



**FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA  
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**SÉRGIO DE OLIVEIRA CHAVES**

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA O PLANTIO DA  
CANA-DE-AÇÚCAR**

**JOÃO PESSOA-PB  
2022**

SÉRGIO DE OLIVEIRA CHAVES

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA O PLANTIO DA  
CANA-DE-AÇÚCAR**

Monografia apresentada à Faculdade Nova Esperança como parte dos requisitos exigidos para a conclusão do curso de Bacharelado em Agronomia.

**Orientador:** Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira

JOÃO PESSOA-PB  
2022

C555d

Chaves, Sérgio de Oliveira

Desenvolvimento de protótipo para o plantio da cana-de-açúcar / Sérgio de Oliveira Chaves. – João Pessoa, 2022.  
54f.; il.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. M. Thyago Augusto Medeiros Lira.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)  
– Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Mecanização Agrícola. 2. Plantadora de Cana-de-Açúcar.  
3. Bioenergia. I. Título

CDU: 631

SÉRGIO DE OLIVEIRA CHAVES

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA O PLANTIO DA  
CANA-DE-AÇÚCAR**

Monografia apresentada à Faculdade Nova Esperança como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

João Pessoa, 03 de junho de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira | Facene  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Júlio César Rodrigues Martins | Facene  
(Examinador)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Débora Teresa da Rocha G. F. de Almeida | Facene  
(Examinadora)

## RESUMO

O desenvolvimento de máquinas de baixo custo para o plantio da cana-de-açúcar, afim de atender as realidades das regiões brasileiras, assume importância crescente. À medida que a agricultura vem se tornando mais competitiva, a introdução da mecanização no campo se transforma em um importante instrumento para a redução de custos operacionais em um canavial. Tomando como base este pressuposto, o objetivo do estudo visa desenvolver um protótipo de baixo custo para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar. O estudo foi realizado na Fazenda Lagoa do Canto, situada no município de Mulungú-PB. O protótipo de plantadora de cana-de-açúcar de baixo custo foi desenvolvido para realizar as seguintes operações em cada passada: abertura de sulco; aplicação de fertilizante; corte do colmo; distribuição do colmo; aplicação de produtos agrícolas (inseticida, cupinicida e adubo mineral); e fechamento do sulco, operando em duas fileiras de plantio simultaneamente. Para a construção da estrutura do protótipo, foi utilizado como base, uma plantadora de mandioca da marca Tatu Marchasan®, modelo PTM e um sulcador de três linhas, modelo convencional com asa reta, fabricado pela Dria® Implementos Agrícola Ltda. A partir das modificações, adaptações, inclusões e fabricação de peças e acessórios, foram realizados testes de campo prévios e o protótipo apresentou um bom funcionamento operacional. O custo total para obtenção do protótipo foi de R\$ 41.564,98.

**Palavras-chave:** mecanização agrícola; plantadora de cana-de-açúcar; bioenergia.

## ABSTRACT

The development of low-cost machines for planting sugarcane, in order to meet the realities of Brazilian regions, assumes increasing importance. As agriculture becomes more competitive, the introduction of mechanization in the field becomes an important instrument for reducing operating costs in a sugarcane field. Based on the project, the objective of the study is to develop a low-cost project for the mechanized planting of sugarcane. The low-cost sugarcane planter business was developed to carry out the following operations in each previous operation: furrow opening; fertilizer application; neck cut; stem distribution; Implementation of agricultural products (insecticide, termite and mineral fertilizer) and furrow replacement operation, operating in two product replacements simultaneously. The construction of the structure for implementation was used as a base of cassava brand Tatu Marchasan®, model PTM and a furrower, conventional model with straight, manufactured by Dria® Agrícola Ltda. From the operational parts, in presentations and manufacturing of parts and pieces, previous field tests were carried out. Total cost for entertainment done. The amount was R\$ 41.565,00.

**Keywords:** agricultural mechanization; sugarcane planter; bioenergy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Plantadora de mandioca – Tatu Marchasan® – Modelo PTM.....	17
Figura 2 – Sulcador de três linhas, modelo convencional com asa reta, fabricado pela Dria® Implementos Agrícola Ltda. ....	18
Figura 3 – Pontos de acoplamento originais da plantadora de mandioca.....	21
Figura 4 – Pontos de acoplamento antes e após modificação. A) Vista frontal dos pontos de acoplamento originais da plantadora de mandioca; B) Vista frontal dos pontos de acoplamento do protótipo após modificação; C) Vista lateral esquerda dos pontos de acoplamento originais da plantadora de mandioca; D) Vista lateral esquerda dos pontos de acoplamento do protótipo após modificação. ....	22
Figura 5 – Plataforma de ramas antes e após modificação. A) Vista lateral direita da plataforma de ramas original da plantadora de mandioca; B) Vista lateral direita da plataforma de ramas do protótipo após modificação. ....	24
Figura 6 – Piso/assoalho central de apoio antes e após modificação. A) Vista frontal do piso/assoalho central de apoio original da plantadora de mandioca; B) Vista frontal do piso/assoalho central de apoio do protótipo após modificação. ....	25
Figura 7 – Depósito de abudo da plantadora de mandioca e sistema de transmissão (engrenagens).....	27
Figura 8 – Reservatório para produtos agrícolas do protótipo. ....	28
Figura 9 – Base para suporte do reservatório de produtos agrícolas. ....	29
Figura 10 – Suporte para reservatório de produtos agrícolas. ....	30
Figura 11 – Fixação de bomba elétrica na parte frontal inferior do chassi, para a aplicação e dos produtos agrícolas. ....	31
Figura 12 – Vista superior do sistema de corte (facas de corte) nas linhas de plantio. A) sistema de corte com facas originais da plantadora de mandioca; B) Sistema de corte após retirada de quatro facas. ....	33
Figura 13 – Engrenagem motora. A) Engrenagem motora original da plantadora de mandioca; B) Engrenagem motora do protótipo para plantio da cana-de-açúcar. ....	33
Figura 14 – Calha de descida dos toletes de cana-de-açúcar. A) Calha de descida dos toletes de cana-de-açúcar após prolongamento; B) Comparativo da calha de descida antes e após modificação. ....	34
Figura 15 – Varão de ajuste de profundidade das linhas de plantio. A) Varão de ajuste de profundidade original; B) Varão de ajuste de profundidade após modificação. ....	36
Figura 16 – Varões de ajuste de profundidade após modificação. ....	37
Figura 17 – Sistema de abertura e fechamento do sulcos da plantadora de mandioca e protótipo para plantio da cana-de-açúcar. A) Sistema de abertura e fechamento dos sulcos da plantadora de mandioca; B) Sistema de abertura e fechamento dos sulcos do protótipo para plantio da cana-de-açúcar. ....	38
Figura 18 – Suportes de sustentação dos discos cobridores. A) Suportes de sustentação dos discos cobridores da plantadora de mandioca; B) Suportes de sustentação dos discos cobridores do protótipo para plantio da cana-de-açúcar.....	39

Figura 19 – Suporte da cadeira dos operadores de plantio. A) Suporte da cadeiras dos operadores de plantio da plantadora de mandioca; B) Suporte da cadeiras dos operadores de plantio do protótipo da pantadora de cana-de-açúcar. ....	40
Figura 20 – Suportes das cadeiras dos operadores e linhas de plantio do protótipo. ....	41
Figura 21 – Circuito de pulverização do protótipo para plantio da cana-de-açúcar. A) Suporte de fixação das mangueiras; B) Mangeira e anti-gotejo com pontas (bicos). ....	42
Figura 22 – Sulcador e plantadora acoplados. ....	43
Figura 23 – Deposito de abubo no Sulcador. A) Vista lateral direita do sulcador; B) Vista lateral esquerda do sulcador. ....	44
Figura 24 – Motor hidráulico instalado no sulcador para distribuição de adubo. ....	45
Figura 25 – Mangueiras hidráulicas de alta pressão ligadas ao sistema hidráulico do trator...	46
Figura 26 – Suporte para acoplamento da plantadora ao sulcador. A) Pontos de acoplamento no sulcador; B) Plantadora acoplada ao sulcador. ....	47
Figura 27 – Protótipo para plantio da cana-de-açúcar acoplado ao trator agrícola. ....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos materiais utilizados para a modificação no ponto de acoplamento da plantadora, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	23
Tabela 2 – Descrição dos materiais utilizados para a modificação na plataforma de ramas da plantadora de mandioca, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	25
Tabela 3 – Descrição dos materiais utilizados para modificação no reservatório de produtos agrícolas, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	30
Tabela 4 – Descrição dos materiais utilizados para modificação no reservatório de produtos agrícolas, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	32
Tabela 5 – Descrição dos materiais utilizados para ajuste da distribuição dos colmos da cana-de-açúcar nas linhas de plantio, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	34
Tabela 6 – Descrição dos materiais utilizados para alteração na calha de descida dos toletes da cana-de-açúcar, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	35
Tabela 7 – Descrição dos materiais utilizados para alteração no varão de ajuste de profundidade das linhas de plantio, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	37
Tabela 8 – Descrição dos materiais utilizados para alteração no suporte dos discos de cobertura, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	39
Tabela 9 – Descrição dos materiais utilizados para alteração no suporte de fixação das linhas de plantio, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	41
Tabela 10 – Descrição dos materiais utilizados no circuito de pulverização, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	42
Tabela 11 – Descrição dos materiais utilizados na instalação do depósito de adubo, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	47
Tabela 12 – Descrição dos materiais utilizados na instalação do suporte para acoplamento da plantadora, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). .....	48
Tabela 13 – Descrição dos materiais utilizados na construção do protótipo de baixo custo para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar, bem como a quantidade e valores em reais (R\$). ....	49



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>vi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
3.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ( <i>Saccharum sp.</i> ).....	12
3.2 SISTEMAS DE PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL.....	12
3.3 PLANTADORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	14
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	16
4.2 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	16
4.3 MODIFICAÇÕES E ADAPTAÇÕES NA PLANTADORA DE MANDIOCA E SULCADOR.....	18
4.4 ANÁLISE DE CUSTOS.....	20
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>21</b>
5.1 MODIFICAÇÕES NA ESTRUTURA E CHASSI DA PLANTADORA DE MANDIOCA.....	21
<b>5.1.1 Ponto de acoplamento da plantadora.....</b>	<b>21</b>
<b>5.1.2 Plataforma de ramas da plantadora de mandioca.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1.3 Piso/assoalho central de apoio.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1.4 Depósito de adubo.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1.5 Reservatório para produtos agrícolas.....</b>	<b>28</b>
<b>5.1.6 Instalação da bomba elétrica e sistema de aplicação dos produtos agrícolas.....</b>	<b>31</b>
5.2 MODIFICAÇÕES NAS LINHAS DE PLANTIO DA PLANTADORA DE MANDIOCA .....	32
<b>5.2.1 Retirada das facas de corte das manivas nas linhas de plantio.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.2 Ajuste da distribuição dos colmos da cana-de-açúcar.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2.3 Calha de descida dos toletes da cana-de-açúcar.....</b>	<b>34</b>
<b>5.2.4 Varão de ajuste de profundidade das linhas de plantio.....</b>	<b>35</b>
<b>5.2.5 Suporte dos discos de cobertura.....</b>	<b>38</b>

<b>5.2.6 Suporte de fixação das linhas de plantio.....</b>	<b>40</b>
<b>5.2.7 Circuito de pulverização.....</b>	<b>42</b>
5.3 MODIFICAÇÕES NO SULCADOR DE TRÊS LINHAS, MODELO CONVENCIONAL COM ASA RETA.....	43
<b>5.3.1 Depósito de adubo .....</b>	<b>43</b>
<b>5.3.2 Suporte para acoplamento da plantadora .....</b>	<b>47</b>
5.4 CUSTO TOTAL DO PROTÓTIPO DA PLANTADORA DE CANA-DE-AÇÚCAR....	48
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Cultivo da cana-de-açúcar no Brasil está em curso desde a colonização do país. Foi introduzido no país pelos portugueses por volta de 1515, e por dois séculos dominou a economia brasileira, tendo como finalidade a produção de açúcar e de cachaça. Nas últimas décadas a indústria canavieira se reinventou com novas tecnologias e novos mercados, e é cada vez mais relevante para o agronegócio e para a matriz energética do país (SOUZA; MACEDO, 2009).

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo (ABRAMOVAY, 2009), correspondendo a um total de 45% de todo o produto comercializado no mundo (CIB, 2021). Com produção nacional para o ano de 2020 de 642,7 milhões de toneladas, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021). Ao observar a produção por estado brasileiro, a Paraíba é o terceiro produtor de cana-de-açúcar da região Nordeste, com 6,7 milhões de toneladas, em uma área de 122,8 mil hectares, perdendo para o estado de Alagoas e o estado de Pernambuco. Destaca-se que a destinação da produção da cana-de-açúcar na Paraíba está direcionada principalmente para obtenção de etanol, com a produção de 442,7 milhões de litros, e obtenção de açúcar, com produção de 141,1 mil toneladas de açúcar (CONAB, 2020).

Dentre as operações envolvidas no sistema de produção agrícola da cana-de-açúcar, atualmente, todas podem ser mecanizadas. As etapas envolvidas no plantio, somente nos últimos anos, passaram a contar com a opção de mecanização total, pois até então, eram, na grande maioria, executadas de forma semimecanizada (sulcação, adubação e cobertura de sulco mecanizados e, distribuição, alinhamento e picamento das mudas manuais) (RIPOLI *et al.*, 2006).

Na região Nordeste existem grandes entraves relacionados ao cultivo e à produção da cana-de-açúcar. Existem problemas relacionados ao alocamento de mão de obra no plantio convencional para o desenvolvimento das operações/etapas que vão do plantio à colheita, principalmente para os pequenos produtores (CNA, 2019), bem como também problemas relacionados à utilização de máquinas e implementos para o plantio da cultura.

Garcia (2008), destaca que dentre os motivos para o impulso da mecanização dos sistemas de plantio e colheita da cana-de-açúcar estão os menores custos e a falta de mão de obra. No sistema de plantio da cana-de-açúcar de forma totalmente mecanizada, a plantadora executa simultaneamente as operações de abertura dos sulcos, aplicação de fertilizantes, distribuição das mudas, aplicação de defensivos e fechamento dos sulcos (OLIVEIRA, 2012).

Segundo Compagnon (2015), no Brasil têm-se as seguintes empresas que comercializam plantadoras de cana-de-açúcar picada: DMB, SANTAL (AGCO), TRACAN (Case), SERMAG,

CIVEMASA, SOLLUS, ANTONIOSI e JOHN DEERE. São plantadoras que apesar de terem sofrido ajustes para melhorar a distribuição, no que se refere a quantidade de cana semente distribuída sem avarias nas gemas durante o plantio e ao rendimento operacional, ainda não conseguiram chegar a um resultado quantitativo viável para poder validar estas plantadoras.

A operação de plantio mecanizado apresenta benefícios, sendo o maior a redução da mão de obra utilizada. Porém, as máquinas que são comercializadas no território brasileiro apresentam custos elevados de aquisição para o pequeno e médio produtor, e, em muitos casos, a máquina apresenta problemas operacionais, devido a não atender à realidade da região.

Na região Nordeste, em especial no estado da Paraíba, as áreas em que são cultivadas a cana-de-açúcar, apresentam algumas características que podem desfavorecer a introdução de máquinas para o plantio da cana-de-açúcar, como por exemplo, o tipo de solo, a declividade da área, a presença de aflorações rochosas, entre outras. Sendo o sistema de plantio, nos dias atuais, predominantemente semimecanizado, ou seja, utiliza o processo manual e mecânico em suas etapas.

É sabido, portanto, que o desenvolvimento de máquinas de baixo custo para o plantio da cana-de-açúcar, a fim de atender às realidades das regiões brasileiras, assume importância crescente. À medida que a agricultura vem se tornando mais competitiva, a introdução da mecanização no campo se transforma em um importante instrumento para a redução de custos operacionais em um canavial. Pois, Salvi et al. (2019) revelam que o processo de plantio da cana-de-açúcar pode representar aproximadamente 14,5% dos custos de produção da cultura.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um protótipo de baixo custo para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Viabilizar a melhoria e a redução de custos de plantio da cana-se-açúcar;
- Realizar estudo de custo de fabricação do protótipo;
- Quantificar os valores investidos para a obtenção do protótipo;
- Executar testes prévios do funcionamento do protótipo.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum sp.*)

A cana-de-açúcar é uma planta da família Poaceae e uma das culturas mais importantes para produção de biocombustíveis (ARRUDA, 2012). Além de ser fonte de energia renovável, a cana-de-açúcar também é utilizada em indústrias alimentícias, representando um componente significativo da economia em mais de 100 países de regiões tropicais e subtropicais (WACLAWOVSKY *et al.*, 2010).

Caracterizada como uma das plantas cultivadas mais antigas, a cana-de-açúcar apresenta diversos centros de origem. A região do Sudeste da Ásia apresenta-se como a mais provável para o surgimento da espécie *Saccharum sp.* A partir da difusão e adaptação no globo terrestre, atualmente, tem-se a produção concentrada nas regiões tropicais e subtropicais, com destaque para países como Brasil, Índia, China e Tailândia. No Brasil, fatores edafoclimáticos influenciaram para que a cultura se concentre principalmente no Estado de São Paulo, no sul de Goiás, no Triângulo Mineiro, no Mato Grosso do Sul e na região norte do Paraná (EMBRAPA, 2016).

No Brasil, a cana-de-açúcar configura-se como uma das principais culturas cultivadas, o qual apresenta-se como o maior produtor mundial da cultura. Cerca de 8.605 milhões de hectares de área de terras brasileiras foram utilizadas na safra 2020/21 para a produção (CONAB, 2020), considerando a grande importância para fabricação de açúcar e etanol nas usinas e destilarias, respectivamente.

#### 3.2 SISTEMAS DE PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

A operação de plantio de cana-de-açúcar é essencial para o sucesso do ciclo da cultura, visto que as decisões gerenciais nesta etapa terão consequências em todo o ciclo da cultura (COLETI; STUPIELLO, 2006). Um canavial implantado sem os conhecimentos básicos de plantio, poderá ter a longevidade reduzida, determinando como consequência a elevação dos custos de produção (QUINTELA *et al.*, 1997).

As práticas de plantio são importantes na determinação do sucesso do cultivo da cana-de-açúcar, pois a partir de um bom plantio pode-se obter uma população de plantas adequada, ausência de pragas durante a fase inicial da cultura, bom uso do solo, dentre outras características que permitem conduzir o canavial à boa colheita (CARLIN *et al.*, 2004). Uma vez plantada, a cana, tem que emitir os brotos que futuramente originarão os colmos

(DILLEWIJIN, 1952). Normalmente, o plantio é feito por meio de rebolos contendo duas ou três gemas, que assim que encontram condições edafoclimáticas favoráveis nos locais de plantio entram em processo de brotação, mobilizando as reservas dos rebolos para emissão dos brotos.

Para o planejamento de plantio da cana-de-açúcar, existem diversas etapas operacionais, que vão desde o dimensionamento de recursos humanos e de máquinas, até a logística a ser empregada, que devem ser realizadas com critérios, pois representam o sucesso de todo um investimento, a fim de se obter uma produtividade e uma lucratividade satisfatórias (NUNES JR, 2008; RAVELI *et al.*, 2013).

A crescente demanda de produtos agropecuários, relacionada ao aumento populacional vem sendo solucionada a partir do uso de novas tecnologias que estão diretamente ligadas à redução de custos, expansão da produção e aumento da produtividade (POSSUELO, 2008). Como estratégia de manter a produção viável e competitiva a mecanização promove três formas de viabilidade: a redução do custo por unidade de produção; a habilidade de expandir o volume total produzido; e a alteração estável da mão de obra pelo trabalho mais estável e eficiente de máquinas, implementos ou ferramentas (THOMPSON, 2000).

É importante destacar que no Brasil, existem três tipos de sistemas de plantio da cana-de-açúcar: o plantio manual, o semimecanizado e o mecanizado; os quais apresentam relação direta com a realidade de cada região do país. O plantio manual é empregado em poucas regiões, sobretudo, onde são verificadas declividades acentuadas do terreno, fato que ocasiona a impossibilidade da utilização de máquinas, sendo realizado empregando-se somente etapas manuais e tração animal (RIPOLI *et al.*, 2007). O sistema de plantio manual foi o mais utilizado na lavoura canavieira até meados do século XX, sendo utilizadas em áreas declivosas da região Norte-Nordeste. Nesse sistema, a capacidade de trabalho de um homem é de 0,067 ha. h<sup>-1</sup>, com um tempo total de 45 horas por hectare plantado (MIALHE, 2012).

O sistema de plantio semimecanizado da cana-de-açúcar, é representado por um conjunto de operações agrícolas que são caracterizadas por: sulcação, adubação e cobertura de sulco mecanizados, e, distribuição, alinhamento e picação das mudas manuais (FRAZÃO *et al.*, 2019). Dentro do sistema de plantio semimecanizado, em sua parte de processo manual das operações, as mudas quando levadas ao campo, por carreta ou caminhão, entram no talhão no sentido das fileiras, onde a operação de sulcação é realizada por sulcadores, sendo seguidas por dois a seis homens que vão retirando as mudas da carroceria e as distribuindo nas fileiras de sulcos, cruzando a base da cana com a ponta seguinte. O processo é realizado dessa forma devido às gemas das bases serem velhas e às gemas das pontas serem jovens, buscando-se assim uma maior uniformidade na brotação (BRIEGER; PARANHOS, 1964).

No processo de distribuição, outra equipe de operários percorre os sulcos, e com facões desinfetados, cortam os rebolos de aproximadamente três gemas. Após esta operação denominada de “picamento” as mudas serão cobertas com aproximadamente oito centímetros de solo, a depender do tipo de preparo do solo e das condições climáticas da época. A cobertura deve ser feita em seguida ao plantio, devido ao ressecamento do sulco, sendo realizada com tratores equipados com implemento para cobrir dois ou quatro sulcos, simultaneamente, caminhando as rodas do trator por dentro dos sulcos (BRIEGER; PARANHOS, 1964)

No sistema de plantio mecanizado, tal operação é realizada por uma máquina denominada plantadora, que executa todas as operações: sulcação, aplicação de fertilizantes, distribuição das mudas, aplicação de defensivos e cobertura dos sulcos (RIPOLI *et al.*, 2007).

O sistema de plantio mecanizado em função da deposição das mudas nos sulcos, pode ser classificado conforme o tipo de plantadoras utilizadas, se semiautomática ou se automática. A plantadora semiautomática é uma máquina que exige a mão de obra para o manuseio dos órgãos de propagação vegetativa (colmos ou rebolos), e a plantadora automática é uma máquina que executa todas as operações (abertura do sulco, deposição do adubo, distribuição das mudas, fechamento do sulco e pulverização com fungicida/inseticida) em uma só passada, sendo a mão de obra utilizada ficando apenas a cargo do operador do trator e da máquina (MIALHE, 2012).

### 3.3 PLANTADORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

O plantio mecanizado da cultura cana-de-açúcar tem aumentado nos últimos anos devido à redução de mão de obra, à introdução de leis trabalhistas e aos custos operacionais do sistema manual convencional (SERAFIM *et al.*, 2013). Em estudo, Benedine (2008) revela que os primeiros experimentos com plantio mecanizado no Brasil iniciaram-se entre 1989 e 1990, em área experimental de 45 hectares. Os estudos foram incentivados pelo antigo Centro de Tecnologia da Copersucar, hoje Centro de Tecnologia Canavieira (CTC).

Na literatura disponível, é possível verificar os estudos que avaliam e apresentam máquinas para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar. Em estudo, Robotham (2004) avaliando máquinas para plantio de cana inteira com sulcadores convencionais e alimentação do corte de mudas manual, plantio de mudas em rebolos com sulcadores convencionais e as de plantio direto com sulcadores de dois discos e alimentação do corte de mudas manual; verificou que a máquina com sulcadores de dois discos usada para o plantio direto produz resultados similares aos da máquina de plantio de cana inteira quanto ao estabelecimento da cultura e quanto à mobilização do solo, e apresenta resultados melhores que as de plantio em rebolos à



mobilização do solo.

Compagnon (2015) avaliando as etapas da operação de plantio mecanizado, desde à abertura, às dimensões e ao formato do sulco, bem como da qualidade e da uniformidade da distribuição de rebolos; e do fechamento do sulco, variando a velocidade de plantio e a profundidade de sulcação, para um protótipo de plantio de cana-de-açúcar; verificou que o aumento da velocidade de plantio acarretou incremento na área mobilizada e diminuição da altura de cobertura. O aumento da profundidade de sulcação acarretou incremento na área mobilizada, largura do sulco, profundidade de sulcação e altura de cobertura. A operação de plantio manteve padrões de uniformidade quanto à abertura de sulco, distribuição de mudas e altura de cobertura, nas profundidades de plantio e velocidade de operação.

Segundo Zoia (2013), a implantação mecanizada do canavial deve levar em conta o planejamento da área através do levantamento topográfico, principalmente com relação à declividade e definição dos talhões, sendo que, os de maior comprimento são mais interessantes, pois propiciam capacidade operacional maior, ou seja, mais tempo efetivo de trabalho e menor tempo com manobras. A definição dos talhões deve levar em conta também as demais operações agrícolas, como cultivos e colheita.

Ripoli (2006) relata que o plantio mecanizado da cana-de-açúcar é tendência irreversível nas áreas mecanizáveis, devido ao menor custo da operação e alto desempenho operacional das plantadoras em relação aos demais sistemas de plantio. Porém, a ideia de que o plantio mecanizado ainda tem que vencer alguns obstáculos para a completa adoção foi alvo da afirmação de Norris *et al.* (2000), constatando que o plantio mecanizado de cana-de-açúcar ainda precisa atender a algumas necessidades demandadas pelos produtores ainda não satisfeitas, destacando-se entre elas a falta de máquinas para o plantio em altas densidades, o plantio direto na palha, e o sistema de plantio de linhas duplas ou múltiplas para controle de tráfego, bem como, as máquinas que apresentam baixo custo de aquisição.

Nesse ensejo, estudos que buscam a introdução de máquinas mais eficientes e que atendam às realidades dos produtores rurais para o plantio da cana-de-açúcar, a fim de viabilizar economicamente o cultivo da cultura, são de grande valia. Pois para plantar a cana-de-açúcar como qualquer outra cultura, têm-se que executar diversas operações, planejamentos e estudos para sistematizar a área com o objetivo de obter a produtividade e a rentabilidade desejadas.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Fazenda Lagoa do Canto situada no município de Mulungú-PB, localizada nas coordenadas S 07°01'42.74'' O 35°22'44.58'', no Estado da Paraíba. A pesquisa foi caracterizada, quanto aos objetivos como exploratória, e quanto aos procedimentos técnicos adotados e à forma de coleta de dados, é delimitada como um estudo de caso (GIL, 2007).

Foi desenvolvido um protótipo de plantadora de cana-de-açúcar de baixo custo, com a capacidade de realizar as seguintes operações em cada passada: abertura de sulco; aplicação de fertilizante; corte do colmo; distribuição do colmo; aplicação de produtos agrícolas (inseticida, cupinicida e adubo mineral); e fechamento do sulco. Destaca-se que o protótipo, foi projetado/adaptado para operar em duas fileiras de plantio simultaneamente, que pode ser ajustado para atingir uma amplitude em espaçamento de 0,5 a 1 metro.

### 4.2 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Para a construção da estrutura do protótipo, foi utilizado como base, uma plantadora de mandioca da marca Tatu Marchasan®, modelo PTM e um sulcador de três linhas, modelo convencional com asa reta, fabricado pela Dria® Implementos Agrícola Ltda (Figura 1 e 2).

A plantadora de mandioca utilizada como base, constitui-se basicamente pelos seguintes componentes:

- Chassi tipo monobloco de estrutura tubular e mecânica, permitindo uma configuração para duas unidades de plantio;
- Cabeçalho com três pontos de acoplamento ao trator;
- Rodagem acoplada ao chassi da máquina, responsável pela transmissão de acionamento dos elementos de corte de manivas e distribuidores de fertilizantes;
- Depósito de fertilizante composto por caixa de polietileno com dosadores de rosca sem fim flutuante;
- Sistema de corte de manivas com rotor dotado de facas tipo guilhotina e puxadores flexíveis para admissão das ramas;
- Câmbio de regulagem para distribuição de fertilizante e maniva dotadas de rodas

dentadas, correntes de rolo e esticador para troca rápida da mudança de velocidade dos dosadores;

- Bancos para operadores dotados de cinto de segurança e montados sobre plataformas;
- Bandejas porta-ramas composta por base articulada e fueiros laterais;
- Bocal de abastecimento para admissão das ramas localizado sobre a plataforma e a frente dos assentos dos operadores;
- Unidade de distribuição de manivas composta por disco duplo paralelo dotado de um condutor tipo tobogã para o escoamento das manivas e discos aterradores de posicionamento regulável;
- Haste sulcadora adubadora para deposição do fertilizante composta por: suporte de fixação, haste com ponteira escamoteável e condutor, além de sistema com recurso de regulagem para adubação lateral;
- Roda terminadora de sulco, com a função específica de eliminar bolsões de ar e contribuir para um melhor contato da maniva com o solo.



Figura 1 – Plantadora de mandioca – Tatu Marchesan® – Modelo PTM.  
Fonte: Marchesan (2017).



Figura 2 – Sulcador de três linhas, modelo convencional com asa reta, fabricado pela Dria® Implementos Agrícola Ltda.  
Fonte: Dria® (2021).

O sulcador utilizado é constituído por chassi tipo monobloco de estrutura tubular e cabeçalho com três pontos de acoplamento ao trator. O equipamento apresenta três hastes sulcadoras com asa reta fixadas ao chassi através de braçadoras, possibilitando aos ajustes de espaçamento e remoção das mesmas, as pontas ou bicos são passível de substituição conforme a Figura 2.

#### 4.3 MODIFICAÇÕES E ADAPTAÇÕES NA PLANTADORA DE MANDIOCA E SULCADOR

As modificações e adaptações que foram realizadas na máquina e implemento foram:

1. Ponto de acoplamento na fonte de potência, que conforme apresentado na Figura 2, o implemento sulcador é acoplado ao trator pelo sistema hidráulico de três pontos (SHTP). Logo, para que a plantadora de cana-de-açúcar pudesse ser acoplada por trás ao sulcador foi feito o deslocamento do cabeçalho da plantadora juntamente com os pontos de acoplamento;
2. Devido aos colmos da cana-de-açúcar serem maiores que as ramas de maniva, foi necessária a retirada de uma haste do sulcador, a fim de obter espaço no chassi do sulcador que serviu de apoio para a plataforma de colmos da cana-de-açúcar;

3. Foi retirado o depósito de adubo da plantadora juntamente com o sistema de acionamento de distribuição de adubo e em seguida adaptado no sulcador. No lugar do depósito de adubo que foi retirado da plantadora de mandioca foi colocado um tanque de polietileno com capacidade de 140 litros para aplicação dos produtos agrícolas (inseticida, cupinicida e adubo mineral) utilizados no sulco de plantio. O acionamento foi feito por uma bomba elétrica da marca Earth®, modelo ZQ – 7002 12 volts, 5 amperes e 150 psi de pressão, e a distribuição dos produtos feita através de mangueiras de alta pressão até as ponteiros de pulverização;
4. Para o sulcador, além do depósito de adubo, foi retirado da plantadora de mandioca as engrenagens que fazem as regulagens do adubo a ser distribuído no sulco de plantio aberto pelo equipamento, em que ficou sendo acionado por um motor hidráulico da marca Parker®, modelo TG0280 MS 010;
5. Visando à amplitude de espaçamento de plantio da plantadora de mandioca, que originalmente trabalha de 0,8 a 0,9 metro, foi modificada a plataforma (assoalho) que serve de apoio de pés para os trabalhadores que ficam sentados na plantadora de mandioca. Ressalta-se que com esta modificação juntamente com a modificação do tópico 1 (alteração do cabeçalho da plantadora de mandioca) se permitiu que o protótipo pudesse operar com uma amplitude maior no espaçamento para o plantio da cana-de-açúcar, que ficou de 0,5 a 1,0 metro;
6. Para atender à etapa/operação do corte do colmo, foi modificado o sistema de corte da maniva da plantadora de mandioca, que originalmente cortava a maniva em 15 centímetros. Para obter em média 30 centímetros de comprimento do colmo da cana-de-açúcar após corte, foi retirada a metade das facas de corte dos rotores, deixando apenas duas facas em cada rotor;
7. Originalmente, a plantadora apresentava relações de engrenagens que proporcionavam o plantio de manivas de mandioca com distância entre plantas de 0,3 a 1,0 metro. A fim de atender à etapa/operação da distribuição contínua dos colmos de cana-de-açúcar, foram feitas modificações no sistema de transmissão de movimento da plantadora de mandioca. Foram fabricadas duas engrenagens, com 35 dentes, uma para cada linha de plantio para se obter a relação de engrenagem desejada e atender à distribuição exigida pela cultura da cana-de-açúcar;
8. Visando à etapa/operação do fechamento e cobertura do sulco aberto, e à finalização das etapas/operações no plantio da cana-de-açúcar, foram alongados os suportes dos discos de cobertura para alcançar o cobrimento total do sulco.

#### 4.4 ANÁLISE DE CUSTOS

A partir das modificações, adaptações, inclusão e fabricação de peças e acessórios, foram realizados testes operacionais em campo com o protótipo e em seguida foi feita a análise descritiva referente ao custo total para a sua construção. Ressalta-se que não foi incluído o custo com honorários relacionados ao projeto mecânico realizado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a construção do protótipo de uma máquina de baixo custo para o plantio da cana-de-açúcar foram realizadas modificações e adaptações na plantadora de mandioca (Tatu Marchesan® – Modelo PTM – Figura 1, página 14) e no sulcador de três linhas (modelo convencional com asa reta, fabricado pela Dria® Implementos Agrícola Ltda – Figura 2, página 15). Ressalta-se que tais modificações/adaptações, foram realizadas devido às diferenças das operações a serem realizadas pelas máquinas e implementos no plantio da mandioca e da cana-de-açúcar.

O plantio convencional da cana-de-açúcar é dividido nas etapas/operações de abertura de sulco; aplicação de fertilizante; corte do colmo; distribuição do colmo; aplicação de produtos agrícolas e fechamento do sulco; sendo cada etapa/operação realizada de forma individualizada. Por isso, a plantadora de mandioca e o sulcador foram modificados para que todas as etapas sejam realizadas em apenas uma passada da máquina/protótipo.

### 5.1 MODIFICAÇÕES NA ESTRUTURA E CHASSI DA PLANTADORA DE MANDIOCA

#### 5.1.1 Ponto de acoplamento da plantadora

A primeira modificação foi realizada no cabeçalho da plantadora de mandioca (Figura 3).



Figura 3 – Pontos de acoplamento originais da plantadora de mandioca.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A mudança foi iniciada pela retirada dos três pontos de acoplamento originais da plantadora de mandioca, extração que se deu através de uma lixadora elétrica equipada com disco de corte de 7” da marca starret, e em seguida foi inserida uma nova estrutura (aproveitando os três pontos de acoplamento originais com modificações) (Figura 4).



Figura 4 – Pontos de acoplamento antes e após modificação. A) Vista frontal dos pontos de acoplamento originais da plantadora de mandioca; B) Vista frontal dos pontos de acoplamento do protótipo após modificação; C) Vista lateral esquerda dos pontos de acoplamento originais da plantadora de mandioca; D) Vista lateral esquerda dos pontos de acoplamento do protótipo após modificação.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).



A nova estrutura ficou constituída por duas barras chatas de 30 centímetros de comprimento, com 4” de largura e 1/2” de espessura, uma cantoneira de ferro (3.1/2”x 1/2”), medindo 2,7 metros de comprimento e três pontos de acoplamento com encurtamento de seis centímetros no primeiro e segundo ponto e de 20 centímetros no terceiro ponto, sendo toda a estrutura fixada ao chassi original da plantadora por meio de solda de eletrodo (7018 de 3,25 milímetros).

Ressalta-se que as duas barras chatas de 30 centímetros e a cantoneira de ferro com 2,7 metros, foram utilizadas para que a torre de acoplamento pudesse ser deslocada horizontalmente 15 centímetros, facilitando o acoplamento ao sulcador bem como deixando livre a estrutura original da plantadora de mandioca para o ajuste de espaçamento demandados pela cultura da cana-de-açúcar. Já os pontos de acoplamento foram encurtados, com o intuito de alinhamento longitudinal da plantadora em relação ao sulcador.

Na Tabela 1, está apresentado a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 1 – Descrição dos materiais utilizados para a modificação no ponto de acoplamento da plantadora, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Cantoneira de ferro 3.1/2”x 1/2”	2,7	m	92,60	250,02
Barra de ferro 4”x1/2”	0,6	m	83,33	49,99
Custo total (R\$):	-	-	-	300,01

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7” da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

### 5.1.2 Plataforma de ramas da plantadora de mandioca

A plataforma de ramas da plantadora de mandioca foi projetada originalmente pelo fabricante para atender a demanda no plantio da mandioca. Essa plataforma é utilizada para armazenamento de manivas que irão alimentar a plantadora. Porém, para que essa plataforma possa armazenar colmos de cana-de-açúcar foi necessária a instalação de reforços laterais nas duas plataformas de ramas (Figura 5).



Figura 5 – Plataforma de ramas antes e após modificação. A) Vista lateral direita da plataforma de ramas original da plantadora de mandioca; B) Vista lateral direita da plataforma de ramas do protótipo após modificação.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Para a confecção do reforço, foi utilizado um tubo de ferro retangular 70 x 30 milímetros chapa 14, e um metro de comprimento. O tubo foi dividido em quatro partes iguais tendo 0,25 metro (cada parte) e em seguida o tubo foi cortado com lixadora e disco de corte, para a obtenção de quatro reforços de 0,25 metros (Figura 5).

Os reforços foram fixados na plataforma da plantadora por meio de solda de eletrodo 7018 de 3,25 milímetros, em que foram fixados dois reforços no lado direito e dois reforços no lado esquerdo. Ressalta-se que as modificações na plataforma de ramas foram realizadas devido aos colmos da cana-de-açúcar serem maiores e mais pesados que as manivas e para comprovar isso, a maniva de mandioca e o colmo da cana-de-açúcar utilizados tiveram suas massas aferidas. Fazendo-se um comparativo da massa da maniva da mandioca (0,405 kg) tendo um metro de comprimento e o da massa do colmo da cana-de-açúcar (0,705 kg) tendo um metro de comprimento, tem-se que a diferença pode chegar a 74 %. Na Tabela 2, está apresentada a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e os valores em reais (R\$).

Tabela 2 – Descrição dos materiais utilizados para a modificação na plataforma de ramas da plantadora de mandioca, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Tubo de ferro retangular 70 X 40 mm chapa 14	01	m	50,00	50,00
Custo total (R\$):	-	-	-	50,00

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7” da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

### 5.1.3 Piso/assoalho central de apoio

Com o objetivo de aumentar a amplitude de espaçamentos das linhas de plantio oferecidos na plantadora de mandioca, que originalmente permitiam um espaçamento de 80 a 90 centímetros, foi retirado o piso central da plantadora com o auxílio de uma lixadora elétrica com disco de corte de 7”. Em seguida foi feita a modificação do piso central da plantadora (Figura 6), que originalmente apresentava 43 centímetros de comprimento por 37 centímetros de largura e base com altura quatro centímetros, passando a ficar após a modificação com dimensões de 43 centímetros de comprimento, 27 centímetros de largura e sem o ressalto de 4 centímetros de altura.



Figura 6 – Piso/assoalho central de apoio antes e após modificação. A) Vista frontal do piso/assoalho central de apoio original da plantadora de mandioca; B) Vista frontal do piso/assoalho central de apoio do protótipo após modificação.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Após a modificação, o piso central foi fixado ao chassi da plantadora (no local original) através de solda elétrica com eletrodo 7018 de 3,25 milímetros. Destaca-se que a modificação no piso central proporcionou uma maior amplitude no espaçamento das linhas de plantio (50 a 90 centímetros), permitindo atender às necessidades do plantio da cultura da cana-de-açúcar. Para a modificação não foram necessárias compras de materiais.

#### **5.1.4 Depósito de adubo**

A plantadora de mandioca, apresenta originalmente um sistema de adubação composto por reservatório, tubos condutores de adubo, sistema de transmissão (com engrenagens de regulagens para a dosagem do adubo) e discos duplos para a abertura do sulco e depósito do adubo no solo. Esse sistema originalmente atua em conjunto com a operação de plantio da maniva de mandioca, sendo o adubo depositado no sulco do solo a cinco centímetros abaixo da maniva plantada (MARCHESAN, 2017).

No plantio da cana-de-açúcar, o processo de adubação ocorre de forma distinta ao da mandioca, e é necessário que o protótipo da plantadora de cana-de-açúcar realize a abertura do sulco pelo sulcador e que o depósito de adubo seja realizado logo após a abertura do sulco de plantio, sendo assim se fez necessária a modificação do sistema de adubação da plantadora de mandioca. A aplicação de adubo de forma correta é imprescindível para o sucesso da cultura. Para King et al. (1965), as causas principais que levam à diminuição da produtividade são: diminuição da fertilidade do solo; condições físicas desfavoráveis do solo; efeito acumulativo de pragas e doenças; existência de doenças sem sintomas ou não identificadas.

Para atender às necessidades operacionais do plantio mecanizado da cana-de-açúcar foi realizada a retirada do depósito de adubo com o auxílio de ferramentas/chaves sextavadas e lixadora elétrica com disco de corte de 7", em que foi retirado do depósito de adubo com suporte, sistema de distribuição do adubo, engrenagens movidas do sistema de engrenagens da plantadora de mandioca e discos duplos (Figura 7), mantendo originalmente apenas a parte motora do sistema de transmissão de movimento referente ao processo de distribuição que é derivada da força utilizada para mover as linhas de plantio da plantadora de mandioca. Para tal modificação não foi necessária a compra de materiais.



Figura 7 – Depósito de abudo da plantadora de mandioca e sistema de transmissão (engrenagens).

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

### 5.1.5 Reservatório para produtos agrícolas

Após a retirada do depósito de adubo e do sistema de engrenagens movidas, foi instalado sob o chassi da plantadora de mandioca, de forma centralizada na região dianteira do chassi próximo ao ponto de acoplamento do sulcador (primeira modificação descrita), um suporte e um reservatório de polietileno com capacidade de 140 litros da marca Bepo, que geralmente é comercializado para a substituição de tanque de combustível de caminhões (Figura 8).



Figura 8 – Reservatório para produtos agrícolas do protótipo.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

O tanque instalado serviu como reservatório de produtos agrícolas (inseticida, cupinicida e adubo mineral) a serem aplicados no sulco do plantio da cana-de-açúcar logo após a distribuição dos colmos da cana-de-açúcar no sulco de plantio e no momento da operação.

Para a fixação e suporte do tanque reservatório, foram soldados ao chassi, com eletrodo 7018 de 3,25 milímetros, dois tubos de ferro perfil quadrado 80 x 80 milímetros, tendo cada tubo a altura de 25 centímetros, conforme a Figura 9.

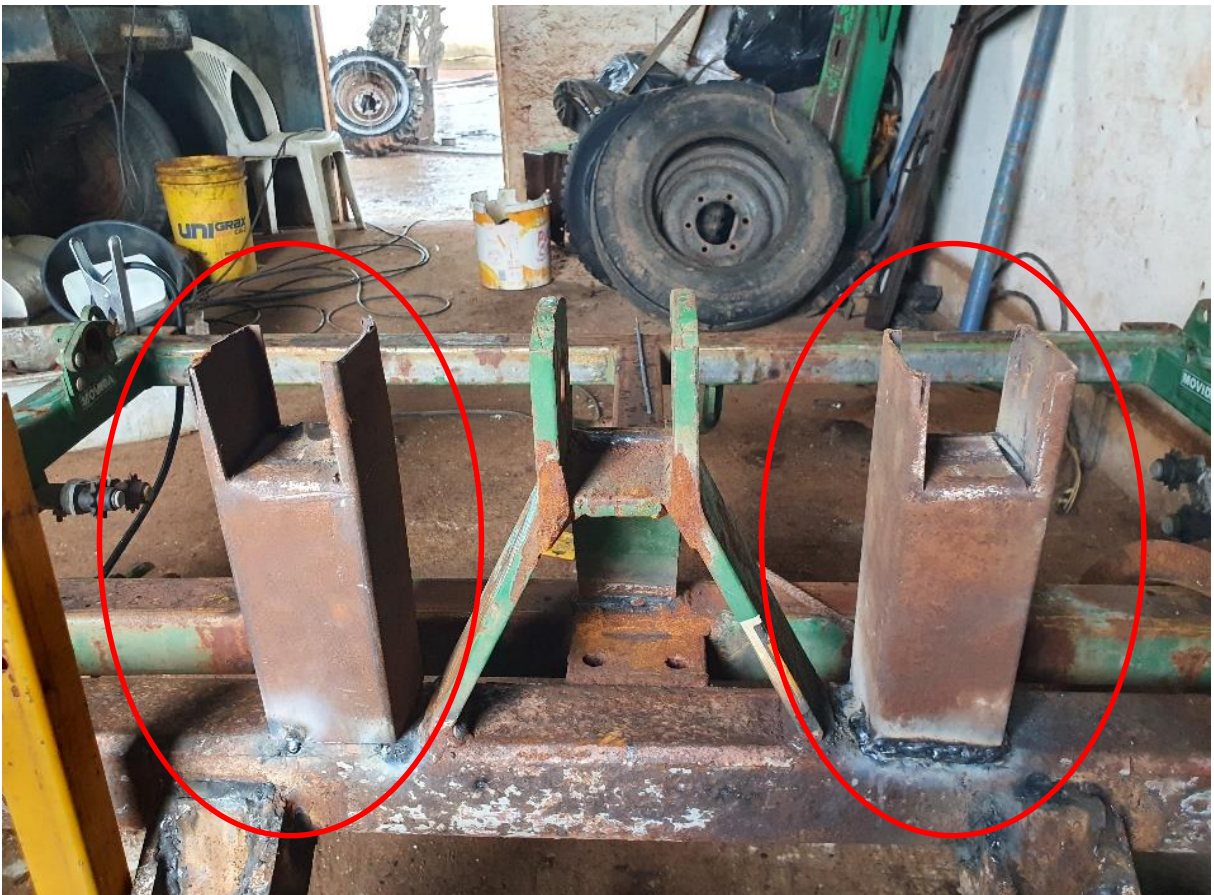


Figura 9 – Base para suporte do reservatório de produtos agrícolas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Ressalta-se que cada tubo foi fixado de maneira alinhada ao lado direito e esquerdo do terceiro ponto (ponto de acoplamento da plantadora ao sucador). Visando à redução de custos, foram utilizados dois suportes para tanque de caminhão Mercedes-Benz, modelo 1113, em que foram fixados aos dois tubos de ferro por meio de solda elétrica com eletrodo 7018 de 3,25 milímetros. É importante destacar que o suporte é facilmente encontrado para aquisição em autopeças de caminhões e é composto por dois suportes com o formato da circunferência do tanque, duas chapas de ferro móvel, um pino de ferro e um parafuso com ajuste fixação (Figura 10).

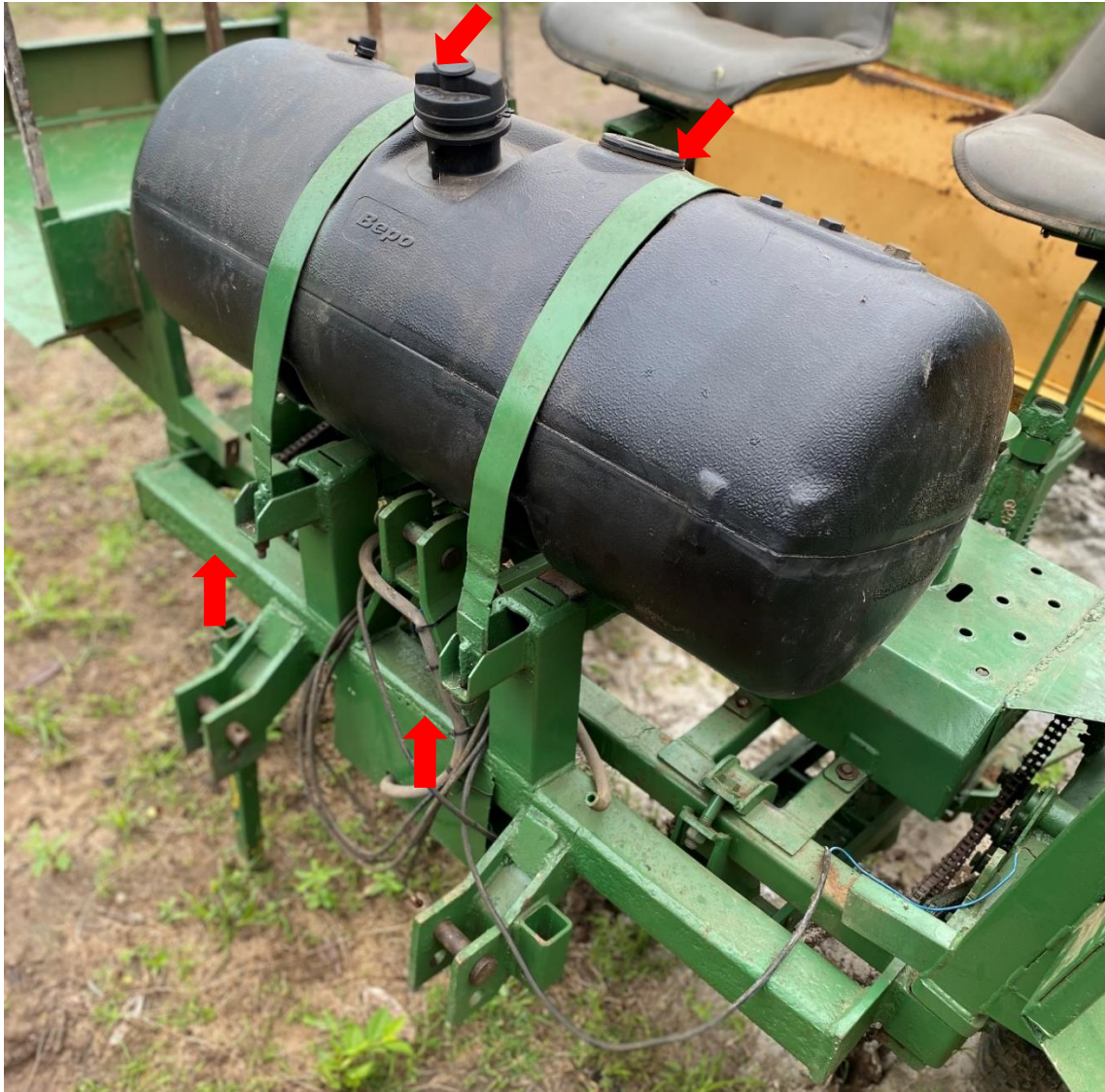


Figura 10 – Suporte para reservatório de produtos agrícolas.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Na Tabela 3, a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 3 – Descrição dos materiais utilizados para modificação no reservatório de produtos agrícolas, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Itens	Recursos utilizados			
	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Tanque de polietileno de 140 litros	01	unid	1.080,00	1.080,00
Tubo de ferro 80x80 mm chapa 14 mm	0,5	m	100,00	50,00
Suporte para tanque de caminhão 1113	02	unid	125,00	250,00
<b>Custo total (R\$):</b>	-	-	-	<b>1.380,00</b>

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7" da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.



### 5.1.6 Instalação da bomba elétrica e sistema de aplicação dos produtos agrícolas

Para a aplicação dos produtos agrícolas (inseticida, cupinicida e adubo mineral) no sulco do plantio durante a operação de plantio da cana-de-açúcar foi acoplado junto ao reservatório uma bomba elétrica da marca Earth®, modelo ZQ – 7002 12 volts, 5 amperes 150 psi de pressão, fixada na parte frontal inferior do chassi, em uma chapa de ferro nº 16, nas seguintes dimensões (33 centímetros de comprimento x 16 centímetros de largura x 20 centímetros de altura), esta chapa servindo de proteção para a bomba elétrica e de suporte para fixa-la através de quatro parafusos sextavados de 5/16”x 1”, oito arruelas lisas e quatro porcas (Figura 11).



Figura 11 – Fixação de bomba elétrica na parte frontal inferior do chassi, para a aplicação e dos produtos agrícolas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Para o acionamento da bomba elétrica, foram utilizados cinco metros de cabo pp 2 x 1,5 mm<sup>2</sup>, um interruptor tipo pêra (para ligar e deligar a bomba) e dois prendedores do tipo jacaré, a fim de proporcionar contato direto com a bateria do trator. Acentua-se que a ligação da instalação elétrica à bateria do trator só foi possível após o acoplamento da plantadora de cana-de-açúcar ao trator.

Na Tabela 4, está apresentada a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 4 – Descrição dos materiais utilizados para modificação no reservatório de produtos agrícolas, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Bomba elétrica Earth® – ZQ – 7002 12 volts	01	unida	459,00	459,00
Chapa de ferro nº 16 53 X 16 CM	01	Pç	50,00	50,00
Parafuso sextavado 5/16"x1"	04	unid	2,50	10,00
Porca 5/16"	04	unid	1,00	4,00
Aroela 5/16"	04	unid	0,50	2,00
Cabo pp 2x1,5 mm <sup>2</sup>	05	m	6,00	30,00
Interruptor tipo pêra	01	unid	10,00	10,00
Prendedor do tipo jacaré	02	unid	12,50	25,00
<b>Custo total (R\$):</b>	-	-	-	<b>590,00</b>

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7" da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

## 5.2 MODIFICAÇÕES NAS LINHAS DE PLANTIO DA PLANTADORA DE MANDIOCA

### 5.2.1 Retirada das facas de corte das manivas nas linhas de plantio

Para atender a etapa e operação do corte dos colmos da cana-de-açúcar no tamanho médio de 30 centímetros, foi retirada, com auxílio de chaves sextavadas, quatro das facas do sistema de corte de maniva em que originalmente apresentava oito facas, deixando quatro facas em cada linha de plantio. Destaca-se que o quantitativo de facas, está em consonância com a necessidade do tamanho de corte da parte vegetativa a ser plantada. Para a mandioca, o tamanho requerido para plantio das manivas é de 15 centímetros, e para a cana-de-açúcar é de 30 centímetros conforme (Figura 12). Para a modificação não foi necessária a compra de materiais.

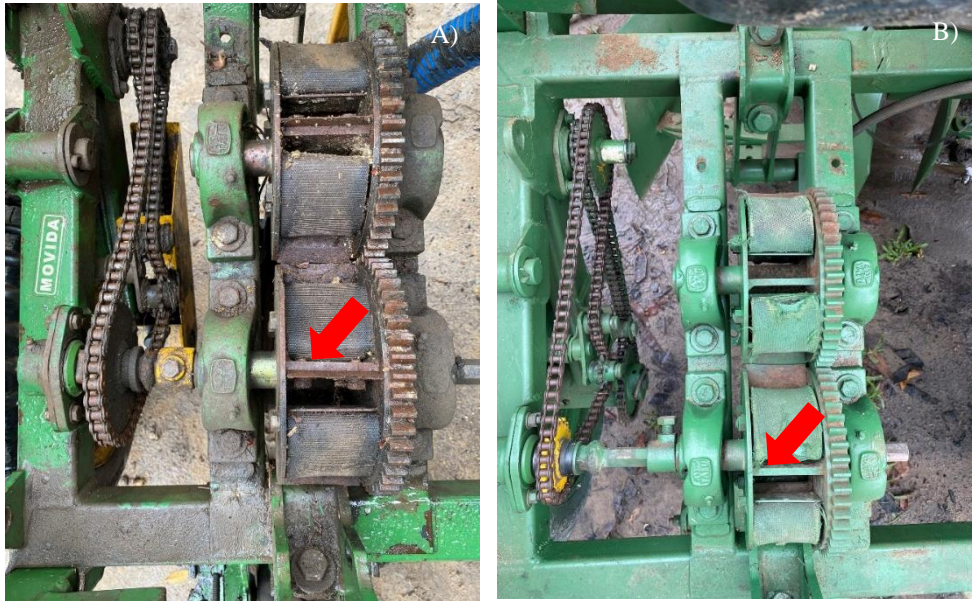


Figura 12 – Vista superior do sistema de corte (facas de corte) nas linhas de plantio. A) sistema de corte com facas originais da plantadora de mandioca; B) Sistema de corte após retirada de quatro facas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

### 5.2.2 Ajuste da distribuição dos colmos da cana-de-açúcar

Como o plantio da cana-de-açúcar é diferente do plantio da mandioca, e se necessita uma distribuição contínua dos colmos, foi aumentada a velocidade da distribuição dos colmos, alterando a engrenagem motora que aciona todo o sistema de força das linhas de plantio, que é gerada pelos pneus de apoio da plantadora de mandioca (Figura 13).



Figura 13 – Engrenagem motora. A) Engrenagem motora original da plantadora de mandioca; B) Engrenagem motora do prototipo para plantio da cana-de-açúcar.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Para esta modificação, foi efetuada a troca da engrenagem motora que originalmente apresentava 20 dentes sendo substituída por uma engrenagem de 35 dentes. Para efetuar a troca da engrenagem, foi utilizada um alicate universal para retirar e recolocar a trava de segurança de ferro no eixo da engrenagem. Na Tabela 5, está apresentada a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 5 – Descrição dos materiais utilizados para ajuste da distribuição dos colmos da cana-de-açúcar nas linhas de plantio, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Itens	Recursos utilizados			
	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Engrenagem industrial simples de 35 dentes passo 1/2" ( 12,70 mm )	02	Unid	125,00	250,00
Custo total (R\$):	-	-	-	250,00

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7" da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

### 5.2.3 Calha de descida dos toletes da cana-de-açúcar

Durante a realização da operação de plantio (mandioca), uma das etapas realizadas pela máquina é o corte da maniva em 15 centímetros (descrita no item 5.2.2). Após o corte da maniva, a parte vegetativa é conduzida por meio de uma calha para ser depositada na posição correta sob o solo.



Figura 14 – Calha de descida dos toletes de cana-de-açúcar. A) Calha de descida dos toletes de cana-de-açúcar após prolongamento; B) Comparativo da calha de descida antes e após modificação.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Como o colmo da cana-de-açúcar após o corte apresentou 30 centímetros, foi necessário prolongar em 20 centímetros a calha por onde anteriormente descia a maniva de mandioca, para que o colmo da cana-de-açúcar fosse posicionado de forma correta ao sulco de plantio (Figura 14).

Para o prolongamento da calha, foi utilizada uma chapa nº 16, moldando-a na forma da existente originalmente na plantadora de mandioca, e em seguida fez-se a união do prolongamento com a calha, que foi realizada por meio de solda com eletrodo 7018 3,25 milímetros (Figura 14).

Na Tabela 6, está apresentada a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 6 – Descrição dos materiais utilizados para alteração na calha de descida dos toletes da cana-de-açúcar, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Chapa nº 16 30 x 20 centímetros	01	unid	50,00	50,00
Custo total (R\$):	-	-	-	50,00

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7" da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

#### 5.2.4 Varão de ajuste de profundidade das linhas de plantio

A profundidade média de plantio da mandioca conforme recomendação de Lorenzi (2003) é de 5 a 10 centímetros. Neste sentido, a plantadora de mandioca originalmente trabalha a uma profundidade de 5 centímetros, para atender à necessidade de plantio para a cultura de mandioca. Essa profundidade de plantio, é regulada por meio de um varão de ferro redondo de 5/8" e mola aspiral de pressão, que ficam localizados no carrinho de plantio (Figura 15).

Beauclair e Scarpari (2006) relatam que as etapas do desenvolvimento inicial da cultura estão diretamente relacionadas com as necessidades fisiológicas da planta e com as práticas usuais do plantio. Para os autores, o plantio é a prática que mais envolve o conhecimento das relações solo-planta-atmosfera.

A interação entre esses fatores pode ditar o sucesso ou o fracasso de todo o ciclo da cultura que, normalmente, é de cinco a seis anos. As principais atividades envolvendo as operações de plantio são o espaçamento entre fileiras, a profundidade do sulco, a época de plantio, a quantidade de mudas e os cuidados necessários que envolvem essas operações. Os autores salientam a importância das operações no início e que exigem bom planejamento e

muito conhecimento técnico (COLETI e STUPELLO, 2006).



Figura 15 – Varão de ajuste de profundidade das linhas de plantio. A) Varão de ajuste de profundidade original; B) Varão de ajuste de profundidade após modificação.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A profundidade de plantio do colmo da cana-de-açúcar conforme recomendação de Townsend (2000) é de 20 a 30 centímetros. Assim, a operação agrícola executada fora dos padrões estabelecidos pode influenciar na qualidade do processo, comprometendo sua continuidade. Neste contexto, para atender à necessidade da profundidade de plantio da cana-de-açúcar, foi realizado o prolongamento do varão em 20 centímetros (Figura 16).

Para o prolongamento, foi utilizado 20 centímetros de ferro redondo de 5/8” que serve de regulador da profundidade na plantadora de mandioca e que fica dentro de duas molas espirais, para que se possa atingir à profundidade de plantio exigida pela cultura de cana-de-açúcar. Para esta modificação, foi realizado o corte do varão com lixadora elétrica com disco de corte de 7” da marca Starret. Em seguida foi soldado ao varão original da plantadora, 20 centímetros de ferro redondo de 5/8” com eletrodo 7018 de 3,25 mm (Tabela 7).



Figura 16 – Varões de ajuste de profundidade após modificação.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Na Tabela 7, está apresentado a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 7 – Descrição dos materiais utilizados para alteração no varão de ajuste de profundidade das linhas de plantio, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Ferro redondo 5/8" 20 centímetros	02	Pç	25,00	50,00
Custo total (R\$):	-	-	-	50,00

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7" da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

### 5.2.5 Suporte dos discos de cobertura

Para o plantio da cana-de-açúcar, é necessário que seja aberto o sulco em 20 a 30 centímetros de profundidade. Porém, após o depósito dos colmos da cana-de-açúcar, é necessário que seja feito o fechamento do sulco e o cobrimento da cana-de-açúcar. No protótipo de plantadora da cana-de-açúcar, a abertura dos sulcos é realizada pelo sulcador e o fechamento dos sulcos por meio dos discos desencontrados (Figura 17).



Figura 17 – Sistema de abertura e fechamento dos sulcos da plantadora de mandioca e protótipo para plantio da cana-de-açúcar. A) Sistema de abertura e fechamento dos sulcos da plantadora de mandioca; B) Sistema de abertura e fechamento dos sulcos do protótipo para plantio da cana-de-açúcar.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Como a plantadora de mandioca trabalha em profundidade inferior ao necessário para o plantio da cana-de-açúcar, o suporte dos discos apresentava vinte e oito centímetros, fazendo com que os discos pudessem efetuar a cobertura da maniva com solo após o plantio. Para atender a demanda a cultura da cana-de-açúcar, foi feito um alongamento de 20 centímetros nos suportes que sustentam os discos cobridores, fazendo com que estes discos pudessem movimentar para dentro do sulco de plantio um volume maior de solo. Destaca-se que sem a modificação, não seria possível a cobertura do colmo da cana-de-açúcar com solo. Durante a operação em campo com o protótipo após o depósito do colmo da cana-de-açúcar no sulco de plantio, isto foi constatado. (Figura 18).





Figura 18 – Suportes de sustentação dos discos cobridores. A) Suportes de sustentação dos discos cobridores da plantadora de mandioca; B) Suportes de sustentação dos discos cobridores do protótipo para plantio da cana-de-açúcar.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Para esta modificação foram utilizados dois metros de barra chata de 1.1/2”x 1/4”, fixado com eletrodo 7018 de 3,25 milímetros e usada uma lixadora elétrica com disco de corte de 7”, para o preparo das peças e o acabamento.

Na Tabela 8, está apresentada a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 8 – Descrição dos materiais utilizados para alteração no suporte dos discos de cobertura, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Barra de ferro chata de 1.1/2”x 1/4”	02	m	65,00	130,00
Custo total (R\$):	-	-	-	130,00

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7” da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

### 5.2.6 Suporte de fixação das linhas de plantio

Neste suporte que fixa a linha de plantio, o varão de ajuste da profundidade de plantio e as cadeiras dos operadores de plantio, a modificação foi realizada a fim de obter maior giro da cadeira do operador, que originalmente não girava, e ter um espaço para ajustar a plantadora de cana-de-açúcar para o espaçamento mínimo que é de 50 centímetros entre linhas de plantio (Figura 19).



Figura 19 – Suporte da cadeira dos operadores de plantio. A) Suporte da cadeiras dos operadores de plantio da plantadora de mandioca; B) Suporte da cadeiras dos operadores de plantio do protótipo da plantadora de cana-de-açúcar.

Fonte: Autoria Própria (2022).

Para contemplar esta modificação foi necessário cortar o suporte na parte superior do mesmo com uma lixadora equipada com disco de corte de 7", e fixar uma porca de 1.5/8" com eletrodo 7018 de 3,25 milímetros, na parte superior do suporte. Na outra parte do suporte foram fixados 15 centímetros de um ferro redondo de 1.5/8" com rosca de 7 centímetros, para poder colocar outra porca de 1.5/8" e travar a cadeira do operador, ajustando na melhor posição de trabalho e de acordo com o espaçamento escolhido para efetuar o plantio da cana-de-açúcar. Esta modificação foi realizada nas duas linhas de plantio (Figura 20).



Figura 20 – Suportes das cadeiras dos operadores e linhas de plantio do protótipo.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Na tabela 9, está apresentado a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 9 – Descrição dos materiais utilizados para alteração no suporte de fixação das linhas de plantio, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Ferro redondo de 1.5/8"	0,3	m	333,34	100,00
Porca sextavada de 1.5/8"	4,0	unid	30,00	120,00
Custo total (R\$):	-	-	-	220,00

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7" da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

### 5.2.7 Circuito de pulverização

N circuito de pulverização que compreende a ligação da saída da bomba até as pontas de pulverização, foram utilizados quatro metros de mangueira de pressão de 3/8” com capacidade de 700 psi de pressão, seis abraçadoras de pressão de 12-16 milímetros, dois kits anti-gotejo com pontas (bicos), peneira de tela, porta bicos, 1 tê de metal de 3/8” e os suportes de fixa-los à plantadora. Para fixar e proteger a mangueira de pressão foi usado um tubo de ferro quadrado de 20 x 20 milímetros com 40 centímetros, na parte lateral de cada linha de plantio (Figura 21).



Figura 21 – Circuito de pulverização do protótipo para plantio da cana-de-açúcar. A) Suporte de fixação das mangueiras; B) Mangueira e anti-gotejo com pontas (bicos).

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Para a fixação foi utilizando eletrodo 7018 de 3,25 mm e para preparação do tubo foi utilizado uma lixadora elétrica equipada com disco de corte de 7”. Na Tabela 10, está apresentada a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 10 – Descrição dos materiais utilizados no circuito de pulverização, bem como a

quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Mangueira de pressão de 3/8" de 700 psi	04	m	12,00	48,00
Abraçadora de pressão de 12-16 mm	06	unid	2,00	12,00
kits anti-gotejo (pontas, bicos, peneira de tela e porta bico)	02	unid	44,00	88,00
Tê de metal de 3/8"	01	unid	10,00	10,00
Tubo de ferro quadrado de 20 x 20 milímetros	0,8	m	50,00	40,00
Custo total (R\$):	-	-	-	198,00

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7" da marca Starret® utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

### 5.3 MODIFICAÇÕES NO SULCADOR DE TRÊS LINHAS, MODELO CONVENCIONAL COM ASA RETA

#### 5.3.1 Depósito de adubo

Para o plantio de cana-de-açúcar é necessária a abertura dos sulcos em profundidade média de 30 centímetros. E para contemplar essa operação foi utilizado o sulcador, e a plantadora de mandioca com a modificações que foram realizadas. É importante destacar que as modificações permitiram o acoplamento da plantadora ao sulcador que fez parte do protótipo para o plantio da cana-de-açúcar (Figura 22).



Figura 22 – Sulcador e plantadora acoplados.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Para modificações feitas no sulcador, a primeira foi a fixação do depósito de adubo que foi retirado da plantadora de mandioca. Como mencionado no item 5.1.4 das modificações feitas no chassi da plantadora de mandioca este depósito de adubo foi fixado através de eletrodo 7018 de 3,25 mm (Figura 23).



Figura 23 – Depósito de adubo no Sulcador. A) Vista lateral direita do sulcador; B) Vista lateral esquerda do sulcador.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Conforme apresentado no item 5.1.4, a retirada do depósito de adubo e o conjunto de engrenagens movidas que fazem as regulagens para dosagens dos adubos permaneceram acopladas na estrutura do depósito de adubo. Como a fonte de energia que move o sistema de distribuição de adubo era derivada da fonte que move as linhas de plantio da plantadora e que permaneceram originalmente no chassi da plantadora foi instalado no sulcador um motor hidráulico da marca Parker, modelo TG0280 MS 010, fixado através de um suporte de chapa de ferro de 1/2" x 5" medindo 40 centímetros de comprimento e 25 centímetros de largura e 4 parafusos sextavados de 1/2" x 1.1/2", com porca e aroelas de 1/2" (Figura 24).



Figura 24 – Motor hidráulico instalado no sulcador para distribuição de adubo.  
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

O acionamento do motor hidráulico foi feito através de mangueiras hidráulicas de alta pressão ligadas ao sistema hidráulico do trator, onde é feito o controle de ligar e desligar (Figura 25).



Figura 25 – Mangueiras hidráulicas de alta pressão ligadas ao sistema hidráulico do trator.

Fonte: Autoria Própria (2022).

Na Tabela 11, está apresentado a descrição dos materiais utilizados para a modificação, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).



Tabela 11 – Descrição dos materiais utilizados na instalação do depósito de adubo, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Motor hidráulico da marca Parker, modelo TG0280 MS 010	01	Pç	1.500,00	1.500,00
Chapa de ferro de 1/2" x 5" 40 x 25 centímetros	01	Pç	100,00	100,00
Parafuso sextavado de 1/2" x 1.1/2"	04	Pç	5,00	20,00
Porca sextavada de 1/2"	04	Pç	2,50	10,00
Aroela lisa de 1/2"	08	Pç	1,00	8,00
Mangueira hidráulica de alta pressão	02	Pç	112,50	225,00
Custo total (R\$):	-	-	-	1.863,00

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7" da marca Starret utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

### 5.3.2 Suporte para acoplamento da plantadora

Para acoplar a plantadora no sulcador, além das modificações descritas no item 5.1 (modificações realizadas no chassi da plantadora), foram fixadas 4 barras de ferro chata de 3/4" x 4" no chassi do sulcador através de eletrodo 7018 de 3,25 milímetros. Para efetuar o preparo das barras de ferro, foi utilizada uma lixadora elétrica equipada com disco de corte de 7" (Figura 26).



Figura 26 – Suporte para acoplamento da plantadora ao sulcador. A) Pontos de acoplamento no sulcador; B) Plantadora acoplada ao sulcador.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Na Tabela 12, está apresentado a descrição dos materiais utilizados para a modificação,

bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Tabela 12 – Descrição dos materiais utilizados na instalação do suporte para acoplamento da plantadora, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Barra de ferro chata de 3/4" x 4"	01	unid	150,00	150,00
Custo total (R\$):	-	-	-	150,00

\*A quantidade de eletrodo 7018 de 3.25 mm e disco de corte de 7" da marca Starret utilizados para as modificações, estão mensurados na tabela de custos finais.

#### 5.4 CUSTO TOTAL DO PROTÓTIPO DA PLANTADORA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Após todas as modificações e alterações na plantadora de mandioca e no sulcador de três linhas, para a conclusão de um protótipo para o plantio da cana-de-açúcar mecanizado, foram realizados testes de campos prévios para verificação operacional do protótipo de plantadora de cana-de-açúcar de baixo custo. Foi visto que a máquina realizou em cada passada todas as operações necessárias para a implantação mecanizada da cana-de-açúcar: a abertura de sulco; aplicação de fertilizante; corte do colmo; distribuição do colmo; aplicação de produtos agrícolas (inseticida, cupinicida e adubo mineral) e fechamento do sulco. Destaca-se que apesar da realização dos testes prévios em campo com o protótipo, faz-se necessário a realização de análises operacionais com a máquina a fim de avaliar a eficiência e o seu desempenho operacional (Figura 27).



Figura 27 – Protótipo para plantio da cana-de-açúcar acoplado ao trator agrícola.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Para o custo total do protótipo foi computado o valor de R\$ 41.564,98, conforme a descrição e apresentação da Tabela 13.

Tabela 13 – Descrição dos materiais utilizados na construção do protótipo de baixo custo para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar, bem como a quantidade e valores em reais (R\$).

Recursos utilizados				
Itens	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Plantadora de mandioca usada TATU Marchesan – Modelo PTM	01	unid	20.000,00	20.000,00
Sulcador de três linhas, modelo convencional com asa reta	01	unid	15.000,00	15.000,00
Cantoneira de ferro 3.1/2"x1/2"	2,7	M	92,59	249,99
Barra de ferro 4"x1/2"	0,6	M	83,33	49,99
Tubo de ferro retangular 70x40 mm chapa 14 mm	01	M	50,00	50,00
Tanque de polietileno de 140 litros	01	unid	1.080,00	1.080,00
Tubo de ferro 80x80 mm chapa 14 mm	0,5	M	100,00	50,00
Suporte para tanque de caminhão 1113.	02	unid	125,00	250,00
Bomba Earth –ZQ-7002 12 volts.	01	unid	459,00	459,00
Chapa de ferro nº 16 53x16 cm	01	unid	50,00	50,00
Parafuso sextavado 5/16"x 1"	04	unid	2,50	10,00
Porca 5/16"	04	unid	1,00	4,00
Arruela 5/16"	04	unid	0,50	2,00
Cabo pp 2 x 1,5mm <sup>2</sup>	05	M	6,00	30,00
Interruptor tipo pêra	01	unid	10,00	10,00
Prendedore tipo jacaré	02	unid	12,50	25,00
Engrenagem industrial simples de 35 dentes passo 1/2" ( 12,70 mm )	02	unid	125,00	250,00
Chapa nº 16 30 x 20 cm	01	unid	50,00	50,00
Ferro redondo de 5/8" de 20 cm	02	unid	25,00	50,00
Barra de ferro chata de 1,1/2"x 1/4"	02	M	65,00	130,00
Ferro redondo de 1.5/8"	0,3	M	333,34	100,00
Porca sextavada de 1.5/8"	04	unid	30,00	120,00
Mangueira de pressão 3/8" de 700 psi	04		12,00	48,00
Abraçadeira de pressão 12-16 mm	06	unid	2,00	12,00
Kit bico anti-gotejo (pontas, bicos, peneira de telas e porta bico)	02	unid	44,00	88,00
Te de metal 3/8"	01	unid	10,00	10,00
Tubo de ferro quadrado de 20 x 20 mm	0,8	M	50,00	40,00
Motor hidráulico da marca Parker, modelo TG0280 MS 010	01	unid	1.500,00	1.500,00
Chapa de ferro de 1/2"x 5" 40 x 25 cm	01	unid	100,00	100,00
Parafuso sextavado de 1/2"x 1.1/2"	04	unid	5,00	20,00
Porca sextavada de 1/2"	04	unid	2,50	10,00
Aroela lisa de 1/2"	08	unid	1,00	8,00
Mangueira de alta pressão para acionar o motor hidráulico completa.	02	unid	112,50	225,00
Barras de ferro chata de 3/4" x 4"	01	M	150,00	150,00
Disco de corte de 7" da marca Starret	12	unid	7,00	84,00
Eletrodo Gerdau 7018, 3,25 milímetros	25	Kg	50,00	1.250,00
Custo total (R\$)	-	-	-	41.564,98

Ao analisar a Tabela 13, observa-se que o custo total para a aquisição de protótipo baixo custo para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar foi alcançado. Uma vez que as máquinas disponibilizadas no mercado para o plantio mecanizado da cana-de-açúcar apresentam um custo de aquisição muito maior do que o apresentado. Segundo Cebim (2008), o custo médio para aquisição de uma plantadora de cana-de-açúcar gira em torno de R\$150.000,00 a R\$200.000,00, tornando muitas vezes inviável a aquisição dessas máquinas para produtores rurais, considerando ainda que o plantio mecanizado da cana-de-açúcar tem sido cada vez mais aperfeiçoado.

Em decorrência das tecnologias que são cada vez mais incorporadas a essa operação do plantio, usinas e produtores estão obtendo ganhos significativos (EMBRAPA, 2020). Esses benefícios têm resultado a queda dos custos do plantio mecanizado, que chega a ser em torno de 40% em diversos casos, em relação ao plantio manual. A automatização dessa operação, possibilita também a utilização da mesma quantidade de mudas que é usada pela operação não mecanizada (CANA ONLINE, 2020).

Evidencia-se que a maioria das operações agrícolas que são realizadas na instalação de uma cultura, desde o processo da preparação do solo até a sua colheita pode ser mecanizada, visto que há uma grande eficiência e um retorno econômico ao produtor, desde que o processo seja bem conduzido, empregando sempre tecnologia e maquinário adequado (OLIVEIRA et al., 2020). No entanto, há também a necessidade de que o conjunto de máquinas e equipamentos estejam sempre bem dimensionados, para proporcionar grande capacidade operacional, redução de custo e tempo e também otimização da eficiência.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo mostrou que a máquina realizou em cada passada todas as operações necessárias para a implantação mecanizada da cana-de-açúcar: a abertura de sulco; aplicação de fertilizante; corte do colmo; distribuição do colmo; aplicação de produtos agrícolas (inseticida, cupinicida e adubo mineral) e fechamento do sulco.

O custo total para a aquisição de protótipo baixo custo para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar, foi atendido, sendo computado o valor total de R\$ 41.564,98.

Apesar dos testes prévios em campo com o protótipo, mantém-se a necessidade de análises operacionais com a máquina a fim de avaliar a sua eficiência e o seu desempenho operacional.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, Ricardo (Org.). **Biocombustíveis: A energia da controvérsia**. São Paulo: Senac, 2009. 186 p.
- ARRUDA, P., 2012. Genetically modified sugarcane for bioenergy generation. **Curr. Opin. Biotechnol**, v. 23, n.3, p.315-322. 2012.
- BENEDINI, M. S.; CONDE, A. J. Espaçamento ideal de plantio para a colheita mecanizada de cana-de-açúcar. **Revista Coplana**, Guariba, n. 52, p. 26-28, 2008.
- BEAUCLAIR, E. G. F.; SCARPARI, M. S. Noções fitotécnicas. Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte. Piracicaba: **Barros & Marques Editoração eletrônica**, v.1, n.1, p216, 2006.
- BRIEGER, F. O.; PARANHOS, S. B. **Técnica cultural**. In: MALAVOLTA, E.; SEGALLA, A. L.; PIMENTEL GOMES, F.; BRIEGER, F. O.; PARANHOS, S. B.; RANZANI, G.; VALSECHI, O.; JUNQUEIRA, A. A. B.; CAMARGO, A. P.; BERGAMIN, J.; TOFFANO, W. B.; PEIXOTO, A. M.; LIMA, U. A.; DANTAS, B.; ORTOLANI, A. A.; HAAG, H. P.; LIMA, C. C. A.; OLIVEIRA, E. R. (Ed.). *Cultura e adubação da cana-de-açúcar*. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1964. cap. 6, p. 139-190.
- CANA ONLINE. **Inovações ampliam benefícios do plantio mecanizado na cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.canaonline.com.br/conteudo/inovacoes-ampliam-beneficios-do-plantio-mecanizado-de-cana.html>>. Acesso em: 9 abr. 2021.
- CARLIN, S. D.; SILVA, M. A.; PERECIN, D. Fatores que afetam a brotação inicial da cana-de-açúcar. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 296, p. 457-466, 2004.
- CEBIM, G. J. (2008) Plantio mecânico de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*): desempenho operacional e econômico. Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola, Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- CIB – CONSELHO DE INFORMAÇÃO DE BIOTECNOLOGIA. 2021. Disponível em: <<https://cibpt.org/?s=cana+de+acucar>>. Acesso em: 17 dez. 2021.
- COLETI, J. T.; STUPIELO, J. J. **Plantio da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. (Ed.). *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: CP 2, 2006. cap. 4, p. 139-153.
- CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. 2019. Cana-de-açúcar. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/publicacoes/?instituicao=cna>>. Acesso em: 21 nov. 2021.
- COMPAGNON, A. M. **Avaliação de plantadora de cana-de-açúcar com sulcador de desarme automático e rotação da esteira distribuidora**. 2015. 61f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 2015.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. 2021. Levantamentos de safra. Disponível em: <Conab - Safra Brasileira de Cana-de-açúcar>. Acesso em: 21 nov. 2021.
- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. V.6 - SAFRA 2019/2021-n.4 Brasília: Conab, 2020. Disponível em: <Conab - Safra Brasileira de Cana-de-açúcarf>. Acesso em: 22 nov. 2021.
- DILLEWIJIN, C. V. **Botany of sugarcane**. Waltham, 1952.
- DRIA - Implementos Agrícola Ltda (2021). Disponível em:< <https://dria.com.br/sulcadores/>>. Acesso em: 10 out. 2021.

- EMBRAPA (2016) – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/196194/1/Sistemas-de-Producao-23.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Plantio de cana de açúcar. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_33\\_711200516717.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.html)>. Acesso em: 28 mai. 2020.
- FRAZÃO, A. T. L., NORONHA, R. H. F., & FURLANI, C. E. A. Does the presence of straw in the billet affect the quality of sugarcane planting systems, **Engenharia Agrícola**, v.39, p.616-622, 2019.
- GARCIA, M. A. L. **Avaliação de um sistema de plantio mecanizado de cana-de-açúcar**. 2008. 77 f. (Dissertação de Mestrado) Mestrado em Agronomia – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 171p., 2007.
- KING, N. J.; MUNGOMERY, R. W.; HUGUES, C. G. Manual of cane growing. New York, Elsevier, 1965.
- LORENZI, J.O. **Mandioca**. CATI: Campinas, 116 p., 2003. (Boletim Técnico, 245).
- MARCHESAN. **PTM – Plantadora Tatu de Mandioca** (2017). Disponível em: <<https://www.marchesan.com.br/index.php/ptm/>>. Acesso em 15 out. 2021.
- MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio**. Campinas: Millennium, 2012.
- NORRIS, C. P.; ROBOTHAM, B. G.; BULL, T. A. High density planting as an economic production strategy: A farming system and equipment requirements. **Proceeding Australian Society Sugar Cane Technologists**, Bundaberg, v. 22, p. 113-118, 2000.
- NUNES JR., D. **As variedades e o planejamento do plantio**. STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 26, n. 3, p. 24-25, jan./fev. 2008.
- OLIVEIRA, C. **Plantio mecanizado de cana-de-açúcar: aspectos operacionais e econômicos**. 2012. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- OLIVEIRA, M. H. R.; SOUSA, A. E. C.; OLIVEIRA, R. S.; AGUAS, M. A.; ÁVILA, E. A. S.; SILVA, W. R.; PEREIRA, D. R. M.; COUTO, C. A. Gestão dos resíduos pós colheita da cana-de-açúcar no cerrado: uso da palhada versus contribuição econômica. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.1, p.3406-3421, 2020.
- POSSUELO, O. De M. **Viabilidade econômica de um protótipo para sistema de colheita semimecanizada da cultura da acerola**. 2008. 31 f. Monografia - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- QUINTELA, A. C. R.; ANDRADE, L. A. B.; CARVALHO, G. J.; BOCARDO, M. R. **Efeito do plantio de cana inteira, com e sem desponte, e da compactação pós-cobertura, em duas variedades de cana-de-açúcar**. Stab, Piracicaba, v. 15, n. 3, p.22-24. 1997.
- RAVELI, M. B., FURLANI, C. E. A., ZERBATO, C., ZOIA, R. M., & BARBOSA, M. P. Controle de qualidade no plantio de cana-de-açúcar. **In XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, SBEA, v.1, p.1-10, 2013
- RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V.; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: Os autores, 2006.
- RIPOLI, M. L. C.; TORREZAN, H. F.; RIPOLI, T. C. C. **Plantio mecanizado do canavial**,

In: SEGATO, S. V.; FERNANDES, C.; PINTO, A.S. (Ed.). Expansão e renovação de canavial. Piracicaba: **CP2**, 2007. cap. 16, p. 257-280.

ROBOTHAM, B. G. Sugarcane planters: characteristics of different types, soil disturbance and crop establishment. **Proceeding Australian Society Sugar Cane Technology**, Bundaberg, v. 26, p. 1-9, 2004.

SALVI, J. V.; MYLENE I. A. CRESPE, M. I. A.; BERGAMO, L. R. , TORNICH, J. C. M; , LUIZETTI JUNIOR, M. C. J. (2019). Avaliação operacional do processo de plantio de cana-de-açúcar. **In XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, SBEA, 1, 1-4.

SERAFIM, L. G. F. et al. Influência do plantio mecanizado no índice de brotação da cana de açúcar. **Stab**, v. 31, n. 3, p. 24-28, 2013.

SOUZA, E. L. de; MACEDO, I. de C. **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. São Paulo: UNICA, 2009.

THOMPSON J, BLANK S. Harvest mechanization helps agriculture remain competitive. **Calif Agr**, v.54, n.3. p.51-56, 2000.

TOWNSEND, C.R. Recomendações técnicas para o cultivo da cana-de-açúcar forrageira em Rondônia. **Revista EMBRAPA-CPAF Rondônia**, Porto Velho, n.21, p.1-5, 2000.

WACLAWOVSKY, A.J., SATO, P.M., LEMBKE, C.G., MOORE, P.H., SOUZA, G.M. Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrose content. **Plant Biotechnol. J.**, v.8, n.3, p.263-276. 2010.

ZOIA, R. M. **Qualidade de sistemas de plantio em cultivares de cana-de-açúcar**. 2013. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2013.