Unidades de Produção 4.000 (l/dia)	3	1	1
Instalações - CAPEX (R\$)	9.616.683,75	4.808.341,88	1.923.336,75
Despesas operacionais - OPEX (R\$)	7.946.180,00	3.973.090,00	1.589.236,00
Diferença %		17,37	
Custo Total de Implantação (R\$)	17.562.863,75	8.781.431,88	3.512.572,75

Nota: elaborado pelo autor.

Os resultados obtidos na tabela 16 demonstram os valores de investimentos em capitais e os custos operacionais para 10, 25 e 50% do montante de matéria-prima em 12 meses. Como é de costume, de um modo geral, as empresas do seguimento

de agronegócios iniciam a produção com um volume menor num primeiro momento, de acordo com a sua capacidade produtiva. Neste caso, a gestão do projeto há de estabelecer estrategicamente a quantidade de microdestilarias instaladas, sejam elas para 150 (17 und.), 500 (5 und.), 2500 (2 und.) e 4000 (1 und.) litros de etanol dia de acordo com localização geográfica e potencial de produção. Como o estudo em referência foi realizado para as três etapas de processamento, iniciando com 10% do montante de matéria-prima o que representa um custo total de implantação de R\$ 3.512.572, somando-se os valores correspondentes ao CAPEX e OPEX. Nesta etapa há de se ter todo um trabalho de planejamento e controle custos de produção mediante contratos de fornecimento de matéria-prima entre produtor e Indústria, na eventualidade em se tratar de uma cooperativa agrícola, ou mesmo de um produtor individual. A medida em que as coisas vão dando certo atingindo resultados esperados a plena capacidade de fábrica, é possível pensar no planejamento e implementação das próximas etapas para 25 e 50% do montante de matéria-prima com custos estimados de implantação (CAPEX/OPEX) de R\$ 8.781.431 e R\$ 17.562.863, respectivamente.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo publicado pela Novacana (2023), no que diz respeito à cana esteira referentes à abertura da safra 2023/24: o ATR ficou em R\$ 147,94/t, sendo R\$ 121,97/t para contratos de parceria quando a cota-parte do proprietário é entregue na esteira.

“Segundo dados do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), a produtividade agrícola média, na safra 2022/2023, foi de 73,3 toneladas de cana por hectare” (Unica, 2023).

A Tabela 17 ilustra os preços da tonelada de cana no campo praticados na Safra 2023/24.

**Tabela 17—** Preço da tonelada de cana no campo Safra 2023/24

Mês/ano safra 2023/2024	Mensal R\$/Kg ATR	Acumulado R\$/Kg ATR	Cana campo <sup>(1)</sup> R\$/t	Cana esteira <sup>(2)</sup> R\$/t
Abr/23	1,2129	1,2129	132,44	147,94

<sup>(1)</sup> Índice Cana Campo = 109,19 Kg ATR - valor sugerido para contratos de parceria quando a cota-parte do proprietário é entregue no campo.

<sup>(2)</sup> Índice Cana Esteira = 121,97 Kg ATR - valor sugerido para contratos de parceria quando a cota-parte do proprietário é entregue na esteira.

Fonte: dados referentes a Safra 2023/24 extraídos do site UDOP ([s.d.])

Baseado nas informações, pode-se afirmar que a produtividade em toneladas por hectares da cana, 73,3 toneladas por hectare é bem superior ao da média nacional da batata-doce (14,225 t/ha). Comparando-se também o preço da tonelada de cana na esteira, R\$ 147,94, conclui-se estar bem abaixo do preço da batata-doce ao produtor praticado no mercado, podendo este chegar a valores extremos por tonelada durante o ano. Logo, compete afirmar que atualmente o rendimento da cana no campo é bem superior e com um preço de venda da tonelada muito abaixo que o da batata-doce.

Conforme Silva (2013), o bioálcool, como fonte alternativa de energia, pode ser produzido a partir de diversas matérias-primas, e o álcool obtido da batata-doce se destaca por ser competitivo, com maior rendimento por tonelada. Além disso, a batata-doce pode ser cultivada em diferentes regiões edafoclimáticas, embora sua

produtividade seja inferior à da cana-de-açúcar. A planta oferece boa produção de biomassa para a fabricação de álcool combustível, em função de sua rusticidade. No entanto, são necessários mais estudos para otimizar os processos produtivos, especialmente aqueles que afetam a síntese de amido nas raízes, de forma a aumentar a conversão de amido em álcool.

É fundamental que o governo ofereça uma política pública de incentivos com de linha de créditos bancários junto aos órgãos federais e estaduais por intermédio de campanhas.

De acordo com o Projeto de Lei 9625/18 publicado pela Agência Câmara de Notícias (Brasil, 2019), o relator, deputado Josué Bengtson (PTB-PA), destacou que a proposta traz inovações que beneficiam tanto os produtores rurais quanto os consumidores. Ele apontou que a redução de intermediários na cadeia de abastecimento aumentaria a concorrência e a eficiência econômica, resultando em impactos positivos nos preços ao consumidor final. Tanto as microdestilarias quanto as cooperativas poderiam vender etanol diretamente ao consumidor final ou aos postos de revenda, mediante autorização da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que também seria responsável pela fiscalização da produção e transporte. A política de incentivo às microdestilarias incluiria instrumentos como crédito rural e industrial, além de apoio à pesquisa agropecuária, extensão rural e assistência técnica, promovendo parcerias entre centros de pesquisa e produtores e facilitando a comercialização de produtos derivados da cana-de-açúcar.

A distância da área de produção agrícola até a micro usina deverá situar-se em tomo de 3 km, enquanto para uma usina de grande porte a distância média, situa-se em tomo de 30 km (EMBRAPA, 1980).

As áreas de plantio da batata-doce estão concentradas ao redor da cidade de Presidente Prudente dentro de um raio de aproximadamente 100 Quilômetros o que permite minimizar os custos de escoamento da matéria-prima até a uma eventual unidade de processamento, a exemplo de uma cooperativa industrial para pequenos e médios produtores rurais.

O projeto visa superar o rendimento médio de Batata-doce contribuindo assim para a fabricação de Etanol. De acordo com o IBGE ([s.d.]), o estado de São Paulo atingiu uma produção no campo de 182.759 toneladas com uma produtividade de 18 t/ha. A microrregião de Presidente Prudente conta com apoio da Agência Paulista de Tecnologia (APTA) e do Instituto Agrônômico (IAC) para a pesquisa, desenvolvimento

e introdução de novas cultivares de batata-doce. A possibilidade de implantação de novos genótipos livre de vírus direcionados em parte para a produção de álcool é uma alternativa para aumentar a produtividade no campo.

Conforme publicado pela UNOESTE (2021), uma solução viável seria a industrialização do descarte, transformando-o, por exemplo, em ração animal. Além disso, o incentivo ao segmento industrial abre a possibilidade de cultivar batata-doce para a produção de açúcar e álcool, ampliando as opções de aproveitamento do cultivo.

Para produzir etanol a partir da batata-doce há de se obter um melhor cenário que pleiteie os seguintes requisitos:

- Definição de preços competitivos para venda da matéria-prima in natura e para a industrialização; elaborar planejamentos de plantio da batata-doce destinada a venda in natura e para a produção de etanol. Otimizar a produtividade no campo acima de 40 t/ha com a introdução de genótipos de batata-doce livre de vírus que traga mais renda aos pequenos e médios produtores rurais;
- Agregar valor à cadeia produtiva da batata-doce e seus derivados. Torcer pela valorização do etanol no mercado nacional. Os órgãos governamentais devem criar uma política de incentivo às microdestilarias: crédito rural e industrial, acesso a pesquisa agropecuária, extensão rural, assistência e treinamento técnico, promover a geração de emprego e renda. Estabelecer plataformas de marketing para os produtos derivados da batata-doce. Incentivar iniciativas de extensão e pesquisa em áreas rurais com produtores, visando a inclusão social. Obter o registro de Indicação Geográfica (IG) para agregar valor ao produto e de obter o reconhecimento da região.
- Definir a aplicação das cultivares de altos rendimentos pesquisados pela APTA (Agência Paulista de Tecnologia, IAC (Instituto Agrônômico), EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e outros que se adequem melhor ao modelo de negócio destinado mercado interno de mesa in natura, a exportação e a industrialização;
- Obter autorização da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A concorrência no mercado e a eficiência econômica aumentarão com a diminuição de um elo da cadeia de

abastecimento, o que afetará positivamente os preços aos consumidores finais;

- Desenvolvimento tecnológico da cadeia produtiva da batata-doce com o uso integral para produzir produtos e subprodutos, além da venda in natura, como também o aproveitamento da matéria-prima fora do padrão e do descarte para produção de etanol, fabricação de farinha e alimentação animal através do resíduo e outros;
- Respeito à política ambiental, por meio de manejo planejado e rotação de culturas.

Segundo Duarte *et al.* (2022, p. 55), o elevado custo de produção dos biocombustíveis é um dos principais obstáculos para a expansão do consumo de energias limpas em países subdesenvolvidos. Em geral, fatores como a falta de infraestrutura adequada, tecnologias de conversão ineficientes e a indisponibilidade de matérias-primas são responsáveis por aumentar o custo de produção, tornando os biocombustíveis menos competitivos e menos atrativos quando comparados aos combustíveis fósseis nesses países.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A batata-doce (*Ipomea potatoes*) trata-se de uma cultura rustica de baixo nível de manejo com um curto ciclo de produção (5-6 meses) que possibilita duas colheitas por ano sendo direcionada principalmente as pequenas e médias propriedades rurais. Esta hortaliça de raiz tuberosa possui um alto potencial energético para a produção de etanol que pode chegar a atingir 190 litros por tonelada conforme a cultivar empregada. A microrregião de Presidente Prudente dispõe de quantidade suficiente de matéria-prima para instalação de microdestilarias para a produção de etanol da batata-doce como um novo modelo de negócio, iniciando em um primeiro momento com uma proposta de 10% produção anual, representando um custo total de implantação (CapEx/OpEx) estimado em R\$ 3.512.572 com possibilidades futuras de expansão dos investimentos para 25 e 50% do montante produzido no campo com custos estimados de R\$ 8.781.431 e R\$ 17.562.863 respectivamente. Para implantação do projeto há de se ter uma gestão integrada composta de profissionais habilitados, produtores e representantes públicos que com o aporte de recursos técnicos e financeiros permita a criação de um programa de incentivos que possibilite a realização deste empreendimento. A execução de um planejamento orçamentário com controle de custos e de produção é fundamental para implementação de um projeto executivo. A integração entre o campo e indústria mediante a formalização de contratos de fornecimento de matéria-prima é crucial para garantia do funcionamento do empreendimento, seja por intermédio de uma cooperativa agroindustrial, ou na eminência de ser um produtor individual rural. Os preços ao produtor e quantidades de matéria-prima in natura classificada, assim como o descarte de Packing-house para processamento durante a safra devem ser estabelecidos e firmados em contrato de modo a suprir a demanda da microindústria. Quebrar o paradigma da cana na microrregião de Presidente Prudente tendo a batata-doce como alternativa para a produção de etanol não é uma tarefa muito fácil, uma vez que seu preço e sua produtividade por tonelada por hectare são mais atraentes do ponto de vista econômico. A aplicação de genótipos livre de vírus de alta produtividade é fundamental para aumentar a produtividade no campo, bem como melhorar o padrão de qualidade de modo a atender com excelência o mercado interno de mesa, exportação e a industrialização do etanol.

## REFERÊNCIAS

- AMARO, Geovani Bernardo *et al.* **Desempenho de cultivares de batata-doce para rendimento e qualidade de raízes em Sergipe**. 2019.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo. Gás Natural e Biocombustíveis- **Etanol**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2024.
- APTA. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Detalhes do Projeto SGP 1854, **Produtividade de Raízes e Tubérculos em Presidente Prudente/SP**. São Paulo: APTA, 2024. Disponível em: <http://www.sgp.apta.sp.gov.br/sgp.apta/projeto/produtividade-de-razes-e-tubrculos-em-presidente-prudente-sp/1854>
- AQUINO, Annelise Farias et al. **O etanol da cana de açúcar: possibilidades energéticas da região de Ceará-Mirim-RN**. *Holos*, v. 1, p. 105-125, 2014.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. **Agricultura aprova política de incentivo a Microdestilaria e cooperativa de produtores de etanol**. Brasília: Agência Câmara de Notícias, 2018. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/547340-agricultura-aprova-politica-de-incentivo-a-microdestilaria-e-cooperativa-de-produtores-de-etanol/>
- BRASIL. Câmara dos Deputados. **Comissão de Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Desenvolvimento Rural, Minas e Energia aprova incentivo à produção de etanol em microdestilarias e cooperativas**. Brasília: Agência Câmara de Notícias, 2019. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=1641526&filename=PL%209625/2018](https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1641526&filename=PL%209625/2018)
- BRASIL. Câmara dos Deputados. **Entra em vigor a "Lei do Combustível do Futuro"**. Brasília: Agência Câmara de Notícias, 09 out. 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/547340-agricultura-aprova-politica-de-incentivo-a-microdestilaria-e-cooperativa-de-produtores-de-etanol/>
- BARBOSA, Robson dos Santos. **Otimização do pré-tratamento das ramas de batata-doce (*Ipomoea batatas* lam. (L)) utilizando ácido sulfúrico diluído**. 2016.
- BREDA, Adriana Soares *et al.* Estrutura de governança: análise na cadeia de suprimentos de batata-doce. **Desafio Online**, v. 9, n. 3, 2021
- CAJANGO, Talita Cavalcante *et al.* Desempenho agrônômico de cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas*) em Iporá-Goiás. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e10110716049-e10110716049, 2021.
- CBIE. Centro Brasileiro de Infraestrutura. **O que são Biocombustíveis?** Rio de Janeiro: CBIE, 2020. Disponível em: <https://cbie.com.br/o-que-sao-biocombustiveis/>
- CEASA. Centrais de Abastecimento S/A. Prohort: **Programa Brasileiro do Mercado de Hortigranjeiro: Preços mais comum no atacado (Ceasa) de referência dos estados Moeda Real**. 2022. Disponível em: <http://www.ceasa.org.br>

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada Esalq/USP. **INDICADOR SEMANAL DO ETANOL HIDRATADO COMBUSTÍVELCEPEA/ESALQ – SÃO PAULO**. São Paulo: Cepea, 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/etanol.aspx>

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Preços Agropecuários**. Brasília: CONAB, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/precos>

DE CAMPOS COLETI, Jamile; DE OLIVEIRA, Andrea Leda Ramos. Aplicação de Um Modelo de Equilíbrio Parcial para o Transporte de Etanol. **Simpósio de Pesquisa Operacional E Logística da Marinha-Publicação Online**, v. 2, n. 1, p. 778-789, 2016.

DE LIMA, Jeovah Ribeiro; DE CASTRO, Rosa Betânia Rodrigues; ROCHA, Eleusa Maria Ferreira. **Sistema Operacional de uma Usina de Etanol do Pontal do Triângulo Mineiro para Produção de Energia Renovável Operational**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 12, p. 122091-122101, 2022.

DE OLIVEIRA, Luiz César. **Indústria de etanol no brasil: uma estrutura de mercado em mudança**. Tese (Doutorado)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

DGE. Direção Geral da Educação. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável [ODS]**. Brasília: Diário da República, [s.d.]. Disponível em: [dge.mec.pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods](https://dge.mec.pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods), Acesso em: 23 jun. 2021.

DOS SANTOS, Kenia Gabriela *et al.* Avaliação do brix final, temperatura de destilação e teor alcoólico na produção de bioetanol. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 2, n. 3esp, p. 269-272, 2013.

DUARTE, Victória Huch *et al.* Biocombustíveis: **Uma revisão sobre o panorama histórico, produção e aplicações do biodiesel**. Meio Ambiente (Brasil), v. 4, n. 2, 2022.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Microusina de Álcool. Cana-de-açúcar Sorgo Sacarino**. Brasília: EMBRAPA, 1980.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Hortaliças: Principais regiões produtoras**. Brasília: EMBRAPA, 2021.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. IEA, 2023. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#ENERGETICA>

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Investimentos e Custos Operacionais e de Manutenção no Setor de Biocombustíveis: 2023 – 2032** (Nota Técnica EPE/DPG/SDB/2022/07). Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2022. Disponível em: Microsoft Word - NT-EPE-DPG-SDB-2022-07\_Investimentos\_Custos\_O\_e\_M\_Bios\_2023-2032\_19.12.2022.docx

FRANCO, Antonio Carlos; FRANCO, Luciane Silva. **Tecnologias na produção de etanol de batata-doce: estudo de processos entre Brasil e China**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v. 15, n. 2, 2021.

- GOLDEMBERG, José. Biomassa e energia. **Química nova**, v. 32, p. 582-587, 2009.
- HACKENHAAR, Celso. **Utilização do resíduo de biocombustível de batata-doce (Ipomoea batatas (Lam.)) como fonte de adubação orgânica na formação de pastagens de Brachiaria CONVERT HD 364 em solos do cerrado**. 2012.
- IAC. instituto agrônomo, Notícias IAC. **IAC e APTA Regional de Presidente Prudente lançam seis cultivares de batata-doce**. Campinas: IAC (2021). Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/noticiasdetalhes.php?tag=1417>
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE | Cidades@ | São Paulo | Pesquisa | Produção Agrícola - Lavoura Temporária | Abacaxi | 2020**. Brasília: IBGE, [s.d.]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/pesquisa/14/10193?ano=2020>
- IEA. Instituto de Economia Agrícola. **Alta na Produção e nas Exportações de Açúcar Marca a Safra 2020/21 de Cana**. São Paulo: IEA, 2021. Disponível em: Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15925#:~:text=Na%20safra%202020%2F21%2C%20a,186%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas5>
- LUCAS, Cecy de Sousa; MACHADO NETO, **Alfredo José. Prospecção de cenários do varejo farmacêutico em Franca/SP no período 2020-2024**. Future Studies Research Journal, v.14, n.1, p. 01–27, 2022.
- MAGALHÃES, Keile Aparecida Beraldo. **Análise da sustentabilidade da cadeia produtiva de etanol de batata-doce no município de Palmas-TO**. 2007.
- MARDEGAN, Gláucia Elisa. **Alternativas energéticas na América do Sul: a produção de biocombustíveis no Brasil e na Argentina**. Campinas, SP: [s.n.], 2016.
- MELO, Nícolhas Rocha. **Etanol 2G: Processo produtivo e seu contexto atual no Brasil**. 2020.
- MINAS GERAIS (estado). Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais. **Lei nº 15.456 de 12/01/2005**. Institui a Política Estadual de Incentivo às Microdestilarias de Álcool e Beneficiamento de Produtos Derivados da Cana-de-açúcar. Minas Gerais: SEFA, 2005. Disponível em: Disponível em: [https://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao\\_tributaria/leis/l15456\\_2005.html#:~:text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Estadual%20de,da%20Cana%2Dde%2DA%C3%A7ucar](https://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/leis/l15456_2005.html#:~:text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Estadual%20de,da%20Cana%2Dde%2DA%C3%A7ucar)
- MOTA, Claudio J.A.; MONTEIRO, Robson S. **Química e sustentabilidade: novas fronteiras em biocombustíveis**. **Química Nova**, v. 36, p. 1483-1490, 2013.
- NOVACANA. Agência Udop de Notícias. **ATR São Paulo: Valor de R\$ 1,2129/kg marca a abertura da safra de cana 2023/24**. São Paulo: Novacana, 2023. Disponível em: Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/atr-sao-paulo-valor-r-1-2129-kg-marca-a-abertura-safra-cana-2023-24-180523>
- OLIVEIRA, Lucas Mendes *et al.* **Estudo comparativo das diferentes tecnologias utilizadas para produção de etanol**. Geoambiente on-line, n. 19, p. 01-23, 2012.

PIACENTE, Erik Augusto. **Perspectivas do Brasil no mercado internacional de etanol**. Campinas, SP: Unicamp, 2006. v. 189.

RIZZOLO, J. A. **Estudos para o aproveitamento biotecnológico de variedades de batata-doce [ipomoea batatas (L.) lam] na fermentação alcoólica para a produção de etanol combustível e aguardente**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ROSA, Sérgio Eduardo Silveira da; GARCIA, Jorge Luiz Faria. **O etanol de segunda geração: limites e oportunidades**. 2009.

SANTOS, Rodolfo Esmarady Rocha dos. **Análise da viabilidade energética e econômica da produção de etanol em microdestilarias**. 2011.

SÃO PAULO (estado). **São Paulo expande produtividade da cana-de-açúcar com tecnologia, pesquisa e clima favorável**. São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.investe.sp.gov.br/noticia/sp-expande-produtividade-da-cana-de-acucar-com-tecnologia-pesquisa-e-clima-favoravel/>

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **1º Encontro regional de produtores de batata-doce**. São Paulo: Sebrae, 2023. Disponível em: <https://sp.agenciasebrae.com.br/dados/1o-encontro-regional-de-produtores-de-batata-doce-sera-realizado-em-presidente-prudente/>

SILVA, Graziella dos Santos Portes. **Concentração de amido e estimativa de rendimento de álcool em batata-doce cultivada com diferentes fontes e doses de potássio**. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2013.

SOUZA, Yuri Gomes de. **Obtenção e caracterização de compósitos de polipropileno reforçados com bagaço de cana-de-açúcar**. TCC (Graduação)- Curso de Engenharia Química, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

TABORDA, Loana Wollmann. **Avaliação da viabilidade técnica e econômica da produção de etanol em planta piloto a partir da batata-doce (Ipomoea batatas)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

UDOP. União dos Produtores de Bioenergia. **Curiosidades, Álcool Etílico e Álcool Metílico**. São Paulo: Udo, 2007. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2007/08/30/alcool-etilico-e-alcool-metilico.html>

UDOP. União dos Produtores de Bioenergia. **Tabela Consecana São Paulo**. São Paulo: Udo, [s.d.]. Disponível em: [https://www.udop.com.br/u\\_cana/tabela\\_consecana\\_saopaulo.pdf](https://www.udop.com.br/u_cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf)

UNICA. União da Indústria da Cana-de-Açúcar e Bioenergia. **Safra no CS processa mais de 548 mi de toneladas de cana**. São Paulo: UNICA, 2023. Disponível em: <https://unica.com.br/noticias/safra-no-cs-processa-mais-de-548-mi-de-toneladas-de>

