



















## AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Leonardo Nabaes Romano pela oportunidade, orientação, dedicação, paciência, estímulo, cobrança e todo o incentivo dispensado para o desenvolvimento deste estudo.

Aos colegas e professores que participaram ativamente do projeto pelo incentivo, auxílio e sugestões.

Aos alunos bolsistas e aos estagiários pelo auxílio em algumas tarefas de projeto e experimentos da pesquisa.

À Universidade Federal de Santa Maria e a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e não estão nominalmente citados.



*"Se você não quer ser esquecido  
quando morrer, escreva coisas que  
valham a pena serem lidas ou faça  
coisas que valham a pena escrever a  
respeito."*

*Benjamin Franklin*



## RESUMO

### CONCEPÇÃO DE UM EQUIPAMENTO PARA O DESPONTE E RECOLHIMENTO DAS FLORES DA PLANTA DE TABACO: CONTRIBUIÇÕES PARA A MECANIZAÇÃO DA CULTURA

AUTOR: Jorge Luiz Rodrigues Marques  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Leonardo Nabaes Romano

O Brasil produz atualmente, cerca de 460.000 toneladas de tabaco por ano, colocando-se entre os maiores produtores do mundo. Desde 1993, é o maior exportador mundial de fumo em volume. A cultura do tabaco é desenvolvida em mais de 600 municípios dos três Estados da Região Sul. Somente no meio rural, o fumo gera mais de 638.000 empregos diretos — além disso, as usinas de beneficiamento e as fábricas de cigarros empregam mais de 40.000 pessoas. A partir desse cenário, buscou-se uma alternativa técnica e economicamente viável para o aproveitamento da semente de tabaco na produção de biocombustível de aviação. Até o momento, não existe esse aproveitamento das sementes, que necessitam ser retiradas através do desponte manual. Não se tem disponível, no mercado brasileiro, tecnologia mecânica para auxiliar os produtores agrícolas nesse trabalho, que é executado mesmo na cultura tradicional de produção de fumo. Estão em curso, na Itália e África do Sul, vários projetos de pesquisa em diversos países com o propósito de implementar o uso da bioenergia no transporte aéreo. O bioquerosene de aviação é um combustível derivado de fontes renováveis, e alguns estudos demonstram que é viável a sua obtenção a partir da semente de tabaco. O objetivo deste trabalho, portanto, foi o de desenvolver um equipamento que corta e recolhe a flor do tabaco para posterior processamento. Sendo assim, a característica fundamental desse equipamento é a capacidade de cortar e colher apenas as flores da planta, preservando as folhas, pois haverá rebrota delas, eliminando-se, então, o desponte manual ou químico utilizado na cultura. O equipamento permite a retirada e o recolhimento da parte superior da planta através de um rotor acionado mecanicamente por um sistema hidráulico. Esse sistema fica montado em uma plataforma tracionada por um micro trator, que corta o talo da planta e o direciona para a parte posterior da máquina, depositando-o em uma estrutura móvel acoplada à máquina, o que permite seu posterior processamento. Em testes desenvolvidos a campo, o equipamento cumpriu com o objetivo, tendo um resultado muito satisfatório ao simplificar e reduzir o tempo de exposição do agricultor na lavoura, que é bastante danoso a sua saúde. Essa tecnologia, ao cumprir plenamente sua função, passa a ter sua produção viável pelo setor metalmeccânico; existe, assim, possibilidade de que seja empregada no desenvolvimento de um produto comercial.

**Palavras-chave:** Tabaco Energético. Colheita de Tabaco. Bioquerosene para Aviação. Sementes de Tabaco.



## **ABSTRACT**

### **DESIGN OF EQUIPMENT FOR CUTTING AND GATHERING FLOWERS FROM THE TOBACCO PLANT: CONTRIBUTIONS TO THE CROP MECHANIZATION.**

AUTHOR: Jorge Luiz Rodrigues Marques  
ADVISOR: Prof. Dr. Leonardo Nabaes Romano

Brazil currently produces around 460,000 tons of tobacco per year, ranking among the largest producers in the world. Since 1993, it has been the world's largest tobacco exporter, by volume. Tobacco cultivation is developed in more than 600 municipalities in the three states of the Southern Region. In rural areas alone, tobacco occupies more than 638,000 direct jobs — in addition, processing plants and cigarette factories employ more than 40,000 people. In this sense, a technically and economically viable alternative was sought for the use of tobacco seed for the production of aviation biofuel. So far there is no such use of seeds, which need to be removed through manual pruning. Mechanical technology is not available in the Brazilian market to assist agricultural producers in this arduous work, which is performed even in the traditional tobacco production crop. Several research projects are underway in several countries with the purpose of implementing the use of bioenergy in air transport. Aviation biokerosene is a fuel derived from renewable sources, and studies carried out show that it is feasible to obtain it from tobacco seed. The objective of this work is to develop equipment that cuts and collects the tobacco flower for further processing. Therefore, the fundamental characteristic of this equipment is the ability to cut and harvest only the plant's flowers, preserving the leaves, as they will regrowth, thus eliminating manual or chemical pruning used in the crop. The equipment allows the removal and collection of the upper part of the plant through a rotor mechanically driven by a hydraulic system. This system is mounted on a platform pulled by a micro tractor and which cuts the plant stalk and directs it towards the rear of the machine, depositing it on a mobile structure coupled to the machine, which allows for further processing. In tests carried out in the field, the equipment fulfilled the objective, having a very satisfactory result by simplifying and reducing the farmer's exposure time in the field, which is quite harmful to his health. This technology, when fully fulfilling its function, becomes viable for production by the metal-mechanical sector; there is, therefore, the possibility that it will be used in the development of a commercial product.

Keywords: Energetic Tobacco. Tobacco Harvest. Biokerosene for Aviation. Tobacco Seeds.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do ciclo produtivo do tabaco.....	22
Figura 2 – Distribuição da produção de fumo na região sul.....	28
Figura 3 – Mercado de tabaco brasileiro. ....	29
Figura 4 – Plantio de fumo na lavoura em Santa Cruz do Sul.....	30
Figura 5 – Transplantadora de tabaco Budny em operação.....	30
Figura 6 – Perfil das propriedades de produtores de fumo.....	32
Figura 7 – Máquina para corte, desposte da flor do tabaco comercializada pela empresa Italiana COMANASSISI. ....	35
Figura 8 – Colhedora de tabaco Budny, Brasil.....	36
Figura 9 – Colhedora de tabaco SPAPPERI, modelo RA942E, Itália. ....	36
Figura 10 – Imagem da planta de tabaco. ....	37
Figura 11 – Copa de flores da planta de tabaco.....	37
Figura 12 – Capsula com as sementes do tabaco em seu interior.....	38
Figura 13 – Sementes de tabaco. ....	38
Figura 14 – Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – PDMA.....	53
Figura 15 – Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – PDMA.....	55
Figura 16 – Fase de Projetação aplicada no trabalho. ....	56
Figura 17 – Projeto Informacional Aplicado no trabalho.....	57
Figura 18 – Projeto conceitual aplicado no trabalho. ....	58
Figura 19 – Atividades desenvolvidas, e os resultados obtidos na fase do Projeto Conceitual. .....	59
Figura 20 – Sistema de codificação.....	60
Figura 21 – Projeto Preliminar aplicado no trabalho.....	61
Figura 22 – Atividades e resultados na fase do projeto preliminar. ....	61
Figura 23 – Projeto Detalhado aplicado no trabalho. ....	62
Figura 24 – Relação entre o PDMA e os objetivos, geral e específicos.....	65
Figura 25 – Diagrama de MUDGE aplicado aos requisitos dos clientes para classificação do maior grau de importância. ....	76
Figura 26 – Máquina para corte da flor do tabaco.....	80
Figura 27 – Máquina Italiana para corte da flor do tabaco, componentes principais.....	81
Figura 28 – O sistema de corte por navalha. ....	81
Figura 29 – Ventiladores. ....	82
Figura 30 – Conjunto de propulsão e força. ....	82
Figura 31 – Componente (D), conjunto de cabine de operação. ....	83
Figura 32 – Processo técnico para o corte e recolhimento da flor de tabaco. ....	87
Figura 33 – A função global da máquina de corte e recolhimento de flor de tabaco.....	88
Figura 34 – Funções parciais, auxiliares e elementares da Colhedora da flor do tabaco. ....	89
Figura 35 – Funções auxiliares da máquina de corte.....	90
Figura 36 – Funções elementares da Colhedora da flor do tabaco.....	91



Figura 37 – Esboços e croquis iniciais da estrutura de sustentação do conjunto de corte e recolhimento. (a) – coletor com rotor, (b) – conjunto montado, (c) – modelo de conjunto tracionado. ....	94
Figura 38 – Esboços e croquis iniciais dos possíveis tipos de corte: (a) discos de corte, (b) lâmina de corte, (c) multi lâminas de corte, (d) rotor de corte. ....	94
Figura 39 – Esboços iniciais dos tipos de coletor de recolhimento selecionados: (a) rotor vertical, (b) laminas de corte multiploacionada por correias, (c) laminas de core acionadas hidraulicamente, (d) rotor horizontal. ....	95
Figura 40 – Esboços e croquis iniciais do sistema de geração de força motriz: (a) conjunto de engrenagens e polias, (b) sistema hidraulico, (c) motor a combustão. ....	96
Figura 41 – Propostas iniciais para o sistema de tração do equipamento: (a) – micro trator, ..	96
Figura 42 – Esboços iniciais dos rodízios a serem utilizados para deslocamento: (a) – Pneu agricola, (b) – Pneu lameiro, (c) – Pneu convencional. ....	97
Figura 43 – Mocape físico da concepção A em escala 1:10. ....	99
Figura 44 – Modelado em escala 1:10 da alternativa “B” proposto (Mocape). ....	100
Figura 45 – Modelado em escala 1:10 da alternativa “C” proposto (Mocape). ....	102
Figura 46 – Croquis iniciais do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco. (a) – esboços dos sistemas coletores. (b) – esboço do sistema de transferência de força por engrenagens e correias. ....	104
Figura 47 – Croquis da concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco. (a) e (b) – esboço do sistema estrutural de fixação dos coletores. ....	105
Figura 48 – Croquis da concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco. (a) – esboço do conjunto propulsor do equipamento. (b) – esboço do sistema de engate do equipamento. ....	105
Figura 49 – Croquis da vista superior da concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco, vista superior. ....	106
Figura 50 – Croquis para concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco, vista lateral. ....	106
Figura 51 – Concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco, vista isométrica. ....	107
Figura 52 – Diagrama dos elementos construtivos da máquina. ....	108
Figura 53 – Leiaute proposto da máquina de corte e recolhimento das sementes de tabaco. ..	109
Figura 54 – Modelagem 3D do conjunto e estrutura principal de suporte, movimentação e transporte. ....	110
Figura 55 – Estrutura metálica montada. ....	111
Figura 56 – Estrutura principal de suporte do equipamento. ....	112
Figura 57 – Sistema coletor e cortador do equipamento. ....	113
Figura 58 – Sistema coletor e cortador do equipamento. ....	114
Figura 59 – Estrutura metálica do coletor, e os componentes principais. ....	115
Figura 60 – Eixo do rotor de corte, direcionamento e recolhimento. ....	115
Figura 61 – Sistema de regulagem de altura e bitola do equipamento. ....	116
Figura 62 – Sistema de regulagem de altura dos coletores. ....	117
Figura 63 – Conjunto Hidráulico de força. ....	118
Figura 64 – Conjunto Hidráulico de força. ....	119

Figura 65 – Sistema de armazenamento dos galhos e flores cortados. ....	120
Figura 66 – Equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco.....	121
Figura 67 – Componentes da estrutura metálica .....	122
Figura 68 – Detalhes da fixação dos Coletor da Colhedora de Flor de Tabaco .....	122
Figura 69 – Detalhes construtivos do Coletor da Colhedora de Flor de Tabaco.....	123
Figura 70 – Dispositivo modelado no CAD. ....	126
Figura 71 – Protótipo de dispositivo para teste de conceito: (a) vista lateral do coletor; (b) estrutura para teste do coletor. ....	127
Figura 72 – Furadeira manual a bateria acoplada ao eixo do cortador.....	128
Figura 73 – imagens do dispositivo sendo levada para teste de campo: (a) Desembarque do dispositivo; (b) Posicionamento do dispositivo.....	129
Figura 74 – imagens do dispositivo sendo posicionado para teste de campo.....	130
Figura 75 – imagens da planta recolhida com o corte efetuado pelo cortador e recolhedor. .	130
Figura 76 – QR-CODE de acesso ao vídeo dos testes, GOOGLE DRIVE. ....	131

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Metodologia de projeto.....	52
Quadro 2 – Informações do sistema de cultivo para as categorias de escopo do projeto.....	67
Quadro 3 – Informações do processo operacional para a categoria de escopo do projeto. ....	68
Quadro 4 – Informações das interferências e limites para a categoria de escopo do projeto...	69
Quadro 5 – Requisitos energéticos para a definição do escopo do projeto. ....	70
Quadro 6 – Lista das necessidades do cliente.....	72
Quadro 7 – Classificação das necessidades do cliente / ciclo de vida do projeto. ....	73
Quadro 8 – Tradução das necessidades do cliente em requisitos do cliente. ....	74
Quadro 9 – Lista de requisitos do cliente. ....	75
Quadro 10 – Critérios de classificação do grau de importância. ....	76
Quadro 11 – Resultado da aplicação do diagrama de MUDGE. ....	77
Quadro 12 – Conversão dos requisitos do cliente em requisitos de projeto.....	77
Quadro 13 – Hierarquização dos requisitos do projeto. ....	78
Quadro 14 – Especificações de projeto, valor meta e os aspectos indesejados.....	79
Quadro 15 – Análise das operações da máquina de corte e recolhimento da flor de tabaco....	85
Quadro 16 – Fluxo de material, energia e sinal das funções elementares, parciais. ....	92
Quadro 17 – Matriz morfológica com os princípios de solução. ....	97
Quadro 18 – Matriz morfológica com os princípios de solução para concepção A. ....	98
Quadro 19 – Descrição dos itens da concepção “A”. ....	99
Quadro 20 – Matriz morfológica com os princípios de solução para concepção B. ....	100
Quadro 21 – Descrição dos itens da concepção “B”. ....	101
Quadro 22 – Matriz morfológica com os princípios de solução para concepção C. ....	101
Quadro 23 – Descrição dos itens da concepção “C”. ....	102
Quadro 24 – Análise comparativa – Requisitos de clientes e as concepções do equipamento de corte e recolhimento da flor de tabaco. ....	103
Quadro 25 – Decomposição dos sistemas em subsistemas. ....	109
Quadro 26 – Componentes principais do conjunto de estrutura de movimentação e transporte. ....	111
Quadro 27 – Componentes do cortador e coletor. ....	114
Quadro 28 – Componentes do rotor de corte.....	116
Quadro 29 – Componentes principais do conjunto Hidráulico de força. ....	118
Quadro 30 – Componentes principais do conjunto reboque de transporte e recolhimento....	120
Quadro 31 – Decomposição dos sistemas em subsistemas. ....	121
Quadro 32 – Organização da documentação técnica da colhedora de Tabaco.....	125
Quadro 33 – Modelos de furadeiras. ....	128



## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Esboços e croquis iniciais dos tipos de coletor de corte e recolhimento.....	139
APÊNDICE B – Esboços e croquis iniciais da estrutura de sustentação do conjunto de corte e recolhimento.....	141
APÊNDICE C – Matriz QFD – Equipamento de Corte e Recolhimento da Flor de Tabaco.	143
APÊNDICE D – Imagens dos modelos em escala .....	145
APÊNDICE E – Oficina particular onde foram executados os trabalhos .....	149
APÊNDICE F – Desenhos técnicos do sistema de corte e recolhimento da flor do tabaco...	151
APÊNDICE G – Desenho técnico da estrutura metálica do sistema de movimentação e transporte.....	153
APÊNDICE H – Desenhos técnicos do sistema de corte e recolhimento .....	155
APÊNDICE I – Desenho técnico do sistema da estrutura metálica do coletor .....	169
APÊNDICE K – Fotos coletor (Fabricação) .....	179
APÊNDICE L – Conjunto de propulsão hidráulica (fabricação) .....	181
APÊNDICE M – Dispositivo de teste de conceito (Fabricação).....	183
APÊNDICE N – Imagens gerais das etapas de fabricação do protótipo. ....	185



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Imagens Dados técnicos da cortadora de flor de tabaco, Italiana .....	187
ANEXO B – Imagens da máquina italiana de desponte de flor de tabaco trabalhando .....	189
ANEXO C – Imagens de uma colhedora de folha do tabaco do mesmo fabricante.....	191
ANEXO D – Motor Hidráulico utilizado no conjunto .....	193
ANEXO E – Bomba Hidráulica utilizada no conjunto .....	195
ANEXO F – Válvula de comando direcional .....	197
ANEXO G – Válvula reguladora de Vazão .....	199
ANEXO H – Transplantadeira Multifuncional BUDNY .....	201
ANEXO I – Especificações técnicas .....	203
ANEXO J – Furadeiras.....	205





## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFUBRA	Associação dos Fumicultores do Brasil
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CTA	Centro de Tecnologia Aeroespacial
CRFT	Colhedora e recolhadora da flor de tabaco
FPO	<i>Free Patents Online</i>
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GTS	<i>Green Tobacc Sickness</i>
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
PDMA	Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produto
SINDITABACO	Sindicato das Indústrias do Tabaco
QAV	Querosene de aviação
TRL	<i>Technology readiness level</i>



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
1.1	OBJETIVOS .....	23
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>23</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>23</b>
1.2	TEMA DA PESQUISA: MECANIZAÇÃO DA COLHEITA DA FLOR DO TABACO .....	24
1.3	JUSTIFICATIVA .....	24
1.4	CONTRIBUIÇÕES .....	25
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>27</b>
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	27
<b>2.1.1</b>	<b>A Origem do Tabaco .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Perfil do produtor de tabaco.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1.3</b>	<b>A mecanização na cultura do tabaco.....</b>	<b>33</b>
<i>2.1.3.1</i>	<i>Equipamento Para a Colheita do Tabaco Existente no Mercado. ....</i>	<i>34</i>
<b>2.1.4</b>	<b>A Planta do Tabaco .....</b>	<b>36</b>
<b>2.1.5</b>	<b>O Desponte e Controle de Brotações.....</b>	<b>38</b>
<i>2.1.5.1</i>	<i>Espaçamento nas Linhas .....</i>	<i>41</i>
2.2	O TABACO ENERGÉTICO NO RIO GRANDE DO SUL.....	43
<b>2.2.1</b>	<b>A Semente de Tabaco Energético.....</b>	<b>44</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Os Biocombustíveis e o Bioquerosene .....</b>	<b>45</b>
2.3	PROJETO DE SISTEMAS TÉCNICOS .....	47
<b>2.3.1</b>	<b>Processo de projeto .....</b>	<b>49</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Metodologias para o Processo de Projeto .....</b>	<b>51</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Modelo de Referência Para o Processo de Projeto .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Protótipos Modelos e Mocapes no Projeto de Produto.....</b>	<b>54</b>
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO DE REVISÃO DA LITERATURA ...	54
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>55</b>
3.1	O PROJETO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS.....	55
<b>3.1.1</b>	<b>O Projeto Informacional .....</b>	<b>56</b>
<b>3.1.2</b>	<b>O Projeto Conceitual .....</b>	<b>58</b>
<b>3.1.3</b>	<b>O Projeto Preliminar .....</b>	<b>60</b>
<b>3.1.4</b>	<b>O Projeto Detalhado .....</b>	<b>62</b>

3.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO DE METODOLOGIA .....	63
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>65</b>
4.1	RESULTADOS DA FASE DE PROJETO INFORMACIONAL.....	66
4.1.1	<b>Exame do Escopo do Projeto.....</b>	<b>66</b>
4.1.2	<b>Necessidades do cliente/ requisitos do cliente .....</b>	<b>71</b>
4.1.3	<b>Especificações de Projeto .....</b>	<b>78</b>
4.1.4	<b>Análise de Produto Industrial .....</b>	<b>79</b>
4.1.5	<b>Considerações Finais da Fase de Projeto Informacional.....</b>	<b>83</b>
4.2	RESULTADOS DA FASE DE PROJETO CONCEITUAL.....	84
4.2.1	<b>Estrutura Funcional do Sistema Técnico .....</b>	<b>84</b>
4.2.2	<b>Função Global da Máquina de Corte e Recolhimento de Flor de Tabaco .....</b>	<b>88</b>
4.2.3	<b>Funções Parciais e Elementares do Equipamento.....</b>	<b>88</b>
4.2.4	<b>Concepções Alternativas .....</b>	<b>93</b>
4.2.5	<b>Análise Comparativa das Concepções Quanto aos Requisitos de Clientes.....</b>	<b>102</b>
4.2.6	<b>Leiaute Proposto.....</b>	<b>104</b>
4.2.7	<b>Considerações Finais da Fase de Projeto Conceitual.....</b>	<b>107</b>
4.3	RESULTADOS DA FASE DE PROJETO PRELIMINAR.....	107
4.3.1	<b>A Estrutura do Produto .....</b>	<b>108</b>
4.3.2	<b>Modelagem do Mocape Digital.....</b>	<b>110</b>
4.3.3	<b>Sistema de Movimentação e Transporte do Equipamento .....</b>	<b>110</b>
4.3.4	<b>Sistema Corte e Recolhimento e do Equipamento .....</b>	<b>112</b>
4.3.5	<b>Sistema de Regulagem da Altura dos Coletores .....</b>	<b>116</b>
4.3.6	<b>Sistema Hidráulico e de Força .....</b>	<b>117</b>
4.3.7	<b>Especificações Técnicas da Colhedora de Flor de Tabaco.....</b>	<b>120</b>
4.3.8	<b>Projeto em CAD .....</b>	<b>123</b>
4.3.9	<b>Considerações Finais da Fase de Projeto Preliminar.....</b>	<b>124</b>
4.4	RESULTADOS DA FASE DE PROJETO DETALHADO.....	124
4.4.1	<b>Desenhos Técnicos de Conjuntos e Componentes da Colhedora de Flor de Tabaco .....</b>	<b>124</b>
4.4.2	<b>Fabricação do Protótipo .....</b>	<b>125</b>
4.4.3	<b>Especificações Técnicas do Equipamento de Corte e Recolhimento da Flor do Tabaco.....</b>	<b>125</b>
4.4.4	<b>Testes para Prova de Conceito .....</b>	<b>126</b>
4.4.5	<b>Considerações finais da fase de Projeto Detalhado.....</b>	<b>131</b>

<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>133</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>135</b>
	<b>APÊNDICE A – Esboços e croquis iniciais dos tipos de coletor de corte e recolhimento.....</b>	<b>139</b>
	<b>APÊNDICE B – Esboços e croquis iniciais da estrutura de sustentação do conjunto de corte e recolhimento. ....</b>	<b>141</b>
	<b>APÊNDICE C – MATRIZ QFD – EQUIPAMENTO DE CORTE E RECOLHIMENTO DA FLOR DE TABACO.....</b>	<b>143</b>
	<b>APÊNDICE D – Imagens dos modelos em escala .....</b>	<b>145</b>
	<b>APÊNDICE E – Oficina particular onde foram executados os trabalhos.....</b>	<b>149</b>
	<b>APÊNDICE F – Desenhos técnicos do sistema de corte e recolhimento da flor do tabaco.....</b>	<b>151</b>
	<b>APÊNDICE G – Desenho técnico da estrutura metálica do sistema de movimentação e transporte .....</b>	<b>153</b>
	<b>APÊNDICE H – Desenhos técnicos do sistema de corte e recolhimento .....</b>	<b>155</b>
	<b>APÊNDICE I – Desenho técnico do sistema da estrutura metálica do coletor ...</b>	<b>169</b>
	<b>APÊNDICE K – Fotos coletor (Fabricação).....</b>	<b>179</b>
	<b>APÊNDICE L – Conjunto de propulsão hidráulica (fabricação).....</b>	<b>181</b>
	<b>APÊNDICE M – Dispositivo de teste de conceito (Fabricação). ....</b>	<b>183</b>
	<b>APÊNDICE N – Imagens gerais das etapas de fabricação do protótipo. ....</b>	<b>185</b>
	<b>ANEXO A – Imagens Dados técnicos da cortadora de flor de tabaco, Italiana..</b>	<b>187</b>
	<b>ANEXO B – Imagens da máquina italiana de desponte de flor de tabaco trabalhando .....</b>	<b>189</b>
	<b>ANEXO C – Imagens de uma colhedora de folha do tabaco do mesmo fabricante. ....</b>	<b>191</b>
	<b>ANEXO D – Motor Hidráulico utilizado no conjunto.....</b>	<b>193</b>
	<b>ANEXO E – Bomba Hidráulica utilizada no conjunto .....</b>	<b>195</b>
	<b>ANEXO F – Válvula de comando direcional.....</b>	<b>197</b>
	<b>ANEXO G – Válvula reguladora de Vazão .....</b>	<b>199</b>
	<b>ANEXO H – Transplantadeira Multifuncional BUDNY .....</b>	<b>201</b>
	<b>ANEXO I – Especificações técnicas .....</b>	<b>203</b>
	<b>ANEXO J – Furadeiras .....</b>	<b>205</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil, encontra-se entre os maiores produtores de tabaco do mundo, desde 1993, e é o maior exportador mundial de fumo, em volume segundo dados da AFUBRA (ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, 2019)

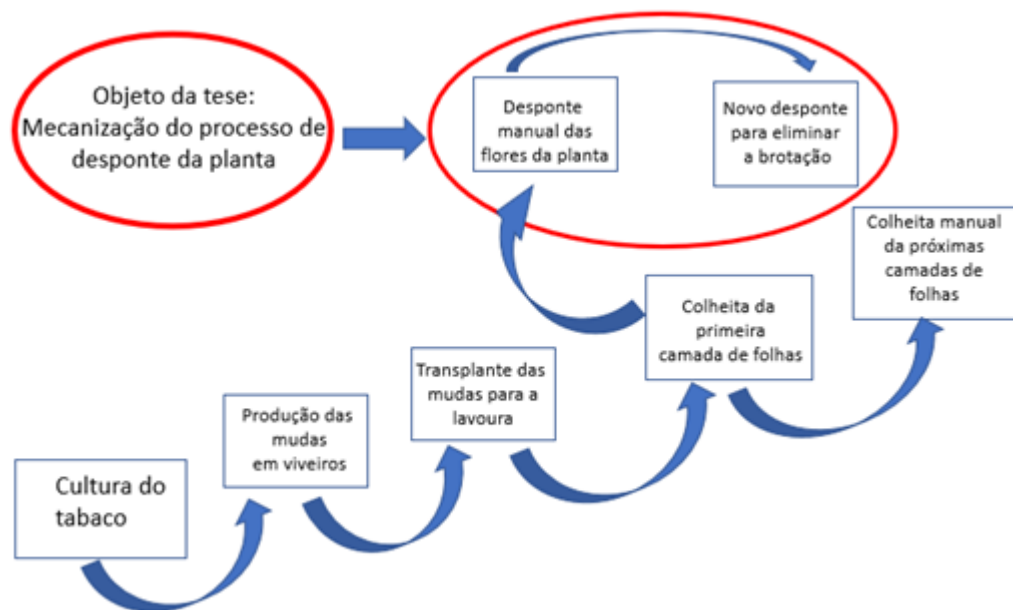
A cultura do tabaco é desenvolvida em mais de 600 municípios dos três Estados da Região Sul. Geralmente, encontra-se em um significativo número de propriedades de agricultura familiar, com área inferior a 20 hectares, das quais, em média, cerca de 2 hectares são utilizados para o plantio de fumo. A fumicultura na região sul é desenvolvida através do Sistema Integrado de Produção entre indústrias e agricultores desde 1918 conforme o SINDITABACOS, (2019).

No campo social, a atividade fumageira é grande geradora de empregos diretos e indiretos, contando com 150.000 produtores de tabaco, uma produção total de cerca de 665.000 mil toneladas, produzindo uma renda de 6,28 bilhões de reais na safra 2017/2018. Dados da FAO (2017) para a produção mundial, revelam que o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial de tabaco em 2016, ficando atrás apenas da China e da Índia. Além disso, as usinas de beneficiamento e as fábricas de cigarros empregam mais de 40.000 trabalhadores diretos, segundo o SINDITABACOS, (2019).

A fim de que se reduza o consumo do cigarro, o setor fumageiro brasileiro tem sofrido forte pressão dos órgãos governamentais ligados à saúde, devido aos malefícios causados pelo cigarro ao ser humano (ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, 2019).

O ciclo produtivo da cultura do tabaco mostrado no fluxograma Figura 1, se inicia com a produção de mudas em viveiros para germinação, para logo em seguida, serem transplantadas para a lavoura manualmente, em grande parte das propriedades, ainda que já existam equipamentos que auxiliam esta etapa do plantio das mudas de tabaco. Após um período que varia de 6 a 7 semanas, inicia-se o processo de brotação das flores no ápice da planta, promovendo um direcionamento dos nutrientes para esta parte superior do cultivar. Nesta etapa, faz-se necessária a retirada destas flores através de um processo denominado “desponte”, onde o agricultor quebra manualmente a parte superior de cada planta, descartando essa brotação e permitindo que o desenvolvimento se dê concentrado nas folhas, garantindo um melhoramento da qualidade do tabaco a ser colhido posteriormente, Figura 1, segundo (COLLINS; HAWKS, 2011).

Figura 1 – Fluxograma do ciclo produtivo do tabaco.



Fonte: Autor (2021).

Estas flores contendo as sementes, atualmente, não são aproveitadas, mas poderiam ser utilizadas na produção de biocombustível, em especial o bioquerosene utilizado na aviação.

Estudos realizados na Europa evidenciam, inclusive, o desenvolvimento de variedades de tabaco geneticamente modificado.

Esta variedade de tabaco energético geneticamente modificado, e capaz de produzir uma maior quantidade de flores e, portanto, de sementes, não servindo à produção de fumo dado o baixo teor de nicotina presente nas folhas, mas maior concentração de semente por planta, adequadas a produção de bioquerosene de aviação.

Essa planta teria como finalidade proporcionar, aos produtores de fumo, uma possibilidade de renda complementar pela comercialização das sementes de tabaco convencional, bem como pelo plantio de parte dessa lavoura para a produção de bioquerosene.

Esse é um cultivo direcionado à obtenção de uma fonte energética renovável de grande potencial futuro, o bioquerosene de aviação, o que o torna mais rentável para o produtor rural de pequeno porte.

Neste sentido o setor se depara com o problema da falta de oferta comercial de máquinas para a realização desta operação de corte, (desponte), e colheita da flor do tabaco para extração da semente, operação esta que exige um esforço físico e repetitivo intenso, podendo ocasionar riscos à saúde ocupacional do trabalhador.



Considerando que o Brasil figura entre os 3 maiores produtores de tabaco do mundo e que o desponte da flor de tabaco é uma operação fundamental no ciclo da cultura, esta flor não é aproveitada no Brasil para a produção de biocombustível a partir de suas sementes.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este estudo possui como objetivo geral desenvolver uma concepção de um equipamento agrícola destinado ao desponte e recolhimento da flor do tabaco, contribuindo para a mecanização desta operação.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos estabelecidos incluem:

- a) Caracterizar o estado da arte da mecanização da cultura do tabaco;
- b) Definir as especificações de projeto;
- c) Realizar a síntese funcional do equipamento de modo a definir a função global e a estrutura funcional por meio das funções elementares e respectivas interações, bem como o fluxo das grandezas de energia material e sinais;
- d) Gerar a concepção do equipamento de modo a identificar princípios e soluções compatíveis entre as funções elementares da estrutura funcional, atendendo também aos requisitos formulados;
- e) Modelar geometricamente os subsistemas e componentes da concepção gerada de modo a apresentar o mocape digital tridimensional, bem como os desenhos técnicos necessários a fabricação do protótipo;
- f) Montar protótipo do equipamento para realização de testes para prova de conceito da função crítica para a função gerada, modelada e construída.

## 1.2 TEMA DA PESQUISA: MECANIZAÇÃO DA COLHEITA DA FLOR DO TABACO

Depois da terra, as máquinas agrícolas representam o maior investimento para o agricultor, e sua adequação ao tamanho da propriedade é um fator fundamental na redução dos custos. Há, entretanto, no país, carência de recursos e máquinas que atendam a agricultura familiar nas suas necessidades de adequação e que permitam a análise e a comparação sobre a eficiência do uso desses equipamentos.

A importância socioeconômica do tabaco para a região Sul do Brasil é indiscutível. Segundo Almeida et al. (2002), um dos maiores desafios para a agropecuária brasileira, neste início de século, é encontrar meios para tornar a pequena propriedade ecológica e economicamente sustentável. Dessa forma, o problema a ser abordado nesta tese, é: **“Como realizar a colheita da flor de tabaco de forma mecanizada evitando que seja necessário o trabalho manual de baixa produtividade e de grande esforço”**.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Além do tabaco ser uma cultura que oferece riscos à saúde do produtor quando ele entra em contato físico com as folhas da planta, outro problema dessa cultura é a nicotina, um alcaloide presente nas folhas de tabaco, solúvel em água e lipídios, que pode ser prontamente absorvida pela pele, principalmente quando estas estão molhadas. Dessa forma, quando os trabalhadores fazem a colheita dessas folhas de tabaco após um dia de chuva, ou quando há orvalho, suas roupas podem ficar molhadas pelo contato com a planta úmida, o que favorece a passagem da nicotina pela roupa e, posteriormente, o contato dela com a pele, isto ocorre também no momento do desponte das flores. A “doença da folha do tabaco verde” (*Green Tobacc Sickness*, GTS) é uma doença ocupacional associada à exposição dos trabalhadores à nicotina durante a colheita das folhas de tabaco (SELMI; CORREA; ZAMBRONE, 2016) e caracteriza-se como uma intoxicação aguda, geralmente moderada, cujos principais sintomas são dor de cabeça, náuseas e vômito.

Contudo, ao se analisar a qualidade da produção, o desponte e desbrota, que são executados manualmente na atual cultura, favorecem um melhor desenvolvimento radicular da planta de tabaco. Isso, por sua vez, facilita a absorção de água e nutrientes, bem como a síntese de nicotina, aumentando significativamente a qualidade e produtividade do tabaco. Além disso, o desponte e desbrota dão mais resistência à planta, reduzindo quedas por ventos e a drenagem,

nas folhas, de certos compostos orgânicos e inorgânicos utilizados pela planta para o seu desenvolvimento. Com base nisso, essa prática incrementa o peso e a textura das folhas, além de alterar os seus componentes químicos, especialmente aqueles produzidos nas folhas mais altas na parte superior do pé, (COLLINS; HAWKS, 2011).

A maioria dos produtores e dos compradores de tabaco, portanto, concordam que a retirada das brotações proporciona mudanças desejáveis nas folhas curadas, o que significa um aumento considerável na produtividade por planta e na qualidade das folhas, com consequente aumento do preço final, devido à mão de obra, conforme estudos de (COLLINS; HAWKS, 2011).

A mecanização desse processo se faz necessária para que essa alternativa de cultura se torne economicamente viável, uma vez que o processo de desponte nas lavouras é feito de forma manual, necessitando grande quantidade de mão de obra e gerando elevados custos e esforço físico. Sua mecanização também permitiria uma minimização da exposição direta do trabalhador a essa cultura, evitando, assim, os riscos à saúde inerentes à colheita manual.

A inserção do tabaco energético nessas propriedades teria, como finalidade, proporcionar aos produtores de tabaco uma possibilidade de renda complementar à cultura atual, permitindo a fixação desse produtor no meio rural. Um equipamento de baixo custo possibilitaria o incremento da produção direcionada ao cultivo de uma fonte energética renovável de grande potencial futuro, o bioquerosene de aviação. O equipamento proposto provavelmente contribuirá para o aumento da rentabilidade do produtor rural.

Segundo pesquisas realizadas no banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), na base de dados da *Free Patents Online* (FPO) e na base de patentes comerciais *Orbit*, não foram encontrados registros de patentes referentes a esse produto, assim como nenhum equipamento com essas características específicas está sendo comercializado no mercado. Ao realizar a busca de patentes foi encontrado apenas um equipamento italiano com características diferentes, sendo esta, a patente que mais se aproximou do objeto da pesquisa.

#### 1.4 CONTRIBUIÇÕES

O trabalho que envolve esta tese contribuirá para o desenvolvimento de um equipamento que permita a mecanização do processo de corte através da retirada da parte superior da planta de tabaco onde se localiza a flor, processo este denominado “desponte”.

O produtor de tabaco necessita fazer este desponte nas lavouras pois este processo de retirada, potencializa a fixação da nicotina nas folhas da planta, o que gera maior ganho em qualidade do fumo obtido desta planta, permitindo que o produtor obtenha um maior preço pelo tabaco ao comercializá-lo junto as empresas que fazem o beneficiamento.

Este processo é executado atualmente em todas as lavouras de tabaco, e é feito manualmente, sendo que o agricultor percorre um por um, cada pé e retira a parte superior da planta onde estão localizadas as flores. Após ser retirada ocorre a rebrota destas flores, podendo ocorrer até três vezes durante o ciclo da planta, tendo que ser retirada novamente esta brotação.

O desenvolvimento de um equipamento que realiza o desponte também poderá fazer o recolhimento destas flores para que, após a secagem, seja retirada a semente localizada no seu interior. Destas sementes se extrai o óleo para ser utilizado na produção de biocombustível.

Atualmente, não existe disponível no mercado brasileiro tecnologia mecânica para auxiliar os produtores agrícolas familiares no árduo trabalho de desponte. O corte e recolhimento da flor de tabaco para posterior processamento e portanto, obtenção das sementes permitirá agregar mais uma fonte de renda a essas famílias agrícolas, e também como consequência diminuir a exposição do trabalhador às características insalubres e às doenças causadas a partir da cultura do tabaco, minimizando seu contato com a planta.

O desenvolvimento de um equipamento poderá simplificar e dar maior produtividade ao processo de desponte, mecanizando esta operação e permitindo que o produtor através de um equipamento relativamente simples de operar e com um custo de aquisição acessível aos padrões da agricultura praticada pelos produtores de tabaco aqui no Brasil, possa ampliar seus ganhos, diminuindo a contratação de mão de obra para a atividade.

Como resultado de desenvolvimento deste projeto, busca-se também nesta tese a prova de conceito de um sistema técnico mecanizado para corte recolhimento da flor de tabaco nível (TRL4 ou 5).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A agricultura tem desempenhado um papel importante no desenvolvimento do país. Por meio de aspectos como geração de renda e emprego, desenvolvimento agrícola com alto grau de mecanização, alta rentabilidade e obtenção de resultados, observa-se que cada vez mais as organizações agrícolas estão se adaptando à modernização. A atividade agrícola tem procurado aprimorar as práticas ou sistemas de cultivo, mas o pequeno agricultor dentro dessa atividade, carece de ferramentas que lhe permitam investir de modo a obter esses benefícios, maior retorno contábil, econômico e financeiro, melhor aproveitamento de insumos e serviços com o menor impacto ecológico (ALMEIDA et al., 2002).

As máquinas agrícolas representam o maior investimento para o agricultor, depois da terra, e sua adequação ao tamanho da propriedade é um fator fundamental na redução dos custos (ALMEIDA et al., 2002). Há, entretanto, no país, carência de recursos e de máquinas que atendam o pequeno agricultor nas suas necessidades de adequação e que permitam a análise e a comparação sobre a eficiência do uso desses equipamentos.

Os esforços implementados para atrair médias e grandes indústrias para as pequenas e médias cidades, apostando todos os recursos públicos para gerar empregos e/ou aumentar a arrecadação fiscal, estão cada vez mais difíceis de se concretizarem. Durante muitos anos, essa perspectiva de desenvolvimento vem norteando as ações de muitas administrações nos âmbitos federal, estadual e municipal, segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI), mas apenas um número quase insignificante de municípios consegue alavancar essa estratégia.

Apesar de tudo, a prática da agricultura familiar, definida por Almeida et al. (2002), como “agricultura de subsistência baseada no trabalho da família em pequenas propriedades”.

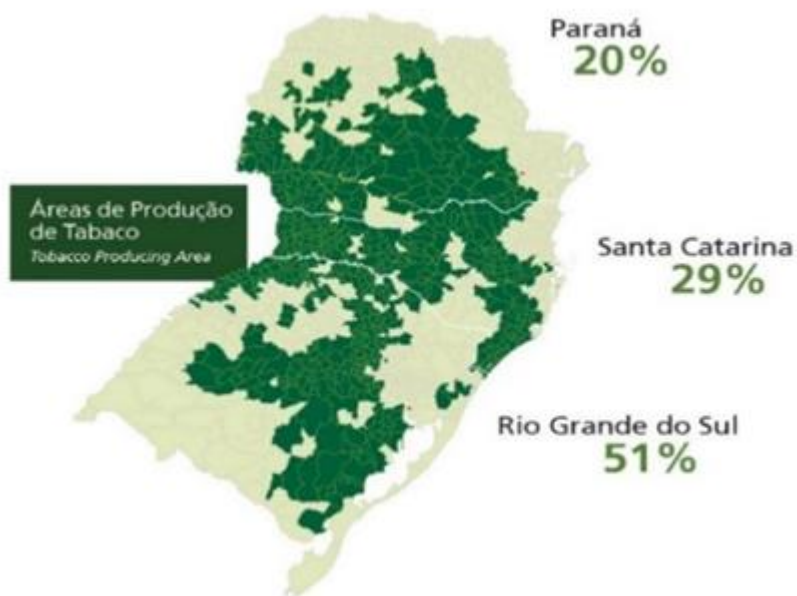
[...] mantém-se presente em todas as regiões do país, mostrando ser um dos segmentos de maior importância econômica e social do meio rural, com grande potencial de fortalecimento e crescimento. Além disso, a agricultura familiar é um setor estratégico para manter e recuperar o emprego, para redistribuir a renda, para garantir a soberania alimentar do país e para construir o desenvolvimento sustentável (ALMEIDA et al., 2002, p. 243).

Os agricultores, especialmente aqueles que utilizam a mão de obra familiar na produção, são os que mais necessitam de apoio. Para romper tal situação, são fundamentais a melhoria

tecnológica e o aumento de produtividade da pequena propriedade, bem como a agregação de valor na produção agrícola.

A importância socioeconômica do tabaco para a região sul do Brasil é indiscutível. Presente em 619 municípios do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (Figura 2), o tabaco é cultivado em 290.397 hectares por 154.000 produtores integrados. Um universo de aproximadamente 615.000 pessoas participa desse ciclo produtivo no meio rural, somando uma receita anual bruta de R\$ 5,0 bilhões (ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, 2020)

Figura 2 – Distribuição da produção de fumo na região sul.



Fonte: (ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, 2020).

O setor fumageiro está permanentemente em busca de novas tecnologias com o propósito de melhorar a produtividade e a qualidade de seu produto dada a evolução das exportações. Uma das alternativas que se apresentam para reduzir o esforço e a mão de obra das operações agrícolas é a adequação da mecanização voltada para esse sistema produtivo (ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, 2020), Figura 3.

Figura 3 – Mercado de tabaco brasileiro.



Fonte: (ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, 2020).

A forma mais utilizada de plantio entre os produtores é o transplante manual de mudas, (Figura 4) previamente cultivadas em sementeiras, embora já exista no mercado equipamento que desenvolvem esta operação de forma mecanizada, (Figura 5) e Anexo C. Esta operação absorve grande quantidade de mão de obra, sendo esse, em muitos casos, o fator limitante da área total a ser cultivada.

Segundo Almeida et al. (2002), um dos maiores desafios para a agropecuária brasileira, neste início de século, é encontrar meios para tornar a pequena propriedade ecológica e economicamente sustentável. A existência de poucas tecnologias apropriadas para sua realidade e/ou a falta de acesso a essas tecnologias têm levado ao uso de práticas ecológica e tecnicamente incorretas, com consequente empobrecimento dos solos agrícolas, redução da produtividade e descapitalização dos produtores.

Figura 4 – Plantio de fumo na lavoura em Santa Cruz do Sul.



Fonte: Jornal Arauto (2020).

Figura 5 – Transplantadora de tabaco Budny em operação.



Fonte: Budny (2020).

### 2.1.1 A Origem do Tabaco

A maioria dos historiadores como NOGUEIRA (2007), e COLLINS; HAWKS, (2011), consideram o tabaco como sendo de origem americana, onde foi cultivado pelos indígenas, tanto da América do Sul como na do Norte. Uma das hipóteses mais prováveis é a de que a planta teria surgido nos vales orientais dos Andes Bolivianos e se difundido pelo território brasileiro através das migrações indígenas, sobretudo Tupi-Guarani (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO TABACO, 2019).



O fumo teve origem na América Central, nas proximidades da cidade de *Tobaco*, região de *Yucatán* em 1520, que os colonizadores espanhóis viram pela primeira vez, a planta sendo usada pelos índios. Os índios chamavam esses charutos ou cachimbo de tabaco, e utilizavam para espantar os mosquitos.

Também existem relatos de que o nome da planta tabaco veio de uma homenagem feita pelos colonizadores à localidade onde a encontraram pela primeira vez, Tabaco. Segundo os historiadores, em 1530, plantas de tabaco teriam sido levadas para a Europa e cultivadas pela família real portuguesa por seu aspecto ornamental e por sua função medicinal.

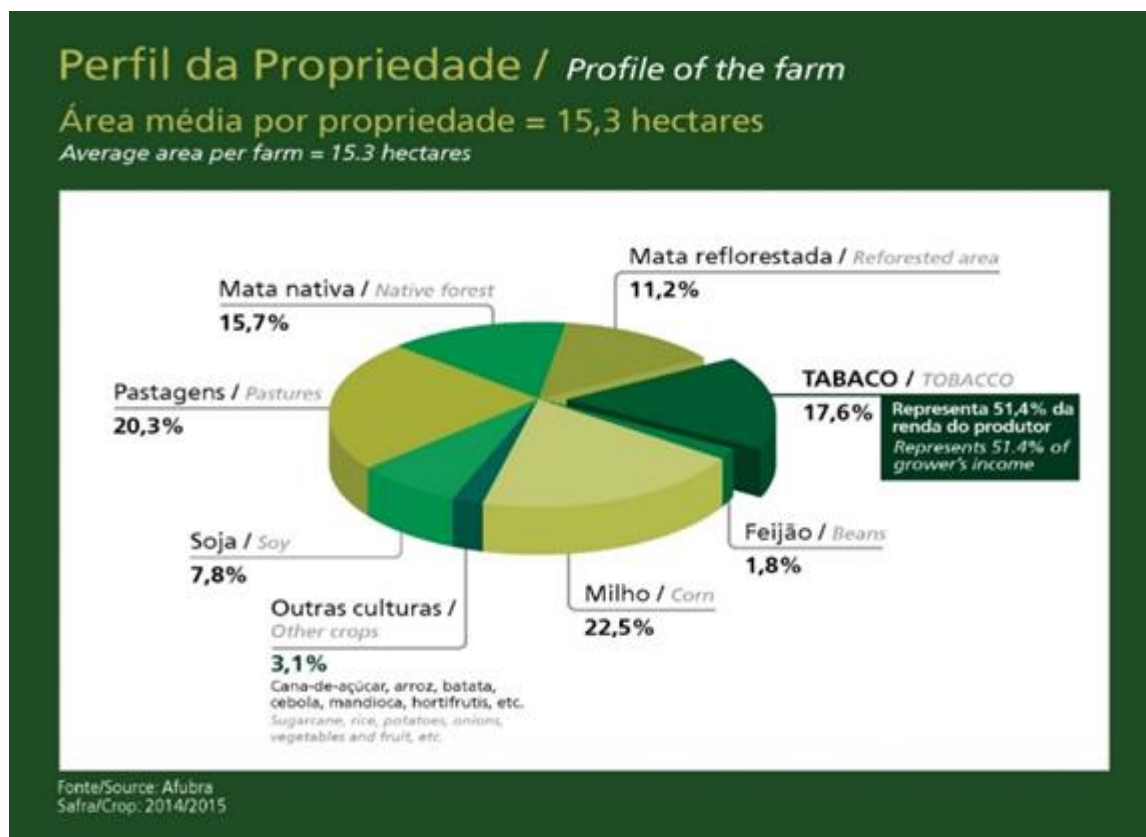
Assim, em apenas um século, o tabaco passou a ser conhecido e usado no mundo inteiro; as expedições portuguesas que levaram a planta para Portugal e França difundiram-na para outros países europeus, da África e do oriente (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO TABACO, 2019).

Assim, rapidamente, o cultivo e comércio de tabaco no Brasil colonial passou a ter importância destacada, a ponto de, já no decorrer do século XVII, o seu comércio ter conhecido várias legislações e taxações, passando a figurar entre os principais produtos exportados durante o período do Império. Essa importância está marcada até os dias atuais no brasão das Armas da República, em que o tabaco e o ramo de café constituem o coroamento desse símbolo da nacionalidade brasileira (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO TABACO, 2019).

### **2.1.2 Perfil do produtor de tabaco**

O cultivo de tabaco no Brasil tem como base as pequenas propriedades, em média com 15,3 hectares, sendo que, desses, apenas 17,6% são dedicadas à produção. Apesar da pequena lavoura plantada, o cultivo representa 51,4% da renda familiar dos agricultores (ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, 2020). A área restante é reservada para culturas alternativas e de subsistência (35,2%), criações de animais e pastagens (20,3%), florestas nativas (15,7%) e reflorestamento (11,2%) (Figura 6).

Figura 6 – Perfil das propriedades de produtores de fumo.



Fonte: Associação dos Fumicultores do Brasil (2020).

A pesquisa da AFUBRA aponta que 28,7% das famílias que produzem tabaco — estimativa safra 2014/2016 — não possuem terra própria, ou seja, aproximadamente 44.000 famílias desenvolvem a cultura em regime de parceria ou arrendamento (ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, (2019). Ciente desse perfil, há décadas as indústrias de beneficiamento de tabaco incentivam os produtores a diversificar suas atividades para que não dependam exclusivamente de uma cultura. Por meio de atividades paralelas, os agricultores reduzem seus custos com a alimentação da família e de animais criados na propriedade e aumentam a renda com a comercialização de excedentes de produção. É uma forma de melhorar a qualidade de vida das famílias e contribuir para que permaneçam no meio rural, reduzindo as chances de êxodo para os centros urbanos.

Considerando a soma total dos empregos diretos e indiretos gerados pelo fumo desde o seu plantio até a comercialização do cigarro, há o envolvimento de aproximadamente 2,5 milhões de pessoas que, de alguma forma, estão vinculadas ao setor, ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, (2019).

Segundo Almeida et al. (2002, p. 117),

[...] um dos maiores desafios para a agropecuária brasileira, nesse início de século, é encontrar meios para tornar a pequena propriedade ecológica e economicamente sustentável. A existência de poucas tecnologias apropriadas a sua realidade e/ou a falta de acesso a essas tecnologias têm levado ao uso de práticas ecológica e tecnicamente incorretas com conseqüente empobrecimento dos solos agrícolas, redução da produtividade e descapitalização dos produtores. Uma das alternativas que se apresentam para reduzir o esforço e a mão de obra das operações agrícolas é a adequação da mecanização voltada para esse sistema produtivo.

### **2.1.3 A mecanização na cultura do tabaco**

A partir de inúmeros estudos realizados, verifica-se uma queda nos custos totais de produção com a mecanização de uma atividade agrícola, mesmo havendo um significativo aumento nos custos de combustível e manutenção de máquinas agrícolas. Diante disso, faz-se necessário outros estudos para verificar a variação no grau de mecanização e compará-la com a variação nos custos de produção; além disso, ainda é preciso analisar como tem sido o comportamento da mão de obra direta em termos de variação percentual, comparando-se com os custos da mecanização.

A produção agrícola se desenvolve em um processo sucessivo de tomada de decisões pelo produtor, que necessita escolher quando e como realizar os procedimentos recomendados pela pesquisa ou pelos técnicos, podendo ainda optar pela execução ou não de determinadas atividades. Muitas vezes, a decisão de aplicar as técnicas apropriadas ou recomendadas, visando ganhos superiores, requer investimentos (FETT, 2000). Nesse sentido, é importante que se tenha uma avaliação da composição dos custos de produção; a longo prazo, a mecanização do processo gera essa redução.

Mesmo com todos os benefícios proporcionados pela agricultura familiar, observa-se uma significativa deficiência no que tange às máquinas agrícolas necessárias para suprir suas necessidades, pois não são poucos os casos em que o maquinário disponível não se aplica às condições de trabalho, tamanho da propriedade e sistema de cultivo, ou seja, as necessidades reais dos agricultores familiares. Há poucos equipamentos no comércio adequados à agricultura familiar, que na maioria das vezes são grandes, caros e com demanda de potência acima da necessidade do agricultor familiar (TEIXEIRA et al., 2009; 2010; NIEMCZEWSKI et al., 2014).

Com a evolução tecnológica, a mecanização da atividade agrícola se faz necessária, uma vez que os custos de produção dessa atividade, que antes eram insignificantes, hoje necessitam ser cuidadosamente analisados e adequadamente classificados. São custos com mão de obra direta que, até pouco tempo, representavam parcela insignificante dos custos totais de produção (mesmo que a mão de obra fosse familiar). Atualmente, porém, são significativos em relação ao custo total do produto.

A pesquisa de Hofer, et al. (2009), levanta a necessidade de mais estudos que tratem a análise do custo de produção de propriedades rurais, a partir da utilização de diferentes métodos e em diferentes atividades. Becker et al., (2020) procuraram identificar quais os custos envolvidos no cultivo de tabaco em uma pequena propriedade rural. Para tanto, consiste em identificar os custos na produção de tabaco da safra 2017/2018 em uma propriedade localizada no município de Timbé do Sul/SC.

O cultivo do tabaco é desenvolvido em várias etapas e fases distintas, e existe a necessidade de utilização de muita mão de obra em cada uma dessas fases, pouco se tem observado em relação à mecanização desse cultivar, sendo que é grande consumidor de mão de obra direta. Equipamentos para a colheita, plantio e processamento do tabaco passam por uma restrição grande e determinante, que é o custo de aquisição desse maquinário. Existem no mercado, algumas máquinas de plantio de tabaco, bem como de colheita, que oferecem soluções alternativas para diminuir o desgaste provocado ao agricultor no processo de retirada das camadas mais inferiores de folhas. Já que a variedade de tabaco plantado no Brasil tem um processo de maturação em que as folhas mais baixas da planta maturam mais cedo, o maquinário faz a colheita da safra por etapas; inicialmente, o produtor precisa colher as folhas que iniciaram sua maturação antes, deixando o restante da planta na lavoura para maturação até a próxima retirada (COLLINS; HAWKS, 2011).

#### *2.1.3.1 Equipamento Para a Colheita do Tabaco Existente no Mercado.*

Pesquisas foram realizadas em ambientes digitais e físicos para a organização deste trabalho, tais como livros, periódicos da área de Ciências Agrárias, bancos de dissertações e teses de universidades nacionais e internacionais, o portal de busca da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), os portais de busca *Scielo* e *Scopus*, a base de patente comercial *Orbit*, sites de internet; as palavras-chaves em língua portuguesa e em língua inglesa, visando a ampliar o alcance da pesquisa de uma máquina para colheita da

flor do tabaco, foram: Tabaco Energético, Colheita de Tabaco, Bioquerosene para Aviação, Sementes de Tabaco.

Apenas um equipamento (Figura 7) para esse fim foi encontrado e está sendo comercializado na Itália, pela empresa “COMANASSISI”, embora ele apenas faça o corte da flor ou desponte, deixando na lavoura as flores e sementes.

A técnica aplicada inicialmente na Itália em lavouras experimentais de tabaco energético, executava a colheita dessa cultura com colhedoras convencionais de trigo e soja. Assim, obtinha-se apenas uma colheita por safra, pois o corte é feito só uma vez, o que impedia o aproveitamento das folhas do fumo energético. Atualmente, utiliza-se o equipamento de fabricação italiana que executa o corte da flor de tabaco, deixando-a sobre o terreno para secagem e posterior recolhimento por outro equipamento. Seu uso permite também mais de um corte por safra, uma vez que o corte é executado apenas na parte superior da planta, permitindo a rebrota das flores. Este equipamento, contudo, possui um custo muito elevado para o agricultor brasileiro não se adequando a realidade do produtor que na maioria dos casos não teria condições financeiras de adquirir um equipamento deste porte.

Figura 7 – Máquina para corte, desponte da flor do tabaco comercializada pela empresa Italiana COMANASSISI.



Fonte: COMANASSISI (2017).

Equipamentos para a colheita das folhas do tabaco têm sido desenvolvidos e comercializados recentemente no Brasil e na Europa, mas para aplicação na atividade de colher a folha. Recentemente foram apresentados dois modelos pelos fabricantes brasileiros (Figura 8).

Figura 8 – Colhedora de tabaco Budny, Brasil.



Fonte: Budny (2019).

As máquinas motorizadas comercializadas na Europa (Figura 9) para colheita de tabaco têm sido utilizadas na Itália e nos Estados Unidos, porém a um custo elevado para o produtor brasileiro, o que inviabiliza a sua aquisição.

Figura 9 – Colhedora de tabaco SPAPPERI, modelo RA942E, Itália.



Fonte: Agriexpo (2019).

#### 2.1.4 A Planta do Tabaco

O nome científico da planta do tabaco é *Nicotiana Tabacum* — os termos *Tabacum* e tabaco vêm do nome de um tipo de junco vazado que era usado pelos indígenas para inalar o fumo segundo Nogueira (2007). A *Nicotiana* é oriunda do nome de um médico francês, Jean

Nicot (1560-1600), que estudou os efeitos da nicotina e a recomendava como uma substância milagrosa que “curava tudo”. Nogueira (2007) caracterizou a planta do tabaco (Figuras 10 e 11), que

[...] pode chegar a medir até quase dois metros de altura e possui uma cobertura de pelos viscosos. Os caules são eretos, robustos cilíndricos e ramosos. As folhas da planta são alternas ovais ou lanceoladas pontiagudas de cor verde. Suas flores são grandes, rosadas, com brácteas dispostas numa panícula na extremidade dos ramos.

Além disso, o fruto se dispõe em formato de cápsula ovóide, com muitas sementes pequenas, rugosas, irregularmente arredondadas (Figura 12 e 13).

Figura 10 – Imagem da planta de tabaco.



Fonte: Autor (2021).

Figura 11 – Copa de flores da planta de tabaco.



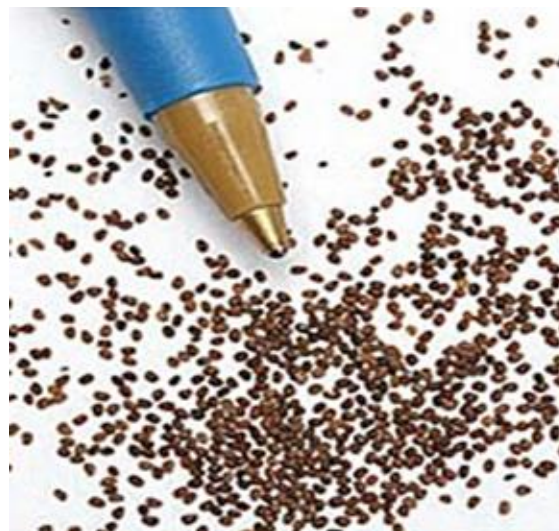
Fonte: Autor (2021).

Figura 12 – Capsula com as sementes do tabaco em seu interior.



Fonte: Autor (2021).

Figura 13 – Sementes de tabaco.



Fonte: Autor (2021).

### 2.1.5 O Desponte e Controle de Brotações

Segundo Collins e Hawks (2011), “As plantas de tabaco se desenvolvem com um caule único, tendo uma gema apical, que possui dominância apical. Eventualmente, esse ápice vegetativo se transforma em ápice reprodutivo que produz flores”. Quando o ápice é removido (despontado), as brotações crescem rapidamente. As brotações são vegetativas num primeiro momento e depois passam a ser reprodutivas. “A planta de tabaco possui um hormônio, na gema apical, que inibe o desenvolvimento das brotações. Quando esse tipo de inibidor é removido, ocorrem inicialmente três a quatro brotações”. Os autores também ressaltam que, quando são



removidas essas brotações, ocorrem brotações secundárias nas axilas, onde os brotos foram removidos. A planta de tabaco tem o potencial de produzir três brotações em cada axial, especialmente nas folhas mais altas. Sob condições normais, não produzem mais que duas brotações, Collins e Hawks (2011).

Experimentos desenvolvidos por Collins e Hawks (2011), demonstraram que desponte e desbrota manual, principalmente nas folhas superiores do tabaco, favorecem o desenvolvimento radicular, como pode ser observado na Tabela 1. Isso, por sua vez, facilita a absorção de água e nutrientes, bem como a síntese de nicotina.

Tabela 1 – Efeito do desponte e desbrota manual na produção, preço, Alcaloides Totais e açúcares redutores.

Tratamentos	Produção (kg/há)	Preço (US\$/45kg)	Valor (US\$/ha)	%Alcaloides	%Açúcares
Sem desponte ou desbrota	1577	63.99	2198	1,76	13.30
Despontado sem desbrota	1687	64.99	2386	2.36	17.30
Despontado e desbrotado	2051	65.65	2929	2.80	18.20

Fonte: Collins e Hawks (2011).

Collins e Hawks (2011), avaliam também que o grau de alteração nas folhas é influenciado pelo número de folhas por pé e pela época do desponte. Normalmente, as plantas do tabaco de estufa devem ser todas despontadas para a produção de cigarros. O processo se inicia tão logo as folhas ponteiiras, que serão colhidas, estiverem desenvolvidas o suficiente para permitirem a operação de desponte. Os nutrientes que normalmente seriam canalizados para as folhas ponteiiras, serão, então, canalizados para as folhas que permanecerem nas plantas.

Com espaçamento constante, o desponte mais baixo aumenta os teores de nicotina. O processo de desponte ou a retirada da parte superior da planta, portanto, favorece a qualidade do tabaco, sendo uma prática aconselhada por Collins e Hawks (2011), além disso, é possível fazer a obtenção das sementes para utilização posterior na produção de bioquerosene.

Conclui-se desse trabalho de Collins e Hawks (2011), que, em uma determinada linha, com determinado espaçamento, quando as plantas são despontadas com menor número de folhas por pé, a produtividade cai, enquanto os níveis de nicotina, o tamanho das folhas, a textura e o corpo de folhas secas aumentam (Tabela 2).

Tabela 2 – Níveis de nicotina em função do número de folhas.

Altura de desponte	Nicotina %
Sem desponte	1,49
20 folhas	1,61
10 folhas	2,64

Fonte: Collins e Hawks (2011).

Analisando a Tabela 2, verifica-se que a produção aumentou com desponte mais alto em todas as populações, por isso, a altura de desponte é parcialmente determinada pelo espaçamento ou densidade populacional.

O número de plantas e o número de folhas por área (Tabela 3) também são dados relevantes para determinar alguns parâmetros do projeto do equipamento em questão. O controle de brotações e produtividade estão diretamente relacionados; quanto maior o controle, maior a produtividade

Tabela 3 – Efeito da densidade populacional do tabaco e altura de desponte na produção e rendimento do tabaco.

Tratamentos	Peso(kg/ha)	Preço (US/45kg)	Plantas	Nº folhas/planta	Nº folhas/planta	Nº folhas/planta
(No. /ha)	12	16	20	12	16	20
<b>12000</b>	2015	2184	2516	60.76	59.68	55.89
<b>16000</b>	2203	2439	2686	60.16	61.03	59.27
<b>20000</b>	2381	2491	2936	61.64	57.95	58.79

Fonte: Collins e Hawks (2011).

O melhor controle de brotações também aumentou a nicotina e a textura da folha seca (Tabela 4). A remoção de brotações com a mão tem sido difícil e trabalhosa. Conforme relata COLLINS; HAWKS (2011), em 1978, o Dr. Heinz Seltmann, pesquisador americano, descobriu que aproximadamente 144 homens-horas são necessários para remover as brotações de 20 cm em um hectare. Esse trabalho não é apenas monótono, mas ocorre no período de colheita, quando há escassez de mão de obra, além de ser prejudicial à saúde do agricultor pelo contato com a planta, segundo o Dr. Heinz Seltmann.

Tabela 4 – Efeito do nível de controle de brotação na produção e preço do tabaco.

<b>Tratamento</b>	<b>Controle de brotações</b>	<b>Peso Kg/ha</b>	<b>Preço US/45 kg</b>	<b>% Nicotina</b>
<b>Sem controle</b>	---	1600	65,61	1,56
<b>Despontado e desbrotado</b>	0	1777	65,00	2,03
<b>Despontado e desbrotado a mão</b>				
<b>Brotos de 30 cm</b>	42	2096	67,75	2,61
<b>Brotos de 20</b>	53	2160	66,79	2,79
<b>Brotos de 10 cm</b>	73	2186	66,73	3,10
<b>Brotos eliminados cedo</b>	99	2396	65,61	3,41

Fonte: Collins e Hawks (2011).

Resultados de ensaios feitos por Collins e Hawks (2011), demonstram que há incremento de produtividade nas plantas despontadas no estágio de pré-botação quando comparadas com as despontadas mais tarde. Há uma apreciável quantidade de tecido destruído na área atingida quando as plantas são despontadas quimicamente, entretanto, o tecido restante continua a se desenvolver e produz tabaco de boa textura.

Partes da inflorescência das plantas de tabaco deveriam ser consideradas pestes. Elas roubam os recursos das plantas e reduzem produtividade e usabilidade. Sem exceção, elas estão em todas as lavouras e em todas as plantas. Por isso, despontar o tabaco é uma decisão administrativa que deve ser tomada todos os anos, Collins e Hawks (2011).

Um estudo conduzido no Canadá, também relatado por Collins e Hawks (2011), acompanhou, ao longo de três anos, o desenvolvimento de diferentes culturas de tabaco. Utilizando cinco cultivares com três épocas de desponte — cedo, normal e tardio —, demonstrou que, se comparadas com as folhas em que o desponte foi atrasado, houve uma redução de tamanho, comprimento e largura nas folhas da planta; variedades de tabaco florescem em tempos diferentes.

#### *2.1.5.1 Espaçamento nas Linhas*

Nos primórdios da fumicultura, o tabaco de estufa era plantado no espaçamento mínimo de 1,5m entre linhas. Atualmente, o espaçamento é de 1,2m. Dentro de limites razoáveis, menos espaçamento permite um melhor aproveitamento do fertilizante, da umidade do solo e da luz solar. Entretanto, há outros fatores, mencionados por Collins e Hawks (2011), como os

equipamentos de cultivo e colheita, que necessitam de bom espaçamento entre as linhas. Por isso, muitas vezes o espaçamento de outras culturas, dentro da propriedade, utiliza o melhor espaçamento para o tabaco segundo Collins e Hawks (2011, p. 184),

[...] mesmo que se diga que o espaçamento bem parelho, em uma mesma área, maximize o aproveitamento de fertilizante, água e luz, testes indicam que não há diferença significativa entre espaçamento de 1,2m e 1,25m entre linhas. Desde que a população seja constante.

Os dados da Tabela 5 são testes conduzidos por W. G. Woltz na década de 60 e mostram que, quando a população for constante, não há diferença entre 1,1m e 1,25m entre linhas, mas 1,5m apresentou produtividade menor Collins e Hawks (2011), Os testes foram feitos em três diferentes variedades e todas foram despontadas, ficando com o mesmo número de folhas retiradas de planta — a inflorescência resultou em uma folha por planta a mais para cada uma das variedades. Não houve diferença no percentual de nitrogênio ou nicotina em consequência do espaçamento. Entretanto, no espaçamento entre linhas, sem uma compensação entre plantas, deve-se esperar uma redução na produtividade e na qualidade da folha, Collins e Hawks (2011).

Além disso, não houve interação entre variedades e espaçamento, Tabela 5, por isso se omite o resultado relativo a variedades. Houve, porém, um significativo aumento de produtividade quando o espaçamento foi reduzido de 68,75 cm para 36,50 cm. Esse aumento de produtividade pode estar relacionado ao maior número de plantas e folhas, por unidade de área, resultante do espaçamento mais reduzido Collins e Hawks (2011).

Tabela 5 – Efeitos do espaçamento entre plantas na produtividade, percentual de Nitrogênio Total e Nicotina, (16.000 plantas por hectare).

Espaçamento entre linhas (cm)	Produção (kg/há)	Percentual	
		Nitrogênio total	Nicotina
105	2450	2,12	2,40
120	2367	2,08	2,37
135	2196	2,08	2,33

Fonte: Collins e Hawks (2011).

Esse e outros ensaios indicam que o melhor número de folhas, se forem levados em conta sua qualidade e custo de produção, é em torno de 288.000 por ha. O método de obtenção desse número (espaçamento menor e desponte mais baixo, ou espaçamento maior e desponte mais alto), não é o mais importante, desde que sejam mantidos os limites de 1,05 cm a 1,2 cm entre linhas, 45 cm a 60 cm nas linhas e desponte entre 17 a 22 folhas por planta.

O equipamento proposto neste trabalho segue parâmetros dimensionais baseados nas características do cultivar, como tipo de cultura, forma de plantio e, principalmente, características de posicionamento da planta na lavoura para definir altura de corte e espaçamento entre linhas. Portanto, com base nesses estudos, pode-se determinar esses parâmetros dimensionais iniciais do equipamento, bem como os limites de regulagem para cada dimensão proposta; assim, o equipamento pode ter a possibilidade de regulagem conforme os limites estabelecidos pela cultura e de acordo com os parâmetros utilizados pelo produtor.

## 2.2 O TABACO ENERGÉTICO NO RIO GRANDE DO SUL

O aumento da produção de bens duráveis demanda um aumento de consumo de energia em vários setores da cadeia produtiva e na distribuição dos bens no território nacional. Em geral, o combustível fóssil é usado como fonte de energia, tanto no processo de fabricação, quanto no transporte dos bens, desde a saída da fábrica até o espaço em que será comercializado (FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010).

Martins (1997) analisa em suas colocações, que a dependência da obtenção de energia a partir, principalmente, do petróleo, expõe a economia mundial a um estado de fragilidade, visto que vários momentos na história das crises mundiais estão diretamente relacionados a ele. “A economia mundial está extremamente dependente dos preços do petróleo, principalmente porque as reservas de petróleo estão localizadas em lugares de instabilidade social e política o que leva a grandes oscilações nos preços” (LLAMAS et al., 2012, p. 118). Isso também desencadeia uma série de problemas de adaptação, a fim de reestabelecer o equilíbrio econômico.

No histórico da bioenergia no Brasil, a resposta culmina na busca de fontes de energias alternativas (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2009; FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010). Em 1980, foi realizada uma pesquisa em Curitiba pela *American Soybean Association*, que avaliou o desempenho dos produtos de combustão de um combustível constituído de 20% de biodiesel de soja e 80% de diesel mineral. Os testes foram realizados numa frota de 20 ônibus urbanos durante três meses consecutivos. O resultado, de acordo com os parâmetros da pesquisa, reconheceu uma redução de 35% das emissões de fumaça (SOCCOL et al., 2005).

Fazendo uma leitura mais cuidadosa, observa-se que o consumo de biocombustíveis no mundo como fonte de combustível alternativo tem sido dependente do preço do diesel mineral

proveniente do petróleo. Quando o barril do petróleo tem preços elevados, o biocombustível é uma alternativa para manter o equilíbrio econômico (MOTTA et al., 2004 apud FREIRE, 2014; LLAMAS et al., 2012). Portanto, pode-se ponderar que, na concepção de governos e sociedade, o uso de biocombustíveis como gerador de energia pode ser uma solução para os problemas econômicos devido à instabilidade dos preços do barril de petróleo.

Uma variedade de cultivo chamada de tabaco energético se transforma em matéria-prima para a produção de biocombustíveis, biomassa para energia térmica e farelo para ração animal — é um projeto inovador, em fase de implantação, e uma enorme revolução nos conceitos de cultivo do tabaco. A primeira lavoura, com 10 hectares de área, foi implementada no município de Rio Pardo (RS) em novembro de 2011, e a colheita foi realizada até o final do mês de julho, de acordo com Camps(2012), responsável pelo projeto no país. Camps é o CEO da *Sunchem South Brazil*, fruto de uma parceria entre a empresa italiana de biotecnologia Sunchem e a M&V Participações, que tem sede em Porto Alegre (RS).

A organização foi fundada oficialmente no segundo semestre de 2011 e sediada na capital gaúcha. O profissional leva na bagagem a experiência de quatro anos à frente da Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul (CEEE), entre 2007 e 2010. Exprodutor rural, também conhece a rotina no campo (CAMPS, 2012, p. 69):

No período em que fui presidente da CEEE, tive contato direto com produtores de fumo e sei que o agricultor precisa gerar mais renda. O Brasil está comprometido com a Convenção-Quadro para o Controle do Tabaco da Organização Mundial da Saúde (CQCT-OMS) para criar alternativas ao cultivo da folha. Então, vamos estimular os fumicultores a plantar também o tabaco energético na diversificação das lavouras.

### **2.2.1 A Semente de Tabaco Energético**

As folhas deste cultivar, não podem ser utilizadas para a fabricação de cigarros, uma vez que possui baixo teor de nicotina. É, no entanto, rica em óleo, com 40% da substância em sua composição. Segundo Camps (2012, p. 76), “o número é superior ao de oleaginosas tradicionais, como a soja, que, conforme a empresa brasileira de pesquisa agropecuária (EMBRAPA soja), tem 18%”.

Outra vantagem apontada pelo economista é a produtividade. Dados da AFUBRA revelam que a plantação de fumo tradicional produz cerca de 2 toneladas por hectare (ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL, [2020?]), ao passo que, segundo Camps (2012), o tabaco energético chega a render entre 6 e 10 toneladas por hectare. Ele

acrescenta que os benefícios do cultivo também estão em fase de consolidação no exterior — em especial na Itália e nos Estados Unidos — e tem patente registrada em mais de 50 países.

Atualmente, 85% do biodiesel produzido no mundo é proveniente da soja, que é um alimento. O tabaco pode servir para esse tipo de demanda sem interferir no mercado de alimentos. Essa é uma das maiores qualidades dessa matéria-prima, que tem valor estratégico para o Brasil e para o mundo. A produção do tabaco energético em escala comercial no país estava prevista para meados de 2014, segundo Camps (2012), com a construção de uma indústria com capacidade para processar aproximadamente 250 mil toneladas da semente por ano.

Conforme Camps (2012), o investimento total para a consolidação do projeto era estimado em R\$ 20 milhões, dos quais pelo menos R\$ 2 milhões já haviam sido desembolsados. A lavoura experimental também devia ser ampliada consideravelmente. A ideia era aumentar a plantação de 10 para 1.000 hectares já em 2013. Os planos para o futuro da produção envolviam ainda a expansão para Santa Catarina e Paraná, sem prazo definido, e para a região do Cerrado, que, de acordo com o economista, tem potencial para o cultivo do tabaco energético. Em relação à comercialização, ele informou que há grande potencial no mercado interno, além de haver empresas estrangeiras que já sinalizaram interesse. Essa expansão teve uma retração em função das constantes crises verificadas nos últimos 4 anos, portanto o projeto não seguiu em frente como o esperado.

### **2.2.2 Os Biocombustíveis e o Bioquerosene**

Devido à preocupação com as emissões dos gases tóxicos e de efeito estufa, várias pesquisas estão sendo realizadas e revelam que os padrões atuais de recursos energéticos e do uso de energia não são adequados para a manutenção do bem-estar do ser humano nem para o equilíbrio ecológico, conforme reconhecido pelo tratado de Kyoto, em 1997.

[...] a construção de um futuro com energia sustentável será o grande desafio do século XXI. Por outro lado, no que se tange a economia e a política, a dependência do petróleo como única fonte de energia combustível tem se mostrado em vários momentos instável e inviável devido às altas oscilações no preço do barril de petróleo. Devido a estes fatores, por meio da ciência e das engenharias, várias pesquisas têm sido feitas a fim de se propor fontes de energia térmica menos danosas ao meio ambiente segundo (LLAMAS et al., 2012, p. 69).

No caso dos automóveis, o consumo do combustível se prolonga até o fim da vida útil do bem. Nas fábricas, os combustíveis são queimados em turbinas ou motores do ciclo Otto e ciclo Diesel. Já a distribuição dos artigos industriais ou agropecuários é realizada em caminhões que também processam sua energia em motores do ciclo Diesel (LORA; NASCIMENTO, 2004). O desenvolvimento econômico está vinculado ao uso de energia e, normalmente, essa energia é obtida de fontes não renováveis, daí o agravante: a obtenção da energia para a produção e o transporte dos artigos industrializados se dá mediante a combustão de combustíveis fósseis (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2009).

Em geral, esses combustíveis são gasolina, querosene, diesel, óleo combustível, gás natural e gás liquefeito de petróleo (GLP) (LORA; NASCIMENTO, 2004). Assim, o estudo sobre o bioquerosene também está contextualizado em todos os aspectos mencionados; no processo de desenvolvimento econômico, por exemplo, pois o crescimento de poder aquisitivo da população fomentou o transporte aéreo, aumentando a demanda por combustíveis de aviação e, por conseguinte, as emissões de gases tóxicos e o agravamento do efeito estufa. No Brasil, as pesquisas acerca da produção do bioquerosene como combustível aeronáutico tiveram início na Universidade Federal do Ceará no final de 1970 (MARTINS, 1997).

Após vários testes de bancada com turbinas, o novo combustível foi aprovado e homologado pelo Centro de Tecnologia Aeroespacial (CTA) e patentado como biodiesel e querosene vegetal de aviação no início da década 1980. Mais recentemente, devido às pressões de vários setores da sociedade para se reduzir as emissões do gás carbônico e da inserção do conceito de sustentabilidade, reunidas à instabilidade dos preços dos combustíveis de origem mineral, as pesquisas acerca do refinamento do bioquerosene foram retomadas, (ARAÚJO; RAETANO, 2014).

A Boeing, em parceria com a Embraer, apresentou, em 2016, no Rio de Janeiro, uma aeronave Embraer 170, usando 10% de biocombustível feito a partir da cana-de-açúcar produzida no Brasil. O avião usou também outras tecnologias em desenvolvimento, que terão o objetivo de reduzir o consumo de combustível e as emissões. Um avião movido 100% a biocombustível é a meta ambiciosa para um futuro próximo das duas fabricantes de aeronaves (ORDOÑEZ, 2016). Executivos da Boeing e da Embraer apresentaram a aeronave que vai testar o uso de biocombustível e várias outras tecnologias em desenvolvimento. O trabalho em conjunto das pesquisas se desenvolve no Programa de testes *ecoDemonstrator* da Boeing. Mauro Kern, vice-presidente executivo de Operações da Embraer, destacou que, em 2012, as duas empresas fecharam o primeiro acordo para cooperação no desenvolvimento de tecnologias para aumentar a segurança da operação e a sustentabilidade. A parceria resultou na criação de



um centro de pesquisas em biocombustíveis, instalado em São José dos Campos, em São Paulo (ORDOÑEZ, 2016).

A meta é de, no futuro, se conseguir que as aeronaves usem 100% de biocombustível. Os testes são para conseguir mostrar que o biocombustível tem propriedades físicas e químicas compatíveis com o querosene de aviação (QAV). O Brasil, pela característica da sua natureza favorável a biocombustíveis, até pela tradição que o país tem em desenvolver tecnologias nessa linha desde os anos 70 com o Próalcool, não pode ficar fora dessa corrida. “A aviação tem um papel relevante no desenvolvimento de soluções para o futuro mais sustentável”, disse Kern (ORDOÑEZ, 2016).

As empresas iniciaram, em 2016, uma parceria para desenvolverem tecnologias voltadas à redução do impacto ambiental pela indústria aeroespacial, em um esforço para melhorar o desempenho da aviação com a redução das emissões. O programa foi lançado pela Boeing em 2011 com o objetivo de desenvolver testes de novas tecnologias que podem reduzir o consumo de combustível, as emissões de carbono e a poluição sonora. De acordo com a Embraer, a aviação comercial é responsável por cerca de 2.5% das emissões de carbono em todo o mundo. Mas, mesmo assim, desde 2005 a aviação tem uma meta considerada ousada de reduzir pela metade a emissão de gases efeito estufa até 2050, mesmo considerando o crescimento da indústria do transporte aéreo segundo. (ORDOÑEZ, 2016).

### 2.3 PROJETO DE SISTEMAS TÉCNICOS

O desenvolvimento de novos produtos deve ser pensado na forma de projetos. Isso significa que devem ser planejados, executados e controlados para garantir que os produtos resultantes atendam ao escopo, qualidade, custos e tempo esperados. Dentre os processos de gerenciamento, o processo essencial é aquele de planejamento, o qual envolve a definição do escopo do projeto, definição e sequenciamento das suas atividades, estimativa de tempos e alocação de recursos, entre outras, (PMI, 2013)

O guia PMI (2013) define que projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A sua natureza temporária indica um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos tiverem sido atingidos ou quando se concluir que esses objetivos não serão ou não poderão ser atingidos e o projeto for encerrado ou não for mais necessário.

Existem diferentes definições na literatura acadêmica que expressam o conceito de projeto. Segundo Vargas (2000, p.64),

[...] projeto é um empreendimento não repetitivo caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros pré-definidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade.

Cada projeto tem a finalidade de criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Embora elementos repetitivos possam estar presentes em algumas entregas de projeto, essa repetição não muda a singularidade fundamental do trabalho (PMI, 2013).

Conforme Ferreira (1986 apud BACK et al., 2008, p. 35), por outro lado, a palavra projeto é definida como a “ideia que se forma de executar ou realizar algo no futuro, é um plano, um intento ou desígnio”. Assim, o projeto do produto é o plano de um empreendimento a ser realizado – um produto com fim de atender a uma necessidade.

A tradução no dicionário Oxford (FOWLER, 1964), coloca que projeto ainda pode ser definido como “um plano mental, um esquema de ataque, visão de um fim, adaptação de meios para fins [...], esquemas preliminares de um objeto, [...] invenção”.

- Meios para fins: implica que se projete não para um exercício mental abstrato, mas para uma meta definida;
- O plano mental: sugere que o projeto é um processo de pensamento. Quando se projeta, trata-se primeiramente com ideias, com abstrações, em vez de números. É vital que se desenvolva e aplique a imaginação para visualizar, realisticamente, a futura concepção do produto;
- O plano esquema: sugere que o projeto é distinto do ponto de vista da implementação. Diferentes planos podem ser preparados;
- A invenção: significa que se está procurando alguma coisa nova, ao menos parcialmente. A criatividade é crucial para este propósito.

Conforme Back et al. (2008), as definições anteriores são gerais e se aplicam para diferentes tipos de projeto, desde aqueles pessoais e governamentais, até aqueles desenvolvidos pelas empresas de um modo geral. Do ponto de vista do projeto de produtos de engenharia, outras definições são encontradas na literatura técnica, conforme exemplos mostrados a seguir.

Projeto de engenharia é o “uso de princípios científicos, informações técnicas e imaginação na definição de estruturas, máquinas ou sistemas para desempenhar funções pré-especificadas com máxima economia e eficiência” (BACK et al., 2008, p. 54).

O projeto de engenharia, segundo Norton, (2004, p. 3), pode ser definido como: "O processo de aplicação de várias técnicas e princípios científicos com o intuito de definir um

dispositivo, um método ou um sistema suficientemente pormenorizado para permitir sua realização”. Segundo,

Projeto é uma atividade predominante cognitiva, fundamentada em conhecimento e experiência, dirigida a busca de soluções ótimas para produtos técnicos, a fim de determinar a construção funcional e estrutural e criar documentos com informações precisas e claras para a fabricação. Como parte do processo de desenvolvimento do projeto, incluem-se a configuração intelectual e representacional de determinada forma, a escolha da matéria-prima e o processo de fabricação, assim como tornar possível e justificável, técnica e economicamente, a realização material ou física do produto. Back et al. (2008, p. 58).

Segundo Romeiro Filho (2004), existe uma complexidade envolvida no desenvolvimento de produtos em função da utilização de conhecimentos multidisciplinares, limitação de tempo, custos, qualidade do produto, entre outras. O mesmo autor comenta que, em consequência disso, é necessário que haja um bom planejamento do processo de projeto, sendo que, para tanto, é necessária a adoção de modelos de referência na execução dos trabalhos, de forma que venham a facilitar a elaboração deles. Para Romeiro Filho (2004), o planejamento de um projeto consiste no uso de técnicas e ferramentas que visam a alocar recursos para a realização de suas tarefas e atividades. O mesmo autor afirma, também, que a exigência cada vez maior dos clientes por produtos mais sofisticados resultou na adoção de metodologias para o seu desenvolvimento, sendo que não são mais admitidos métodos intuitivos na elaboração de projetos.

Nesse contexto, para gerar concepções de novos sistemas, Pahl et al. (2011) enfatizam que se tem desenvolvido uma sistemática bem definida através da utilização de processos de transformação de estado e de propriedades de entrada e saída, definidos como sistemas técnicos. Sistemas técnicos são plantas industriais, equipamentos, máquinas, aparelhos, dispositivos, mecanismos, montagens e componentes cuja função é realizar ou executar trabalhos, operações ou processos. Esses sistemas variam para uma ampla gama de aplicações de acordo com vários setores da economia (ROMANO, 2003).

### **2.3.1 Processo de projeto**

Pesquisas apontam que as principais características sobre o processo de projeto mostram a necessidade de métodos de projeto que possam atender às demandas de integração, flexibilidade e multidisciplinaridade (SANTOS, 2005). Segundo Meredith e Mantel (2004, apud FERREIRA; OGLIARI, 2004), pode-se definir o Processo de Desenvolvimento de

Produto (PDP), como uma atividade única realizada através de uma série de tarefas visando a obter um conjunto de resultados. Os autores afirmam, também, que os PDPs bem-sucedidos são aqueles cujos resultados são produtos de alta qualidade, baixo custo e que utilizam com eficiência tanto o tempo como os recursos disponíveis.

Segundo Valeriano (1998), o projeto consiste em um processo que, tendo início e fim, deve atingir um objetivo num determinado prazo, passando por algumas fases que constituem o que, costumeiramente, chama-se de ciclo de vida do projeto. O autor diz ainda que existem diferentes versões para esse ciclo, algumas contendo poucas fases e outras contendo mais de uma dezena delas.

Segundo Back (1983), o projeto de um componente ou um sistema apresenta, em cada caso, características e peculiaridades próprias. À medida em que um projeto é iniciado e desenvolvido, porém, desdobra-se uma sequência de eventos, numa ordem cronológica, que forma um modelo, o qual quase sempre é comum a todos os projetos.

O PDP, de acordo com Medeiros (1981), consiste na transformação de ideias e informações em representações bi ou tridimensionais. Essa transformação ocorre entre um estágio inicial de busca de informações, assimilação, análise e síntese e um estágio conclusivo, no qual as decisões tomadas são organizadas num tipo de linguagem que possibilite a comunicação dos dados.

Pahl et al. (2011) propõem uma metodologia diferenciada de processos de projeto que se baseia no desenvolvimento do processo de acordo com os critérios técnicos e econômicos e as informações auxiliares decorrentes do próprio processo. Inicia-se em uma estrutura de trabalho ou em um conceito de produto técnico, sendo submetido o produto a algumas etapas pré-estabelecidas, chegando a um leiaute primário e, posteriormente, por meio de otimização, a um leiaute definitivo. Assim, as atividades do projetista, segundo Pahl et al. (2011, p. 89), podem ser desdobradas em:

- Conceituais: o esforço de busca do princípio da solução, para o qual, além dos métodos de aplicação geral, também servem métodos especiais;
- De projeto preliminar: trabalhos de concretização do princípio da solução pela definição da configuração e do material, para o qual são especialmente definidos os métodos;
- De detalhamento: atividades referentes à preparação dos subsídios para a produção e utilização, para o que são úteis os métodos para detalhamento;
- Atividades de cálculo: desenho e busca de informações, que incidem em todas as etapas de projeto.

Esses mesmos autores apresentam que o projeto metódico possibilita uma racionalização eficaz do processo de projeto e produção, e que uma metodologia de projeto deverá:

- Possibilitar um procedimento orientado por problemas, ou seja, ser aplicada em princípio a qualquer atividade de projeto, independentemente da especialidade;
- Incentivar invenções e conhecimentos (facilitar a busca de soluções ótimas);
- Ser compatível com conceitos, métodos e conhecimentos de outras disciplinas;
- Não gerar soluções somente por acaso;
- Permitir uma fácil transferência das soluções de tarefas semelhantes;
- Ser apropriada para uso no computador;
- Facilitar o planejamento e o controle do trabalho em equipe num processo integrado e multidisciplinar de geração de produto;
- Ser possível de ensino e aprendizado;
- Estar em conformidade com conhecimentos da psicologia cognitiva e da ergonomia;
- Ser orientação e diretriz para os gerentes de projeto de equipes de desenvolvimento. (PAHL et al., 2011, p. 86)

Dessa forma, o processo de projeto pode ser definido como uma atividade intelectual que envolve conhecimentos multidisciplinares realizada por meio de uma série de tarefas (ciclo de vida do projeto) visando a obter resultados em um determinado prazo, com objetivos pré-determinados e condicionantes, algumas vezes conflitantes. Ele também reúne informações técnicas e requisitos de clientes, transformando-os em representações bi e tridimensionais necessárias à fabricação e à montagem do produto.

### 2.3.2 Metodologias para o Processo de Projeto

Fiod (1998 apud DITZ, 2008) reforça que a elaboração do projeto de produtos não pode mais estar baseada no empirismo e na intuição, mas, sim, deve estar fundamentada na utilização de métodos que possuam sólido embasamento científico para garantir maiores possibilidades de sucesso. Esses métodos projetuais devem ser definidos como sistemáticos ou intuitivos, sendo utilizados conforme o nível de complexidade do problema a ser resolvido (MEDEIROS, 1981). Segundo estabelece Norton (2004, p. 147), quadro 1.

A metodologia de projetos é considerada por ele como essencialmente um exercício de criatividade aplicada. Muitas metodologias de projeto foram definidas para ajudar a organizar e enfrentar o problema não estruturado, isto é, casos em que a definição do problema é vaga e para os quais muitas soluções possíveis existem.

Quadro 1 – Metodologia de projeto.

<b>Etapas</b>	<b>Definição</b>
Identificação da necessidade	Consiste em uma exposição mal definida e vaga do problema.
Pesquisa de suporte	Consiste na definição e compreensão completa do problema.
Definição dos objetivos	Definir a utilidade de forma realista do problema.
Especificações das tarefas	Criação de um conjunto detalhado das tarefas que limitam o alcance do projeto.
Síntese	Busca de tantas alternativas de projeto quanto possíveis, sem considerar geralmente seu valor ou qualidade.
Análise	Análise das alternativas levantadas anteriormente, estas podem ser aceitas, rejeitadas ou modificadas.
Seleção	Seleção e análise da solução mais promissora. Nesta etapa é quando um projeto aceitável é selecionado.
Projeto detalhado	Nesta etapa todos os pontos são unidos, confecção de croquis, fornecedores identificados, especificações de fabricação definidos.
Protótipo e teste	A construção real do protótipo é feita pela primeira vez, nesta etapa o desempenho é testado.
Produção	Nesta etapa, após ser assegurada a qualidade, durabilidade e confiabilidade o produto ou equipamento é produzido em quantidade.

Fonte: Norton (2004).

Assim se estabelecem os parâmetros de desenvolvimento de um projeto baseado nos conceitos relatados acima. Tendo em vista a importância do processo de desenvolvimento de produtos e de se obter bons resultados a partir de sua gestão, é fundamental que se adote um modelo de referência mais adequado às necessidades do projeto, que oriente sua estruturação e gestão. Segundo Rozenfeld et al. (2006), o desenvolvimento de produto precisa ser um processo eficaz e eficiente para realmente cumprir a missão de favorecer a competitividade de uma empresa.

### 2.3.3 Modelo de Referência Para o Processo de Projeto

O modelo de referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (PDMA) foi desenvolvido com o objetivo de explicitar o conhecimento sobre o processo de desenvolvimento de produtos, de modo a auxiliar no entendimento e na prática do processo. Assim, o modelo de referência para o PDMA pode ser usado, tanto na formação de estudantes e/ou na atualização de profissionais que trabalham na área, como base para a implementação de melhorias no processo de desenvolvimento de produtos das empresas (ROMANO, 2003).

Romano (2003) também comenta que o modelo de referência para o PDMA contribui para que as empresas do setor passem a executar um processo de desenvolvimento de produtos

mais formal e sistemático, integrado aos demais processos empresariais, aos participantes da cadeia de fornecimento e aos clientes finais. Fornece, ainda, os meios para que as empresas inovem e desenvolvam novos produtos dentro de suas fábricas. Por outro lado, o modelo de referência para o PDMA contribui para o ensino e o aprendizado do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, uma vez que as informações são apresentadas de forma organizada, referenciadas aos domínios de conhecimento a que pertencem e apresentadas graficamente com a mesma unidade visual do modelo descritivo, facilitando a compreensão do processo.

O modelo representado na Figura 14, de acordo com Romano (2003), é decomposto em três macro fases:

- Planejamento do projeto: envolve a elaboração do plano do projeto do produto;
- Elaboração do projeto do produto: envolve a elaboração do projeto de produto e do plano de manufatura, decompondo-se em quatro fases denominadas projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado;
- Implementação: envolve a execução do plano de manufatura na produção da empresa e o encerramento do projeto. Decompõe-se em três fases: preparação da produção, lançamento e validação do produto. Ao final do processo de desenvolvimento de produto, têm-se três macro fases (Planejamento, Projetação e Implementação), que, por sua vez, são decompostas em oito fases, sendo que há uma avaliação do resultado obtido ao final de cada fase, autorizando a passagem para a etapa seguinte.

Figura 14 – Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – PDMA.



Fonte: Romano (2003).

### 2.3.4 Protótipos Modelos e Mocapes no Projeto de Produto

O termo protótipo possui diferentes significados e, em design, permite o uso de várias nomenclaturas, dependendo da área e da fase do desenvolvimento do projeto, podendo partir de um simples modelo com materiais comuns até a configuração do produto em sua escala real com o mesmo material, acabamento e funcionalidade (PEREIRA, 2015). Conforme Kaminski (2000) descreve, é durante o desenvolvimento do produto, à medida que o projeto vai evoluindo, que os aspectos antes abstratos vão se tornando concretos e as características qualitativas adquirem forma quantitativa. Nessa fase, segundo o autor, o produto é representado por modelos criados com a finalidade de auxiliar na análise e/ou previsão de determinado fenômeno ou processo.

No processo de projeto de produtos, a palavra protótipo se refere aos dois tipos de representação — no sentido mais preciso, refere-se à representação física do produto que será produzido industrialmente; no sentido mais lato, refere-se a qualquer tipo de representação física construída com o objetivo de realizar testes físicos (BAXTER, 2011).

Alcoforado (2007) define o termo protótipo como uma versão final do projeto ou produto que está sendo desenvolvido em escala e materiais reais. Porém, segundo Rogers, Sharp e Preece (2002 apud ALCOFORADO, 2007), os protótipos poderiam ser baseados tanto no desenho de uma tela, feito em papel, quanto na simulação de vídeo de uma tarefa, um mocape de papel ou cartão ou uma peça moldada em metal.

## 2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO DE REVISÃO DA LITERATURA

Ao longo deste capítulo, descreveu-se a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento da proposta de tese de doutorado. Isso permitiu ter uma visão geral dos autores pesquisados, na busca de subsídios que posteriormente puderam ser aplicados no trabalho, bem como um aprofundamento de temas que foram abordados na tese. Apresentou-se então um breve relato referente à cultura do tabaco, aos desafios de se implementar tecnologias de mecanização dessa cultura, ao seu potencial na aplicação e à geração de bioenergia, além de aprofundar a abordagem sobre o projeto de sistema técnicos. O capítulo é finalizado com um relato referente a desenvolvimento de protótipos, modelos e mocapes.



### 3 METODOLOGIA

A pesquisa é definida como o procedimento racional e sistemático, cujo objetivo é proporcionar respostas aos problemas propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados. Neste trabalho, procurou-se estabelecer uma abordagem científica no processo de desenvolvimento de um equipamento agrícola por meio de uma metodologia de projeto adequada às necessidades e princípios da engenharia

Com base nesta premissa, a adoção do modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas vai contribuir para nortear o projeto e construção de um sistema de corte e coleta de sementes de tabaco.

#### 3.1 O PROJETO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS.

O modelo de referência para o PDMA, que pode ser observado na Figura 15, é apresentado em três macro fases: planejamento, projeção e implementação. No estudo desse processo de planejamento, pode-se verificar que a definição das atividades de um projeto e o seu sequenciamento, de forma lógica e coerente, contribui para o sucesso dele.

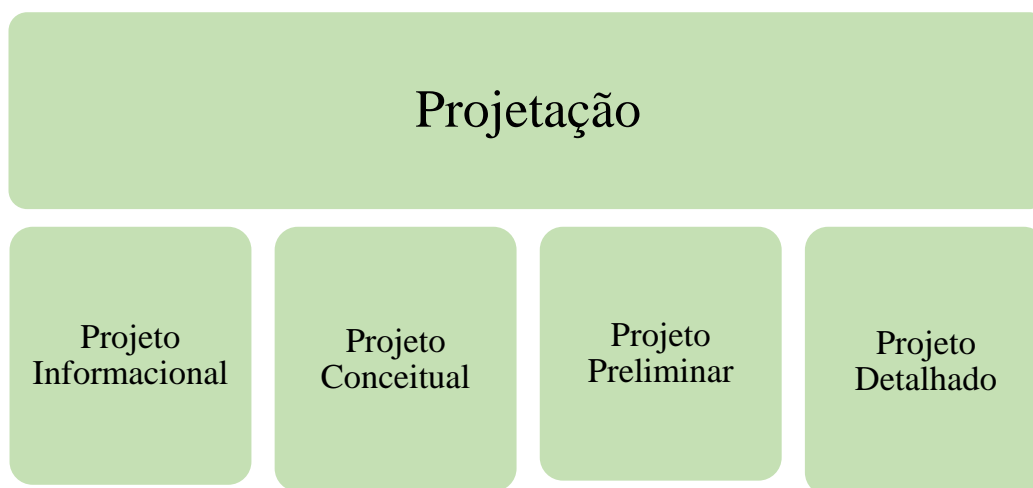
Figura 15 – Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas– PDMA.



Fonte: Romano (2003, p. 113).

O modelo de referência para o desenvolvimento de produtos adotado neste trabalho, tomou como base o PDMA e foi aplicado a fase de Projetação, dividido em projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado, como mostra a Figura 16.

Figura 16 – Fase de Projetação aplicada no trabalho.



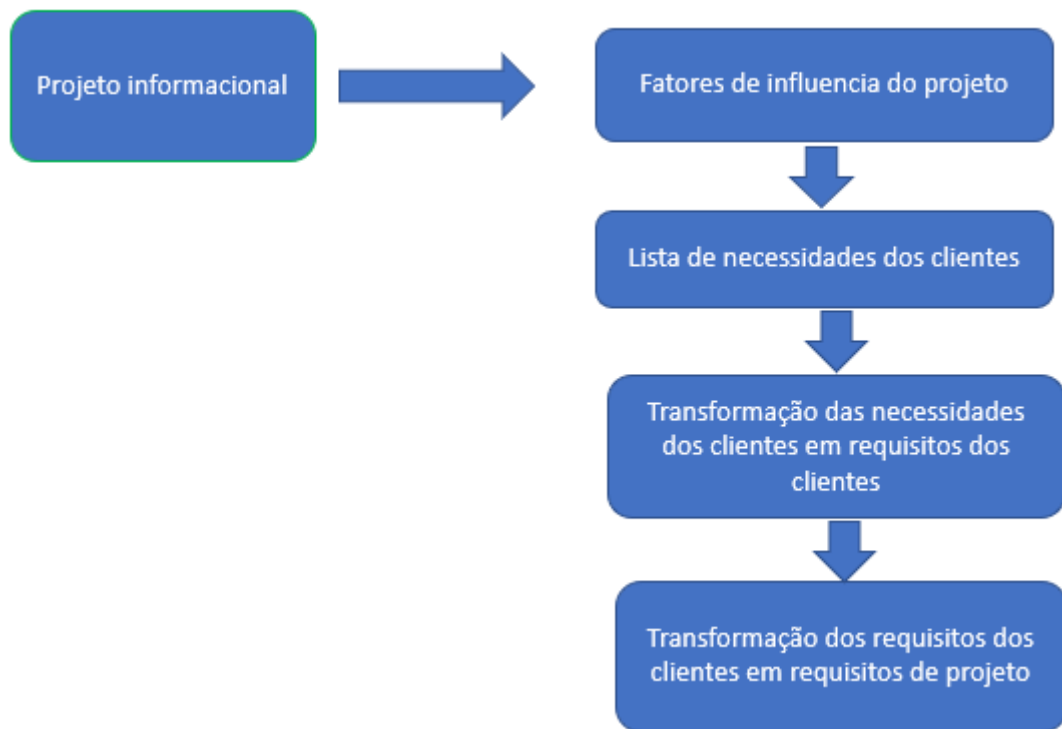
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A elaboração do fluxograma de atividades, mostra as etapas que foram consideradas e analisadas de forma sistemática, com o objetivo de obter resultados satisfatórios e confiáveis para o desenvolvimento da concepção do equipamento de corte e coleta de sementes de tabaco.

### 3.1.1 O Projeto Informacional

A primeira fase do processo da proposta foi o projeto informacional. As informações que foram transformadas estavam relacionadas às necessidades do cliente. É muito importante que a obtenção das especificações de projeto tenha participação dos usuários do produto desde o início, assim há maior qualidade no desdobramento desta. A fase forneceu as informações que serviram de critérios de avaliação das fases posteriores do processo de projeto, conforme Figura 17.

Figura 17 – Projeto Informacional Aplicado no trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A definição e modelagem das informações utilizadas, serviu para sistematizar as informações que constituem os fatores de influência, Marini (2007). Tratou-se de agrupar e classificar as informações envolvidas quanto à sua procedência e quanto aos efeitos propostos no andamento do projeto da máquina.

A primeira propriedade refere-se à região que constitui mercado para a comercialização da máquina. A partir dela, foram definidas as espécies de interesse e a época de safra. Estas informações constituem o primeiro referencial para a definição da tarefa pretendida. Na sequência, foram elaboradas as informações sobre a infraestrutura de manutenção do cultivo e do sistema de prática empregada no processo produtivo. Para efetuar um levantamento das necessidades do cliente em cada etapa, foram realizadas algumas reuniões com o senhor Nelson, produtor que desenvolve uma lavoura experimental de tabaco energético no Município de Rio Pardo/RS, na localidade de Rincão de Rei. A questão que norteia esta pesquisa foi apresentada e as sugestões do senhor Nelson com relação as características principais desejáveis do equipamento proposto foram registradas.

Com base nas informações coletadas, inseriu-se no projeto as necessidades do cliente na elaboração do produto. A transformação para linguagem de projeto, de requisitos de cliente para requisitos de projeto, possibilitou a mensuração do requisito de projeto. A documentação

de saída desta fase, especificações de projeto, é a classificação dos requisitos de projeto explicitada em uma tabela, sendo nomeada de valores-meta para os parâmetros de projeto identificados.

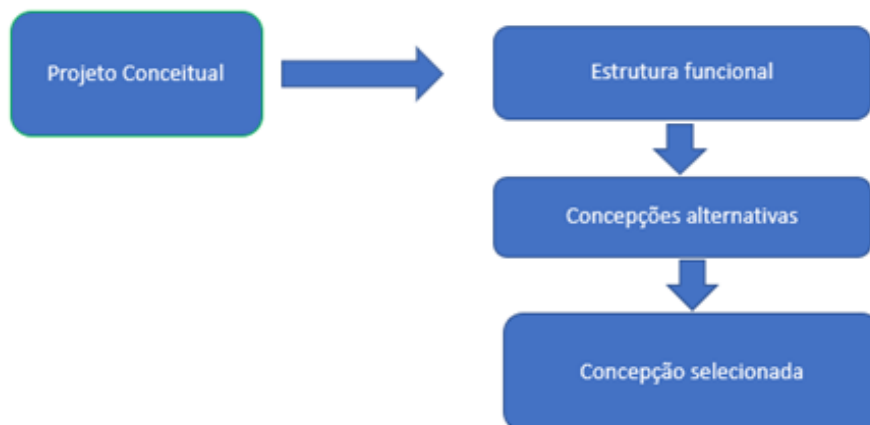
Diante disso, aplicou-se o Diagrama de Mudge, que consiste na realização de uma análise comparativa entre as funções de um produto. Analogamente, neste trabalho, foi utilizada esta técnica no desenvolvimento da análise comparativa entre requisitos de cliente. Como procedimento metodológico, utilizou-se a Matriz QFD (*Quality Function Deployment*), na tradução, Desdobramento da Função Qualidade, de modo a hierarquizar os requisitos do projeto, permitindo que ele atendesse às necessidades apontadas pelos clientes. Assim, através da matriz do QFD, obtiveram-se os resultados da hierarquização dos requisitos de projeto do equipamento de corte e recolhimento da flor de tabaco.

Posto isso, estabeleceram-se as especificações de projetos para formular os critérios de avaliação. Fez-se necessário identificar sua importância relativa (peso) para um valor global da solução, de modo que os critérios irrelevantes fossem eliminados. Diante disso, os pesos atribuídos aos requisitos derivaram da primeira matriz da casa da qualidade.

### 3.1.2 O Projeto Conceitual

Nesta fase, dentro do processo de projeto, tem-se a transformação da linguagem verbal em linguagem geométrica. Neste estágio, houve oportunidades de explorar a criatividade do projetista dentre as possibilidades de solução convenientes e mais econômicas, Figura 18.

Figura 18 – Projeto conceitual aplicado no trabalho.

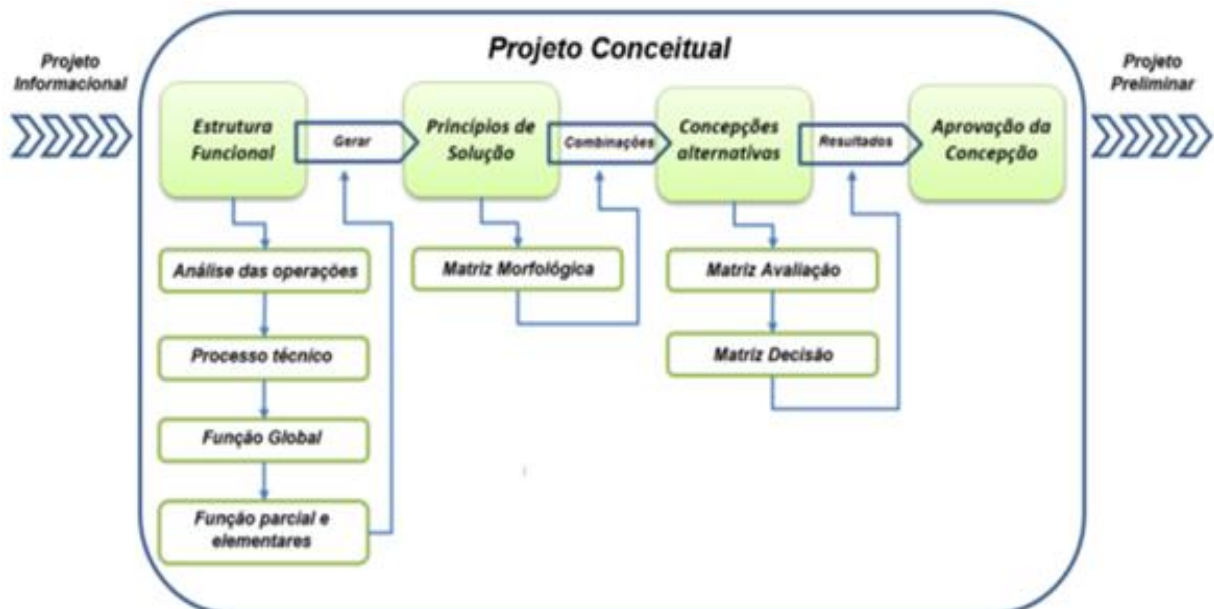


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A fase tem início com o estabelecimento da estrutura funcional, análise das operações, processo técnico para o corte e o recolhimento das flores, a função global e as funções parciais e elementares do equipamento de corte recolhimento da flor do tabaco. Na etapa seguinte são gerados os princípios de solução através da matriz morfológica. Na segue-se então a geração das concepções alternativas e a avaliação destas concepções através da análise comparativa (matriz avaliação). E finalmente, a escolha da concepção é realizada através da análise comparativa das especificações de projeto, atendimento ao escopo do projeto, custo meta, riscos de desenvolvimento (matriz decisão). A fase é encerrada com o registro das lições aprendidas e a concepção do equipamento, Figura 19, apresenta um esquema das etapas do projeto conceitual, VOGEL (2017).

No fluxograma apresentado na Figura 19, a entrada é a documentação do projeto informacional, ou seja, as especificações de projeto. A partir delas, definiu-se a função global do produto e, subsequentemente, as estruturas funcionais para atender a esta função. Selecionando a estrutura funcional que melhor atende às especificações de projeto, foram gerados os princípios de solução para as funções da estrutura funcional. A primeira etapa desta fase é a elaboração das estruturas funcionais da máquina, conforme Figura 19.

Figura 19 – Atividades desenvolvidas, e os resultados obtidos na fase do Projeto Conceitual.



Fonte: VOGEL: GILMAR (2017).

Com a seleção da estrutura funcional mais adequada, são desenvolvidas concepções ou configurações de máquinas, combinando os princípios de soluções possíveis. Este processo permite a geração de algumas soluções para o produto. O método de combinação de princípios de solução é chamado de matriz morfológica, para a seleção da concepção se faz necessário uso de ferramentas onde se analise as especificações de projetos provenientes do projeto informacional.

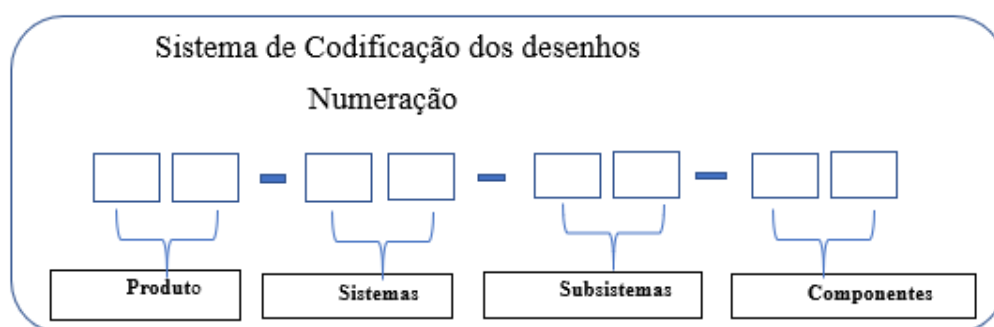
Outro instrumento também adotado é a analogia direta, que compreende a observação de produtos e soluções de partes ou funções em que determinados princípios são semelhantes ou análogos à função analisada. Os princípios de soluções identificados foram inseridos, sob a forma de desenhos, na matriz morfológica, ferramenta escolhida para auxiliar na seleção das concepções. A seleção de concepções consiste na escolha da melhor concepção para o produto dentre as opções geradas.

### 3.1.3 O Projeto Preliminar

Esta etapa buscou estabelecer o leiaute final do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco. A fase teve início com a definição da estrutura do produto, elaboração do sistema de codificação, definição dos elementos construtivos, conjuntos, subconjuntos e componentes que fizeram parte da concepção.

Para facilitar o entendimento e auxiliar no processo de modelagem do protótipo foi criado um sistema de codificação e numeração dos desenhos para cada sistema, subsistema e componentes que fazem parte do projeto. A Figura 20, mostra a maneira como foi elaborado o sistema de codificação.

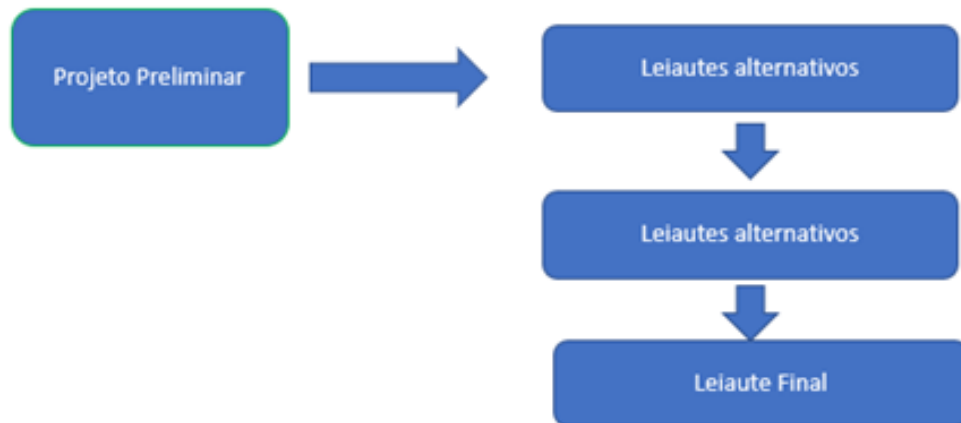
Figura 20 – Sistema de codificação.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir da estrutura do produto definida, elaborou-se o leiaute inicial do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco, a modelagem de peças (componentes), sub montagens (subsistemas) e montagem (sistemas), finalizando a criação do protótipo virtual desenvolvido através do software de CAD 3D *SolidWorks*® conforme fluxograma apresentado na Figura 21.

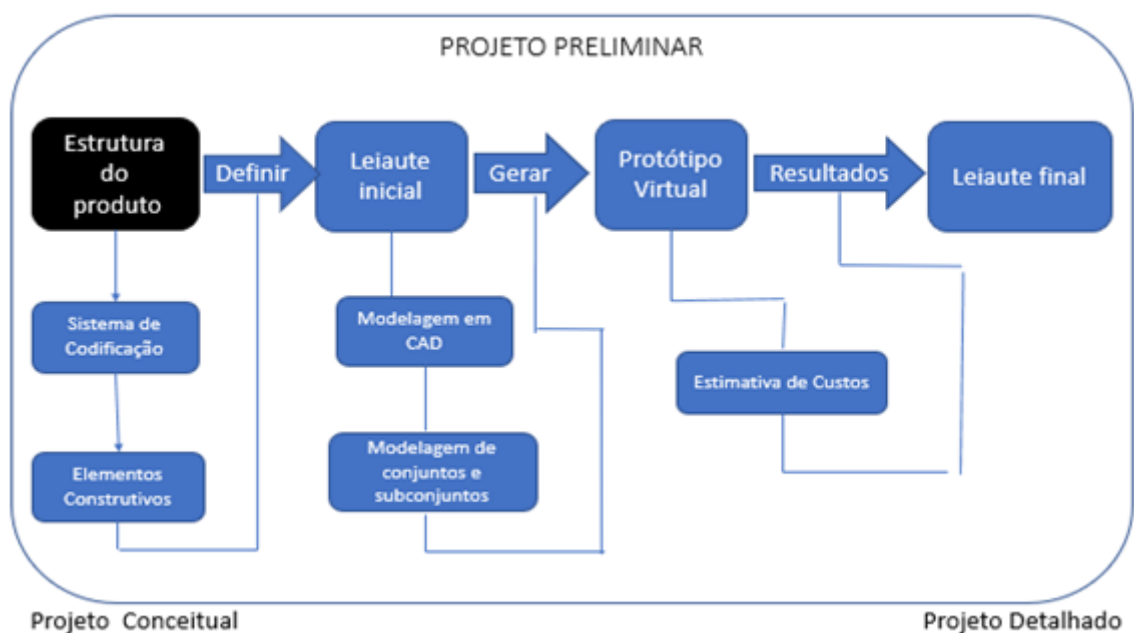
Figura 21 – Projeto Preliminar aplicado no trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O resultado da fase de projeto preliminar é o leiaute definitivo da concepção do produto. A Figura 22, mostra esquematicamente as tarefas e resultados desta fase.

Figura 22 – Atividades e resultados na fase do projeto preliminar.

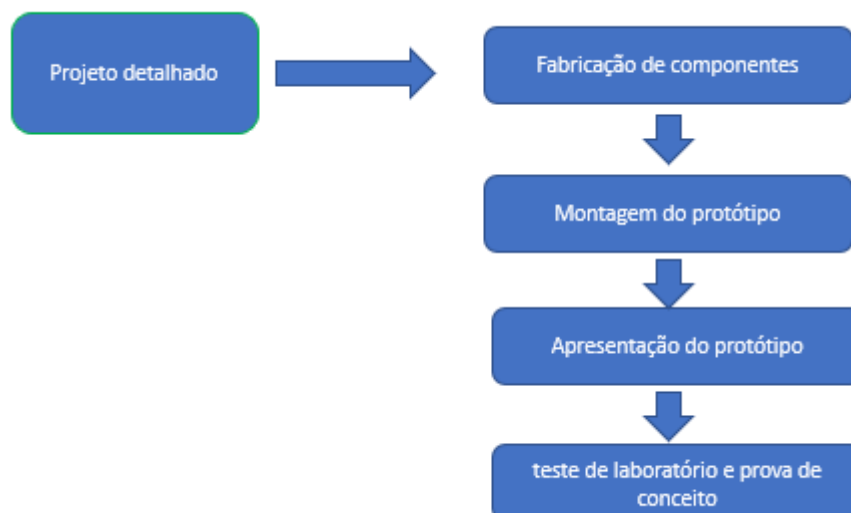


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

### 3.1.4 O Projeto Detalhado

Nesta fase, foram elaborados os dimensionamentos finais e o detalhamento do leiaute final, documentados em desenhos técnicos. Após, foi realizada uma revisão nos desenhos técnicos e elaborada a documentação necessária para a fabricação e montagem do protótipo físico. Ainda nesta etapa, foram realizadas a avaliação e definição do princípio de corte da planta, bem como o sistema de recolhimento a ser utilizado. E, finalmente, as especificações técnicas da máquina foram fixadas. A Figura 23, apresenta o fluxograma das atividades dessa fase.

Figura 23 – Projeto Detalhado aplicado no trabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A etapa de avaliação e definição do tipo de cortador e o sistema de recolhimento da flor de tabaco, foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica, com o objetivo de identificar os diferentes modelos de plataformas de corte já existentes para outras culturas. A pesquisa buscou, ainda, identificar as características técnicas de cada sistema, visando a adequação das concepções à cultura a ser aplicada no trabalho científico. Desta forma, para realização desta atividade, adotaram-se três etapas:

1. Coleta dos dados: A coleta dos dados foi realizada em bancos de dissertações e teses da CAPES, artigos publicados em revistas científicas e site de fabricantes de máquinas para colheita de plantas. Como termos de busca, utilizou-se **Colheita de Tabaco, sementes de tabaco** e máquinas para colheita de flores;



2. Análise dos dados: A partir dos dados coletados foi possível analisar os mecanismos e sistemas de corte e recolhimento de plantas que são utilizados atualmente em equipamentos de colheita de várias culturas;
3. Apresentação dos dados: a análise e interpretação dos dados consistiu em um processo de separação das informações, possibilitando a análise comparativa entre os princípios e soluções possíveis de serem executados neste estudo e a concepção final do produto.

Finalizada a escolha da melhor concepção, iniciou-se a sua descrição com a formulação do “conceito”, ou seja, relataram-se as principais características que iriam compor a máquina.

### 3.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO DE METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentou-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento da tese de doutorado. Destacaram-se as fases de projeto utilizadas para o desenvolvimento do projeto conceitual do equipamento de corte e recolhimento da flor do Tabaco. No próximo capítulo, apresentar-se-ão os resultados das fases de projeto e as discussões, os resultados da avaliação e definição do conceito de corte, recolhimento da flor do tabaco e o princípio de funcionamento do sistema que vai fazer parte do projeto conceitual do equipamento.

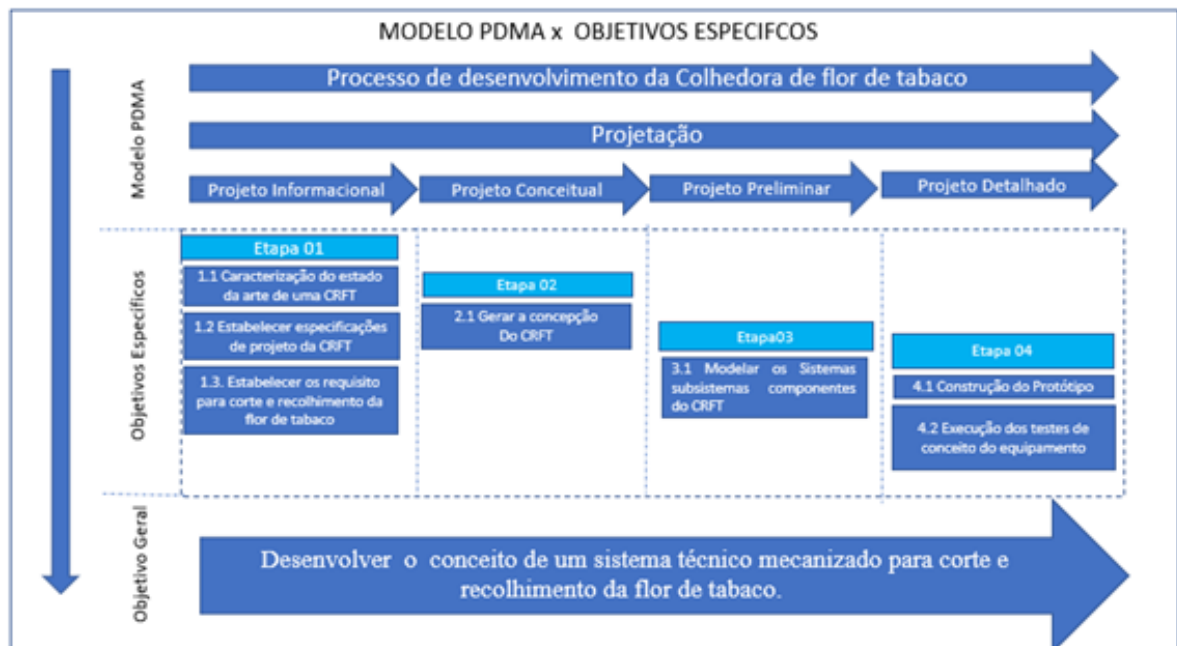


## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento de cada etapa do projeto do Equipamento de corte e recolhimento da flor de tabaco. Conforme descrito no capítulo anterior, o projeto seguiu as diretrizes do modelo de referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (PDMA) (ROMANO, 2003). A metodologia adotada para este trabalho justifica-se pois permite atingir os objetivos propostos e procedimentos técnicos adotados, contemplando o modelo de referência para o PDMA.

Na Figura 24 é apresentada a relação entre o PDMA e os objetivos, geral e específicos.

Figura 24 – Relação entre o PDMA e os objetivos, geral e específicos.



Fonte: Autor.

São apresentadas as fases do projeto do equipamento de colheita e recolhimento da flor de tabaco. As etapas aqui aplicadas compreendem a execução das fases de projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Os resultados e discussões de cada fase deste projeto são comentados ao longo deste capítulo.

## 4.1 RESULTADOS DA FASE DE PROJETO INFORMACIONAL

### 4.1.1 Exame do Escopo do Projeto

O exame do escopo do projeto constituiu a primeira categoria de informações para o levantamento dos fatores de influência, possibilitando o planejamento do projeto e reconhecimento dos fatores de influência ligados à abrangência da solução projetada.

Na definição desta categoria, foram considerados dois grupos de características importantes. O primeiro examinou o escopo do projeto em razão da tarefa pretendida, que identificou o problema de projeto e definiu as características da necessidade. O segundo, levantou as características que tratam do conhecimento sobre o problema. O levantamento dos fatores de influência se iniciou com o exame das informações referentes ao plano do projeto, (MARINI, 2007).

O sistema de cultivo compõe a primeira classe dos fatores de influência relacionados ao exame do escopo em um “Sistema de Corte e Recolhimento da Flor de Tabaco”. a partir do exame das informações do plano do projeto, as classes de sistema de cultivo, processo operacional, interferências e limites, foram levantadas simultaneamente. Isso foi possível porque os três grupos de propriedades puderam ser avaliados mediante procedimentos semelhantes. A seguir, foi possível definir os requisitos energéticos necessários à aplicação e, então, partiu-se para a análise dos subsistemas e do conhecimento técnico disponível. Estes últimos procedimentos são mais importantes, especialmente quando o projeto envolve o desenvolvimento de solução original.

Várias propriedades desta primeira categoria, constituindo informações do escopo do projeto, deram base também ao processo de definição das especificações de projeto a partir das necessidades dos usuários do equipamento.

Para início da avaliação das influências no projeto, foram preenchidos os quadros relativos às classes, e, inicialmente, a classe que versa sobre o conjunto de técnicas agrônômicas utilizadas para a colheita e recolhimento do cultivar. As informações específicas relacionadas ao sistema de cultivo em que foram adotados, são exibidas no Quadro 2.

Quadro 2 – Informações do sistema de cultivo para as categorias de escopo do projeto.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
<b>SISTEMA DE CULTIVO</b>	<b>Mercados pretendidos</b>	Região sul	RS, Sul e Noroeste SC, PR
	<b>Espécie de interesse</b>	Tabaco e Tabaco energético	Safras de verão.
	<b>Época de safra</b>	Verão	Setembro a dezembro, sujeitas ao zoneamento agroclimático regional.
	<b>Configuração física</b>	Cultivo em linha	Plantas de médio porte, espaçamentos pequenos entre plantas, (25 á 35cm) e médio entre linhas, ( 95 á 120) cm.
	<b>Sistema de manutenção</b>	Sistema convencional	Plantio manual após preparo do solo sem cobertura.
		Cultivo mínimo	Plantio após preparo do solo por cisalhamento, com cobertura;
		Plantio direto	Combinação de preparo superficial e plantio, de mudas com cobertura
<b>Operação executada</b>	Corte e recolhimento da flor	Corte parcial da planta na parte superior onde se localiza a flor executado manualmente	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Em razão do sistema de comercialização atual promovido pelas empresas processadoras do tabaco, foram abordados apenas os mercados pretendidos que são as regiões produtoras de tabaco dentro do território brasileiro.

A configuração física do cultivo para a espécie é o cultivo de mudas de tabaco em linha. Os sistemas de manutenção são descritos a partir das condições de plantio e das ações anteriores sobre o solo. A primeira propriedade refere-se à região que constitui mercado para a comercialização da máquina. A partir dela, foram definidas as espécies de interesse e a época de safra. Essas informações constituíram o primeiro referencial para a definição da tarefa pretendida do equipamento. Na sequência, foram abordadas as informações sobre a infraestrutura de manutenção do cultivo e do sistema de prática empregada no processo produtivo. Por fim, a tarefa foi declarada em sua forma inicial, considerando a etapa do processo produtivo a ser atendida.

O processo operacional foi a segunda classe dos fatores de influência relacionados ao exame do escopo do projeto. Essa classe e suas respectivas propriedades, dizem respeito à tarefa a ser executada pelo equipamento. As respectivas propriedades são definidas na estrutura exibida no Quadro 3.

O processo da operação é descrito, inicialmente, a partir da identificação normalizada do propósito da máquina, A seguir, foram identificados os elementos processados pela máquina.

Quadro 3 – Informações do processo operacional para a categoria de escopo do projeto.

<b>Classes</b>	<b>Propriedade</b>	<b>Informação</b>	<b>Descrição</b>
<b>PROCESSO OPERACIONAL</b>	Designação	Máquina para o corte e recolhimento da flor do tabaco	Equipamento de desponte da flor do tabaco na lavoura
	Elementos processados	Flor do tabaco	Corta e colhe somente a flor do tabaco
	Situação física do processo	Flor é processada “cortada e armazenada entre os órgãos da máquina	Processo interno
	Necessidade de execução	Necessitando extração da semente da flor da planta	Plantas: secagem para extração da semente
		Produto da colheita armazenado em local fixo, distante do campo de cultivo.	Depositado em carreta de armazém.
	Descrição do processo	O equipamento é transportado do local fixo até o campo de cultivo,	Uniformidade Controle da faixa de corte
		No campo, é conduzido para área onde as plantas estão assentadas.	
Resultado esperado	Corte e recolhimento da flor da planta	Flores são recolhidas para processamento	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os processos foram descritos em função de sua situação física em relação ao sistema executor. O estado inicial (motivador da necessidade) deve ser identificado em razão dos elementos que devem ser processados na transformação pretendida. Entre o estado inicial e o estado final, deve ser identificado o conjunto de ações realizado pela máquina no processo. Essa classe deve incluir também a identificação da situação física do processo realizado – se ele é feito dentro da máquina ou fora dela. Por fim, o resultado esperado da tarefa pretendida deve ser definido em relação às propriedades dos elementos após terem sido processados, que seriam a flor de tabaco armazenada no interior da máquina.

As interferências e os limites tratam dos elementos e das circunstâncias cuja interferência na tarefa pretendida influenciariam na obtenção dos resultados esperados, por controlar a operação ou participar no ambiente operacional, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Informações das interferências e limites para a categoria de escopo do projeto.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
<b>INTERFERÊNCIAS E LIMITES</b>	<b>Elementos operadores</b>	Ser humano	Determinar a regulagem da máquina Ajustar dimensões para o cultivo. Acoplar a máquina a uma fonte propulsora
	<b>Elementos ambientais</b>	Solo	Permitir o deslocamento do equipamento em solo irregular. Deslocamento da máquina sobre solo instável
		Planta	Processar o corte e prover o recolhimento da parte superior da planta onde se localiza a semente
	<b>Época do ano</b>	Inverno	Agosto: inverno ou estação de plantio. Temperaturas menores, menor umidade absoluta
		Verão	Novembro até fevereiro: verão ou estação de colheita, chuva- temperaturas maiores, maior umidade absoluta
	<b>Tempo para execução</b>	Avaliação do estágio de maturação da planta para o corte da florada	Avaliar a cultura e o estágio da planta, dependendo da fase. Estimativa de tempo disponível para cada operação.
	<b>Frequência de execução</b>	Avaliação do estágio de rebrota da planta para o corte da florada	Avaliar condições específicas da cultura e, dependendo da época de plantio prever estimativa de corte: 3 vezes por safra.
	<b>Riscos de execução</b>	Perda no corte	Distribuição da planta não é feita sobre a área pretendida de modo uniforme e completo. Corte muito baixo atingindo um número grande de folhas.
		Deposição de flores fora da área	Deposição da flor em áreas fora do reservatório de recolhimento.
		Desgaste dos componentes	Desgaste dos órgãos da máquina em razão das propriedades abrasivas e/ou corrosivas do cultivar.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Inicialmente, foram identificados os agentes operadores e os elementos ambientais que participam durante a tarefa. Tomando por referência o calendário de meses e/ou estações, a época do ano caracteriza o instante em que esta é executada no ciclo de cultivo. Outras informações abordadas tratam das condições de execução, relacionadas ao tempo necessário para conclusão e à frequência de realização da tarefa ao longo da safra e também dos riscos envolvidos.

Considerando os agentes participantes e as circunstâncias de execução, que determinam a adoção de medidas de projeto em favor da segurança, essa análise descreve de forma objetiva os riscos mais frequentes aos quais a tarefa está sujeita.

Os requisitos energéticos descrevem as condições e as características que definem o fornecimento da energia necessária para que a máquina execute a operação pretendida, Quadro 5. São apresentadas estimativas sobre as épocas do ano em que a máquina é utilizada para realizar a tarefa, e sobre o tempo disponível e a frequência de utilização.

Quadro 5 – Requisitos energéticos para a definição do escopo do projeto.

Classe	Propriedade	Informação	Descrição
A14 REQUISITOS ENERGÉTICOS	Autonomia de operação	É capaz de realizar as ações pretendidas	Transforma energia para alimentar o movimento dos órgãos envolvidos no corte e recolhimento da flor da planta.
		Não é autônoma quanto à energia fornecida	Necessita de fonte de energia externa para converter em movimento útil ao funcionamento dos órgãos.
	Fonte de alimentação	Motor a combustão interna	Fornecer energia mecânica para o movimento do conjunto.
	Capacidade nominal	6 a 10 Cv	Necessita dessa potência para transportar, conduzir e executar a operação de corte
	Meios de conversão	Energia mecânica	Fornecer movimento para o transporte e a ação das partes móveis da máquina.
	Regimes de conversão	Utilização	2 a 8 horas diárias.
		Operação	Até 5 dias de operação por vez.
		Intervalos	De 15 a 30 dias entre operações.
	Solicitações de conversão	Órgãos ativos	Carregamento na transmissão aos órgãos tem pouca variação e média intensidade.
		Transporte	Elevada variação e choques, elevada intensidade, em razão de irregularidades induzidas pelo terreno e à carga transportada.
	A Tipos de acoplamento	Engate em um microtrator	Transmite energia hidráulica para acionar os órgãos ativos.
		Microtrator	Transmite tração para o deslocamento e transporte da máquina.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A classe é iniciada a partir da descrição da fonte de alimentação do sistema. Em seguida, define-se a autonomia da máquina e sua capacidade. Trata-se então dos meios utilizados para a transmissão de energia. Daí, segue o estabelecimento dos possíveis regimes e solicitações de carregamento, envolvidos na utilização da máquina. Quando prevista a operação em conjunto com outras máquinas, autônoma ou não, a classe inclui a definição preliminar dos prováveis tipos de dispositivos para acoplar várias máquinas.

O desdobramento do projeto foi orientado para identificar os subsistemas de acordo com três papéis distintos, relacionados aos elementos que são processados neles:



- Subsistemas de processamento: são os subsistemas cujos órgãos estão diretamente ligados à realização de ações pertinentes ao processo técnico principal, ou no suprimento dos elementos para sua execução; neste caso o coletor de corte e recolhimento da flor;
- Subsistemas de conversão: são os subsistemas encarregados de realizar a conversão de energia, primária (motores) e secundária (transmissão), para a entrega de potência aos subsistemas de processo; motor a combustão para prover energia ao sistema hidráulico;
- Subsistemas de controle: são os subsistemas que têm por propósito executar intervenções sobre o funcionamento do sistema principal mediante ações de comando e gerar informações de estado: válvulas reguladoras de vazão e acelerador do motor a combustão.

Importante selecionar as classes de levantamento dos fatores de influência em acordo com a identificação da função principal do subsistema considerado. Tais componentes devem ser examinados e avaliados em particular em relação às características que determinam os esforços para seu desenvolvimento. Tais características são cobertas pela classe de propriedades relacionada à tipologia de projeto, determinação das propriedades de tipologia de projeto como fatores de influência deve ser acompanhadas de um exame mais detalhado do plano do projeto.

#### **4.1.2 Necessidades do cliente/ requisitos do cliente**

Para efetuar um levantamento das necessidades do cliente em cada etapa, foram feitas algumas reuniões com senhor Nelson Thath, produtor que desenvolve uma lavoura experimental de tabaco energético no Município de Rio Pardo/RS, localidade de Rincão del Rei, em parceria com a Universidade de Santa Cruz do Sul, para obtenção das sementes do tabaco energético para testes de produção de biocombustíveis. Exposta a questão do tema, e a partir da aplicação do método de entrevista, foram ouvidas e registradas as sugestões do produtor com relação às características principais desejáveis do equipamento proposto. O usuário/cliente do equipamento identificou seus desejos relacionados ao uso, projeto, manutenção, segurança e transporte, do equipamento, relacionados abaixo, conforme orientação do entrevistador colocando estes itens a serem observados conforme Quadro 6.

Quadro 6 – Lista das necessidades do cliente.

Lista das necessidades do cliente.	
1	Fácil dimensionamento do sistema mecânico, hidráulico e ou eletromecânico.
2	Utilização de materiais/componentes de baixo custo/padronizados e de fácil obtenção.
3	Facilidade de fabricação (Processos usuais e disponíveis de fácil acesso).
4	Facilidade de montagem e desmontagem.
5	Facilidade de manutenção.
6	Poucos níveis de desmontagem.
7	Baixo peso, tracionado por um trator. Não ser autopropulsado, redução de custo.
8	Pontos de fixação para transporte e elevação.
9	Proteção de partes frágeis, componentes eletromecânicos e circuitos eletroeletrônicos).
10	Facilidade de movimentação do equipamento desmontado (armazenagem e transporte).
11	Identificação dos componentes do equipamento (sistemas e subsistemas) com <i>checklist</i> .
12	Manual de transporte e utilização.
13	Capacidade de armazenamento de produto (caçamba de carga).
14	Carreta acoplada para recolhimento das flores, quando forem aproveitadas para uso da semente.
15	Regulagem e ajuste do sistema de corte da planta, (velocidade e força de corte).
16	Facilidade de transporte e movimentação em campo (solo nu, solo com palha etc.)
17	Abranger linha e entrelinha das culturas
18	Ter largura máxima de 2 metros e ser permitido andar no asfalto).
19	Altura regulável entre o solo e a parte superior da planta, máximo 2 m.
20	Possibilitar regulagem de abertura para ajuste entre linhas: máximo 2m.
21	Cortina de proteção na caçamba para diminuir o efeito do vento.
22	Ter uma caçamba móvel e de fácil transporte e acoplamento ao equipamento.
23	Ter um sistema gerador de energia para alimentação do equipamento.
24	Ter a capacidade de se locomover/utilizar em áreas com declive.
25	Possuir elementos rodantes capazes de transpor obstáculos, e possibilidade de ser movimentado manualmente e por cabos acoplados a um trator.
26	Possuir peso que no máximo 2 pessoas consigam movimentá-lo em campo.
27	Estar adequado as normas de segurança e ergonomia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A partir das necessidades dos clientes, a etapa seguinte é a transformação destas necessidades em requisitos de clientes. Inicialmente foi feita a classificação das necessidades do cliente baseados nas fases do ciclo de vida do equipamento, desde o projeto até a utilização.

Desta forma foram classificados e agrupados inicialmente, em requisitos de custos, projeto e construção do equipamento, manutenção, utilização e segurança conforme Quadro 7.

Quadro 7 – Classificação das necessidades do cliente / ciclo de vida do projeto.

	<b>Fases do ciclo de vida</b>	<b>Necessidades do cliente.</b>
1	<b>Análise Econômica e projeto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilização de materiais/componentes de baixo custo/padronizados e fácil obtenção.</li> <li>- Facilidade de fabricação (Processos usuais e disponíveis de fácil acesso).</li> <li>- Ser de fácil manutenção.</li> <li>- Facilidade de movimentação do equipamento desmontado (armazenagem das peças para transporte).</li> <li>- Facilidade de montagem e desmontagem</li> <li>- Facilidade de manutenção.</li> </ul>
2	<b>Construção do equipamento.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fácil dimensionamento do sistema mecânico, hidráulico e/ou eletromecânico.</li> <li>-Poucos níveis de desmontagem.</li> <li>-Baixo peso, tracionado por um trator. Não ser autopropulsado, redução de custo.</li> <li>-Pontos de fixação para transporte e elevação.</li> <li>-Capacidade de armazenamento de produto (caçamba de carga).</li> <li>- Carreta acoplada para recolhimento das flores.</li> <li>-Abranger linha e entrelinha das culturas aproveitadas para uso da semente.</li> <li>-Ter largura máxima de 2 metros (carroceria e ser permitido andar no asfalto).</li> <li>-Possuir peso que no máximo 2 pessoas consigam movimentá-lo em campo.</li> <li>- Ter capacidade de locomoção em condições adversas de campo (translação e rotação em torno do seu eixo 2 rodas de giro livre).</li> <li>- Ter a capacidade de se locomover/utilizar em áreas com declive .</li> </ul>
3	<b>Manutenção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificação dos componentes do equipamento (sistemas e subsistemas) com checklist.</li> <li>- Manual de transporte e utilização.</li> <li>- Manual de utilização (parte mecânica, elétrica e hidráulica)</li> <li>- Ser de fácil manutenção.</li> </ul>
4	<b>Utilização</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidade de transporte e movimentação em campo (solo nu, solo com palha etc.)</li> <li>- Altura regulável entre o solo e a parte superior da planta, máximo 2 m.</li> <li>- Possibilitar regulagem de abertura para ajuste entre linhas: máximo 2m.</li> <li>- Regulagem e ajuste do sistema de corte da planta, (velocidade e força de corte).</li> <li>-Ter a capacidade de se locomover/utilizar em áreas com declive.</li> <li>-Ter uma caçamba móvel e de fácil transporte e acoplamento ao equipamento.</li> <li>- Ter um gerador de energia para alimentação do equipamento.</li> <li>-Possuir elementos rodantes capazes de transpor obstáculos, e possibilidade de ser movimentado manualmente e por cabos acoplados a um trator.</li> </ul>
5	<b>Segurança</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estar adequado as normas de segurança.</li> <li>- Atender as condições antropométricas dos diferentes usuários, não permitir o esmagamento, não permitir que a pessoa fique presa ao equipamento, ter um sistema de frenagem.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O Quadro 8 apresenta a lista das necessidades dos clientes e os requisitos de clientes relacionados.

Quadro 8 – Tradução das necessidades do cliente em requisitos do cliente.

	<b>Lista das necessidades do cliente.</b>		<b>Requisitos do cliente</b>
1	Fácil dimensionamento do sistema mecânico, hidráulico e ou eletromecânico.	1	Ter baixo custo de fabricação utilizando materiais disponíveis no mercado
2	Utilização de materiais/componentes de baixo custo/padronizados e fácil obtenção.		
3	Facilidade de fabricação (Processos usuais e disponíveis de fácil acesso).		
4	Facilidade de montagem e desmontagem.	2	Facilitar montagem e manutenção
5	Facilidade de manutenção.		
6	Poucos níveis de desmontagem.		
7	Baixo peso, tracionado por um trator. Não ser autopropulsado, redução de custo.	3	Ser de simples e fácil operação e regulagem.
8	Pontos de fixação para transporte e elevação.		
9	Proteção de partes frágeis, componentes eletromecânicos e circuitos eletroeletrônicos).	4	Ser seguro na operação e deslocamento
10	Facilidade de movimentação do equipamento desmontado (armazenagem das peças para transporte).		
11	Identificação dos componentes do equipamento (sistemas e subsistemas) com checklist.	5	Possuir manuais de operação e manutenção
12	Manual de transporte e utilização.		
13	Capacidade de armazenamento de produto (caçamba de carga).	6	Ter capacidade de armazenamento na carreta acoplada
14	Carreta acoplada para recolhimento das flores, quando forem aproveitadas para uso da semente.		
15	Regulagem e ajuste do sistema de corte da planta, (velocidade e força de corte).	7	Ter Regulagem de (velocidade e força de corte) a sistema de corte da planta.
16	Manual de utilização (parte mecânica, elétrica e hidráulica).		
17	Facilidade de transporte e movimentação em campo (solo nu, solo com palha, etc.)	4	
18	Abranger linha e entrelinha das culturas	8	Ter capacidade de regulagem, ajuste de espaçamento entre linhas e altura do corte.
19	Ter largura máxima de 2 metros (carroceria e ser permitido andar no asfalto).		
20	Altura regulável entre o solo e a parte superior da planta.		
21	Possibilitar regulagem de abertura para ajuste entre linhas.		
22	Cortina de proteção na caçamba para diminuir o efeito do vento.	9	Ser leve permitindo manobrabilidade.
23	Ter uma caçamba móvel e de fácil transporte e acoplamento ao equipamento.		
24	Ter sistema gerador de energia para alimentação do equipamento	10	Ter sistema gerador de energia e força
25	Ter a capacidade de se locomover em áreas com declive.	11	Utilização em áreas com declive
26	Ser de fácil manutenção.	2	
27	Possuir elementos rodantes capazes de transpor obstáculos, e possibilidade de ser movimentado manualmente e por cabos acoplados a um trator.	3	
28	Ter capacidade de locomoção em condições adversas de campo (translação e rotação em torno do seu eixo 2 rodas de giro livre).	11	
29	Possuir peso que no máximo 2 pessoas consigam movimentá-lo em campo.	3	
30	Estar adequado as normas de segurança.	12	Estar adequado a norma (NR 12) de proteção de máquinas e equipamentos.
31	Atender as condições antropométricas dos diferentes usuários.		

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Como pode-se observar, algumas necessidades do cliente foram agrupadas em um mesmo item de requisito do cliente, por serem semelhantes, agrupando aquelas necessidades que poderiam pertencer ao mesmo requisito, transformando a numeração atribuída aos requisitos, em letras para melhor entendimento na aplicação do diagrama de Mudge, como apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 – Lista de requisitos do cliente.

<b>Nº</b>	<b>letras</b>	<b>Requisitos do cliente</b>
<b>1</b>	A	- Ter baixo custo de fabricação utilizando materiais disponíveis no mercado.
<b>2</b>	B	- De fácil montagem e manutenção.
<b>3</b>	C	- Ser de simples e fácil operação e regulagem.
<b>4</b>	D	- Ser seguro na operação e deslocamento.
<b>5</b>	E	- Possuir manuais de operação e manutenção.
<b>6</b>	F	- Ter capacidade de armazenamento na carreta acoplada.
<b>7</b>	G	- Regulagem de (velocidade e força de corte) do mecanismo de corte da planta.
<b>8</b>	H	- Ter capacidade de regulagem, ajuste de espaçamento entre linhas e altura do corte.
<b>9</b>	I	- Ter proteção na caçamba e ser leve permitindo manobrabilidade.
<b>10</b>	J	- Ter sistema gerador de energia e força.
<b>11</b>	K	- Utilização em áreas com declive.
<b>12</b>	L	- Estar adequado a norma de proteção de máquinas e equipamentos e norma de ergonomia.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Com a definição dos requisitos dos clientes, a etapa seguinte foi a valoração destes requisitos por meio da técnica do diagrama de Mudge, que se encontra no Figura 25.

Figura 25 – Diagrama de MUDGE aplicado aos requisitos dos clientes para classificação do maior grau de importância.

Diagrama de MUDGE														<table border="1"> <tr> <td>Muito mais importante</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Mais Importante</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Menos importante</td> <td>1</td> </tr> </table>		Muito mais importante	5	Mais Importante	3	Menos importante	1
Muito mais importante	5																				
Mais Importante	3																				
Menos importante	1																				
Requisito dos clientes																					
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	soma	%							
-Ter baixo custo de fabricação utilizando materiais de baixo custo.	A	B3	A3	A1	E3	F1	F1	A1	I3	A3	A3	L3	11	9,82							
- Ser seguro na operação e deslocamento.	B		B5	B3	B3	B3	B5	B1	B3	B1	B3	L1	27	24,10							
- De fácil montagem e manutenção	C			D1	E3	F1	C3	H3	C3	J3	K3	L3	6	5,35							
- Ser de simples e fácil operação e regulagem.	D				E5	F5	D3	H3	D3	D1	K3	L5	7	6,25							
- Ter capacidade de regulagem, ajuste de espaçamento entre linhas e altura	E					E1	E5	E1	E1	E5	E3	L1	16	14,28							
. Regulagem de (velocidade e força de corte) a sistema de corte da planta	F						F5	F3	I3	F5	F3	F1	17	15,17							
- Possuir manuais de operação e manutenção	G							H5	I3	J3	K1	L3	0	0							
-Ter capacidade de armazenamento. carreta acoplada.	H								I1	H3	H3	H1	7	6,25							
-Ter sistema gerador de energia e força	I									I5	I5	I1	11	9,82							
- Ter proteção na caçamba e ser leve permitindo manobrabilidade.	J										J3	J1	4	3,57							
-Utilização em áreas com declive.	K											L3	5	4,46							
Estar adequado a norma de proteção de máquinas e de ergonomia .	L												0	0,68							
<b>TOTAL</b>													112	100							

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Critérios utilizados para classificação do grau de importância dos requisitos um em relação a outro, estão relacionados no Quadro 10.

Quadro 10 – Critérios de classificação do grau de importância.

Muito mais importante	5
Mais Importante	3
Menos importante	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Do somatório de pontos no diagrama de Mudge, chegou-se a valoração dos requisitos dos clientes, onde verificou-se que o requisito B, (Ser seguro na operação e deslocamento), aparece como o mais importante, ou seja, o de maior relevância 24,10%.

Os requisitos dos clientes dispostos em ordem de importância conforme valores percentuais atribuídos pelo diagrama podem ser vistos no Quadro 11.

Quadro 11 – Resultado da aplicação do diagrama de MUDGE.

	<b>Requisito de Cliente</b>	<b>%</b>	<b>Importância</b>
B	- Ser de simples e fácil operação e regulagem.	24,10	1
F	- Ter capacidade de regulagem, ajuste de espaçamento entre linhas e altura do corte.	15,17	2
E	- Regulagem de (velocidade e força de corte) do mecanismo de corte da planta.	14,28	3
A	- Ter baixo custo de fabricação utilizando materiais disponíveis no mercado.	9,82	4
I	- Ter sistema gerador de energia e força.	9,82	5
H	- Possuir manuais de operação e manutenção.	6,25	6
D	- De fácil montagem e manutenção.	6,25	7
C	- Ser seguro na operação e deslocamento.	5,35	8
K	-Utilização em áreas com declive.	4,46	9
J	- Ter proteção na caçamba e ser leve permitindo manobrabilidade.	3,57	10
L	- Estar adequado a norma de proteção de máquinas e equipamentos e norma de ergonomia.	0,68	11
G	- Ter capacidade de armazenamento na carreta acoplada	0	12

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na transformação de requisitos do cliente para requisitos de projeto foram classificados os requisitos explicitados em uma tabela na forma métrica, Quadro 12, mensurável.

Quadro 12 – Conversão dos requisitos do cliente em requisitos de projeto.

<b>Colhedora da Flor do Tabaco</b>		
	<b>Requisitos dos clientes</b>	<b>Requisitos de projeto (Métrica)</b>
1	- Ter baixo custo de fabricação utilizando materiais disponíveis no mercado.	Custo(R\$)
2	- De fácil montagem e manutenção.	Tempo montagem(hs)
3	- Ser de simples e fácil operação e regulagem.	Nº de comandos
4	- Ser seguro na operação e deslocamento.	
5	- Possuir manuais de operação e manutenção.	Adimensional
6	- Ter capacidade de armazenamento na carreta acoplada.	Volume de carga (m <sup>3</sup> )
7	- Regulagem de (velocidade e força de corte) do mecanismo de corte da planta.	Torque (kg.m) e velocidade (rpm)
8	- Ter capacidade de regulagem, ajuste de espaçamento entre linhas e altura do corte.	Comprimento e altura (m)
9	- Ter proteção na caçamba e ser leve permitindo manobrabilidade.	Massa(kg)
10	- Ter sistema gerador de energia e força.	Potência (cv)
11	- Utilização em áreas com declive.	ângulo (graus)
12	- Estar adequado a norma de proteção de máquinas e equipamentos e norma de ergonomia.	NR12 requisito obrigatório

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na etapa seguinte, foi realizada a hierarquização desses requisitos. Para isso, foi aplicada a ferramenta casa da qualidade, também conhecida como primeira matriz do QFD.

A casa da qualidade, Apêndice D, e os respectivos resultados da hierarquização dos requisitos de projeto da colhedora de flor de tabaco são apresentadas no Quadro 13, com a ordem de hierarquização dos requisitos de projeto e com seu respectivo valor calculado na matriz QFD. Estes requisitos influenciam diretamente no projeto da colhedora de flor de tabaco, o quadro apresenta os requisitos de projeto hierarquizados e também os valores meta que definem as especificações de projeto, servindo como base para todas as etapas seguintes do projeto do produto.

Quadro 13 – Hierarquização dos requisitos do projeto.

	<b>Requisitos de Cliente</b>	<b>Requisitos de Projeto</b>	<b>Valor</b>
	- Ter baixo custo de fabricação utilizando materiais disponíveis no mercado.	Custo(R\$)	24,10
	- De fácil montagem e manutenção.	Tempo montagem (hs)	15,17
	- Ser de simples e fácil operação e regulagem.	Custo x hora N de ajustes	14,28
	- Ser seguro na operação e deslocamento.		9,82
	- Possuir manuais de operação e manutenção.		9,82
	- Ter capacidade de armazenamento na carreta acoplada.	Volume (m <sup>3</sup> )	6,25
	- Regulagem de (velocidade e força de corte) do mecanismo de corte da planta.	Torque (kgfm) e velocidade (rpm)	6,25
	- Ter capacidade de regulagem, ajuste de espaçamento entre linhas e altura do corte.	Comprimento e altura (m)	5,35
	- Ter proteção na caçamba e ser leve permitindo manobrabilidade.	Massa(kg)	4,46
	- Ter sistema gerador de energia e força.	Energia (cv)	3,57
	- Utilização em áreas com declive.	ângulo (graus)	0,68
	- Estar adequado a norma de proteção de máquinas e equipamentos e norma de ergonomia.	NR12	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.1.3 Especificações de Projeto

As especificações são derivadas dos requisitos de projeto mais o valor meta e os aspectos indesejados, associando a eles, um valor a ser atingido. Esta é uma forma de avaliação da meta e dos aspectos a serem evitados durante a implementação do requisito. Os propósitos aos quais o projeto da colhedora de flor de tabaco deverá atender, são as especificações de projeto, apresentados no Quadro 14.



Quadro 14 – Especificações de projeto, valor meta e os aspectos indesejados.

	Requisitos de Cliente	Requisitos de Projeto	Valor meta	Unidade	Aspectos indesejados
1	- Ter baixo custo de fabricação utilizando materiais disponíveis no mercado.	Custo(R\$)	15.000	R\$	Custo elevado
2	- De fácil montagem e manutenção.	Tempo de montagem hs	1 a 2 hs	horas	Dificuldade de montagem e manutenção
3	- Ser de simples e fácil operação e regulagem.	Custo x hora N de ajustes	comandos	Força	Difícil de operar e regular
4	- Ser seguro na operação e deslocamento.	segurança	NR 12	Adm.	Perigoso na operação e deslocamento
5	- Possuir manuais de operação e manutenção.	manual		Adm.	Dificuldade de montagem e manutenção
6	- Ter capacidade de armazenamento na carreta acoplada.	Volume	600 litros	m <sup>3</sup>	Baixa capacidade de armazenagem
7	- Regulagem de (velocidade e força de corte) do mecanismo de corte da planta.	Torque e velocidade	Vel. e torque	(rpm)Kgf m	Dificuldade de corte da planta
8	- Ter capacidade de regulagem, ajuste de espaçamento entre linhas e altura do corte.	Comprimento e altura	2m e 1	m	Não se adequar as medidas da lavoura
9	- Ter proteção na caçamba e ser leve permitindo manobrabilidade.	Massa	Peso máximo 350 kgs	kg	Ser difícil de manobrar e perda de produto no deslocamento
10	- Ter sistema gerador de energia e força.	Energia	6 a 8 cv	cv	Ter força motriz suficiente para a operação
11	- Utilização em áreas com declive.	ângulo	15 °	grau	Difícil de operar em declive
12	- Estar adequado a norma de proteção de máquinas e equipamentos e norma de ergonomia.	NR12	NR 12		Ter seu projeto inadequado perante as normas de segurança

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.1.4 Análise de Produto Industrial

Para a pesquisa de mercado, necessária para conhecer as características funcionais e aplicações para determinar se o que está disponível no mercado atende as necessidades dos clientes relacionadas no projeto em questão, foi realizado um levantamento nos sites de *E-commerce* do mundo, no qual foram avaliados equipamentos que visassem atender à demanda já evidenciada nos requisitos e especificações de projeto estabelecidos nos itens anteriores. Realizou-se então, uma pesquisa bibliográfica preliminar, visando um aprofundamento e

aquisição de dados referentes à situação atual da mecanização na cultura do tabaco, máquinas agrícolas e equipamentos para colheita da flor do tabaco.

Abaixo encontra-se um equipamento disponível no site relacionado ([www.comanassisi.it](http://www.comanassisi.it)), conforme Figura 26, com especificações técnicas ANEXO 04, que executa parcialmente esta função de desponte da flor do tabaco, mas não permite recolhimento, apenas corta (desponta).

A técnica aplicada, inicialmente na Itália, em lavouras experimentais de tabaco energético, utiliza-se de colhedoras convencionais de soja e milho, executando apenas um corte e deixando os galhos com as flores na lavoura para secar, posteriormente as flores são recolhidas e armazenadas para uma próxima etapa que é a extração das sementes em seu interior, sendo que se obtém apenas uma colheita, pois o corte é feito apenas uma vez.

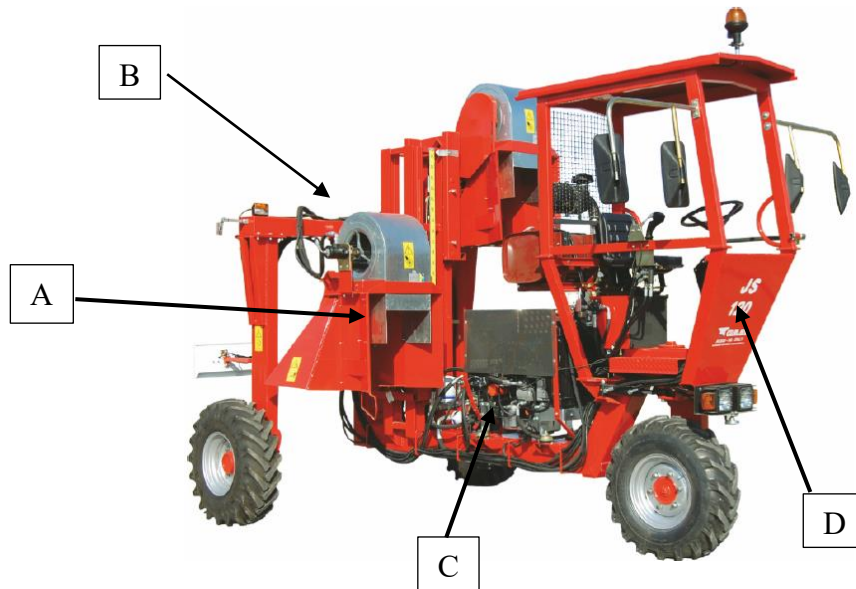
Figura 26 – Máquina para corte da flor do tabaco.



Fonte: COMANASSISI (2017).

Na Figura 27 as partes importantes que caracterizam o equipamento analisado.

Figura 27 – Máquina Italiana para corte da flor do tabaco, componentes principais.



Fonte: COMANASSISI (2017).

Componente (A), sistema de corte por navalha rotativa localizado nas laterais da máquina com regulação de altura por cilindros hidráulico (Figura 28).

Figura 28 – O sistema de corte por navalha.



Fonte: COMANASSISI (2017).

Componente (B), ventiladores para direcionamento ao solo da porção despontada, acionados por motores hidráulicos, Figura 29.

Figura 29 – Ventiladores.



► Cimatori  
• Shearers

Fonte: COMANASSISI (2017).

Componente (C), conjunto de propulsão e força, composto por motor a combustão LOMBARDINI de 51CV de potência produzindo força hidráulica para movimento das navalhas e sistema de regulagem de altura do cortador, também fornece força para autopropulsão por motores hidráulicos acoplados nas rodas, Figura 30 e 31.

Figura 30 – Conjunto de propulsão e força.



Fonte: COMANASSISI (2017).

Figura 31 – Componente (D), conjunto de cabine de operação.



Fonte: COMANASSISI (2017).

Atualmente, na Europa, utiliza-se em lavouras experimentais, o único equipamento disponível encontrado no mercado, da fabricante de máquinas agrícolas COMAN, italiana, mostrado anteriormente na Figura 30 e ANEXO A e B, que executa o corte da flor de tabaco deixando estas sobre o terreno para secagem. O corte é executado apenas na parte superior da planta, retirando apenas a flor, ou seja, um equipamento para desponte mecanizado.

Uma análise previa das especificações de projeto levantadas anteriormente com as especificações técnicas da máquina comercializada atualmente, verifica-se que trata-se de um equipamento robusto, muito bem elaborado, mas de valor bem elevado, e que oferece apenas a operação de desponte, não recolhendo o material cortado, deixando este sobre a lavoura, e por ser autopropulsado, possui um conjunto de motorização composto por um motor de combustão de 51CV de potência, bem mais dispendioso na sua operação e que gera um custo de fabricação e conseqüente valor final da máquina bem acima do pretendido pelos potenciais clientes brasileiros que dificilmente poderão suportar este custo.

#### **4.1.5 Considerações Finais da Fase de Projeto Informacional**

A fase de projeto informacional permitiu levantar aspectos relevantes que devem ser seguidos no projeto do sistema técnico. Por meio do levantamento das necessidades do cliente/usuário e os requisitos de usuário e de projeto, e por fim, as especificações de projeto obteve-se o delineando do projeto da colhedora de flor de tabaco.

A ordem de hierarquização das especificações de projeto mostrou a necessidade de se desenvolver um equipamento de baixo custo de aquisição suportado pela realidade de nossos

produtores rurais, e de simples e fácil manutenção, simples de ser operado e de simples construção. Entretanto, mesmo tendo uma ordem hierárquica, todos os requisitos de projeto devem ser atendidos, com a finalidade de atingir os requisitos dos clientes propostos neste trabalho de tese, quais sejam: “baixo custo de aquisição e manutenção, simples operação e de simples construção”.

## 4.2 RESULTADOS DA FASE DE PROJETO CONCEITUAL

Esta é a fase do projeto destinada à concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco. Primeiramente estabelece-se a estrutura funcional do equipamento usando como entradas os requisitos dos clientes e de projeto. A estrutura funcional é formada por funções específicas da tarefa que o sistema técnico deve cumprir, definindo primeiramente a função global, e as funções parciais e elementares do equipamento. Estabelecida a estrutura funcional, o próximo passo foi a criação dos princípios de soluções para atender as funções elementares do sistema. A fase é encerrada com a obtenção da concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco.

### 4.2.1 Estrutura Funcional do Sistema Técnico

A elaboração da estrutura funcional da máquina para corte e recolhimento da flor do Tabaco foi realizada por meio da compilação de informações e propriedades e pela representação gráfica dessas informações.

A tarefa a ser executada pelo equipamento é cortar o galho contendo as flores de tabaco, processo denominado *desponte*, e recolher estas flores que contém as sementes em seu interior.

Posteriormente as sementes do tabaco podem ser utilizadas na produção de bioquerosene de aviação. Esta tarefa determina as informações fundamentais na definição do conceito técnico e o leiaute da colhedora de flor de Tabaco. Primeiramente, foi feita a descrição do elemento processado, a flor do tabaco onde se encontra a semente. As funções elementares são descritas a partir das ações subsequentes ao corte da planta passando pelo deslocamento até o armazenamento no interior da máquina. O Quadro 15 mostra a sistematização destas informações.

Quadro 15 – Análise das operações da máquina de corte e recolhimento da flor de tabaco.

Análise das operações da máquina de corte e recolhimento da flor de tabaco.				
		Operação	Desdobramento da operação	
<b>Análise da operação do equipamento</b>	<b>Elemento processado</b>	Panícula de flores do tabaco posicionado na parte superior da planta		
	<b>Elemento Resultante</b>	Panícula de flores contendo as sementes da planta depositados na parte traseira do equipamento.	Apenas os cachos contendo as flores da planta devem ser cortados e recolhidos para extração das sementes após secagem em um processo posterior.	
	<b>Operações Elementares de deslocamento e funcionamento da máquina</b>	1.Deslocamento da máquina		Rebocada e tracionada por micro trator no deslocamento na lavoura.
		2.Posicionamento /alinhamento na lavoura		Transporte por micro trator posicionamento e alinhamento do equipamento sobre a área a ser executado o corte.
		3.Configuração/regulagem		Ajuste do espaçamento entre linhas, posicionamento nas linhas, regulagem da altura de corte da planta, acionamento do motor a combustão e regulagem da vazão de óleo hidráulico para definição da velocidade de rotação do cortador.
		4. Condução		Definição da velocidade de deslocamento do equipamento e alinhamento da máquina com a cultura. Operador direciona o equipamento no sentido das linhas da lavoura e conduz sobre a cultura.
		5. Transporte		Conduzido pela ação de um micro trator autopropulsado.
	<b>Ações Mecânicas movimentação da máquina</b>	1.Abastecimento		O reservatório de combustível deve ser abastecido com gasolina.
		2. Movimentação		O equipamento é acoplado a uma máquina motora através do engate próprio um micro trator autopropulsado.
		3. Configuração		Ajuste de espaçamento entre cultura e altura de corte sobre a planta.
		4. Condução		Equipamento acionado e conduzido pelo operador para ação de corte e recolhimento da flor de tabaco
		5.Transporte armazenamento		Flores são armazenadas na parte posterior da máquina em um carrinho reboque acoplado.
	<b>Ações de Controle regulagem da máquina</b>	1.Abastecimento		Operador verifica nível de combustível
		2.Energia		Operador liga motor gerador de força.
		3.Ajuste de Velocidade de corte		Operador ajusta velocidade de corte da lâmina através da válvula reguladora de vazão hidráulica
		4.Ajuste de velocidade de deslocamento		Operador ajusta velocidade de deslocamento da máquina
		5.Verificação de carregamento		Operador verifica nível de enchimento da caçamba

Fonte: Autor.

As operações que a máquina de corte e recolhimento da flor de tabaco deve executar foram divididas conforme a necessidade de execução como, elemento processado que é o cacho de flores do tabaco que está posicionado na parte superior da planta sendo apenas este componente a ser retirado e o equipamento deve executar esta ação. Como elemento resultante apenas os cachos contendo as flores da planta devem ser cortados e recolhidos.

As operações elementares são aquelas que causam efeitos sobre o sistema para realização de deslocamento, posicionamento e regulagem, bem como o funcionamento da máquina, já as ações de controle têm função de ajustar e controlar as ações principais para o alcance dos resultados da ação pretendida. Os agentes de controle exercem as tomadas de decisão, neste caso, o operador do equipamento. Assim, esta abordagem dispõe informações suficientes para uma completa descrição do processo demonstrada na forma de um diagrama de processo técnico, como mostra a Figura 32.

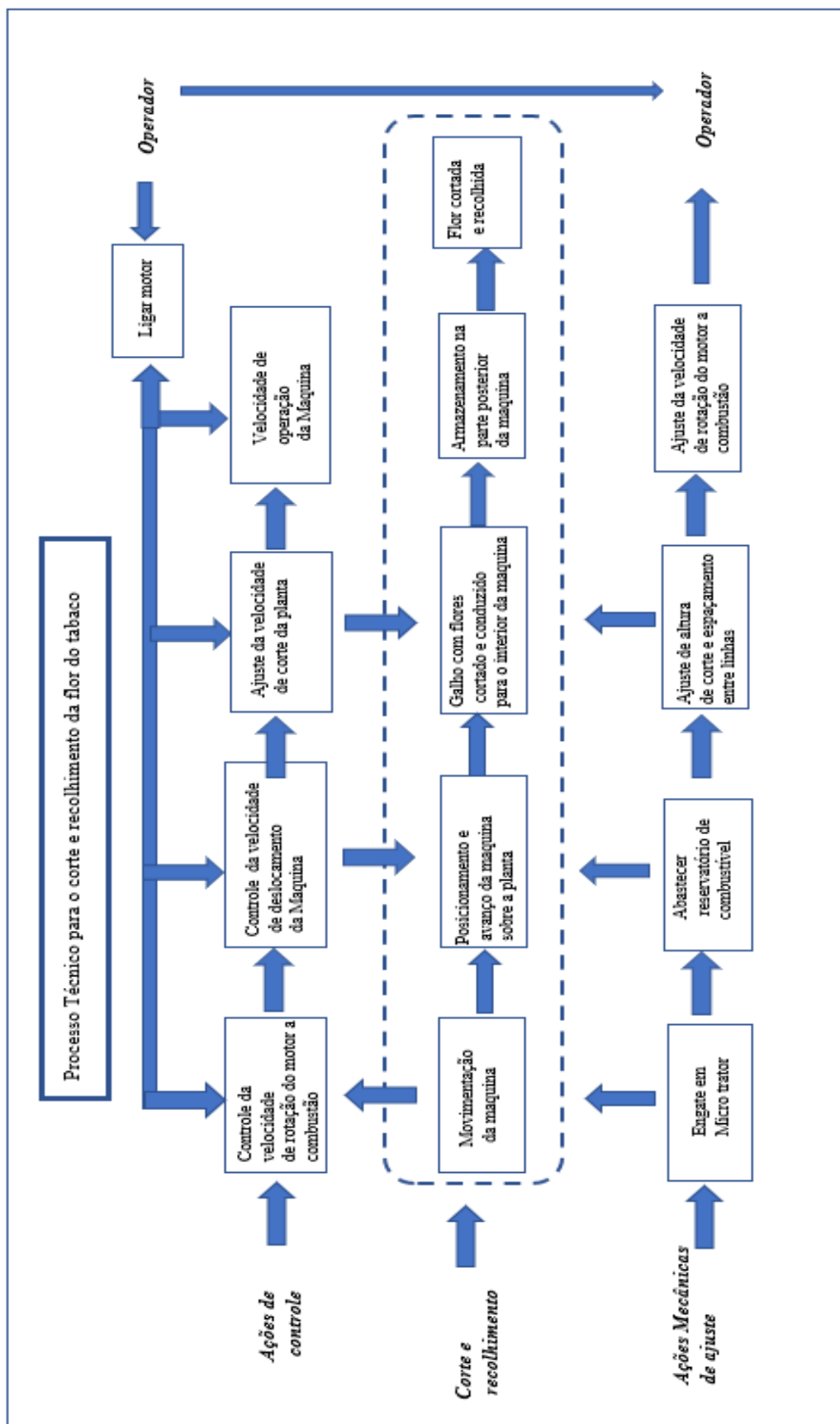
O processo técnico a ser realizado pelo equipamento deverá caracterizar-se pela ação de corte da planta na sua parte superior onde se localizam as flores, por um sistema que possa permitir que a planta permaneça na lavoura em condições de seguir seu desenvolvimento gerando nova brotação. Este equipamento deve prover o corte através da ação de um elemento cortante que permita romper o talo na parte superior da planta e conduzir este, cortado recolhendo e armazenando em uma estrutura acoplada na parte posterior da máquina.

O equipamento deve avançar sobre o cultivar sendo rebocado por um micro trator, fonte propulsora externa ao equipamento, permitindo circular sobre toda a lavoura retirando as flores das plantas, para tanto, definiu-se as ações que teriam que ser executadas pelo equipamento.

O conjunto deve ser alimentado por um motor a explosão, que funciona como fonte de energia para um conjunto hidráulico que fornece força ao sistema de navalhas de corte, sendo o conjunto tracionado por um micro trator.



Figura 32 – Processo técnico para o corte e recolhimento da flor de tabaco.

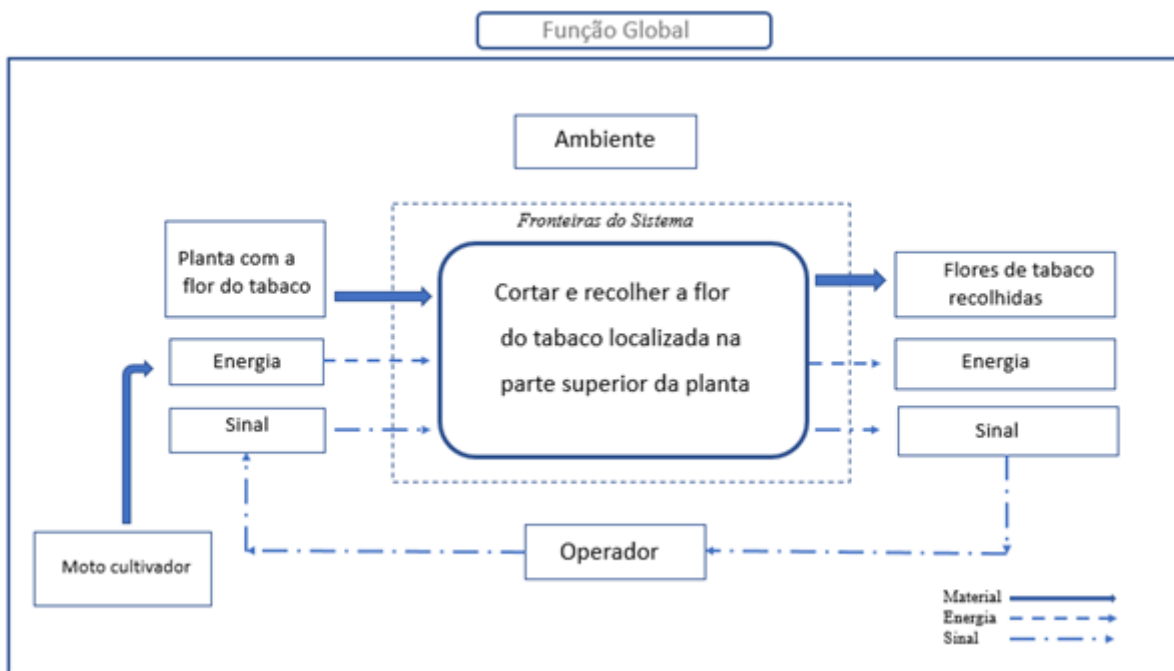


Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.2 Função Global da Máquina de Corte e Recolhimento de Flor de Tabaco

A função global da máquina de corte e recolhimento de flor de tabaco constitui a declaração da ação de todos os elementos envolvidos no processo. É a função principal que a máquina deverá desempenhar, é representada pelas entradas e saídas de sinal, energia e material em relação a outros sistemas periféricos que delimitam a fronteira entre a máquina e suas interfaces (ambiente e usuário), como mostra a Figura 33. A função global da máquina desenvolvida foi assim definida: Cortar e recolher a flor de tabaco localizada na parte superior da planta. A Figura 33, apresenta a função global com os principais fluxos de material, energia e sinal.

Figura 33 – A função global da máquina de corte e recolhimento de flor de tabaco.

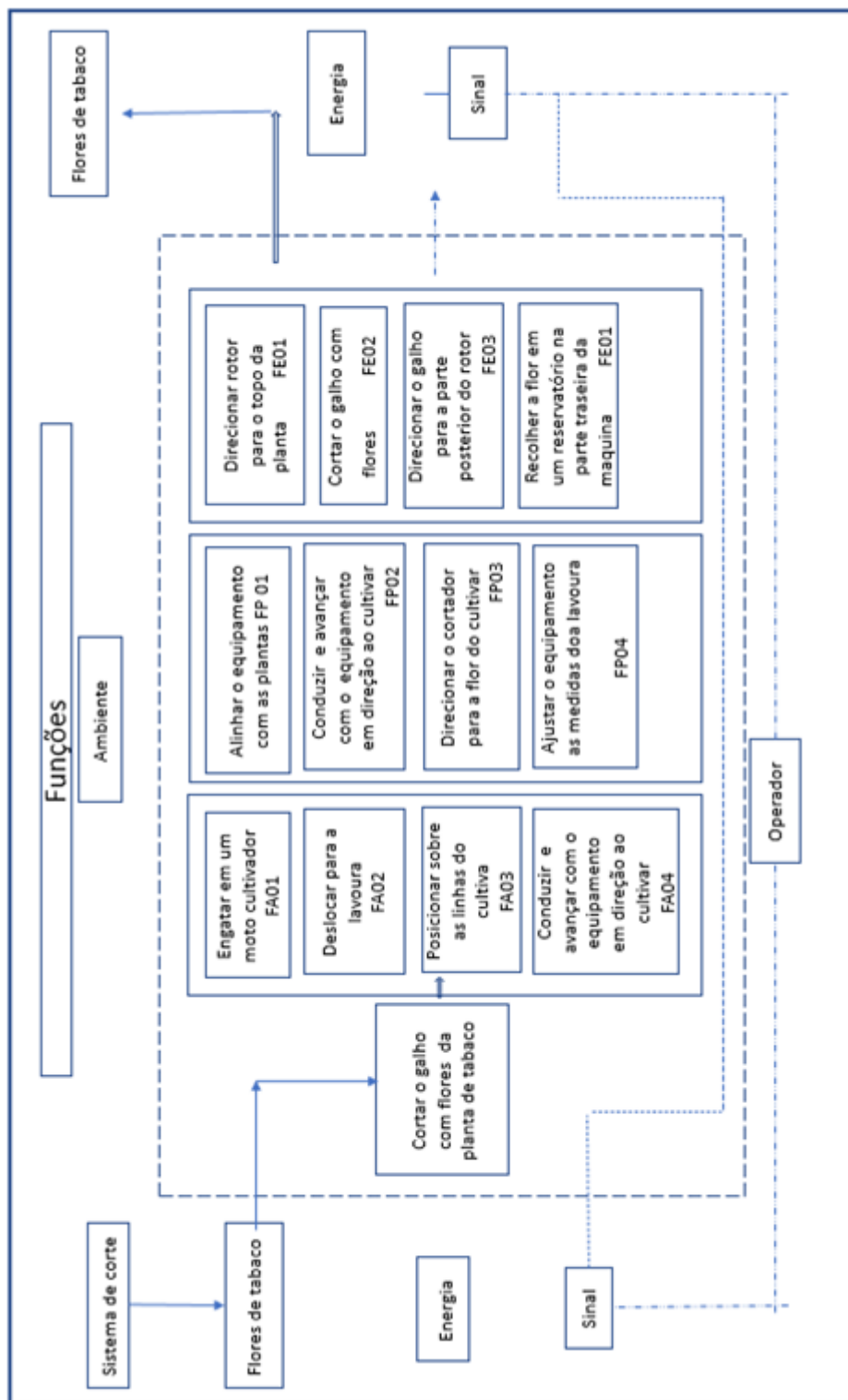


Fonte: Autor.

#### 4.2.3 Funções Parciais e Elementares do Equipamento

A partir da definição da função global do sistema e de suas interfaces com os sistemas técnicos periféricos, com o usuário e com o ambiente, foi possível decompor a função global em funções parciais, até chegar nas funções elementares e auxiliares que ligam as entradas às saídas, conforme o fluxo de energia, material ou informações, Figura 34.

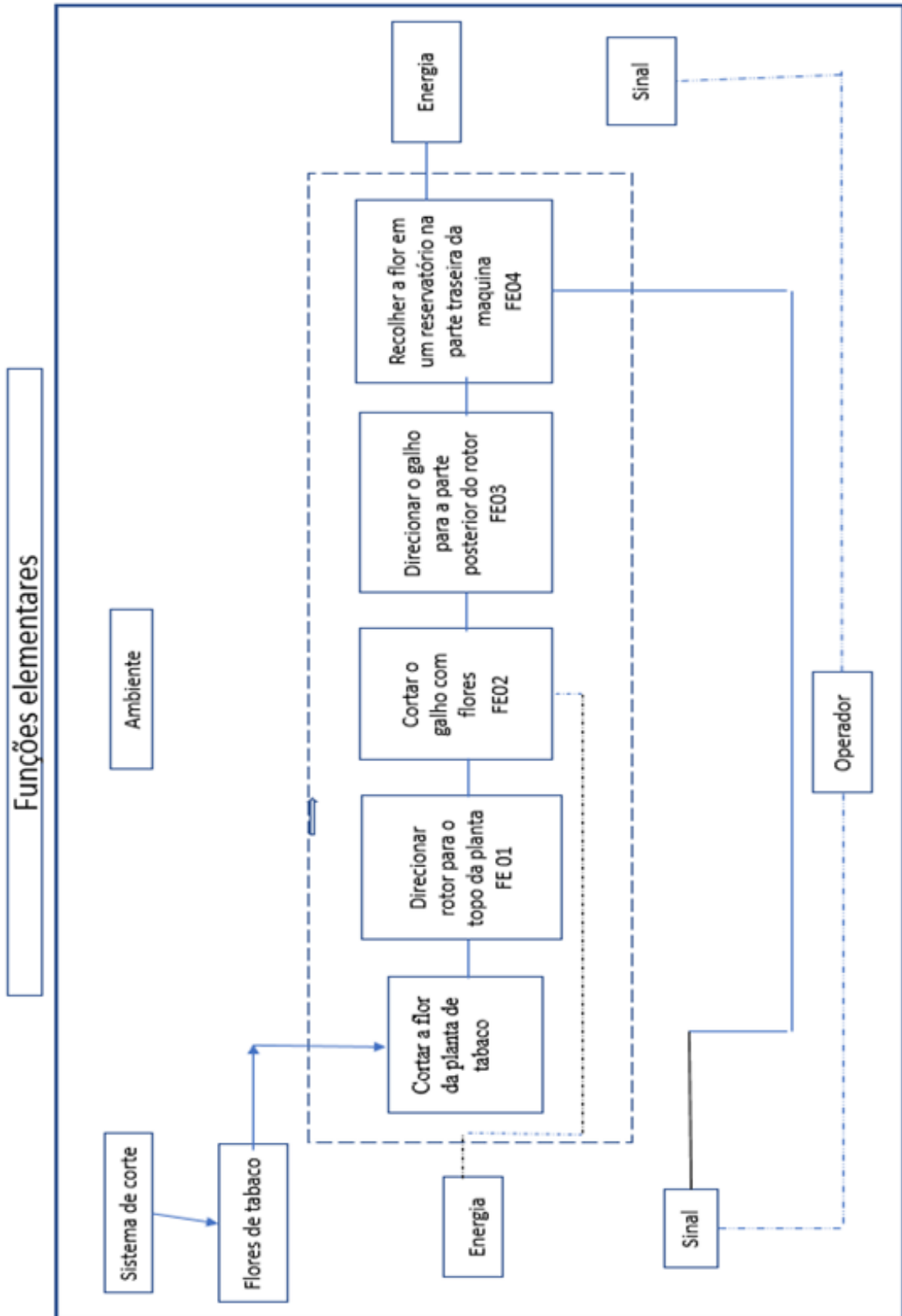
Figura 34 – Funções parciais, auxiliares e elementares da Colhedora da flor do tabaco.



Fonte: Autor.



Figura 36 – Funções elementares da Colhedora da flor do tabaco.



Fonte: Autor

O detalhamento e fluxo de material, energia e sinal das funções parciais e auxiliares do equipamento são mostradas no Quadro 16.

Quadro 16 – Fluxo de material, energia e sinal das funções elementares, parciais.

(Continua)

<b>Função</b>	<b>Detalhamento da Função</b>	<b>Entradas</b>	<b>Saídas</b>
<b>Função Parcial</b>			
FP01	Alinhar o equipamento com a planta	<b>Energia:</b> energia (força), por parte do operador para ajuste manual dos dispositivos de regulagem de altura e bitola do coletor <b>Sinal:</b> medidas da lavoura	<b>Material:</b> <b>Energia:</b> energia (força), por parte do operador <b>Sinal:</b> Alinhamento da com a planta
FP02	Direcionar o cortador para a flor do cultivar	<b>Energia</b> força motriz gerada pelo conjunto motor <b>Sinal</b>	<b>Material:</b> talo recolhido pelo coletor <b>Energia:</b> <b>Sinal:</b>
FP03	Ajustar o equipamento as medidas da lavoura	<b>Energia:</b> energia (força), por parte do operador para movimentação <b>Sinal:</b> verificar alinhamento do coletor	<b>Material:</b> máquina alinhada com a planta <b>Energia:</b> <b>Sinal:</b> coletor alinhado
<b>Função Elementar</b>			
FE01	Transportar e Posicionar rotor para o topo da planta onde ocorrerá o corte	<b>Material:</b> galho contendo as flores de tabaco <b>Energia:</b> força mecânica empregada pela lâmina de corte <b>Sinal</b> regulagem da velocidade de giro do rotor	<b>Material:</b> galhos da flor de tabaco <b>Energia:</b> Esforço de corte para romper o talo da <b>Sinal</b> galho depositado na parte traseira da máquina
FE02	Cortar o talo na parte superior da planta onde se localiza a Flor da do tabaco	<b>Material:</b> galho contendo as flores <b>Energia:</b> força motriz gerada pelo conjunto motor <b>Sinal:</b> verificar o corte do talo	<b>Material:</b> galhos da flor de tabaco <b>Energia:</b> Esforço de deslocamento do galho da planta na parte traseira da máquina
FE 03	Direcionar o galho cortado para a parte posterior do rotor	<b>Energia:</b> ajuste mecânico da altura e largura do coletor do rotor de corte <b>Sinal:</b> verificar altura de corte	<b>Sinal:</b> altura adequada do coletor em função da altura das plantas
FE04	Recolher a flor em um reservatório na parte traseira da máquina	<b>Energia:</b> reservatório, carreta acoplado ao equipamento <b>Sinal:</b> verificar caimento dos galhos no reservatório	<b>Material:</b> Galhos cortados e depositados no reservatório
<b>Função auxiliar</b>			
FA01	Engatar em um moto cultivador	<b>Energia</b> engate ao sistema de tracionamento <b>Sinal</b> verificar ajuste e travamento do acoplamento	<b>Energia:</b> força de tração do equipamento <b>Sinal:</b> travamento do acoplamento
FA02	Deslocar para a lavoura	<b>Energia:</b> tração da máquina por um micro trator para o transporte e movimentação <b>Sinal:</b> Verificar deslocamento e posicionamento sobre a planta	<b>Material:</b> tração da máquina motora para o transporte e movimentação <b>Energia:</b> energia (força), por parte do operador para movimentação <b>Sinal:</b> Transporte, ajuste e posicionamento adequado na lavoura

Quadro 16 – Fluxo de material, energia e sinal das funções elementares, parciais.

(Conclusão)

Função	Detalhamento da Função	Entradas	Saídas
FA03	Conduzir e avançar com o equipamento em direção ao cultivar	<b>Energia:</b> força motriz gerada pelo conjunto motor <b>Sinal:</b> movimentar a máquina	
<b>Função Parcial</b>			
FP01	Alinhar o equipamento com a planta	<b>Energia:</b> energia (força), por parte do operador para ajuste manual dos dispositivos de regulagem de altura e bitola do coletor <b>Sinal:</b> medidas da lavoura	<b>Material:</b> <b>Energia:</b> energia (força), por parte do operador <b>Sinal:</b> Alinhamento da com a planta
FP02	Direcionar o cortador para a flor do cultivar	<b>Energia:</b> força motriz gerada pelo conjunto motor <b>Sinal:</b>	<b>Material:</b> talo recolhido pelo coletor <b>Energia:</b> <b>Sinal:</b>
FP03	Ajustar o equipamento as medidas da lavoura	<b>Energia:</b> energia (força), por parte do operador para movimentação <b>Sinal:</b> verificar alinhamento do coletor	<b>Material:</b> máquina alinhada com a planta <b>Energia:</b> <b>Sinal:</b> coletor alinhado

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

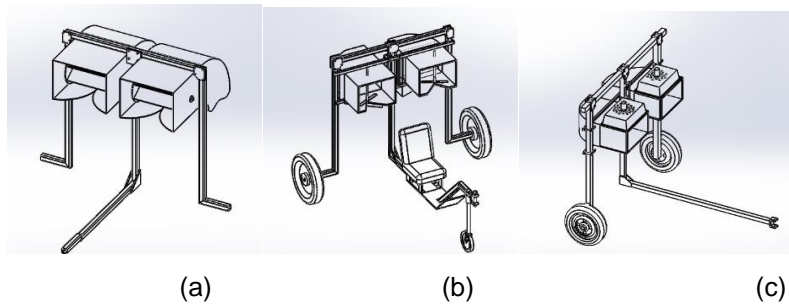
#### 4.2.4 Concepções Alternativas

Definida a estrutura de funções, partiu-se para gerar os princípios de solução para cada uma das funções elementares, criando combinações entre as funções e soluções encontradas, com a finalidade de gerar e selecionar as concepções para o equipamento.

Para posicionar o sistema de corte e recolhimento sobre a parte superior da planta onde ocorreria o corte e manter o equilíbrio da estrutura foram propostos dois cortadores posicionados, um de cada lado abrangendo duas linhas de corte. Croquis iniciais para definição do sistema foram feitos conforme APENDICE A e B e modelados no CAD conforme Figura 37, a, b, c.

Para sustentar estes coletores com os cortadores, a máquina deve ter uma estrutura para suportar o conjunto a fim de permitir que se desloque sobre a lavoura e seja direcionado sobre a planta para realizar o corte e recolhimento. A Figura 37 apresenta três alternativas conceituais para a execução desta operação.

Figura 37 – Esboços e croquis iniciais da estrutura de sustentação do conjunto de corte e recolhimento. (a) – coletor com rotor, (b) – conjunto montado, (c) – modelo de conjunto tracionado.

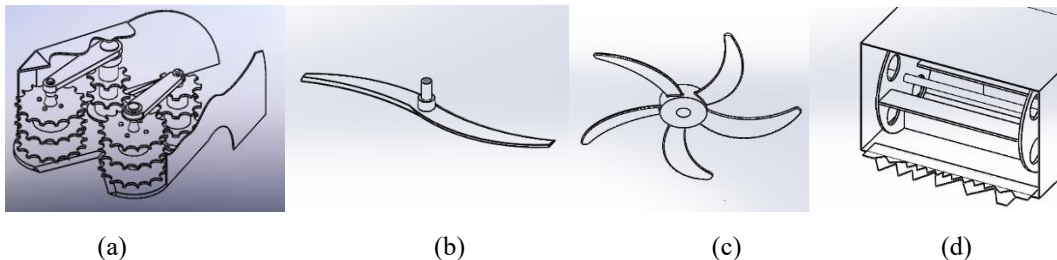


Fonte: Autor.

- A estrutura (a) é montada com dois coletores fixos atuando em duas linhas da planta.
- A estrutura (b) é montada com dois coletores reguláveis na altura atuando em duas linhas da planta, mas com operador sentado comandando o equipamento.
- A estrutura (c) é montada com dois coletores reguláveis na altura atuando em duas linhas da planta, tracionados por um micro trator.

O princípio de solução para a função elementar partiu da análise das possíveis formas de se cortar a planta dadas as características do talo e o formato deste. Para isto foram gerados quatro princípios e alternativas que poderiam ser aplicadas no mecanismo de corte da planta, estes listados abaixo na Figura 38.

Figura 38 – Esboços e croquis iniciais dos possíveis tipos de corte: (a) discos de corte, (b) lâmina de corte, (c) multi lâminas de corte, (d) rotor de corte.



Fonte: Autor.

Princípios de execução desta operação:

- O princípio (a) utiliza-se de discos para puxar os galhos da planta para ser cortado por uma navalha.
- O princípio (b) utiliza uma navalha composta de dois fios de corte.

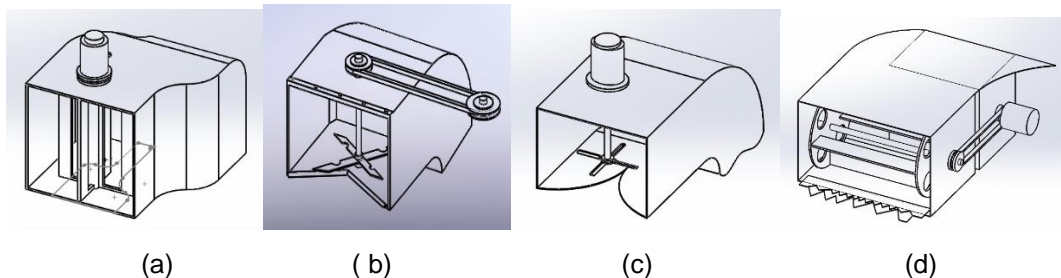


- O princípio (c) utiliza uma navalha composta de múltiplos fios de corte.
- O princípio (d) utiliza uma navalha serrilhada que possui movimento alternado provocando o corte do talo da planta.

A característica exigida nesta operação prevê que o corte deve ser lento e permitir que a parte superior da planta, onde se localizam as flores, permaneça intacta, portanto, as alternativas escolhidas listadas na Figura 38, permitem que esta operação seja executada desta forma. Apenas os cachos contendo as flores da planta devem ser cortados e recolhidos para extração das sementes após secagem em um processo posterior.

O sistema que executa a função de coletar os galhos cortados pelas navalhas deverá também, ter a função de direcionar estes para a parte posterior da máquina, onde serão depositados em um conjunto que armazenará os galhos cortados para posterior processamento. Flores são armazenadas na parte posterior da máquina em um carrinho reboque acoplado. Foram então selecionadas quatro alternativas possíveis para executar esta operação, Figura 39.

Figura 39 – Esboços iniciais dos tipos de coletor de recolhimento selecionados: (a) rotor vertical, (b) laminas de corte multiploacionada por correias, (c) laminas de core acionadas hidraulicamente, (d) rotor horizontal.



Fonte: Autor.

O princípio (a) utiliza-se de discos para puxar os galhos da planta direcionando os para a parte posterior da máquina.

O princípio (b) utiliza a própria navalha composta para puxar os galhos, sendo acionada por correias.

O princípio (c) utiliza uma navalha composta de múltiplos fios de corte acionada por motor hidráulico.

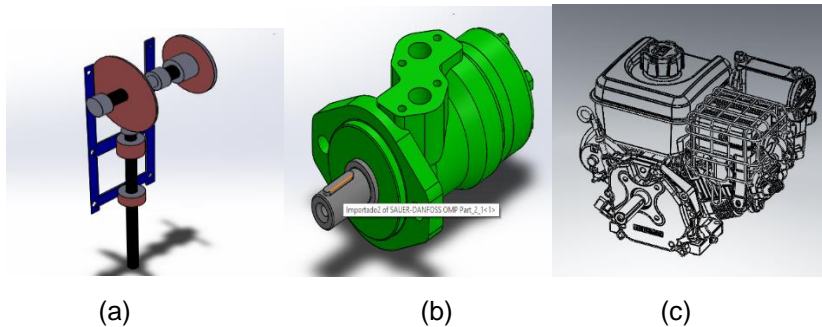
O princípio (d) utiliza uma navalha serrilhada, provocando o corte do talo da planta, e um carretel direciona o galho para a parte posterior da máquina.

Para a geração de força motriz, necessária ao movimento de giro e corte das lâminas do cortador foram analisadas as alternativas de utilização de um conjunto movido pelo próprio

deslocamento da máquina, um conjunto de engrenagens que proveria a transferência de movimento do eixo da roda para um conjunto de polias e engrenagens que faria o movimento das lâminas de corte do coletor (Figura 40, a).

Tem-se também a possibilidade de utilizar um conjunto hidráulico constituído por um motor de combustão a gasolina acoplado a uma bomba hidráulica que pode prover a movimentação das lâminas do coletor através da transferência de óleo hidráulico aos motores hidráulicos acoplados a um eixo rotor da lâmina de corte, (Figura 40, b). Utilização da força motriz gerada pelo motor a combustão transmitindo movimento aos rotores através de transferência direta por correias e polias, (Figura 40, c).

Figura 40 – Esboços e croquis iniciais do sistema de geração de força motriz: (a) conjunto de engrenagens e polias, (b) sistema hidráulico, (c) motor a combustão.



Fonte: Autor.

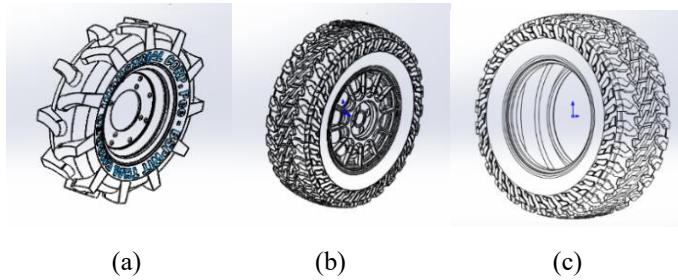
O deslocamento do equipamento, por uma questão de custos deverá ser executado por um micro trator, (Figura 41, a) ou um moto cultivador, (Figura 41, b) podendo ainda ser utilizado tração animal para movimentação da máquina sobre o cultivar, (Figura 41, c) o sistema de deslocamento ou rodizio foi apresentado na Figura 42.

Figura 41 – Propostas iniciais para o sistema de tração do equipamento: (a) – micro trator, (b) – multicultivador, (c) – tração animal.



Fonte: Autor.

Figura 42 – Esboços iniciais dos rodízios a serem utilizados para deslocamento: (a) –Pneu agrícola, (b) – Pneu lameiro, (c) – Pneu convencional.



Fonte: Autor.

Com base na matriz de decisão foram escolhidas as alternativas de solução grifadas no Quadro 17 para as funções pretendidas, e que melhor atendem aos requisitos listados, levando-se em conta custo e simplicidade de construção, operação e manutenção proposto pelo projeto.

Quadro 17 – Matriz morfológica com os princípios de solução.

Detalhamento das funções		Princípio de Soluções			
		A	B	C	D
FE01	Tracionar, conduzir e deslocar o equipamento em direção ao cultivar				
FE02	Cortar a flor da planta de tabaco				
FE03	Recolher os galhos cortados, galho com flores				
FE04	Prover energia mecânica para o sistema de corte				
FA01	Engatar em um moto cultivador par deslocar para a lavoura				
FA02	Rodízio de contato com o solo par deslocamento				

Fonte: Autor.

Nesta etapa de projeto foram executados também os modelos em escala reduzida 1:10, Figura 43, utilizando-se de materiais alternativos como madeira, papelão e plástico, para auxiliar na escolha dos princípios a serem adotados no modelo escolhido, fotos complementares dos modelos estão em Apêndice E.

Três alternativas baseadas nos sistemas selecionados na matriz morfológica foram executadas e seus mocapes em escala 1:10, como mostrado no Quadro 18.

Concepção “A” utiliza os princípios de soluções elencadas na sequência baseada no Quadro 18, são estas:

Quadro 18 – Matriz morfológica com os princípios de solução para concepção A.

Funções		Princípio de Soluções			
		A	B	C	D
1	FE01				
2	FE02				
3	FE03				
4	FE04				
5	FA01				
6	FA02				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 43 – Mocape físico da concepção A em escala 1:10.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 19 – Descrição dos itens da concepção “A”.

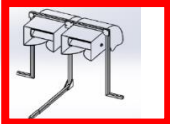
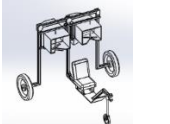
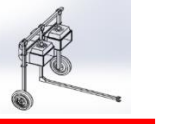
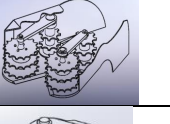
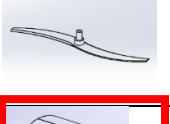
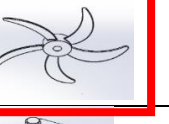
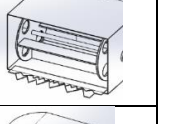
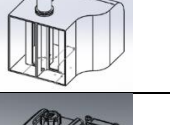
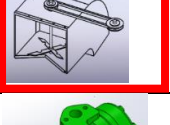
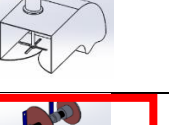
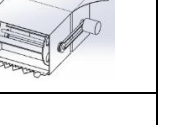
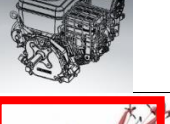








Qnt	Estrutura metálica formada por perfil tubular em aço carbono
2	Rodas fixas para deslocamento
1	Motor de combustão para geração de força motriz para um sistema hidráulico
1	Circuito hidráulico para geração de força dos cortadores através de motores hidráulicos posicionados nos eixos dos rotores de corte
1	Sistema de engate para tração por meio de micro trator
1	Moto cultivador para tracionamento

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A concepção A parte de uma estrutura tubular treliçada de sustentação do conjunto, utilizando-se de uma navalha de corte dupla FE02/B, para o cortar a planta, sendo esta direcionada através de um coletor FE03/C. O conjunto de força seria alimentado por um motor de combustão FE04, acoplado a um conjunto hidráulico para geração de força e movimento as pás do cortador. O equipamento seria transportado através do acoplamento a um micro trator FA01.

Concepção “B” – Mocape físico da concepção B em escala 1:10.

Quadro 20 – Matriz morfológica com os princípios de solução para concepção B.

Funções		Princípio de Soluções			
		A	B	C	D
1	FE01				
2	FE02				
3	FE03				
4	FE04				
5	FA01				
6	FA02				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 44 – Modelado em escala 1:10 da alternativa “B” proposto (Mocape).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 21 – Descrição dos itens da concepção “B”.


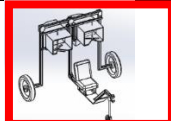


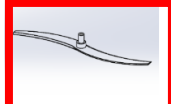
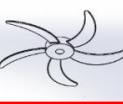
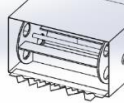
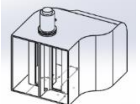
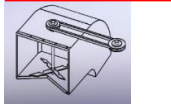
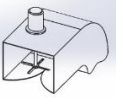
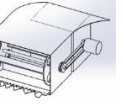
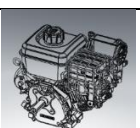
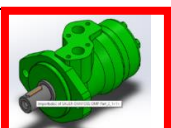
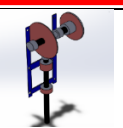



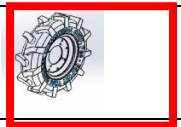

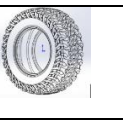
Qnt	Estrutura metálica formada por perfil tubular seção quadrada em aço carbono
2	Rodas fixas para deslocamento
1	Sistema de geração de força acoplado ao eixo do rodado.
1	Roda livre de captação de movimento através do deslocamento do equipamento e transferência de rotação para o rotor de corte através de polias e correias.
1	Sistema de engate para tração por meio de micro trator
1	Moto cultivador para tracionamento

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A concepção B parte de uma estrutura tubular de seção quadrada de sustentação do conjunto, utilizando-se de uma navalha de corte múltiplas FE02/C, para o cortar a planta, sendo esta direcionada através de um coletor FE03/B. O conjunto de força seria alimentado por movimento de correias ligadas ao sistema de rodízio do conjunto tendo movimento com o deslocamento da máquina FE04C. O equipamento seria transportado através do acoplamento a um micro trator FE05/A.

Concepção “C” – A concepção “C” utiliza as funções elencadas na sequência baseada no Quadro 22, são estas.

Quadro 22 – Matriz morfológica com os princípios de solução para concepção C.

Funções		Princípio de Soluções			
		A	B	C	D
1	FE01				
2	FE02				
3	FE03				
4	FE02				
5	FA01				
6	FA02				

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 45 – Modelado em escala 1:10 da alternativa “C” proposto (Mocape).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 23 – Descrição dos itens da concepção “C”.

Qnt	Estrutura metálica formada por perfil tubular seção quadrada em aço carbono
2	Rodas fixas para deslocamento
1	Sistema de geração de força Motor de combustão a gasolina para geração de força motriz para uma unidade hidráulica que comanda dois motores hidráulicos.
1	Sistema de engate para tração por meio de micro trator
1	Moto cultivador para tracionamento
1	Carreta reservatório para armazenamento das flores recolhidas

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A concepção C parte de uma estrutura tubular de seção quadrada de sustentação do conjunto, utilizando-se de uma navalha de corte dupla FE02/B, para cortar a planta, sendo esta direcionada através de um coletor FE03/C. O conjunto de força seria alimentado por movimento de um conjunto hidráulico movido por um motor a combustão FE04B. O equipamento seria transportado através do acoplamento a um micro trator FA01.

#### 4.2.5 Análise Comparativa das Concepções Quanto aos Requisitos de Clientes

Das três concepções elaboradas a partir dos princípios de solução, onde foi comparado as concepções “A”, “B” e “C” com os requisitos de clientes, esta análise é apresentada no Quadro 24. Os requisitos de clientes dispostos por grau de importância foram valorados pelo método de Mudge, já mostrados na fase de projeto informacional.



Conforme mostrado no Quadro 24, os valores obtidos através da multiplicação do nível de atendimento de cada requisito com o grau importância, verifica-se que a concepção C é a que está mais adequada aos critérios de requisitos de clientes.

Quadro 24 – Análise comparativa – Requisitos de clientes e as concepções do equipamento de corte e recolhimento da flor de tabaco.

	Requisito do Cliente	%	Ordem de Import.	Concepção		
				A	B	C
A	-Ter baixo custo de fabricação utilizando materiais disponíveis no mercado.	24,10	1	3	1	5
D	- De fácil montagem e manutenção.	15,17	2	1	1	5
B	- Ser de simples e fácil operação e regulagem.	14,28	3	5	5	5
C	- Ser seguro na operação e deslocamento.	9,82	4	3	0	5
H	- Possuir manuais de operação e manutenção.	9,82	5	5	5	5
G	-Ter capacidade de armazenamento na carreta acoplada.	6,25	6	3	0	5
E	- Regulagem de (velocidade e força de corte) do mecanismo de corte da planta.	6,25	7	3	0	5
F	- Ter capacidade de regulagem, ajuste de espaçamento entre linhas e altura do corte.	5,35	8	5	5	5
J	- Ter proteção na caçamba e ser leve permitindo manobrabilidade.	4,46	9	3	1	5
I	- Ter sistema gerador de energia e força.	3,57	10	3	1	5
K	-Utilização em áreas com declive.	0,68	11	3	1	3
L	- Estar adequado a norma de proteção de máquinas e equipamentos e norma de ergonomia.	0	12	5	3	5
				327,81	195,23	497,39
	Não atende	0				
	Atende pouco	1				
	Atende medianamente	3				
	Atende plenamente	5				

Fonte: Elaborado pelo autor.

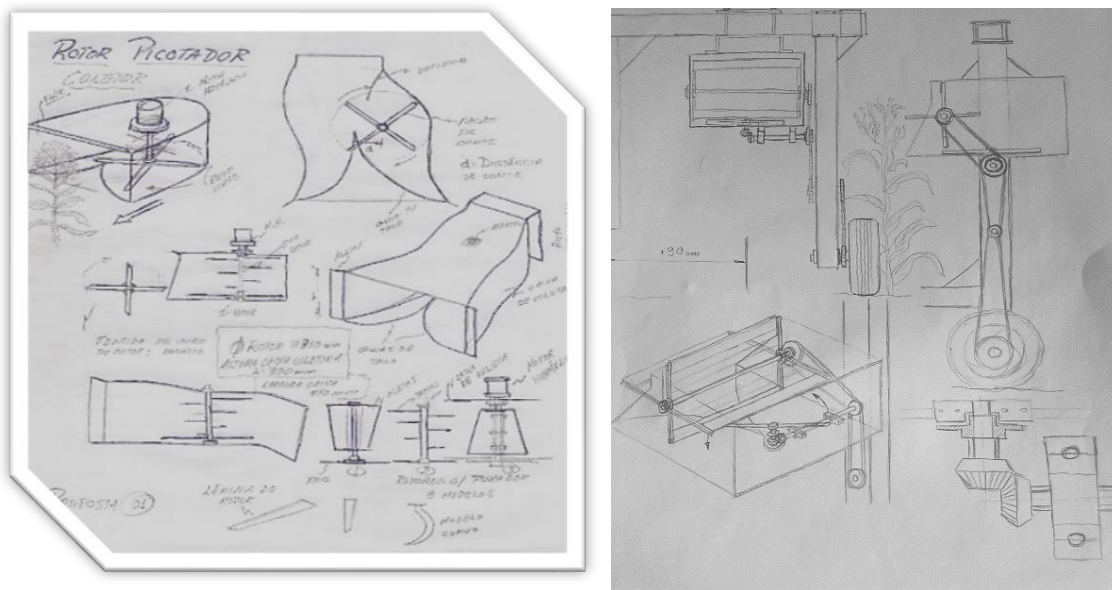
Analisando os resultados apresentados no Quadro 24, a concepção C é a que mais satisfaz os requisitos de clientes e em relação aos requisitos de projeto. Permite que o equipamento seja manipulado por um micro trator, implemento que praticamente todos os produtores rurais da cadeia do tabaco possuem, não necessitando ser autopropulsado, o que poderia encarecer o equipamento. O sistema de corte com duas navalhas permite um impacto sobre o galho da planta com menor dano as flores, sendo também de simples construção, e juntando-se a este propósito a utilização de um sistema hidráulico para obtenção de força para o funcionamento do rotor, que demanda menor manutenção de seus componentes, imprimindo ao conjunto as características necessárias para atender aos requisitos apresentados pelos clientes.

#### 4.2.6 Leiaute Proposto

O leiaute inicial proposto do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco teve por objetivo definir cada módulo, seus componentes e verificação e definição da forma construtiva. Para cada proposta dos componentes dos módulos, anteriormente foram identificadas as especificações de projeto que relacionam aos requisitos de: forma (dimensão), leiaute (posição), material, segurança e ergonomia.

Da concepção gerada observa-se o leiaute final do equipamento de Corte e recolhimento da flor do tabaco, Figuras 46, a; b, e Figura 46: a; b e Figuras 47 e 48.

Figura 46 – Croquis iniciais do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco. (a) – esboços dos sistemas coletores. (b) – esboço do sistema de transferência de força por engrenagens e correias.

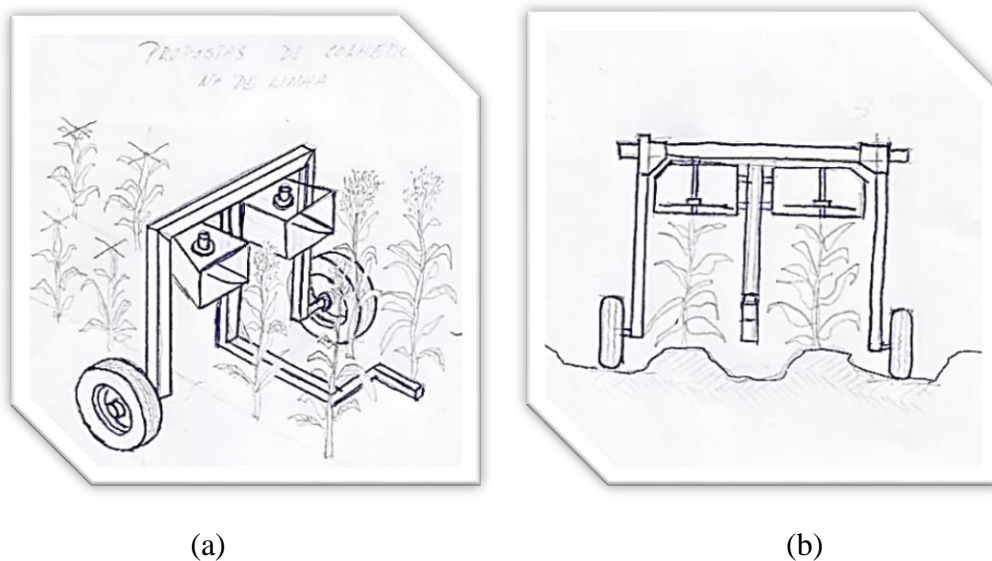


(a)

(b)

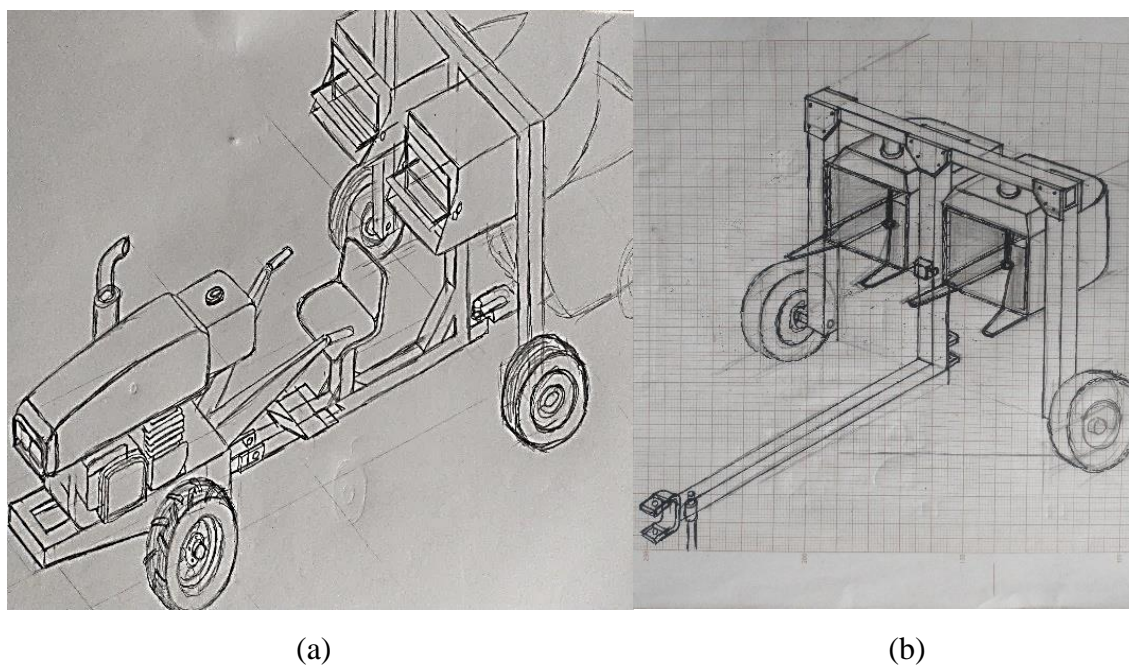
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 47 – Croquis da concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco.  
 (a) e (b) – esboço do sistema estrutural de fixação dos coletores.



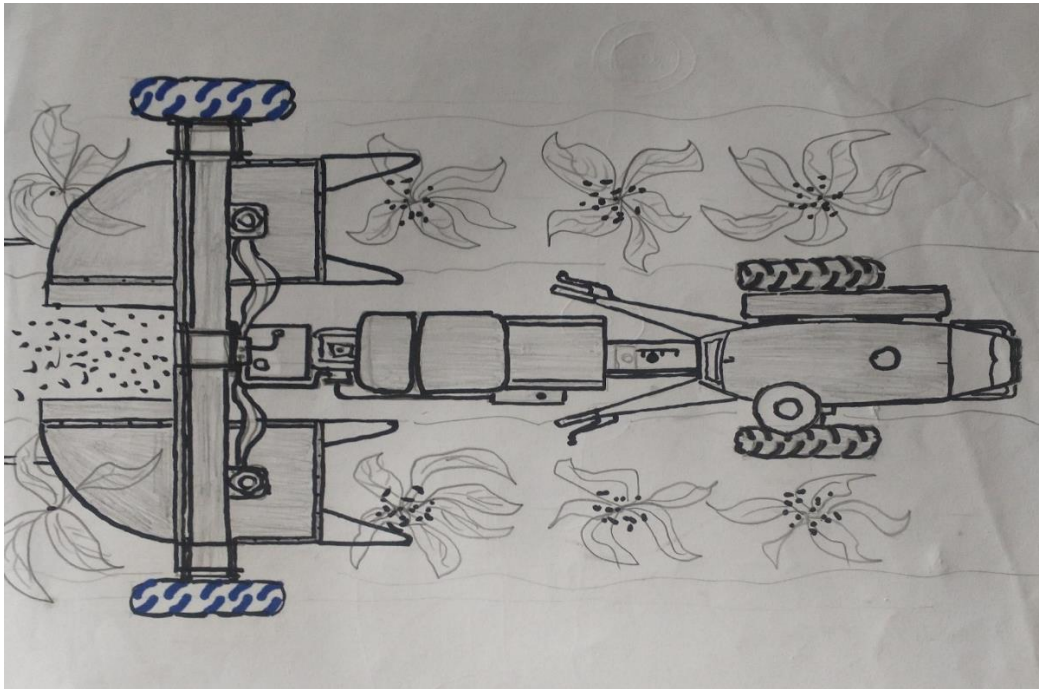
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 48 – Croquis da concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco.  
 (a) – esboço do conjunto propulsor do equipamento. (b) – esboço do sistema de engate do equipamento.



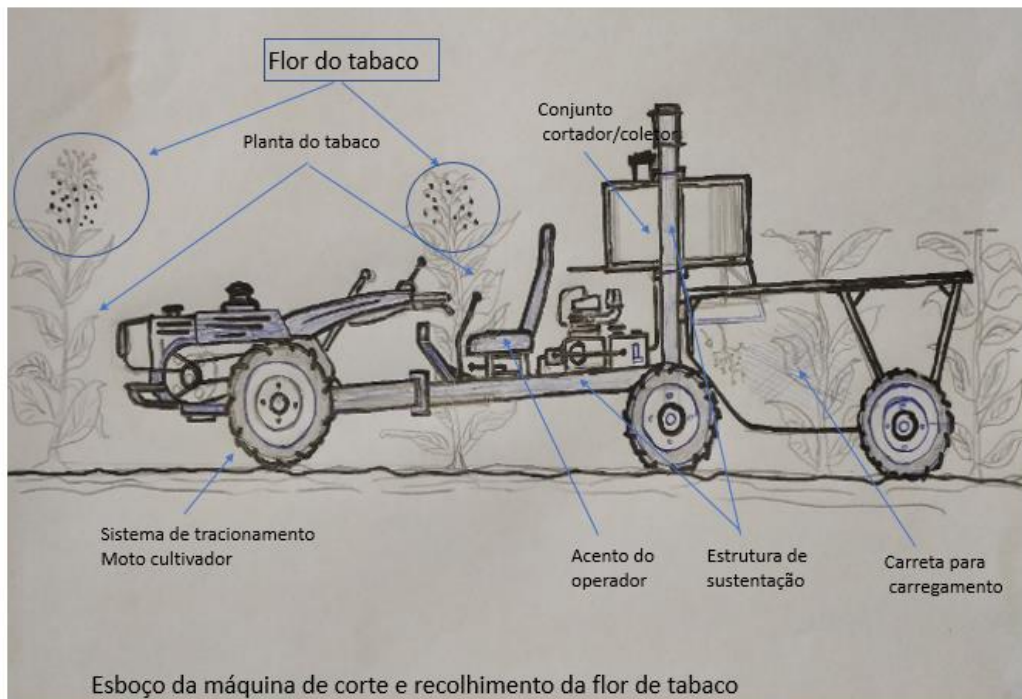
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 49 – Croquis da vista superior da concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco, vista superior.



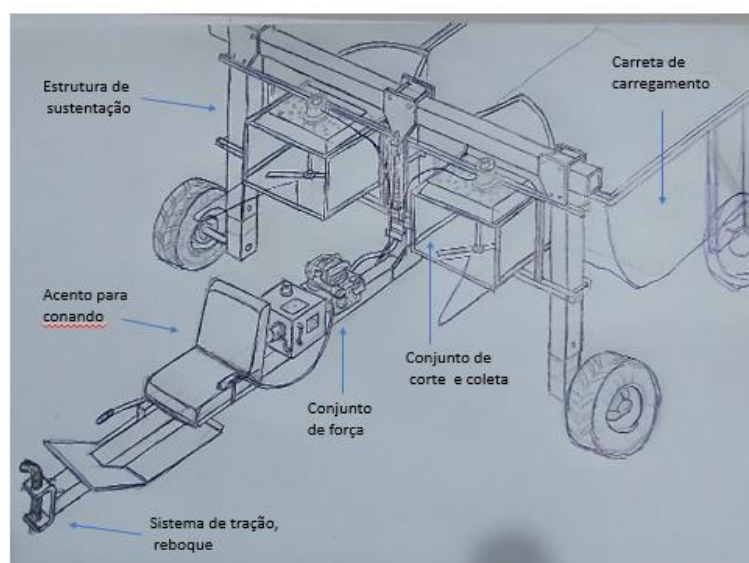
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 50 – Croquis para concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco, vista lateral.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 51 – Concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco, vista isométrica.



Fonte: Autor

#### 4.2.7 Considerações Finais da Fase de Projeto Conceitual

Durante a fase de projeto conceitual, a definição da estrutura de funções elementares foi uma tarefa importante para estabelecer o conceito funcional do equipamento para corte e recolhimento da flor do tabaco.

A compreensão das funções por meio da análise da operação facilitou a geração das concepções que atendessem a cada requisito da estrutura funcional. Na geração de concepções foi importante os conhecimentos adquiridos com a análise dos princípios e equipamentos semelhantes, mostrados no capítulo de revisão bibliográfica.

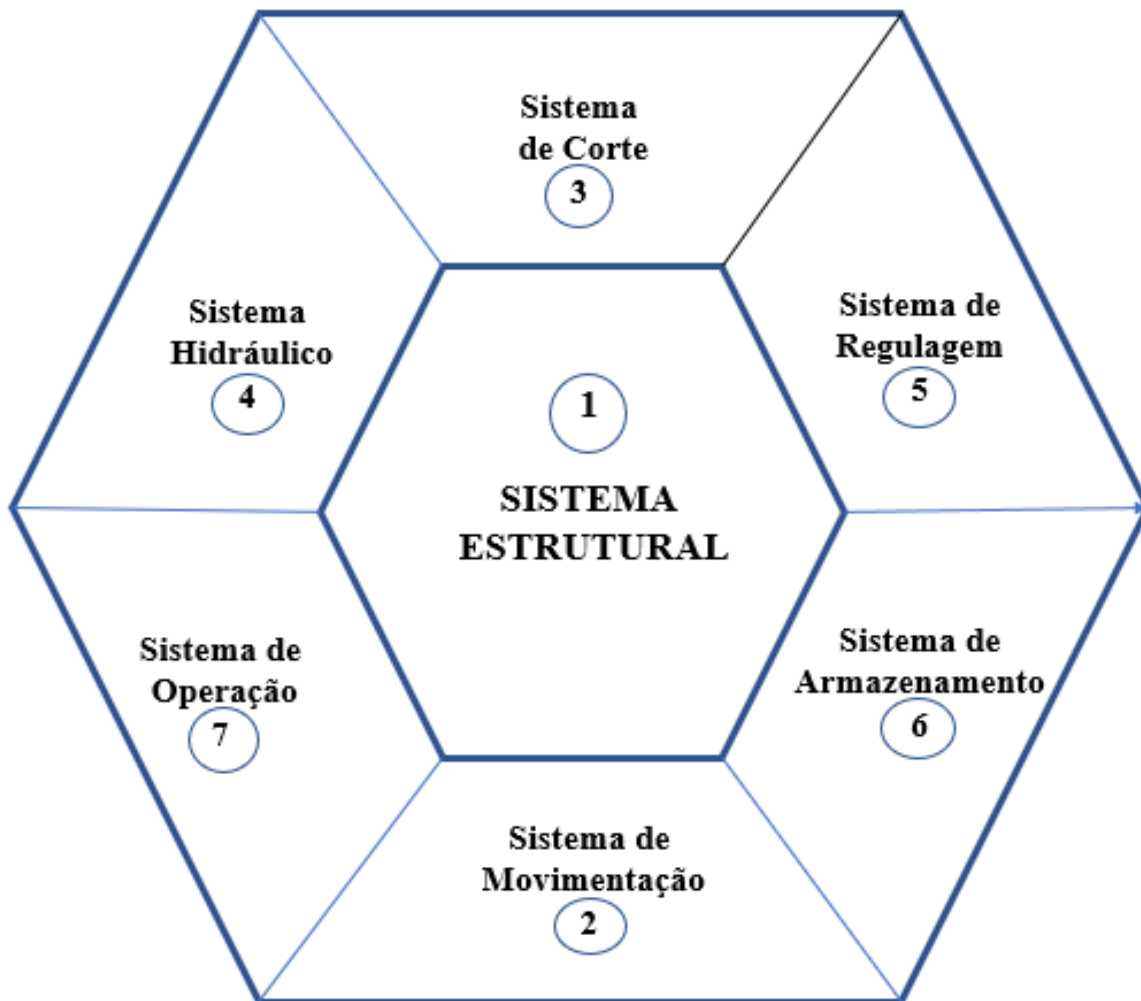
#### 4.3 RESULTADOS DA FASE DE PROJETO PRELIMINAR

A fase de projeto caracteriza-se pelo desenvolvimento do leiaute final proposto da máquina para confirmação do leiaute inicial após verificação de eventuais incompatibilidades ou de possibilidades de otimização do leiaute final do equipamento de corte e recolhimento de flor de tabaco, ou seja, as características do equipamento seus sistemas construtivos e princípios de operação.

### 4.3.1 A Estrutura do Produto

Foi criado um diagrama dos elementos construtivos da concepção da máquina que apresenta o diagrama dos sistemas construtivos da máquina de corte e recolhimento de flor de tabaco conforme mostrado na Figura 52.

Figura 52 – Diagrama dos elementos construtivos da máquina.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os sistemas estão decompostos em módulos conforme demonstra o quadro 25.

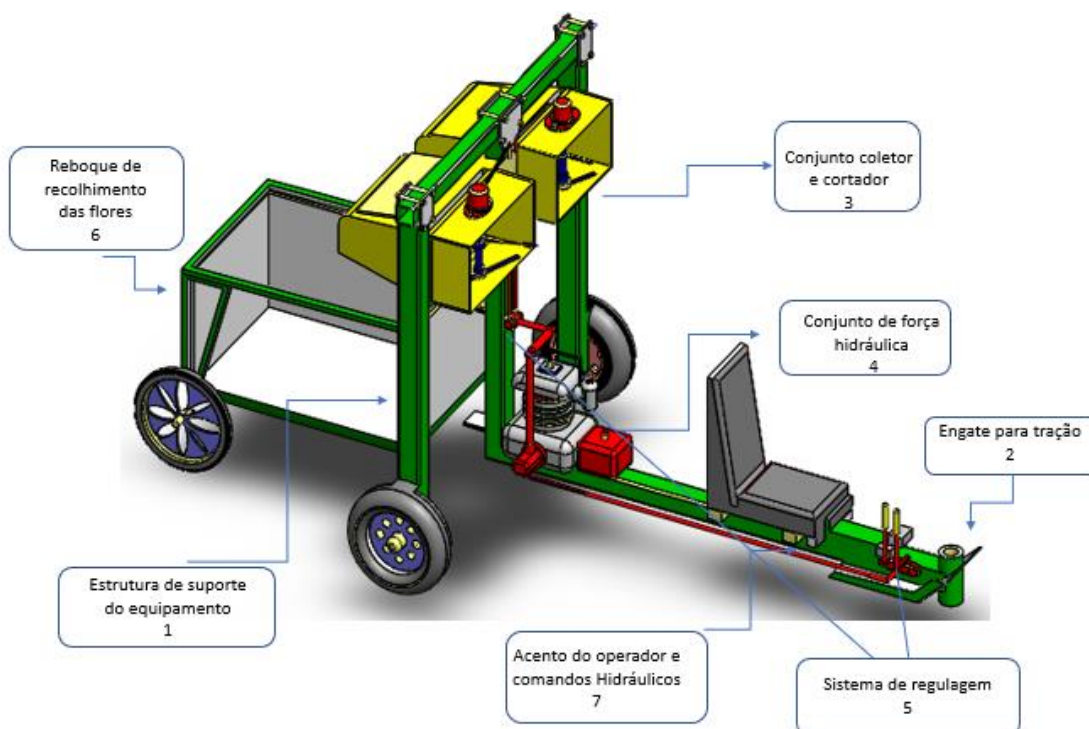
Quadro 25 – Decomposição dos sistemas em subsistemas.

Nº	Sistema	Subsistema
1	Sistema Estrutural	-Estrutura de suporte dos equipamentos -Estrutura de suporte do motor
2	Sistema de Movimentação	-Rodados -Eixos de movimentação -Engate para tração
3	Sistema de corte e recolhimento	Conjunto cortador e coletor
4	Sistema hidráulico e de força	-Motor de combustão -Bomba hidráulica -Reservatórios -Tubulações óleo hidráulicas
5	Sistema de regulagem	-Eixos e manivelas de ajuste -Componentes hidráulicos de com
6	Sistema de armazenamento	-Carreta de transporte
7	Sistema de operação e controle	-Assento e comandos do operador

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Da concepção gerada observa-se o leiaute proposto da máquina de corte e recolhimento de flor de tabaco, identificando os sistemas que fazem parte deste projeto e é apresentado na Figura 53.

Figura 53 – Leiaute proposto da máquina de corte e recolhimento das sementes de tabaco.



Fonte- Elaborado pelo autor (2021).

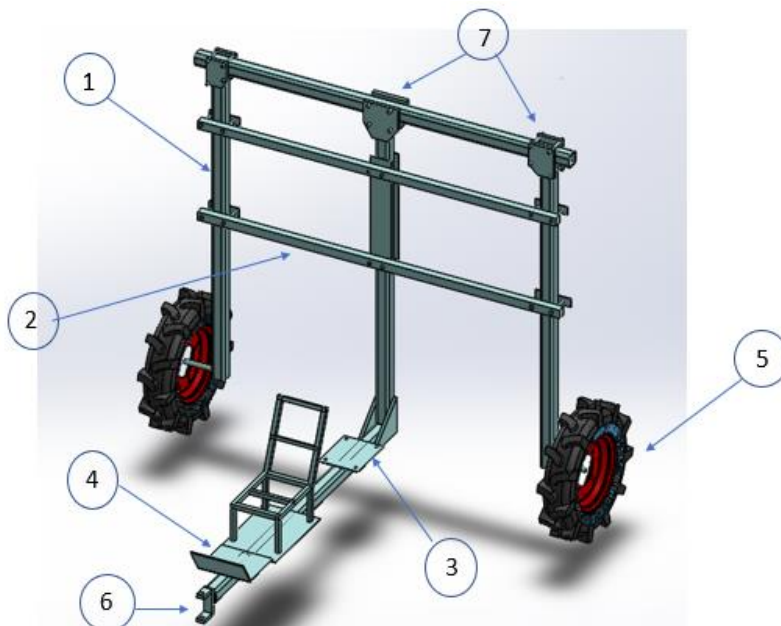
### 4.3.2 Modelagem do Mocado Digital

O mocado digital foi desenvolvido em escala real utilizando-se o software de CAD 3D *SolidWorks*®. Foi realizada a modelagem de cada peça (componente), separado por submontagens (subsistema) e montagem (sistema), que fazem parte da concepção do equipamento. Os componentes, desenhos de conjuntos, lista de componentes de cada sistema são apresentados a seguir.

### 4.3.3 Sistema de Movimentação e Transporte do Equipamento

O sistema de movimentação e transporte do equipamento é executado por um micro trator ou moto cultivador ou um outro meio de tração. Caracterizando desta forma a facilidade de transporte e movimentação, desenvolvida nesta concepção, Figura 54.

Figura 54 – Modelagem 3D do conjunto e estrutura principal de suporte, movimentação e transporte.



Fonte- Elaborado pelo autor (2021).



Quadro 26 – Componentes principais do conjunto de estrutura de movimentação e transporte.

Componentes do conjunto de estrutura de movimentação e transporte.		
	Componente	Material
1	Estrutura de sustentação	Perfil metálico tubular Aço SAE1020
2	Estrutura de fixação dos coletores	Perfil metálico tubular Aço SAE1020
3	Base de apoio do motor	Chapa Aço SAE1020
4	Estrutura de suporte do assento	Perfil metálico tubular Aço SAE1020
5	Rodado para deslocamento	Pneus agrícolas aro 12
6	Engate para transporte	Ferro chato ¾ pol
7	Chapas de união dos perfis	Chapa aço 10 mm

Fonte: Elaborado pelo autor.

A estrutura metálica da concepção da máquina de corte e recolhimento das sementes de tabaco foi montada com perfis metálicos tubulares, e chapas metálicas, em aço carbono. Os tubos são unidos pelo processo de soldagem e com algumas partes unidas por meio de parafusos, para permitir regulagem e desmontagem para transporte do equipamento, constituindo-se assim a estrutura principal da máquina. Figura 55.

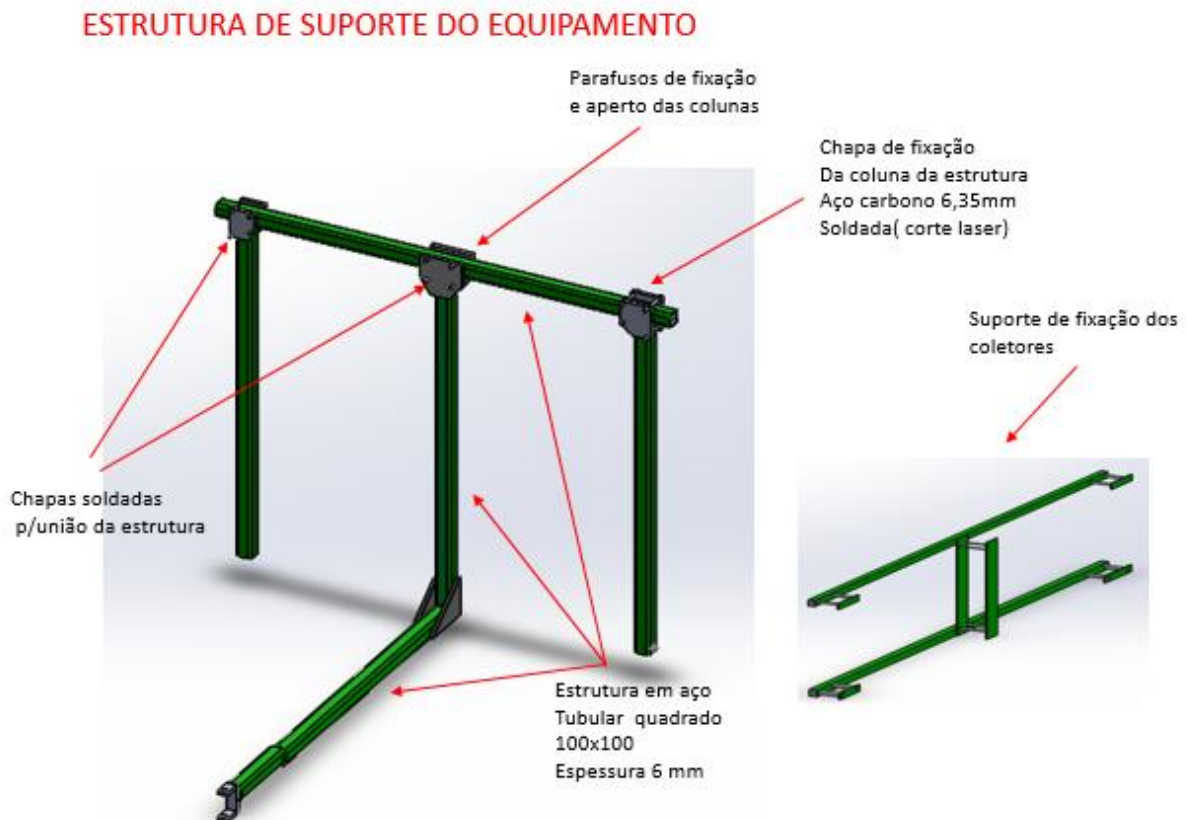
Figura 55 – Estrutura metálica montada.



Fonte- Elaborado pelo autor (2021).

A Figura 56 mostra os perfis de tubo retangular em aço, que fazem a união por processo de soldagem e parafusos de regulagem dos componentes do plano primário, compondo a montagem geral. Figura 56.

Figura 56 – Estrutura principal de suporte do equipamento.

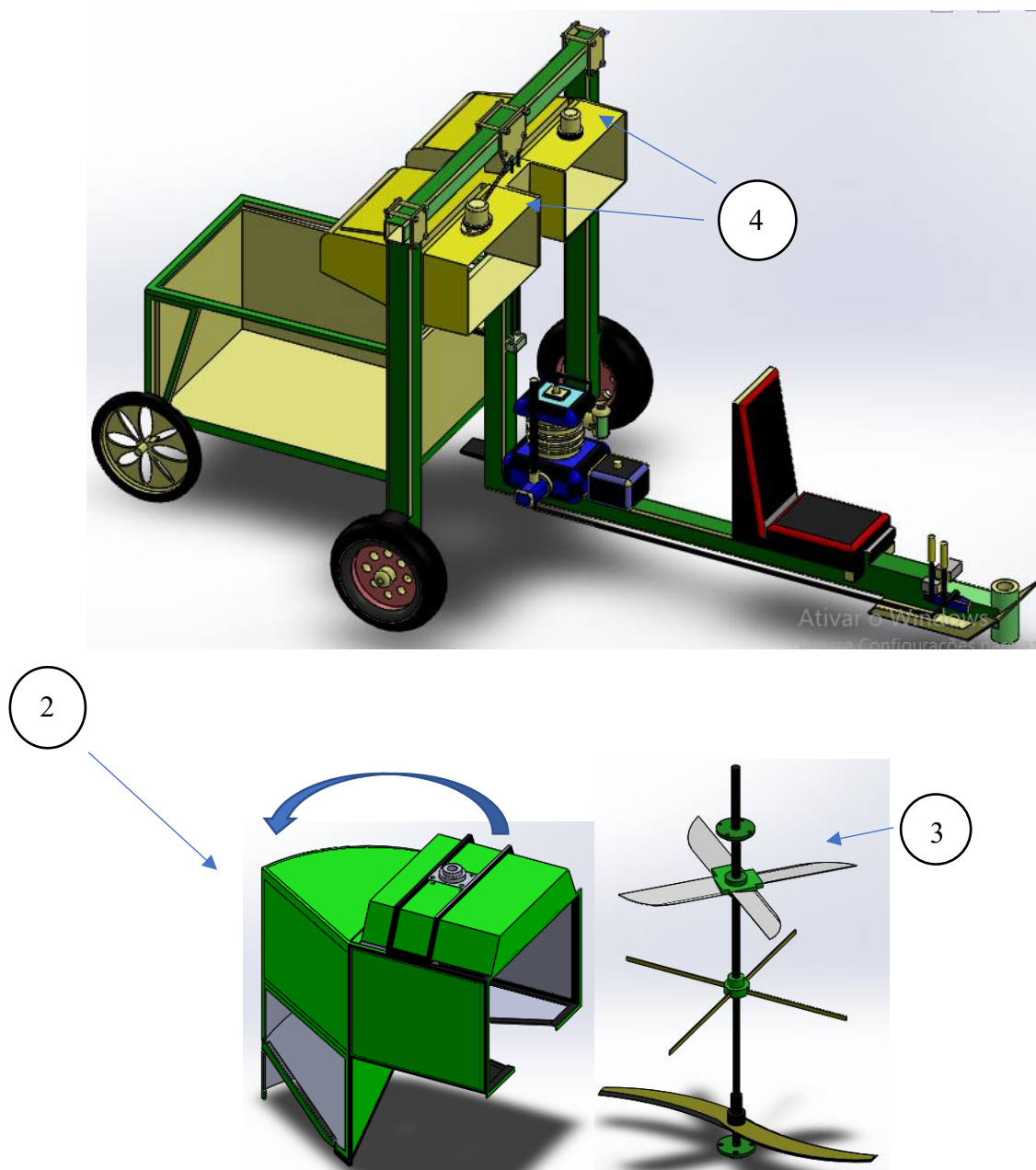


Fonte- Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.3.4 Sistema Corte e Recolhimento e do Equipamento

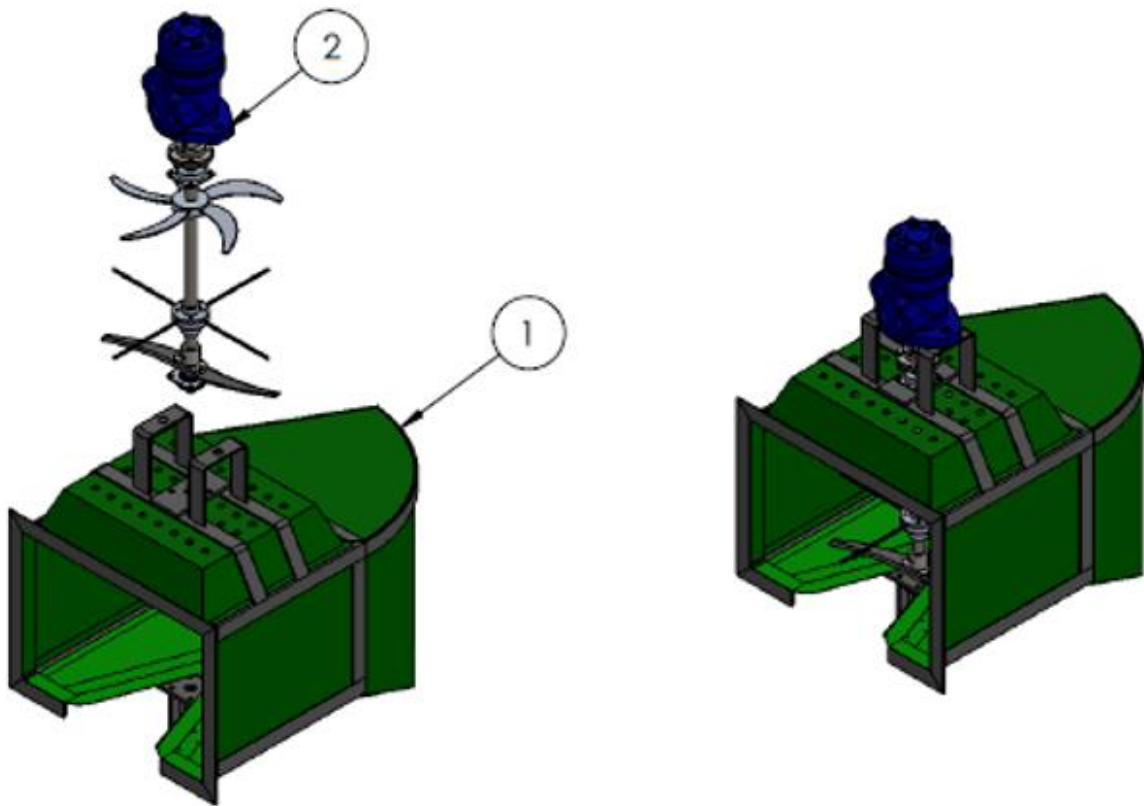
Este sistema é o componente mais importante da máquina, pois é responsável pelo corte e direcionamento do galho contendo as flores em seu ápice direcionando para parte posterior do coletor onde por gravidade este cai em um reboque engatado na parte traseira da máquina, Figura 57, e lista dos componentes principais listados no Quadro 27.

Figura 57 – Sistema coletor e cortador do equipamento.



Fonte- Elaborado pelo autor (2021).

Figura 58 – Sistema coletor e cortador do equipamento.



Fonte- Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 27 – Componentes do cortador e coletor.

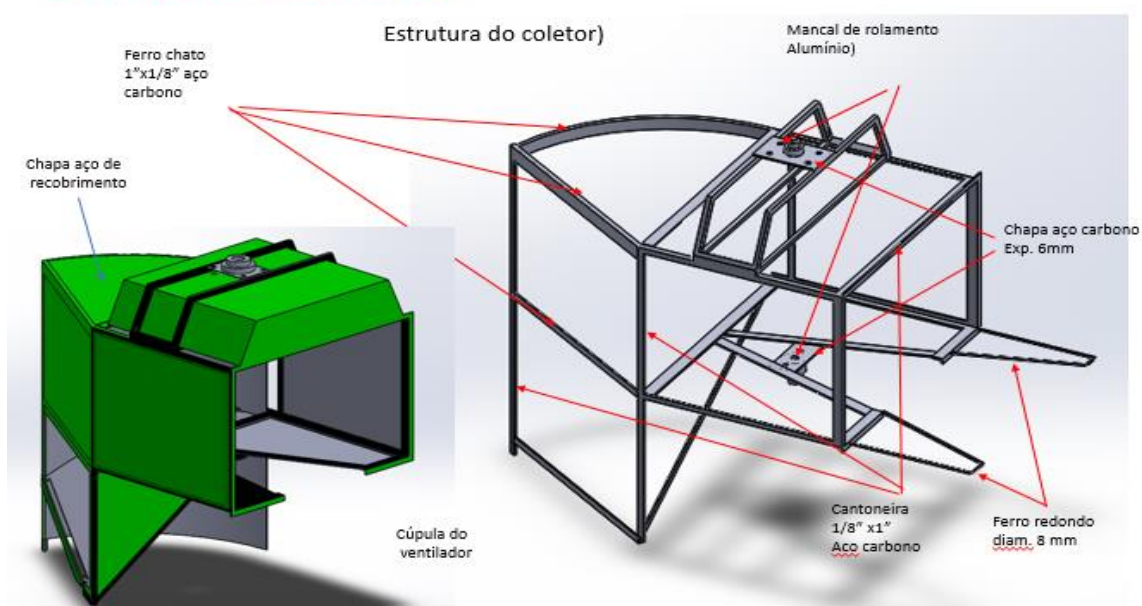
Nº	Componentes
1	Estrutura do Coletor
2	Motor Hidráulico

Fonte- Elaborado pelo autor (2021).

Estão acoplados ao eixo do cortador Figura 58, uma lâmina de corte (1) que faz o corte do talo da planta após seu direcionamento para dentro do coletor pelo movimento da máquina, e um dispositivo de arraste com palhetas flexíveis (2) que direcionam o galho para o fundo do coletor. Um conjunto de pás de ventilador (3) que está acoplado também ao eixo, gera um fluxo de ar descendente auxiliando no direcionamento das folhas da planta para baixo fazendo com que apenas a parte superior do galho contendo as flores seja cortada pela navalha, posicionada na base do eixo, Figura 59.

Figura 59 – Estrutura metálica do coletor, e os componentes principais.

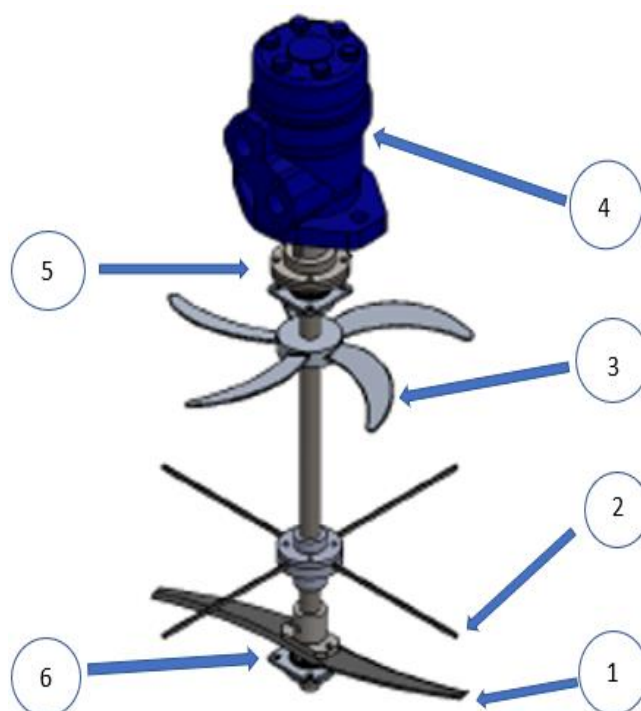
### CONJUNTO COLETOR E CORTADOR



Fonte- Elaborado pelo autor (2021).

O eixo principal do sistema de corte e recolhimento com seu componentes montados estão apresentados na Figura 60, com os principais componentes listados no Quadro 28.

Figura 60 – Eixo do rotor de corte, direcionamento e recolhimento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 28 – Componentes do rotor de corte.

	Componente	Material
1	Lâmina de corte	AçoSAE1070 temperado
2	Dispositivo de arraste com palhetas flexíveis	Aço inox 304
3	Rotor Ventilador	PP
4	Motor Hidráulico	Orbit serie H-ONP
5	Mancal de rolamento superior	Nylon 66
6	Mancal de rolamento inferior	Nylon 66

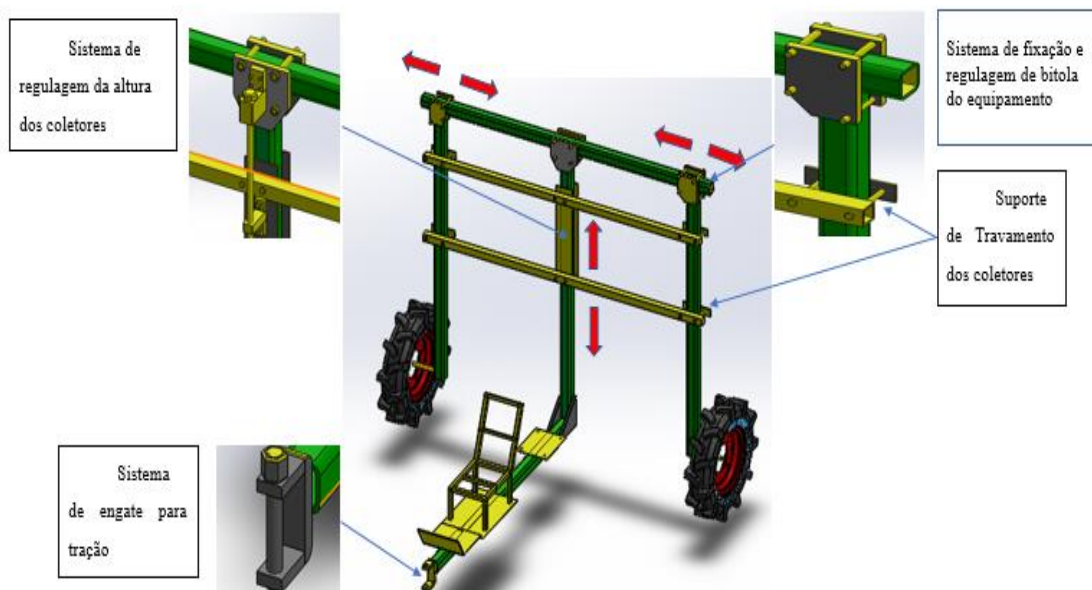
Fonte- Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.3.5 Sistema de Regulagem da Altura dos Coletores

O equipamento possui ajuste da altura vertical dos cortadores, este sistema possibilita uma variação de altura de 1,20 m até 1,80 m em relação ao solo. Esta característica permite que o equipamento possa ser usado para experimentos em diferentes fases da cultura e em diferentes alturas em relação ao solo.

A variação da altura é ajustada manualmente. A estrutura móvel possui nas duas extremidades um dispositivo de travamento que fixa na altura desejada. O conjunto se movimenta através da coluna principal fazendo com que todo o conjunto tenha o movimento de subida e descida, variando assim a altura. A variação da largura é ajustada também manualmente. A Figura 61 mostra a montagem simples do suporte de ajuste lateral, apresentando os detalhes do sistema em vista explodida.

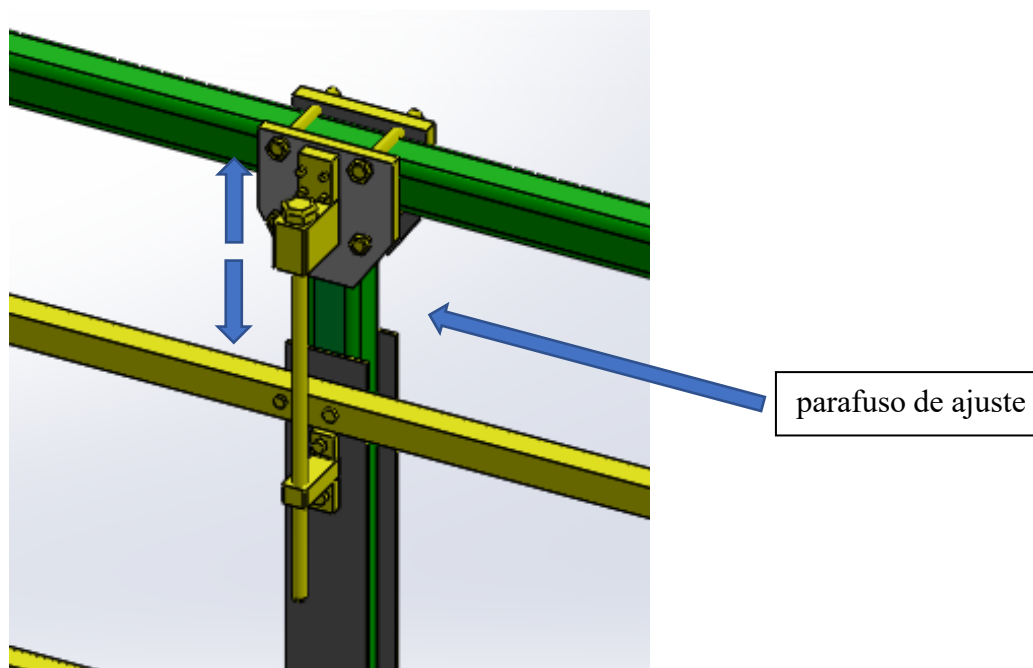
Figura 61 – Sistema de regulagem de altura e bitola do equipamento.



Fonte- Elaborado pelo autor (2021).

A regulagem da altura dos coletores e feita através do conjunto, pelo giro do parafuso de ajuste mostrado na Figura 62.

Figura 62 – Sistema de regulagem de altura dos coletores.

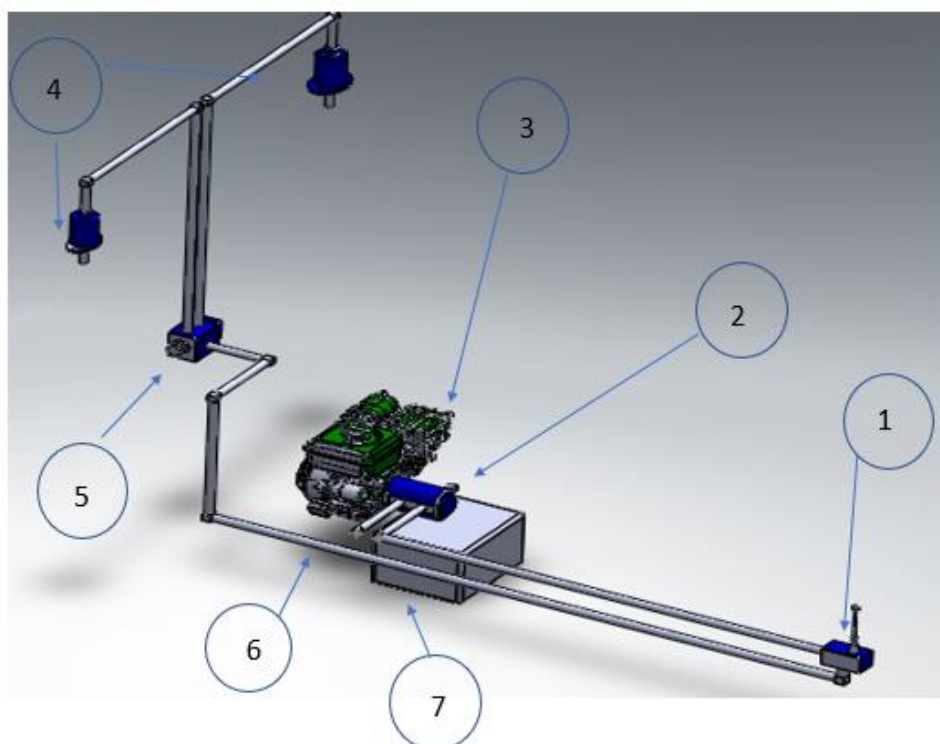


Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.3.6 Sistema Hidráulico e de Força

O sistema hidráulico é responsável pela condução do óleo sob pressão até os motores hidráulicos. O reservatório de óleo possui uma saída na parte lateral, por onde o óleo entra na bomba hidráulica. Acoplada a um motor a combustão que gera força motriz e pressuriza o mesmo fazendo fluir pelas tubulações até os motores hidráulicos. A bomba faz a pressurização de todo o sistema conduzindo o óleo sob pressão até os motores hidráulicos. O óleo circula através de mangueiras hidráulicas até uma válvula reguladora de vazão controlando assim a rotação dos motores hidráulicos. A Figura 63 apresenta a montagem do sistema hidráulico da máquina de corte e recolhimento das sementes de tabaco e o quadro 29 lista seus principais componentes.

Figura 63 – Conjunto Hidráulico de força.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 29 – Componentes principais do conjunto Hidráulico de força.

Nº	Componente
1	Comando de controle direcional, Controle de pressão
2	Bomba hidráulica
3	Motor a gasolina 6CV
4	Motor Hidráulico
5	Válvula de controle de vazão
6	Tubulação

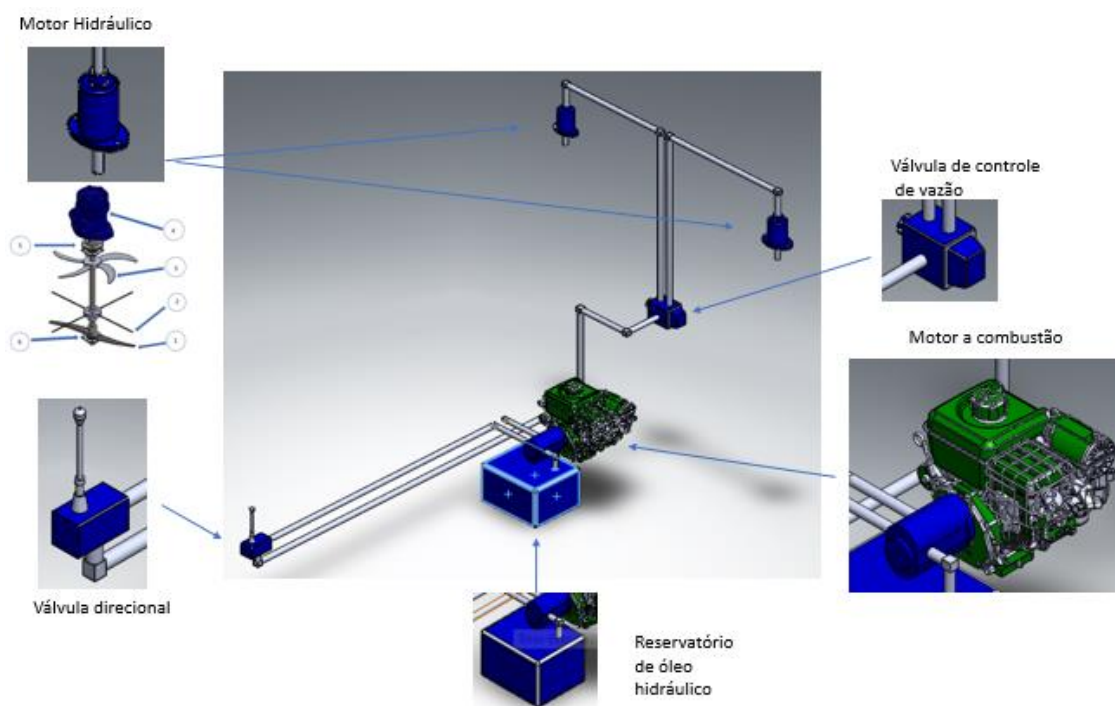
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O conjunto hidráulico tem a função de gerar força motriz para movimentar e produzir força ao eixo de corte e recolhimento posicionado internamente ao coletor. Este sistema é alimentado por um motor a gasolina de 7,5 Cv de potência (3), ANEXO J, que movimenta uma bomba hidráulica instalada em seu eixo (2), ANEXO F. Esta bomba desloca o fluido hidráulico pela tubulação (6), até os motores hidráulicos, (4) ANEXO E, posicionados na parte superior do coletor, imprimindo movimento de rotação dos eixos de corte e recolhimento instalado no interior do coletor. Este conjunto permite, através de uma válvula reguladora de vazão, (5), ANEXO G, posicionada entre os coletores, a regulação da vazão de óleo no sistema, possibilitando um controle da velocidade de rotação do eixo rotor de corte.



Este sistema também é composto de um reservatório de óleo hidráulico (7), e uma válvula de controle de pressão, (1), ANEXO H, que desloca para tanque o excesso de óleo bombeado pela bomba hidráulica e permite desligar a conexão de óleo para os motores hidráulicos. Desta forma tem-se um sistema relativamente simples de geração de força e movimento, de fácil construção e instalação, Figura 64 permitindo uma redução de custo do projeto, atendendo os requisitos propostos de baixo custo.

Figura 64 – Conjunto Hidráulico de força.



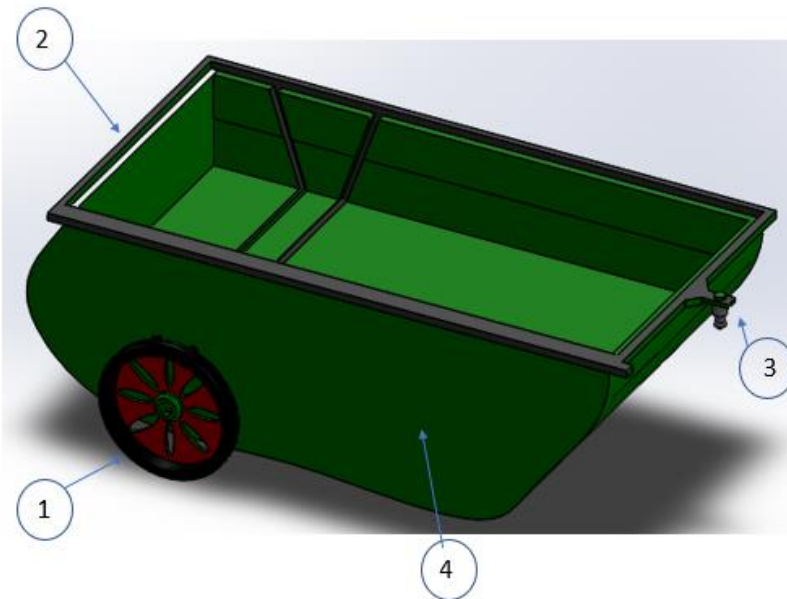
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

No sistema hidráulico os componentes são padronizados, bomba, motores, tubos, mangueiras, válvulas, filtros, conexões etc., comprados no comércio. O mesmo caso serve para o sistema do reservatório de óleo estacionário, com capacidade para 20 litros, o motor a combustão e os elementos de fixação também foram adquiridos no comércio,

O sistema de controle da velocidade de rotação do rotor de corte utiliza uma válvula hidráulica de controle de vazão permitindo regular a velocidade de rotação do motor hidráulico pelo operador.

Por fim, um esboço do conjunto de recolhimento da flor de tabaco que será acoplado na parte traseira da máquina, Figura 65, com seus componentes principais listados no Quadro 30.

Figura 65 – Sistema de armazenamento dos galhos e flores cortados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Quadro 30 – Componentes principais do conjunto reboque de transporte e recolhimento.

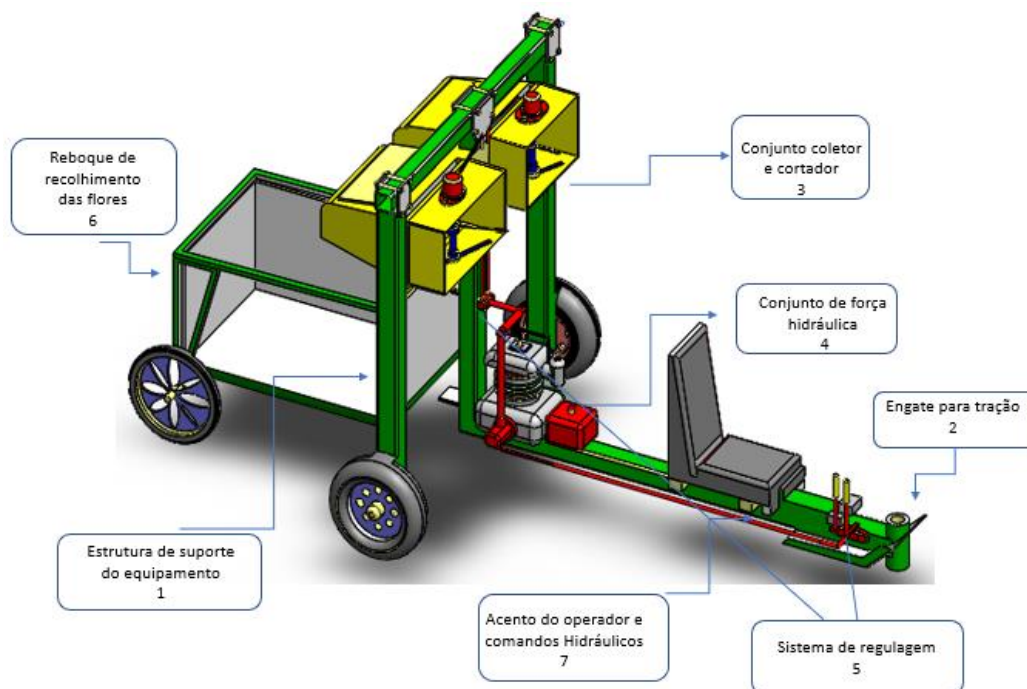
Nº	Componente
1	Rodízio
2	Estrutura metálica de suporte
3	Sistema de engate

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

#### 4.3.7 Especificações Técnicas da Colhedora de Flor de Tabaco

O equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco é constituído de vários conjuntos mecânicos dimensionados para operação e funcionamento conforme parâmetros definidos anteriormente, Figura 66 e Quadro 31, e estes elementos mecânicos estão montados sobre uma estrutura metálica, Figura 67, que sustenta o conjunto de coletores, figura 68, o sistema de força e posto de operação.

Figura 66 – Equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco



Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 31 – Decomposição dos sistemas em subsistemas.

Nº	Sistemas
1	Sistema Estrutural-estrutura de suporte do equipamento
2	Sistema de Movimentação- engate para tração
3	Sistema de corte e recolhimento-conjunto coletor e cortador
4	Sistema hidráulico e de força-conjunto de força hidráulica
5	Sistema de regulagem componentes de regulagem
6	Sistema de armazenamento-reboque de recolhimento das flores
7	Sistema de operação e controle – acento do operador e comandos hidráulico

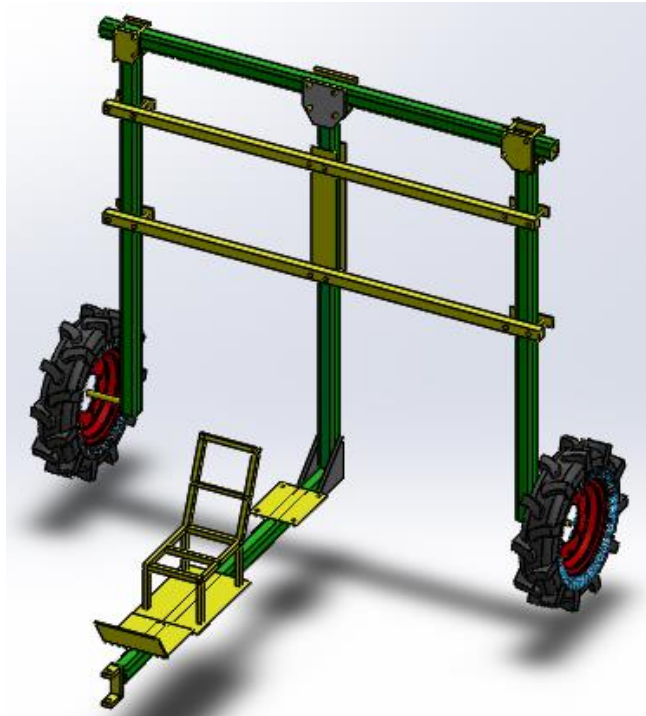
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Este sistema de força composto por um motor a combustão de 6 Cv de potência aciona uma bomba hidráulica que desloca o óleo hidráulico para os motores hidráulicos localizados na parte superior do coletor e cortador, transmitindo o movimento de rotação aos eixos dos rotores de corte dos dois coletores, que são fixados e posicionados em um suporte com regulagem de altura e largura, Figura 67, sendo que o equipamento nesta configuração, atua sobre duas linhas da planta.

Também posicionado, o acento do operador com os comandos de regulagem da aceleração do motor de combustão e a regulagem da velocidade de rotação do eixo de corte dos coletores. Isto permite maior produtividade e equilíbrio do conjunto.

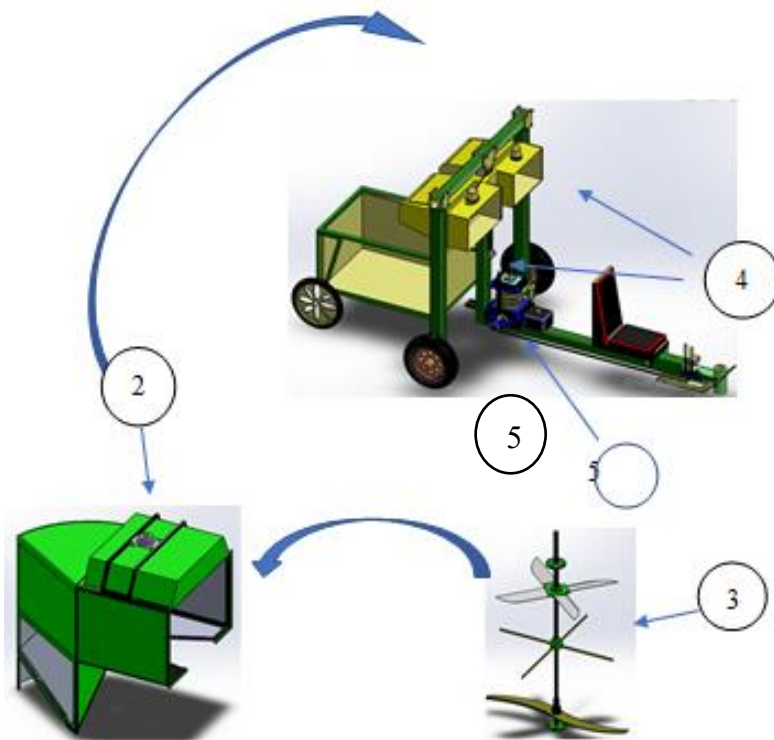
O conjunto é rebocado através do acoplamento a um micro trator ou multicultivador, provendo movimento e deslocamento do conjunto sobre a lavoura.

Figura 67 – Componentes da estrutura metálica



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

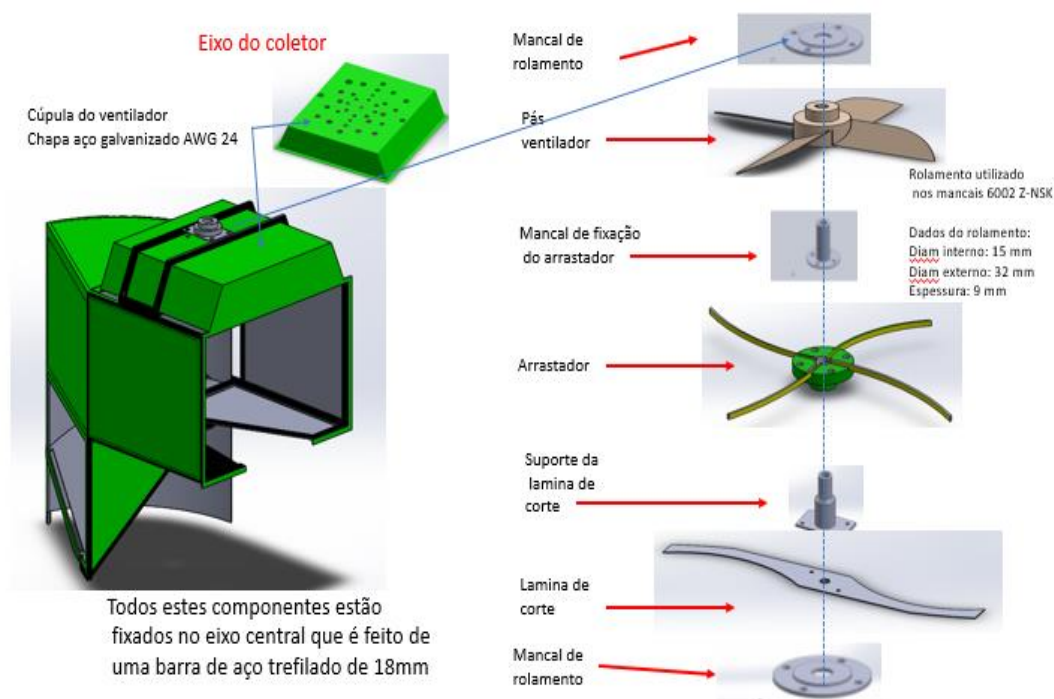
Figura 68 – Detalhes da fixação dos Coletor da Colhedora de Flor de Tabaco



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O coletor, elemento de corte e recolhimento da flor do tabaco é o componente principal do conjunto, responsável por realizar a operação principal de corte e recolhimento do galho contendo as flores do tabaco que está localizado na parte superior da planta, A Figura 69 apresenta os detalhes construtivos do coletor.

Figura 69 – Detalhes construtivos do Coletor da Colhedora de Flor de Tabaco



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

#### 4.3.8 Projeto em CAD

Para o desenvolvimento do projeto em CAD, no primeiro momento pesquisado as características iniciais do equipamento e definido alguns parâmetros de modo a atender os requisitos de projeto, neles foram considerados área de corte, altura de corte, margem de regulagem da altura de corte, bitola do rodízio em função do espaçamento entre linhas, espaço físico disponível para o deslocamento do equipamento, detalhes construtivos, métodos de movimentação e levantamento de materiais disponíveis. Após esta primeira análise, partiu-se para o esboço, elaborando um modelo preliminar do conjunto propulsor.

Partindo destas considerações foram elaborados os desenhos técnicos de conjunto e detalhamento do projeto em CAD, para tal, foi utilizado o software SolidWorks, onde foram confeccionados, projeto e desenhos, sendo todos dispostos em um apêndice, seguindo a

numeração lógica. Todos os desenhos estarão referenciados na sequência conforme sua descrição, APENDICES C, D e E.

Todo o projeto dos elementos e componentes partiu do princípio de atendimento a norma Nr12 que define as características do equipamento para que este atenda os requisitos de segurança na operação, bem como as questões de antropometria do mesmo visando uma adaptação adequada as características do ser humano no que diz respeito a os parâmetros ergonômicos, ou seja: adequação a NR17.

#### **4.3.9 Considerações Finais da Fase de Projeto Preliminar**

O Projeto Preliminar, teve como objetivo, definir o leiaute final do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco, sendo que foram atendidos todos os requisitos definidos através da identificação de especificações de projeto relacionadas aos requisitos de forma (dimensões), material, segurança, ergonomia. Foram definidos os sistemas, subsistemas e componentes que fazem parte do projeto do equipamento.

Com o projeto preliminar definido, na próxima fase serão mostrados os desenhos técnicos dos componentes e conjuntos que fazem parte do equipamento, a construção do protótipo físico e as especificações técnicas do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco.

### **4.4 RESULTADOS DA FASE DE PROJETO DETALHADO**

Os resultados apresentados no projeto detalhado são os desenhos técnicos dos sistemas (conjuntos), subsistemas e componentes (peças e partes) do conjunto coletor e recolhedor de flores do tabaco que teve seu desenvolvimento de modo que o protótipo físico possa ser fabricado, facilitando o entendimento do. Os desenhos encontram-se no apêndice, organizados de acordo com os sistemas.

#### **4.4.1 Desenhos Técnicos de Conjuntos e Componentes da Colhedora de Flor de Tabaco**

A documentação técnica com os desenhos de peças e conjuntos que fazem parte de projeto da concepção da máquina está organizada por sistema, nos Apêndices, de acordo com o Quadro 32.

Quadro 32 – Organização da documentação técnica da colhedora de Tabaco.

Sistema	Descrição	Apêndice
1	Sistema de corte e recolhimento (Coletor)	H
2	Sistema da estrutural	G
3	Sistema de movimentação e transporte	J
4	Sistema de regulagem de altura e bitola	G
5	Sistema hidráulico de força e, comandos de controle de rotação e aceleração	L

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Após avaliar as informações levantadas nas fases anteriores do projeto, iniciou-se a realização dos serviços de construção e fabricação dos componentes para a montagem do protótipo: corte, usinagem, soldagem e montagem dos componentes e subconjuntos que foram executados nas instalações da oficina particular Apêndice E, o que tornou viável a construção do protótipo para o teste de conceito do equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco.

#### 4.4.2 Fabricação do Protótipo

A fabricação do protótipo para prova de conceito foi iniciada a partir da criação do mocape digital, modelado em 3D, utilizando como ferramenta o software SolidWorks® e dos mocapes em escala 1:10. O protótipo físico foi montado em escala real, ou seja, os componentes, conjuntos e subconjuntos, que anteriormente foram modelados para o mocape virtual (escala 1:10) foram ampliados para a escala real. Esta sequência de fabricação não foi registrada e nem detalhada, mas algumas imagens das etapas de construção estão relacionadas em APENDICE N.

#### 4.4.3 Especificações Técnicas do Equipamento de Corte e Recolhimento da Flor do Tabaco

O equipamento de corte e recolhimento da flor do tabaco é um equipamento que foi desenvolvido para ser usado em lavouras agrícolas de pequeno porte, as características técnicas principais deste equipamento são:

- Facilidade de transporte, ou seja, pode ser transportado para o campo ou movimentado para uso por meio de tração proveniente de um micro trator ou multicultivador.
- Facilidade de operação e manutenção;

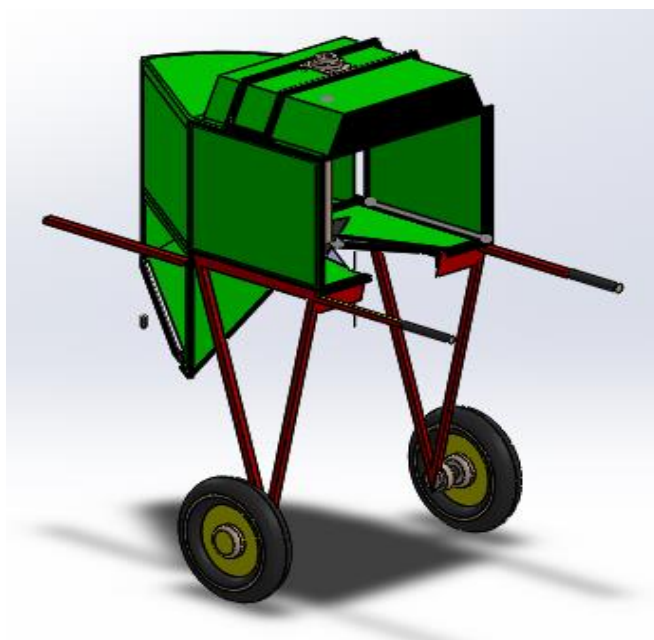
– Possui um sistema técnico hidráulico responsável pelo controle das variáveis: pressão, vazão, que permite regular a rotação do cortador. Este sistema, junto com o dispositivo acoplado no eixo do cortador permite o recolhimento do galho da planta e direcionamento para a parte posterior da máquina para armazenamento em uma carreta acoplada na parte de trás do equipamento.

#### 4.4.4 Testes para Prova de Conceito

Para validação dos princípios e prova de conceito do mecanismo escolhido, foi construído um protótipo de um dispositivo simplificado para o transporte, manuseio e validação do princípio, Figura 70, para execução dos testes em campo do sistema de corte e recolhimento da flor do tabaco.

O conjunto completo da máquina demandaria um micro trator para reboca-lo e não se dispondo no momento deste equipamento, optou-se por construir este dispositivo que faria o mesmo efeito, simulando a ação do conjunto avançando sobre o cultivar e seria de fácil manuseio e deslocamento, O objetivo era testa o conceito do cortador e recolhedor.

Figura 70 – Dispositivo modelado no CAD.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).



Concentrou-se então na construção deste sistema que permitisse a execução do corte conforme princípio definido anteriormente de corte e recolhimento (coletor) cortador da flor do tabaco que é o elemento principal da máquina. Por questões de custo, foi testado utilizando-se para movimento das pás do cortador, um conjunto de 3 furadeiras manuais a bateria com potencias diferentes e com regulagem de rotação, permitindo variar estes parâmetros para definir uma rotação e força ideais para a execução da operação de corte e recolhimento da flor. A Figura 71 apresenta o dispositivo construído para o teste de campo e prova de conceito do dispositivo.

Figura 71 – Protótipo de dispositivo para teste de conceito: (a) vista lateral do coletor; (b) estrutura para teste do coletor.



(a)

(b)

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Dispositivo para o transporte e manuseio do coletor utilizados para execução dos testes em campo do sistema de corte e recolhimento da flor do tabaco permitiu testar o conceito utilizando-se uma parafusadeira regulável, Figura 72, acoplada ao eixo do cortador, substituindo o movimento do motor hidráulico que seria acoplado ao eixo do cortador instalado na estrutura de transporte

Figura 72 – Furadeira manual a bateria acoplada ao eixo do cortador.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foram utilizados três modelos de furadeira com característica e capacidades de potência e rotação diferentes para testar o desempenho do equipamento em várias faixas de rotação e potência. Os modelos avaliados estão listados no ANEXO J e detalhados no Quadro 33.

Quadro 33 – Modelos de furadeiras.

Modelos de furadeiras						
	Fabricante	Modelo	Potência (Torque)	Tensão (V)	Rotação (rpm)	
					Baixa	Alta
1	TORK	FP 812/1	17 N.m	12 V	0 a 350	0 a 1100
2	DEWALT	DCD 710-BR	24 N m	12 V	0 a 400	0 a 1500
3	DEVALT	DCD 776D-BR	42 N.m	20 V	0 a 400	0 a 1500

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Inicialmente o modelo foi testado em laboratório, permitindo avaliar a capacidade de corte, a força necessária ao corte e o comportamento inicial do dispositivo, foi montando o conjunto e colocados inicialmente a furadeira de menor potência (tork FP812/1), utilizando cachos de flores com os talos recolhidas na lavoura.

Para iniciar o teste colocou-se a velocidade de rotação de 1100 rpm, avançando o galho sobre o coletor em direção a lâmina para simular o deslocamento da máquina sobre a planta. Todo o processo foi registrado e filmado para análise posterior.

O resultado do primeiro teste foi muito satisfatório com relação a potência de Corte, pois, utilizando-se a menor potência de motor simulado pela furadeira, a lâmina não teve dificuldade em cortar o talo da planta. A força do sistema de corte mostrou-se suficiente para cortar a planta, o conjunto que seria utilizado seria um motor hidráulico com o triplo da potência fornecida pela furadeira, portanto utilizando-se um motor hidráulico como o selecionado, teríamos um superdimensionamento do conjunto, com sobra de potência para a geração de força

de corte, mas este conjunto hidráulico proposto caracteriza-se por ser o de menor custo de aquisição oferecido no mercado atualmente.

Verificado a questão da força necessária para o corte da planta, analisou-se o dispositivo direcionador do galho formado pelo conjunto de hastes flexíveis de aço inoxidável solidárias ao eixo do rotor que possibilitam o arraste do galho para a parte traseira do coletor.

O conjunto obteve um desempenho satisfatório funcionando perfeitamente, embora na análise da peça cortada, o galho com as flores, verificou-se um demasiado trituramento das flores, provocado pela alta rotação do conjunto, conforme demonstrado no vídeo ([https://drive.google.com/file/d/1i1BObk2FqP4xrqx8YqzSJyTdj3Xl\\_7hX/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1i1BObk2FqP4xrqx8YqzSJyTdj3Xl_7hX/view?usp=sharing)).

Num segundo teste então, utilizou-se uma rotação mais baixa 300rpm. O conjunto se comportou adequadamente, cortando o galho e preservando as flores sem danificar em demasia a cachopa, evitando o esmagamento das flores o que não deve acontecer pois em seu interior se encontram as sementes.

Partiu-se então para o teste na lavoura cedida por um produtor local, onde existiam algumas plantas que não tinham sido despontadas, a fim de executar um teste prático para validação do conceito. A máquina se deslocaria sobre a planta a uma velocidade média entre 2 e 4 km/h e também para a observação do comportamento da mesma em campo, avaliando assim o seu desempenho e permitir aprovar o dispositivo, validando a prova de conceito, validação em ambiente relevante de componentes ou arranjos experimentais com configurações físicas finais. Capacidade de produzir protótipo do componente do produto em ambiente relevante de produção, TRL 5, Figura 74.

Figura 73 – imagens do dispositivo sendo levada para teste de campo: (a) Desembarque do dispositivo; (b) Posicionamento do dispositivo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 74 – imagens do dispositivo sendo posicionado para teste de campo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Neste teste o equipamento de prova de conceito foi posicionado sobre a lavoura e direcionado manualmente sobre a planta, simulando o equipamento que deve suportar o coletor e o micro trator que faria a tração do conjunto. Verifica-se na figura 75, que o cortador e coletor fez o corte e direcionou a planta para traz do equipamento, sem danificar o cacho com as flores.

Figura 75 – imagens da planta recolhida com o corte efetuado pelo cortador e recolhedor.



Fonte: autor.

Provou-se que o conjunto funcionou perfeitamente dentro dos parâmetros desejados cumprindo com a função de cortar e recolher a flor do tabaco já que manteve a integridade das flores, não danificando o galho e preservando as sementes no interior da flor.

Concluídos os testes de laboratório e de campo, para a prova de conceito, registros em vídeo foram executados para a visualização do dispositivo em funcionamento, Figura 76.

Figura 76 – QR-CODE de acesso ao vídeo dos testes, GOOGLE DRIVE.



Fonte: autor.

#### **4.4.5 Considerações finais da fase de Projeto Detalhado**

O objetivo do projeto detalhado foi gerar a documentação técnica através dos desenhos técnicos de peças, subconjuntos e conjuntos de modo que o protótipo físico possa ser fabricado com base nestes desenhos. Foram apresentados os resultados, análise e a definição do tipo de mecanismo de corte e recolhimento que vai compor a concepção do equipamento, e apresentou-se as principais características técnicas da concepção desenvolvida para o equipamento. Para finalizar foram executados teste para a validação do conceito.



## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O objetivo proposto neste trabalho de tese, consistiu na apresentação de uma concepção de um equipamento de baixo custo para corte e recolhimento da flor de tabaco. Para tanto, realizou-se um estudo que compreendeu um aprofundamento e aquisição de dados referentes à situação atual da mecanização na cultura do tabaco, máquinas agrícolas e equipamentos para colheita da flor do tabaco utilizado em lavouras de tabaco.

Na mecanização desta etapa do cultivo desta planta, o único equipamento disponível no mercado não cumpre os requisitos exigidos pelo modelo de propriedade rural produtora de tabaco no Brasil. Neste sentido, o objetivo foi alcançado de forma satisfatória, visto que se desenvolveu uma concepção de um produto que atende as especificações do produtor brasileiro de tabaco.

Os objetivos específicos também foram alcançados de forma satisfatória, caracterizando o estado da arte da mecanização da cultura do tabaco, realizando a síntese funcional do equipamento, a geração da concepção do equipamento, de forma a atender aos requisitos formulados, a modelagem geométrica e a montagem do protótipo do equipamento para realização de testes para prova de conceito, os subsistemas e componentes da concepção gerada de modo a apresentar o mocape digital tridimensional, bem como os desenhos técnicos necessários para fabricação do protótipo.

Utilizando-se um software de CAD 3D SolidWorks®. O mocape possibilitou a visualização das soluções de projeto, simulações de funcionamento. A partir do protótipo virtual modelado, foi criado e fabricado o mocape físico em escala reduzida, com o objetivo de mostrar algumas configurações possíveis. O estudo e levantamento de dados realizados através de trabalhos e pesquisas publicados por vários autores permitiu avaliar e definir o tipo de equipamento e princípios mecânicos que poderiam ser utilizados no projeto do equipamento. E finalmente, foram definidas as informações necessárias para o desenvolvimento do sistema de corte recolhimento do cacho contendo a flor de tabaco na parte superior da planta desenvolvido neste trabalho.

Considerando os resultados e conclusões obtidas neste trabalho, acredita-se ter contribuído não só para o entendimento do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, como também, para a melhoria da prática dele, permitindo a sua condução de maneira mais efetiva, possibilitando o avanço em todos os campos de conhecimentos envolvidos, o que se

faz necessário para o projeto e desenvolvimento de novos produtos em qualquer área de conhecimento.

A facilidade na busca por soluções proporcionada pela metodologia de projeto utilizada, associada as informações de clientes, foi determinante no desenvolvimento da concepção da colhedora de flor de tabaco, facilitando as tomadas de decisões nas diferentes etapas do projeto, levando a uma solução considerada adequada à proposta inicial do trabalho.

A concepção do equipamento de corte e recolhimento da flor de tabaco utiliza princípios de solução existentes e atualmente empregados, sendo capaz de atender as necessidades dos clientes e/ou usuários.

Como resultado de projeto, tem-se a concepção de um equipamento que possui a capacidade de cortar e recolher apenas as flores do tabaco, a fim de utilização posterior das sementes armazenadas no interior desta flor para a obtenção de bioquerosene.

O equipamento possui um sistema técnico simplificado para a regulagem por parte do operador, permitindo ajustes de bitola, largura entre linhas e altura de corte do coletor. O conjunto hidráulico permite simplificar o equipamento e regulagem da força e rotação do cortador, minimizando a ação do corte sobre a planta e mantendo a integridade do galho onde se situa a flor do tabaco. A concepção desenvolvida atende satisfatoriamente aos requisitos dos clientes e aos requisitos de projeto (métricas) estabelecidas para o equipamento.

Para trabalhos futuros propõe-se estudos sobre a experimentação a campo para executar testes e validação do protótipo completo, o desenvolvimento de um sistema específico de secagem e limpeza da semente de tabaco e a incorporação de um sistema de autopropulsão do equipamento para facilitar sua mobilidade.

Também como sugestão para trabalhos futuros o dimensionamento dos componentes do projeto, análise de segurança e ergonomia do equipamento.



## REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, M. G. **Metodologia de Design Mediada por protótipos**, (Tese de Doutorado), Bauru: Unesp, 2014, 460 p.

ALMEIDA, R. A. et al. Desenvolvimento e avaliação de uma semeadora adubadora à tração animal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia v. 32, n. 2, p. 81-87, 2002.

ARAÚJO, D.; RAETANO, C. G. **Adjuvantes de produtos fitossanitários. In: Tecnologia de aplicação para grandes culturas**, Passo fundo: Aldeia Norte, 2011. p. 27-49.

ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL. **Cadeia produtiva. AFUBRA**, Santa Cruz do Sul, [2016]. Disponível em: <<https://afubra.com.br/cadeia-produtiva.html>>. Acesso em: 2019.

ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL. **Fumicultura no Brasil. AFUBRA**, Santa Cruz do Sul, [2020]. Disponível em: <<https://afubra.com.br/fumicultura-brasil.html>>. Acesso em: 2020.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008. 648 p.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BALLBACH, A. **O fumo e a saúde**. 22. ed. São Paulo: Lar, 1998.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. 3. ed. São Paulo: Blucher Ed., 2011. 344 p.

BECKER M.; MONTEIRO J. J.; TRAMONTIM E. C.; CITTADIN A. Custos no cultivo do tabaco: um estudo em uma pequena propriedade rural do sul catarinense. *Navus*, Florianópolis, v. 10, p. 01-16, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produção integrada do Tabaco**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/capadr/apresentacoes-em-eventos/audiencias-publicas-2016/audiencia-publica-14-de-junho-de-2016-mapa>. Acesso em: 26 nov. 2021.

BUDNY [2020]. Disponível em: <<https://budny.com.br/-brasil.html>>. Acesso em: 2020.

CAMPS, S. **Tabaco energético é aposta de lucro para o campo e mercado de biocombustíveis**. [Entrevista disponibilizada em 13 de julho de 2012, a Internet]. Entrevista concedida a Mary Silva. Disponível em: <https://alfonsin.com.br/tabaco-energetico-aposta-de-lucro-para-o-campo-e-mercado-de-biocombustveis/>. Acesso em: 12 abr. 2017.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Biocombustíveis aeronáuticos: progresso e desafios**. Brasília, DF: CGEE, 2009. 55 p.

COLLINS, W.K.; S. N. HAWKS, Jr. **Fundamentos da produção de tabaco de estufa**. Tradução: Hernani Aloisio Weiss. Ed. Garden sul ,2011.

COMANASSISI (2017) Disponível em: <<https://commanassisi.com.it/talia.html>>. Acesso em: 2020

ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL. **Fumicultura no Brasil. AFUBRA**, Santa Cruz do Sul, [2020]. Disponível em: <<https://afubra.com.br/fumicultura-brasil.html>>. Acesso em: 2020.

DITZ, D. C. **Sistematização do processo de projeto de máquinas especiais**: proposta de um modelo de desenvolvimento do produto para uma empresa do setor metal/mecânico da cidade de Santa Maria. 2008. 129 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

FERREIRA, V. ; OGLIARI, As Diretrizes para a sistematização do processo de planejamento de desenvolvimento de produtos com enfoque em interfaces e riscos. **Anais do III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, Belém, Pará, 2004.

FETT, M. S. **Análise econômica de sistemas de cultivo de macieiras no município de Vacaria/RS**. 2000. 145p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2000.

FREIRE, A. P. **Blendas de bioquerosene e querosene de aviação**: caracterização térmica e espectrométrica. 2014. 51 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Um futuro com energia sustentável**: iluminando o caminho. São Paulo: FAPESP, 2010. 301 p.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

HOFER, E.; PACHECO, V.; SOUZA, A.; PROTIL, R. M. A relevância do controle contábil para o desenvolvimento do agronegócio em pequenas e médias propriedades rurais. **Revista de Contabilidade e Controladoria**, v. 3, n. 1, p. 27-42, 2011.

HOFER, E.; RAUBER, A. J.; DIESEL, A.; WAGNER, M. Gestão de Custos Aplicada ao Agronegócio: culturas temporárias. **Contabilidade Vista & Revista**, v. 17, n. 1, 29-46, 2009.

Jaboticabal, v.34, n.1, p.161-170, fev. 2014.

JORNAL ARAUTO. Edição 11 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.jornalarauto.com.br/Pages/187246/edicao-11-de-dezembro-de-2020>, Acesso em: 26 nov. 2021.

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo Produtos com Planejamento, criatividade e Qualidade**. São Paulo: LTC, 2000

LIMA, P. G.; WORM, R. F., ÁVILA, J. S. Alternativas para utilização do tabaco. **Revista de Administração Dom Alberto**, v. 7, n. 11, p. 96-123, 20 dez. 2020.

LLAMAS, A. et al. Biokerosene from Babassu and Camelina: production and properties of their blends with fossil Kerosene. **Energy & Fuels**, Lakewood, v. 26, n. 9, p. 5968-5776, 2012.

LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, A. R. **Fundamentos de geração termoeétrica: Planejamento, Projeto, Geração**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2004. 1296 p.

MARTINS, M. A. C. **A estratégia de adaptação do Brasil à crise do petróleo**. Brasília: IPEA, 1997.

MARINI, V. K. Fatores de Influência e Funções Técnicas no Projeto de Máquinas Agrícolas: Uma Contribuição Teórica. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

MEDEIROS, E. N. Uma Proposta de Metodologia para o Desenvolvimento de Projeto de Produto. **Dissertação** (mestrado COPPE/UFRJ), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1981.

NIEMCZEWSKI, B. K.; REIS, A. V. dos; MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. T. Validação de um modelo de cálculo por elementos finitos do chassi de uma semeadora de quatro linhas. **Engenharia Agrícola** 2014.

NOGUEIRA, C. **Ritual do Charuto. Charutos**, [S.l.], [2007]. Disponível em: [http://www.charutos.com.br/artigos/art\\_charutos08.htm](http://www.charutos.com.br/artigos/art_charutos08.htm). Acesso em: 26 dez. 2020.

NORTON, R. L. Projeto de máquinas: uma abordagem integrada. Porto Alegre: Bookman, 2. ed., 2004.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos: métodos e aplicações**. São Paulo: Blucher Ed., 2011. 411 p.

ORDOÑEZ; RAMONA, **boeing-e-embraer-apresentam-avião-para testar biocombustível**. [2016]. Disponível em: <https://jornalcana.com.br>. Acesso em 22 de julho de 2018 .

PEREIRA, D. D. **O uso da modelagem aplicada à ergonomia no desenvolvimento de produtos**. 2015. 176 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2015.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos do Gerenciamento de Projetos** (PMBOK Guide). Pennsylvania: Project Management Institute, 5ª Ed. 2013.

ROMANO, L. N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. 2003, 266 p. **Tese** (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006. 542 p.

ROMEIRO FILHO, E. **Projeto do produto**. Apostila do curso, Universidade Federal de Minas Gerais, 8. ed., Belo Horizonte, 2004.

SANTOS, F. A. N. V. MD3E (Método de Desdobramento em 3 Etapas): Uma Proposta de Método Aberto de Projeto para Uso no Ensino de Design Industrial. **Tese** Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina – PPGEP-UFSC, Florianópolis, 179 p. 2005

SELMI, G. F. R.; CORREA, C. L.; ZAMBRONE, F. A. D. Avaliação da vestimenta padrão utilizada durante a colheita das folhas do tabaco e implicações na prevenção da Green Tobacco Sickness (GTS). **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 14, n. 3, p. 184-191, jan. 2016.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO TABACO. **Origem do Tabaco**. SINDITABACO, Santa Cruz do Sul, [201-?]. Disponível em: <<http://www.sinditabaco.com.br/sobre-o-setor/origem-do-tabaco/>>. Acesso em: 20 maio 2017.

SOCCOL, C. R. et al. Brazilian Biofuel: Program: an overview. **Journal of Scientific & Industrial Research**, New Delhi, v. 64, p. 897-904, 2005.

SPAPPERI S.R.L. – **Raccogliatrice Tabacco RA 742** – Tobacco Harvester RA 742 <https://www.spapperi.com.it/talia.html> Acesso em: 2020.

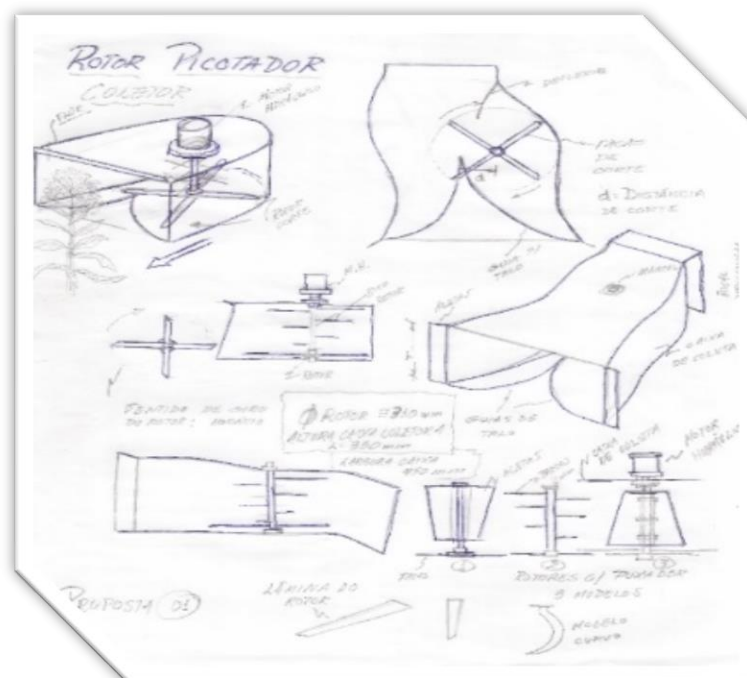
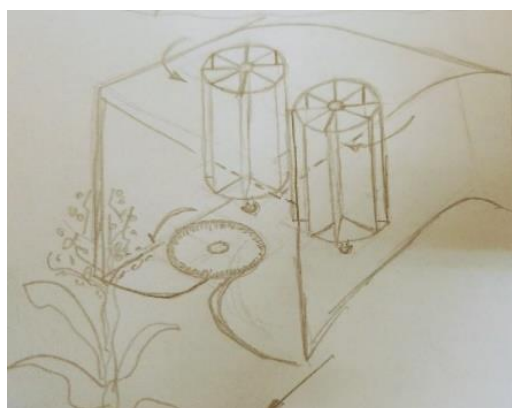
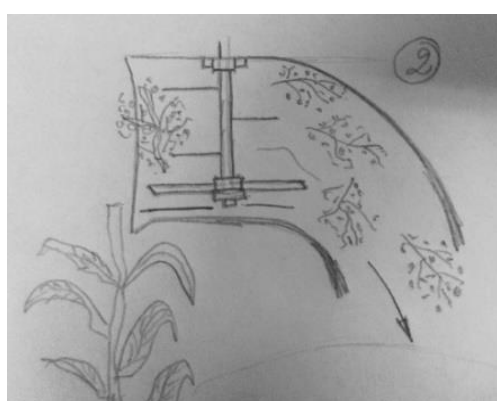
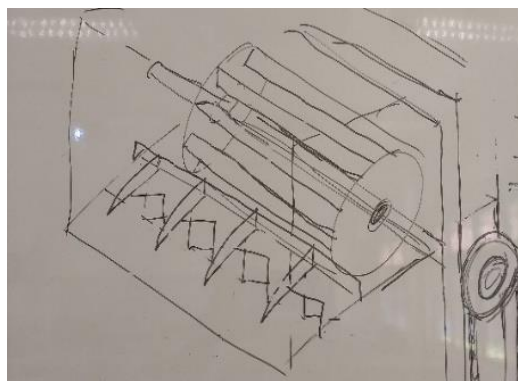
TEIXEIRA, S. S.; MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V. dos; OLDONI, A. Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.162-171, 2009.

VALERIANO, D. L. **Gerência em projetos: pesquisa, desenvolvimento e engenharia**. São Paulo: Makron Books, 2004.

VARGAS, R. V. **Gerenciamento de projetos**. Rio de Janeiro: Brasport, 2000. 238p.

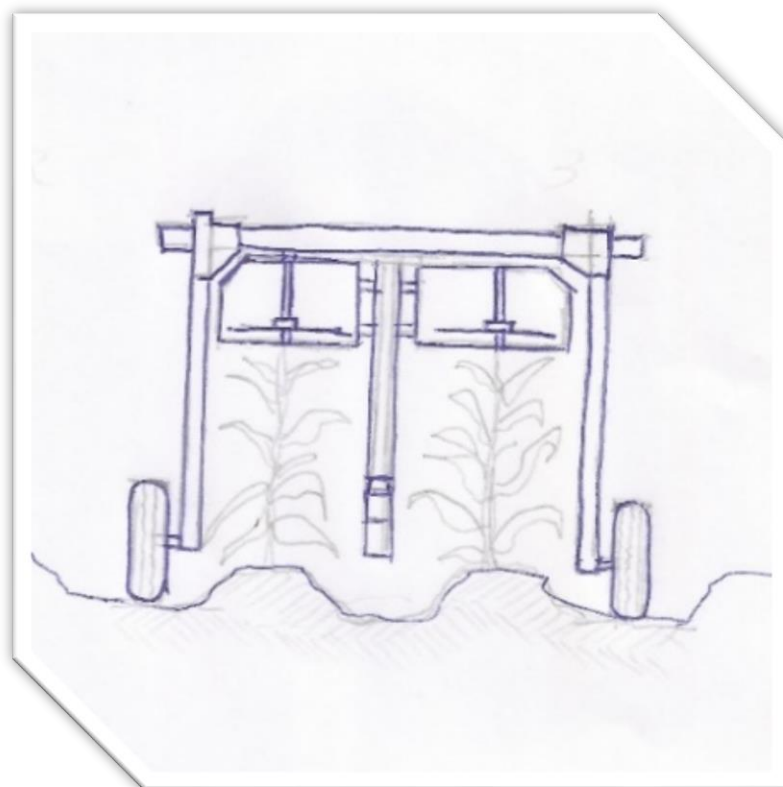
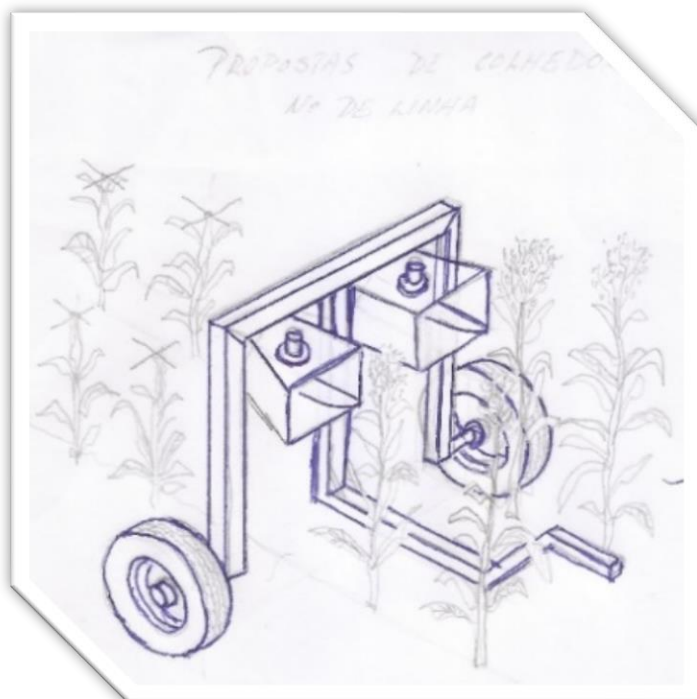
VOGEL, GILMAR F. **Concepção de um simulador de chuva móvel para utilização em pesquisas agrícolas no campo ou em laboratório** 2017, 266 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, RG, 2017.

**APÊNDICE A – Esboços e croquis iniciais dos tipos de coletor de corte e recolhimento.**





**APÊNDICE B – Esboços e croquis iniciais da estrutura de sustentação do conjunto de corte e recolhimento.**











## APÊNDICE D – Imagens dos modelos em escala

Modelados em escala 1:10 das alternativas propostas (Mocape)





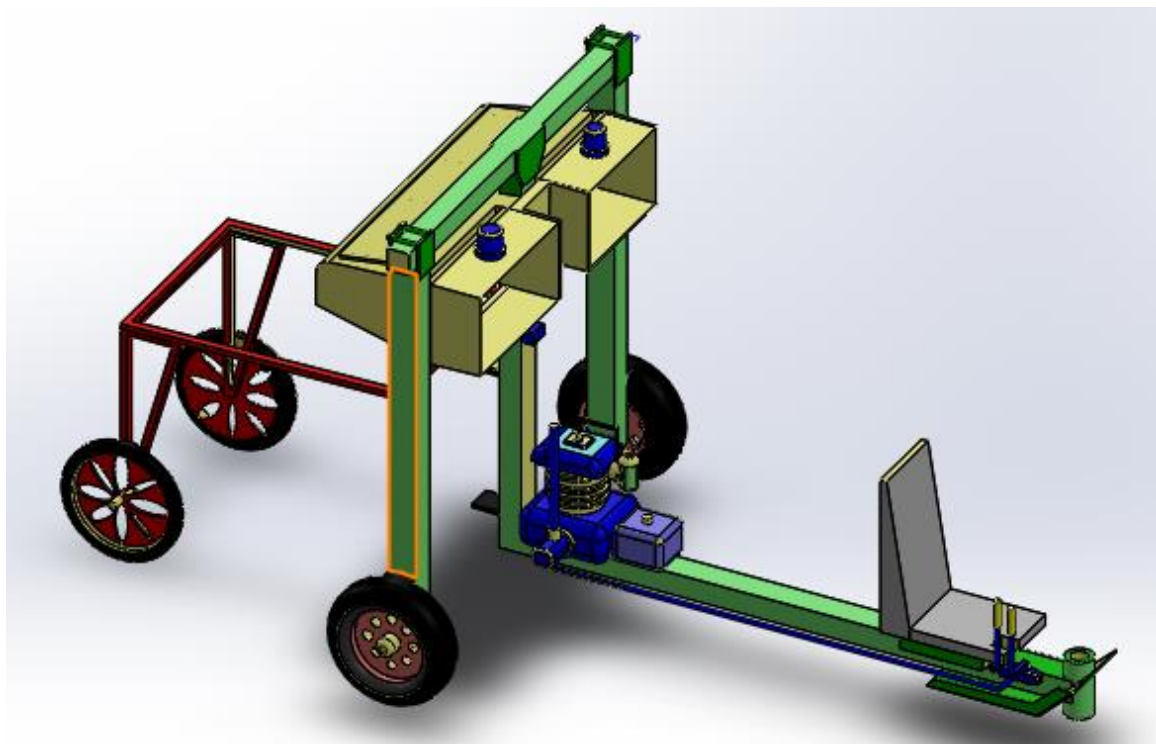




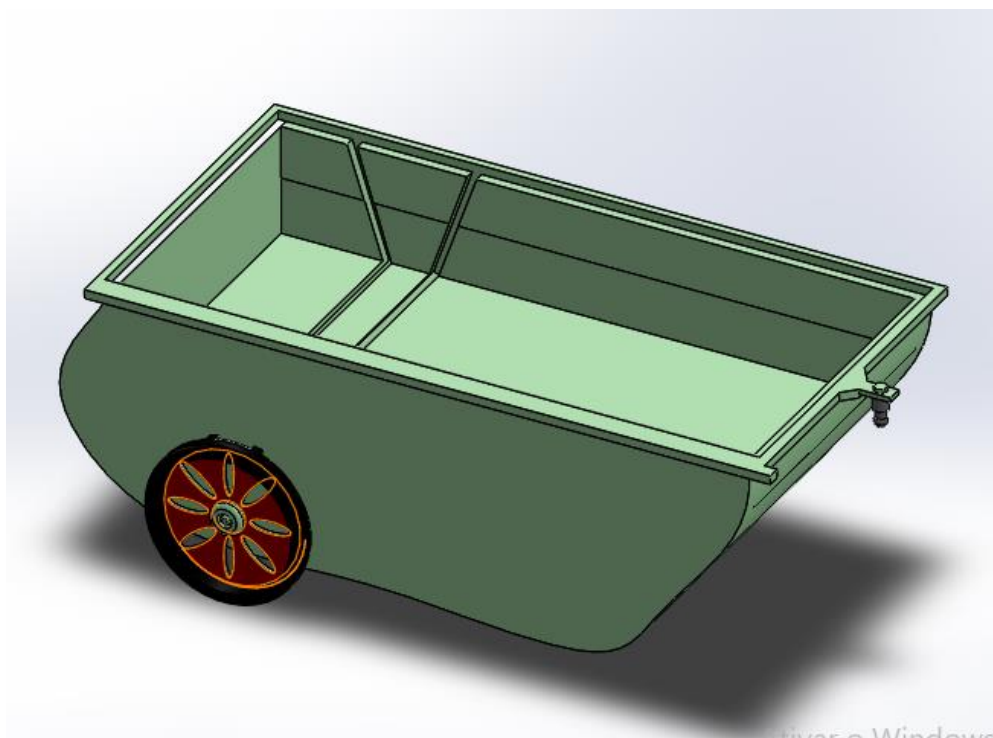
**APÊNDICE E – Oficina particular onde foram executados os trabalhos**





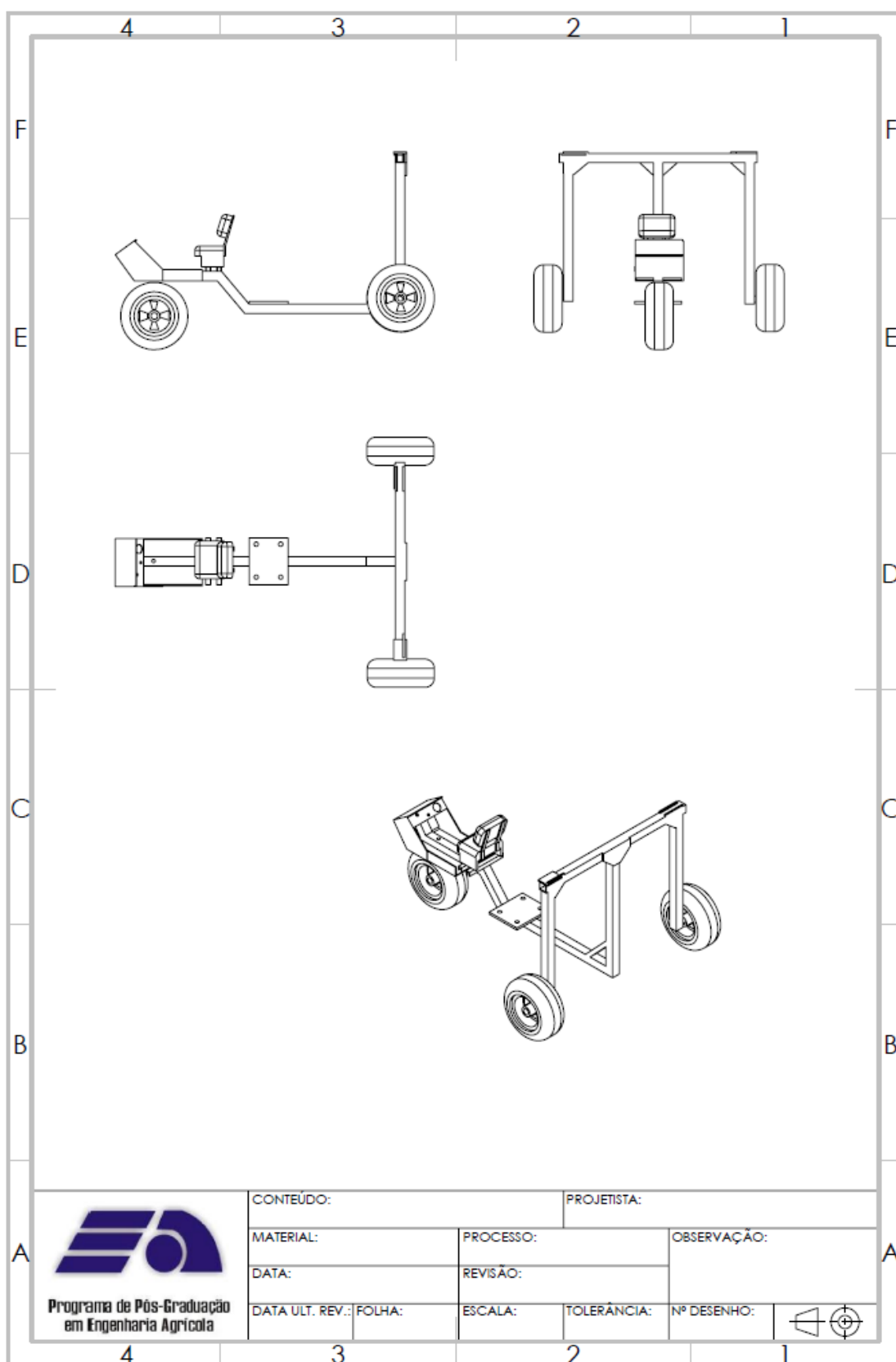
**APÊNDICE F – Desenhos técnicos do sistema de corte e recolhimento da flor do tabaco.**

*Sistema de armazenamento dos galhos e flores cortados*



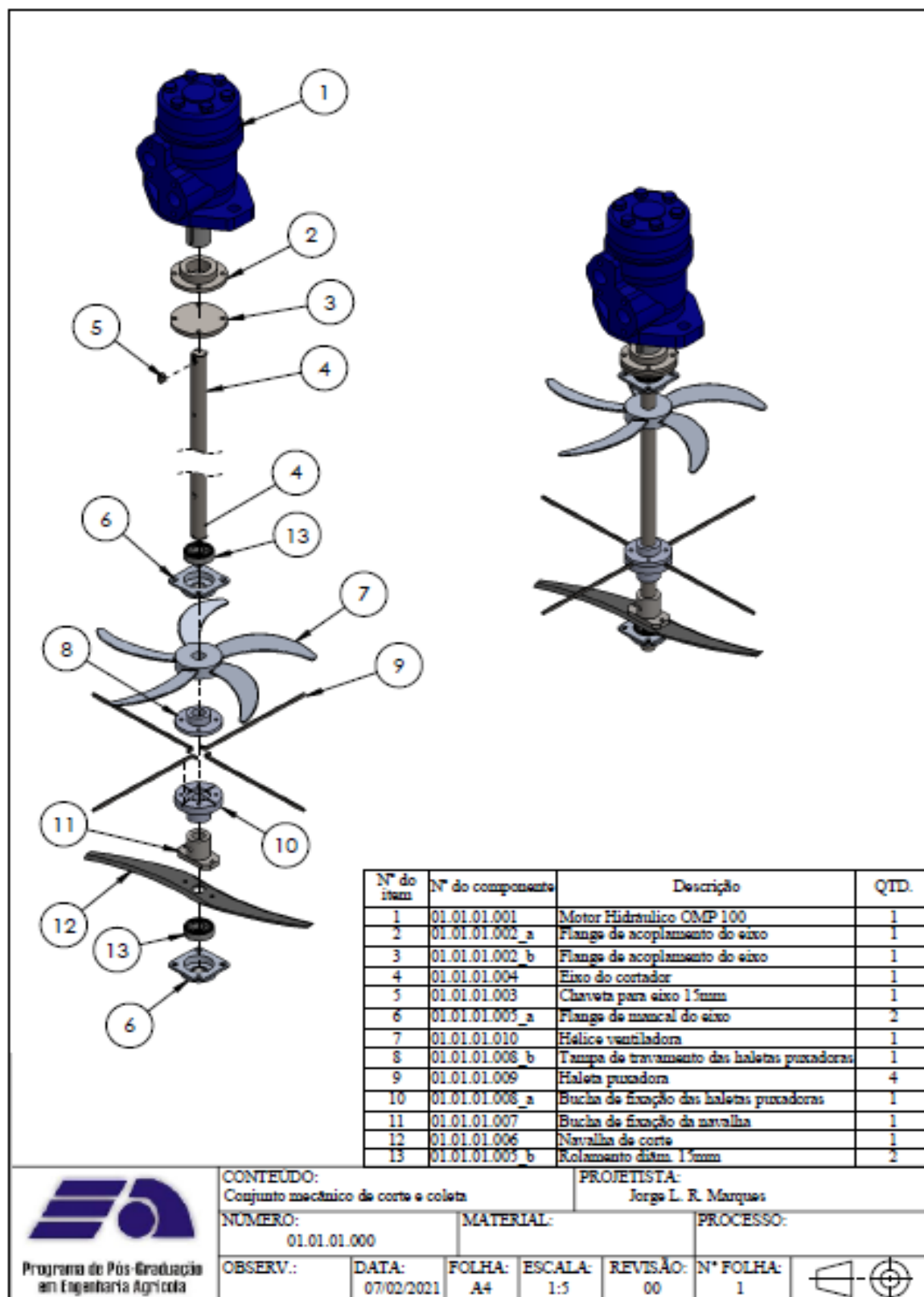


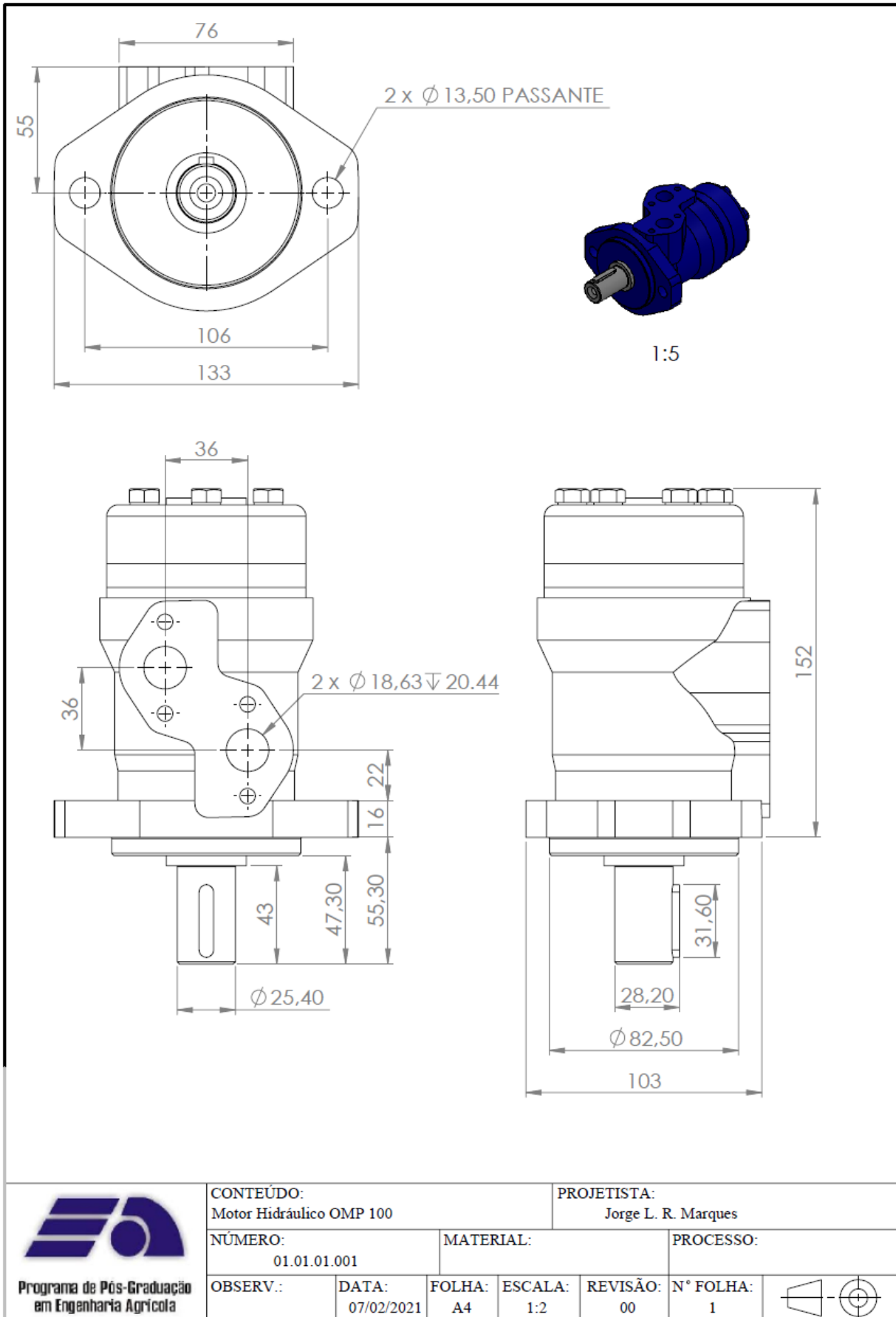
## APÊNDICE G – Desenho técnico da estrutura metálica do sistema de movimentação e transporte





## APÊNDICE H – Desenhos técnicos do sistema de corte e recolhimento





Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Agrícola

CONTEÚDO:  
Motor Hidráulico OMP 100

PROJETISTA:  
Jorge L. R. Marques

NÚMERO:  
01.01.01.001

MATERIAL:

PROCESSO:

OBSERV.:

DATA:  
07/02/2021

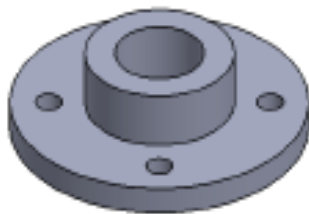
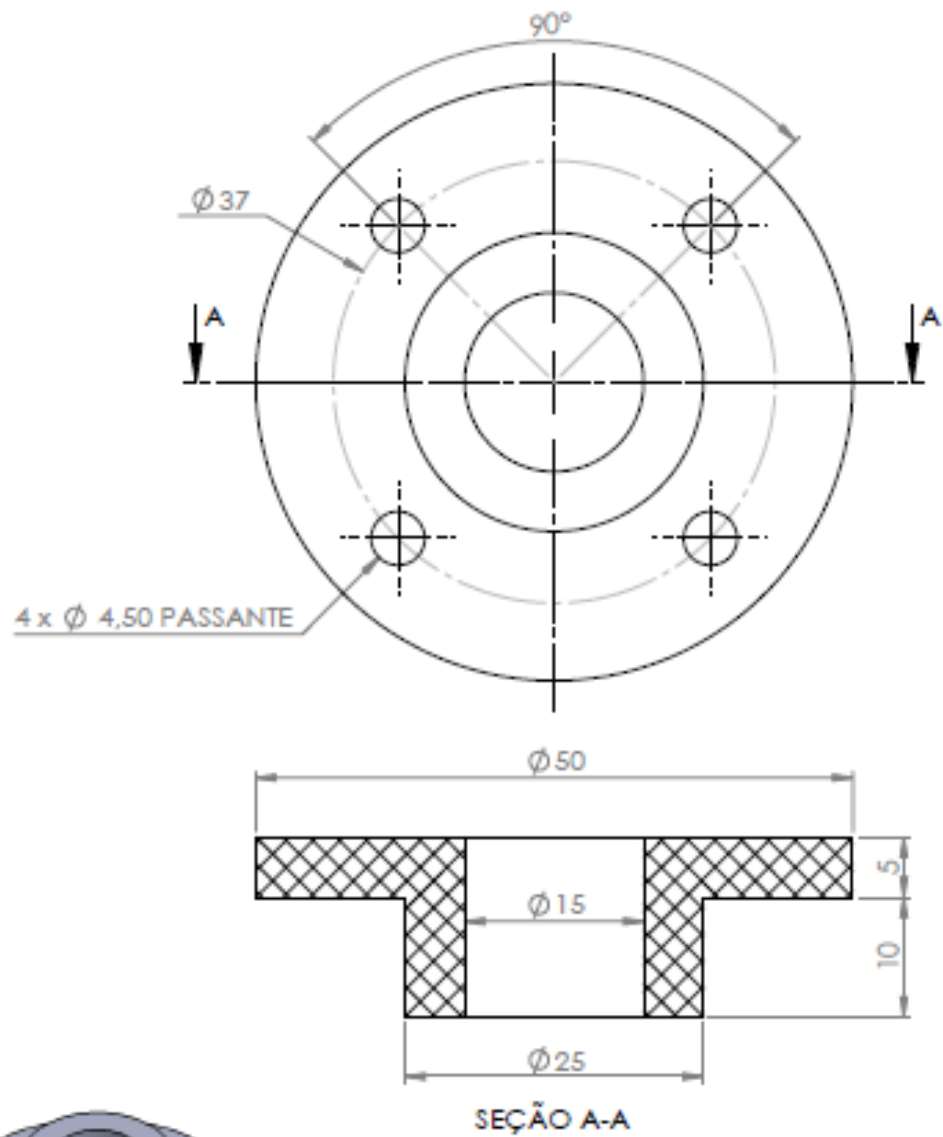
FOLHA:  
A4

ESCALA:  
1:2

REVISÃO:  
00

Nº FOLHA:  
1





ESCALA 1 : 1



Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Agrícola

CONTEUDO:  
Tampa de travamento das hastes procedoras

PROJETISTA:  
Jorge L. R. Marques

NUMERO:  
01.01.01.008

MATERIAL:  
Náilon

PROCESSO:  
Usinagem

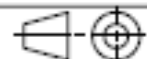
OBSERV.:  
DATA:  
07/02/2021

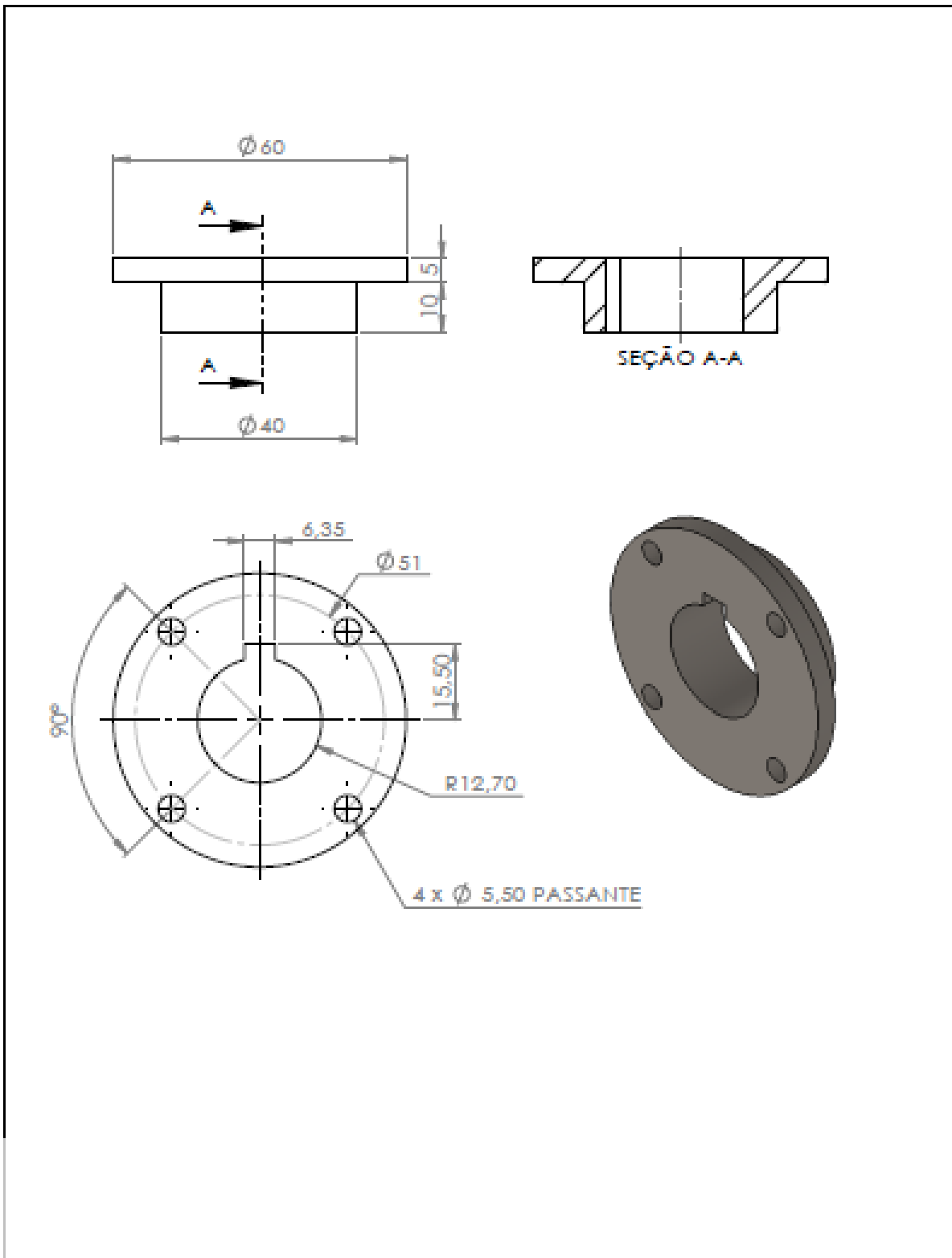
FOLHA:  
A4


ESCALA:  
2:1

REVISÃO:  
00

Nº FOLHA:  
2

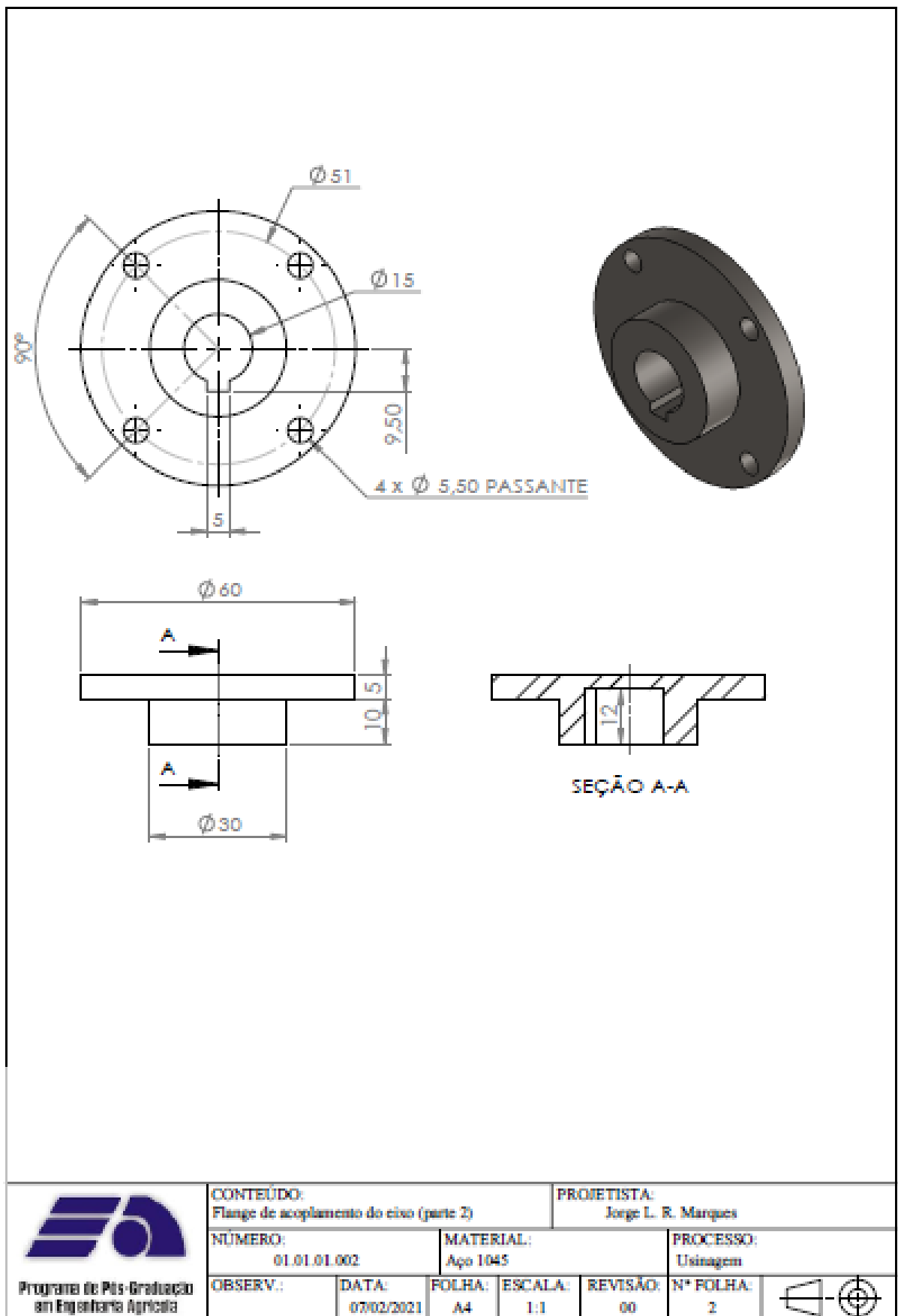


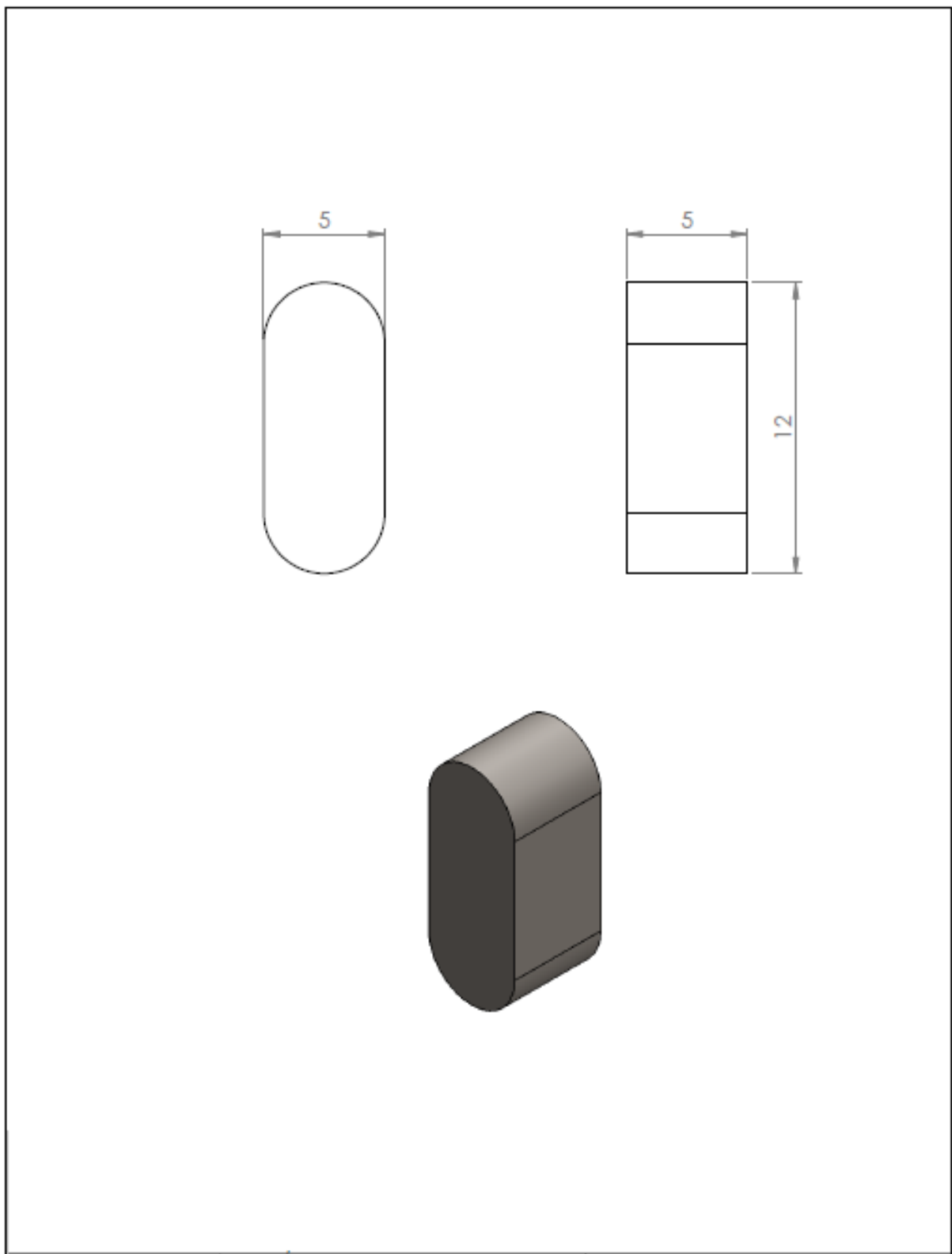



 <p>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola</p>	<b>CONTEÚDO:</b> Flange de acoplamento do eixo (parte I)		<b>PROJETISTA:</b> Jorge L. R. Marques			
	<b>NÚMERO:</b> 01.01.01.002		<b>MATERIAL:</b> Aço 1045		<b>PROCESSO:</b> Usinagem	
	<b>OBSERV.:</b>	<b>DATA:</b> 07/02/2021	<b>FOLHA:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:1	<b>REVISÃO:</b> 00	<b>Nº FOLHA:</b> 1

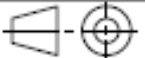


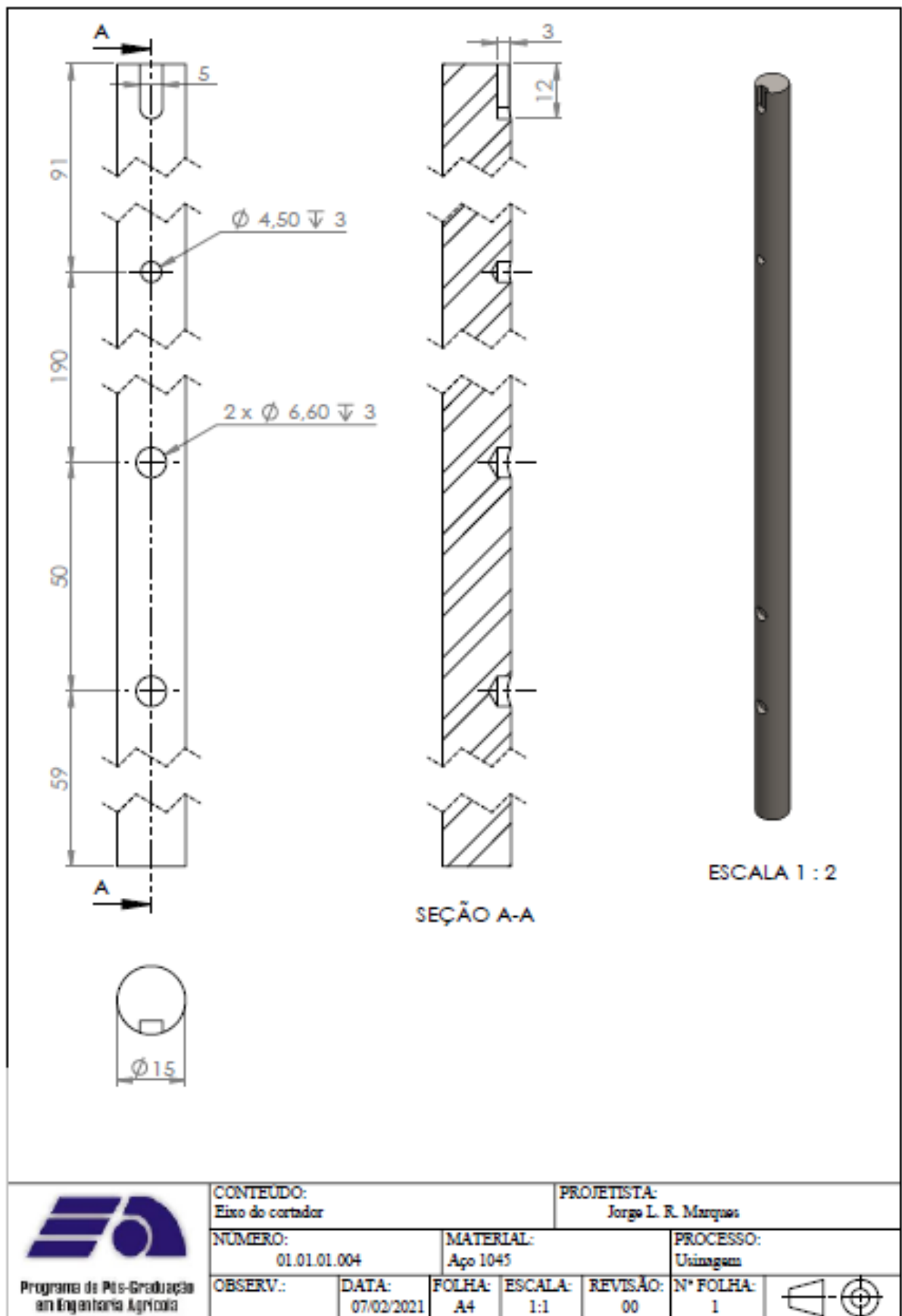


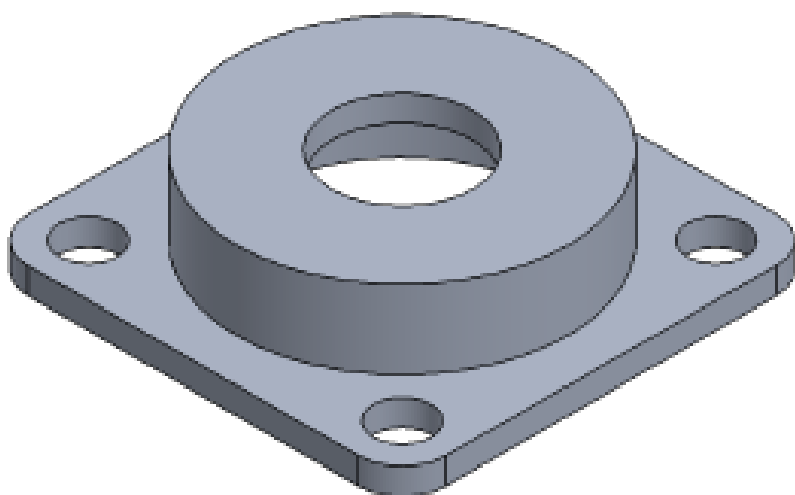
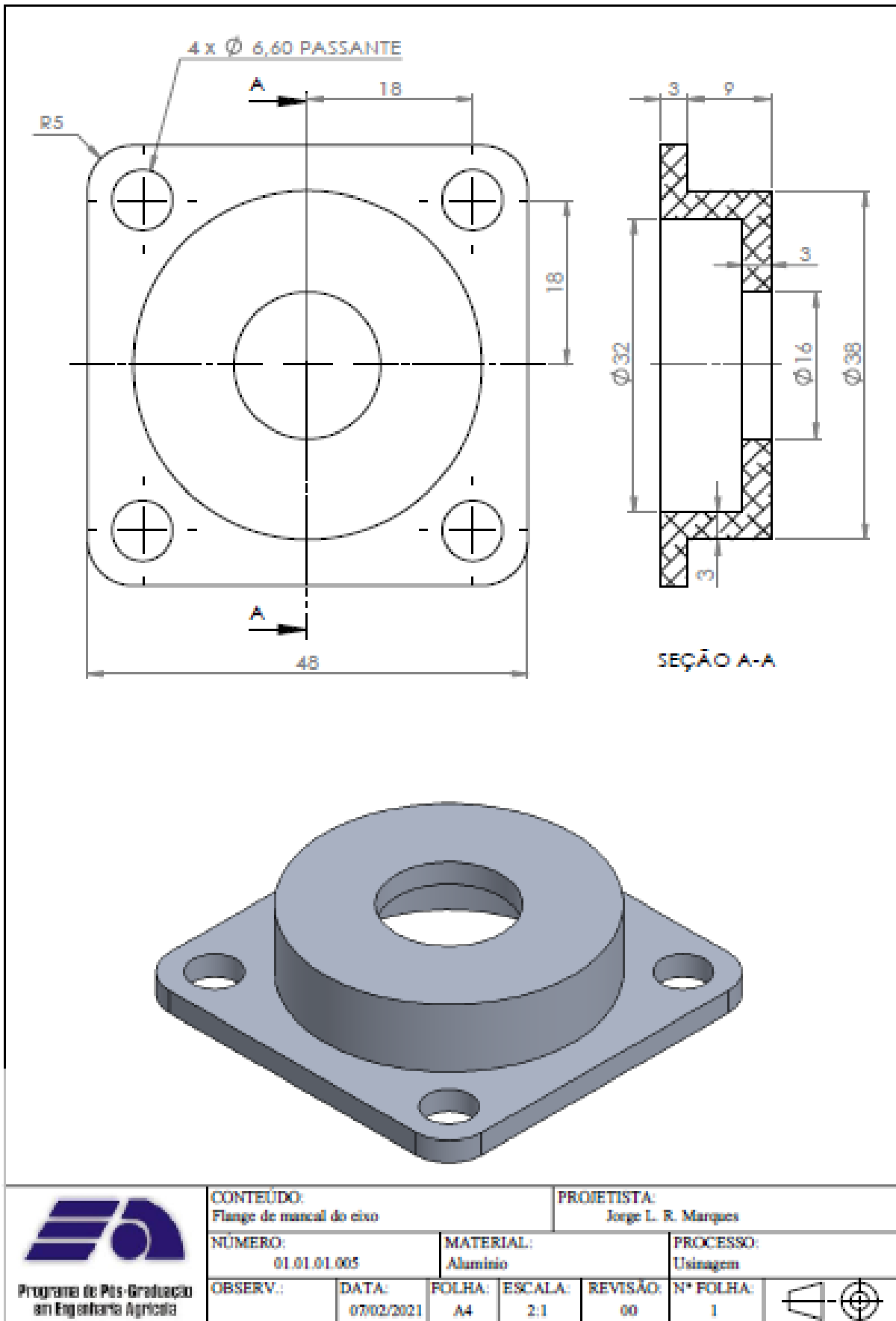






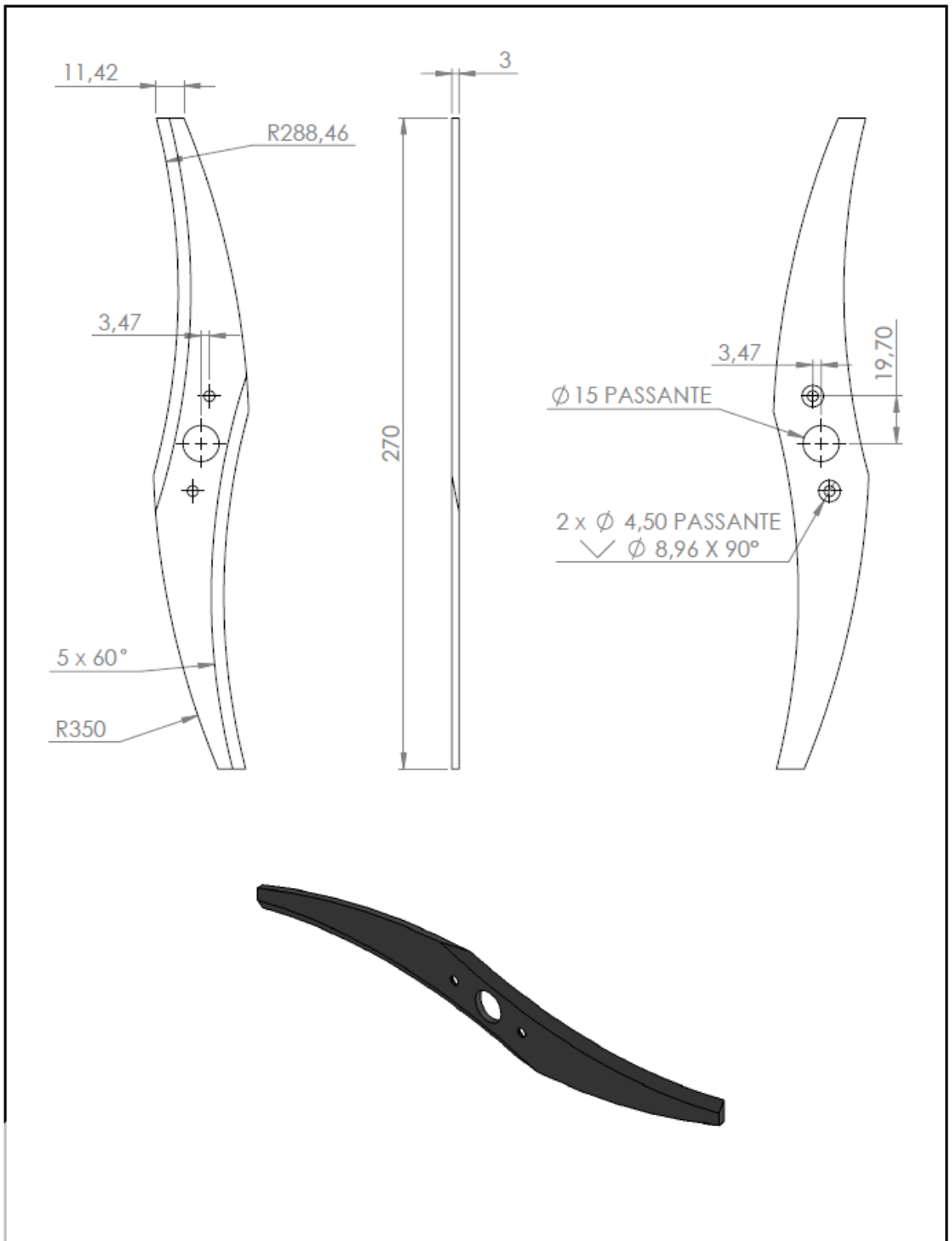
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola	CONTEÚDO: Chaveta para eixo 15mm				PROJETISTA: Jorge L. R. Marques	
	NÚMERO: 01.01.01.003		MATERIAL: Aço 1045		PROCESSO: Usinagem	
	OBSERV.:	DATA: 07/02/2021	FOLHA: A4	ESCALA: 5:1	REVISÃO: 00	N° FOLHA: 1


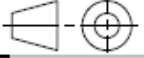


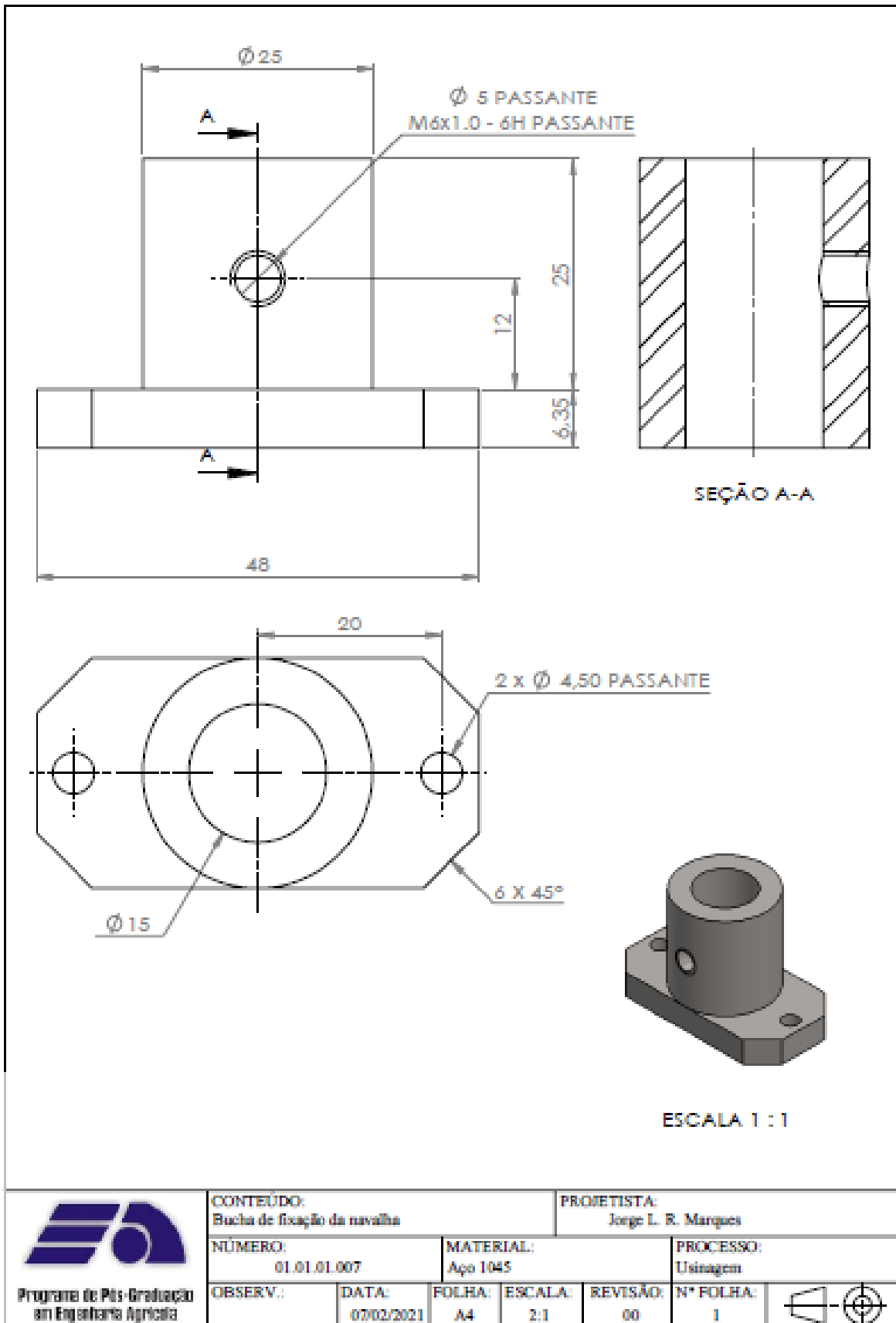




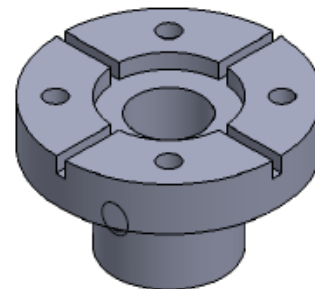
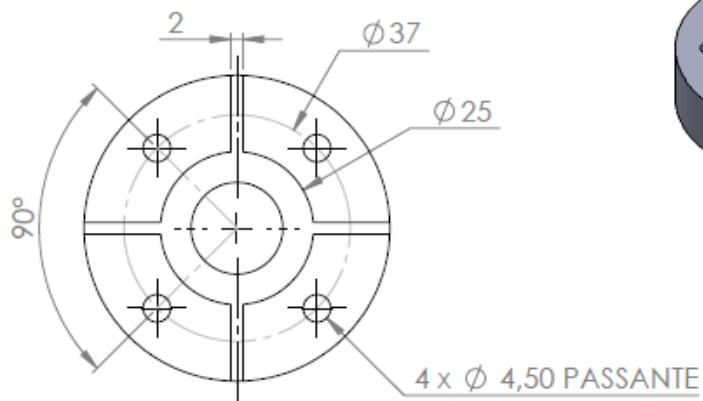
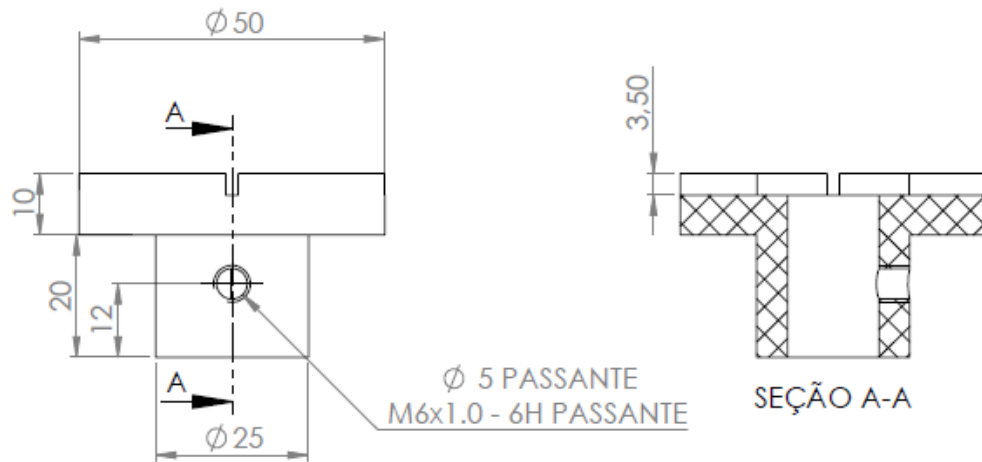
 <p>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola</p>	<b>CONTEÚDO:</b> Flange de mancal do eixo				<b>PROJETISTA:</b> Jorge L. R. Marques		
	<b>NÚMERO:</b> 01.01.01.005		<b>MATERIAL:</b> Alumínio		<b>PROCESSO:</b> Usinagem		
	<b>OBSERV.:</b>	<b>DATA:</b> 07/02/2021	<b>FOLHA:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 2:1	<b>REVISÃO:</b> 00	<b>Nº FOLHA:</b> 1	


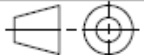


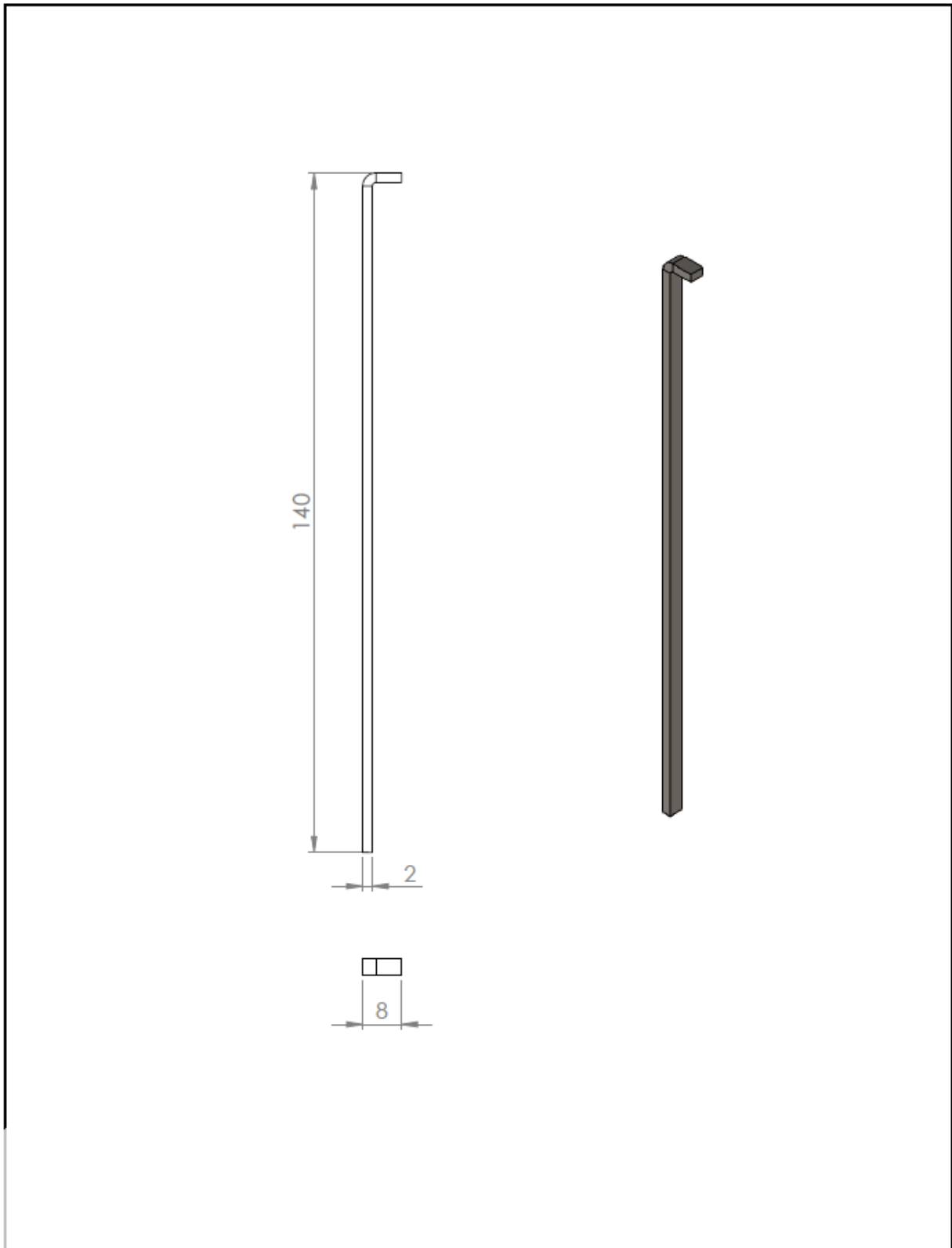
 <p>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola</p>	<b>CONTEÚDO:</b> Navalha de corte				<b>PROJETISTA:</b> Jorge L. R. Marques		
	<b>NÚMERO:</b> 01.01.01.006		<b>MATERIAL:</b> Aço 1045		<b>PROCESSO:</b> Usinagem		
	<b>OBSERV.:</b>	<b>DATA:</b> 07/02/2021	<b>FOLHA:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:2	<b>REVISÃO:</b> 00	<b>N° FOLHA:</b> 1	


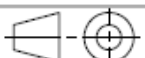


<b>CONTEÚDO:</b> Bucha de fixação da navalha				<b>PROJETISTA:</b> Jorge L. R. Marques			
<b>NÚMERO:</b> 01.01.01.007		<b>MATERIAL:</b> Aço 1045		<b>PROCESSO:</b> Usinagem			
<b>OBSERV.:</b>	<b>DATA:</b> 07/02/2021	<b>FOLHA:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 2:1	<b>REVISÃO:</b> 00	<b>Nº FOLHA:</b> 1		

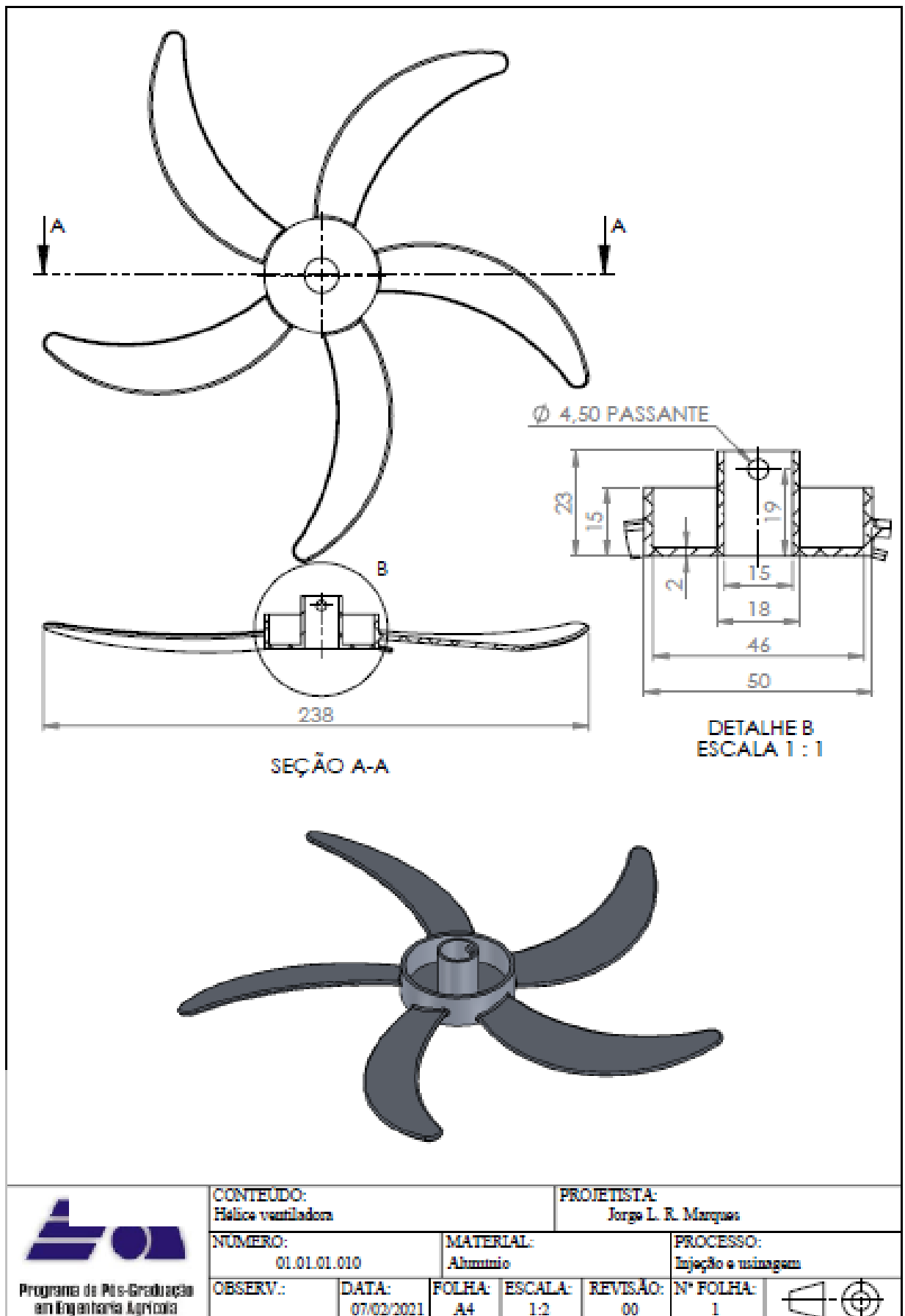


 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola	<b>CONTEÚDO:</b> Bucha de fixação das haletas puxadoras (corpo)				<b>PROJETISTA:</b> Jorge L. R. Marques		
	<b>NÚMERO:</b> 01.01.01.008		<b>MATERIAL:</b> Náilon		<b>PROCESSO:</b> Usinagem		
	<b>OBSERV.:</b>	<b>DATA:</b> 07/02/2021	<b>FOLHA:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:1	<b>REVISÃO:</b> 00	<b>N° FOLHA:</b> 1	



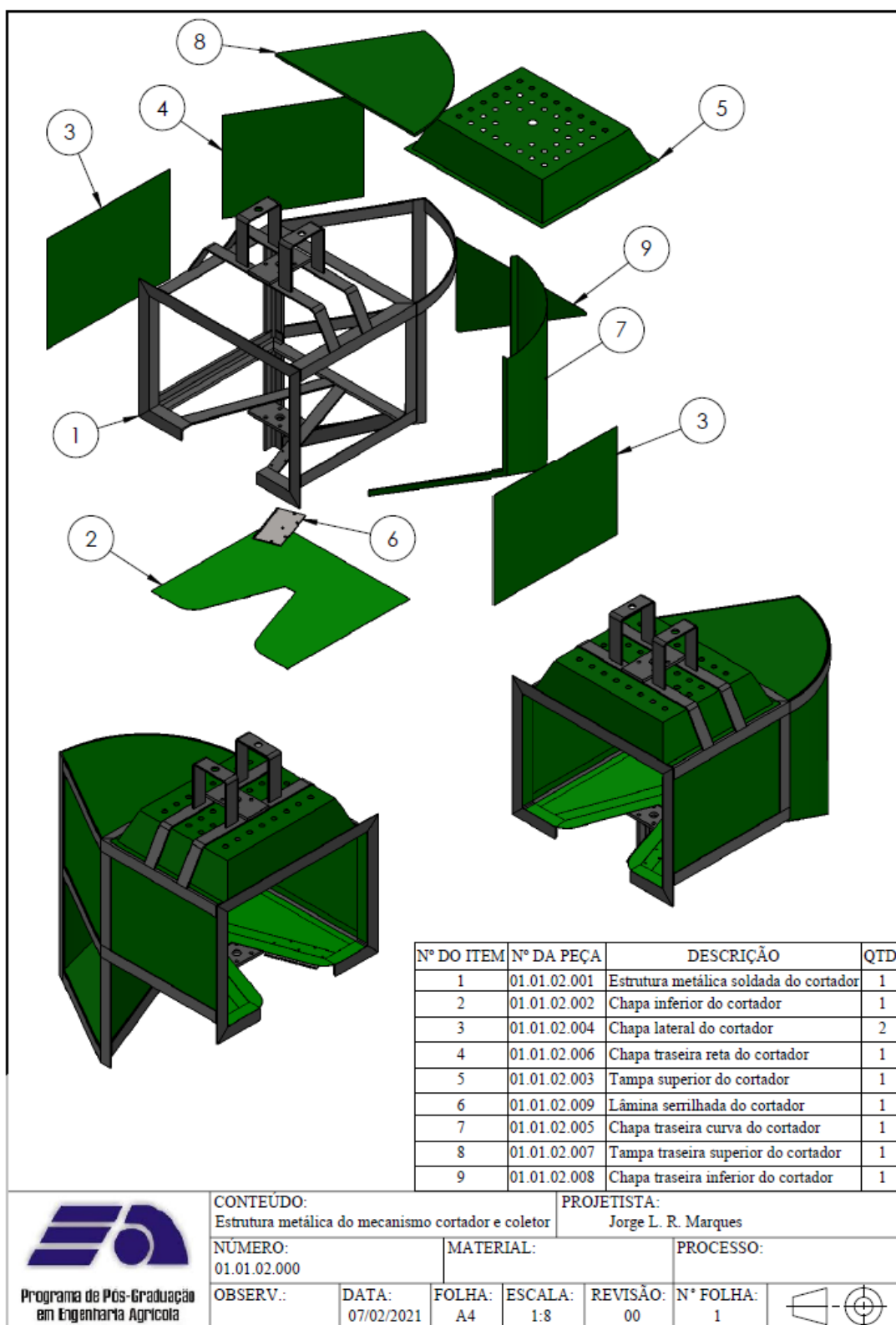
 <p>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola</p>	<b>CONTEÚDO:</b> Haleta puxadora				<b>PROJETISTA:</b> Jorge L. R. Marques		
	<b>NÚMERO:</b> 01.01.01.009		<b>MATERIAL:</b> Aço 1045		<b>PROCESSO:</b> Usinagem e dobra		
	<b>OBSERV.:</b>	<b>DATA:</b> 07/02/2021	<b>FOLHA:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:1	<b>REVISÃO:</b> 00	<b>N° FOLHA:</b> 1	

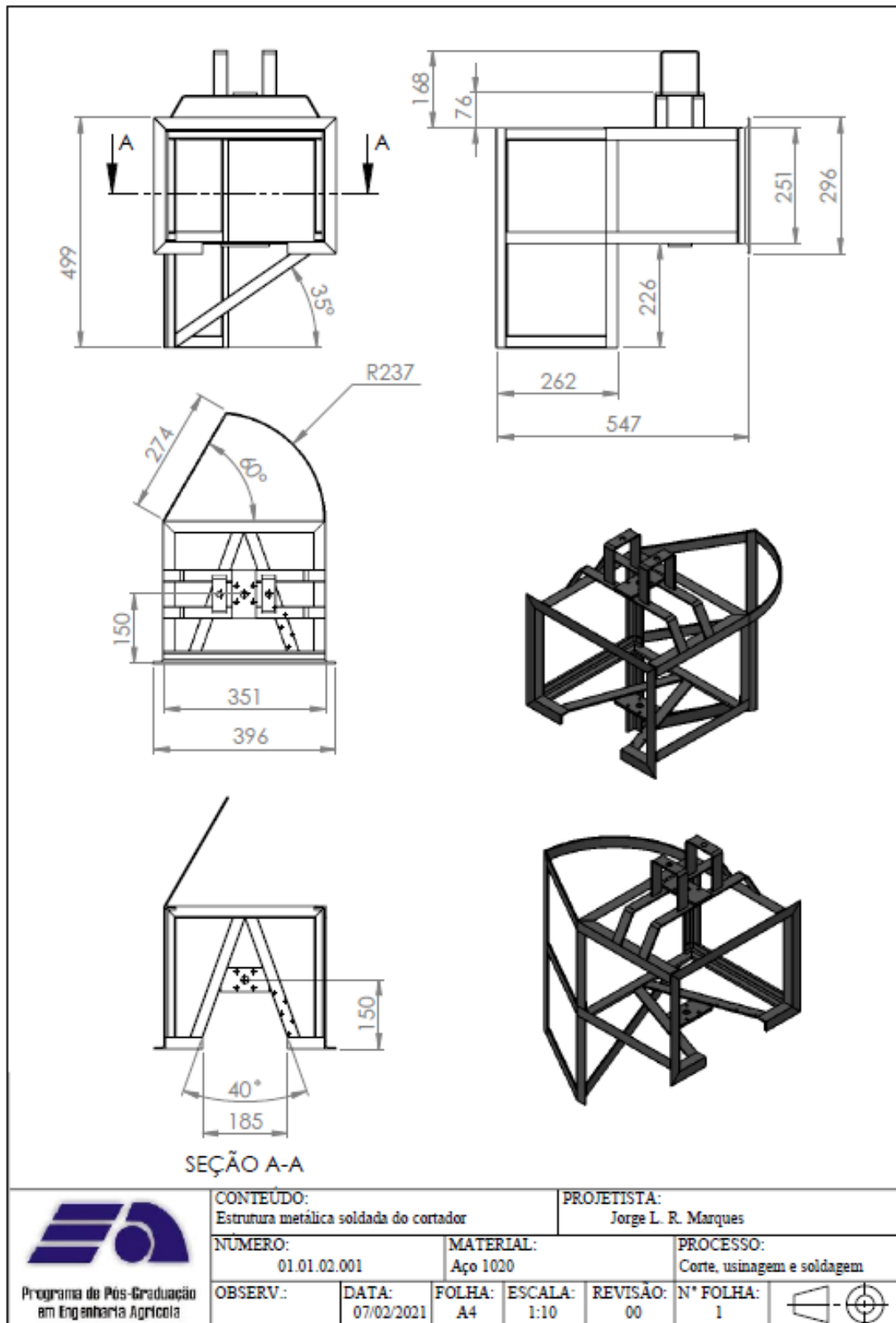


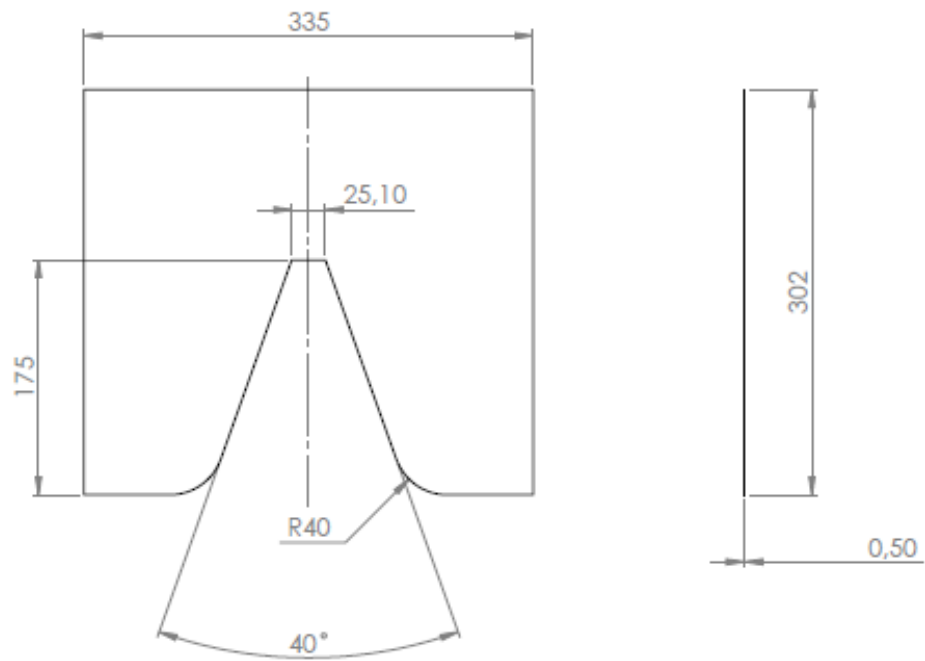





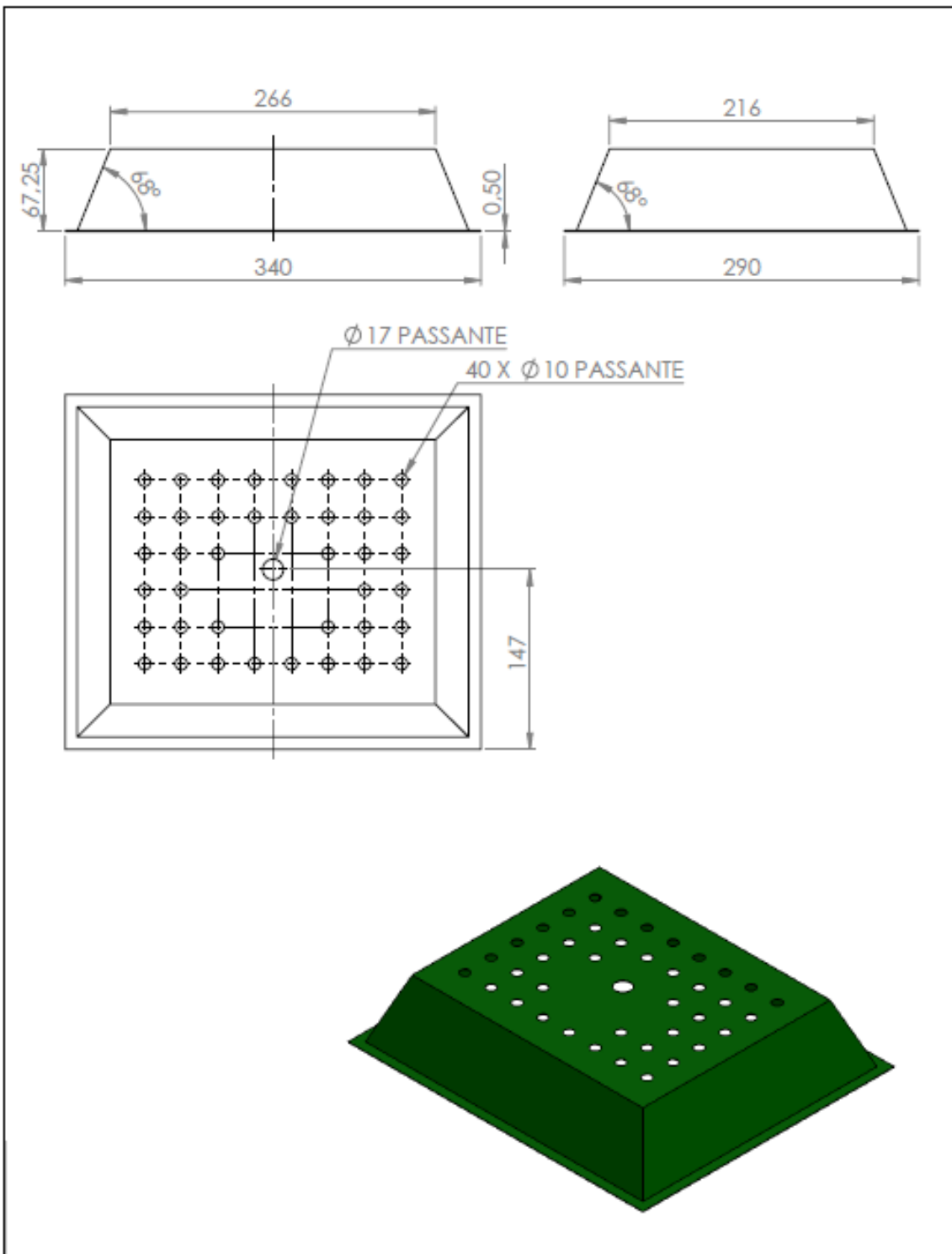
## APÊNDICE I – Desenho técnico do sistema da estrutura metálica do coletor


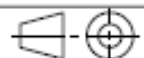





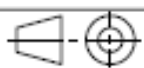


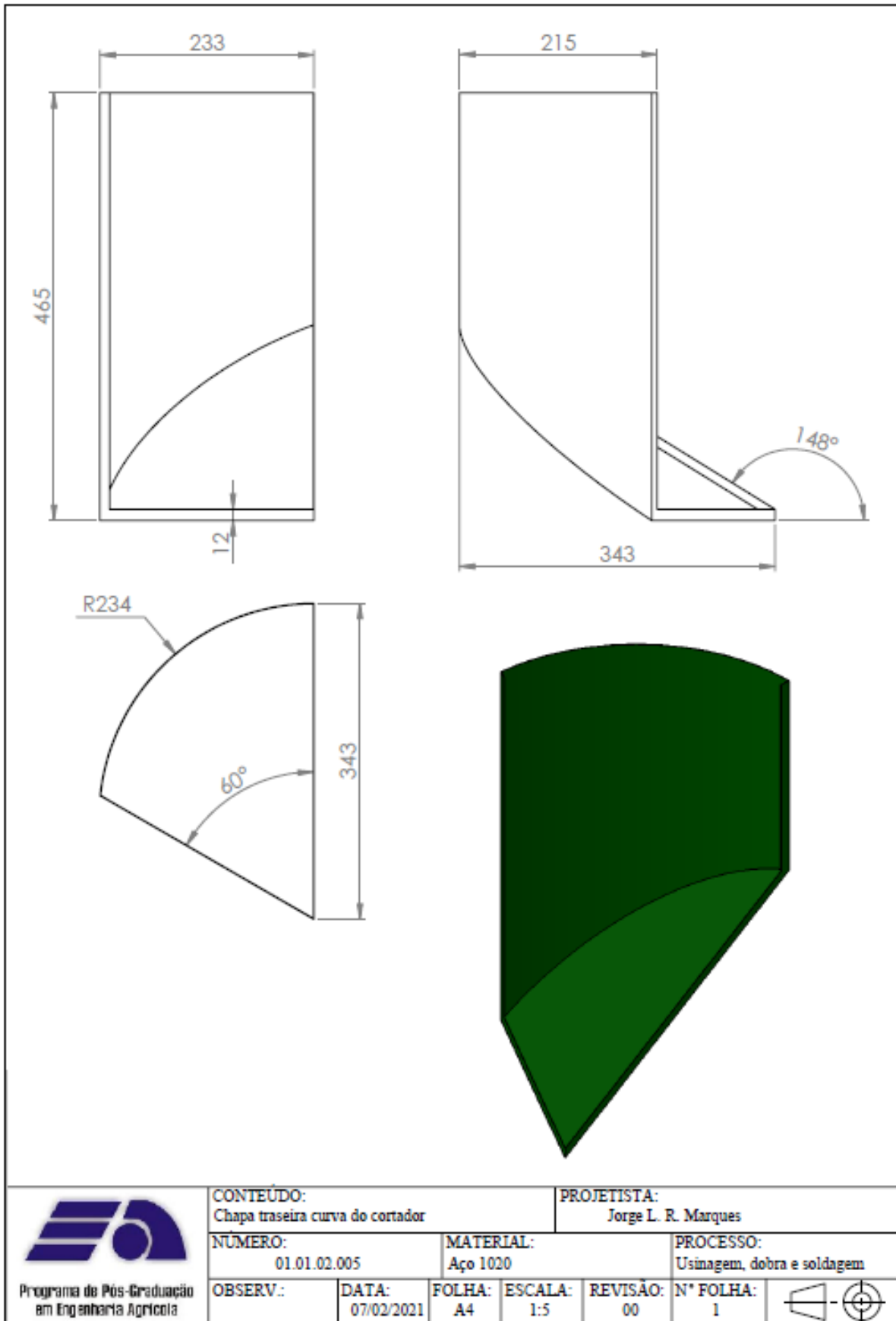
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola	CONTEÚDO: Chapa inferior do cortador			PROJETISTA: Jorge L. R. Marques		
	NÚMERO: 01.01.02.002		MATERIAL: Aço 1020		PROCESSO: Usinagem	
	OBSERV.:	DATA: 07/02/2021	FOLHA: A4	ESCALA: 1:4	REVISÃO: 00	N° FOLHA: 1



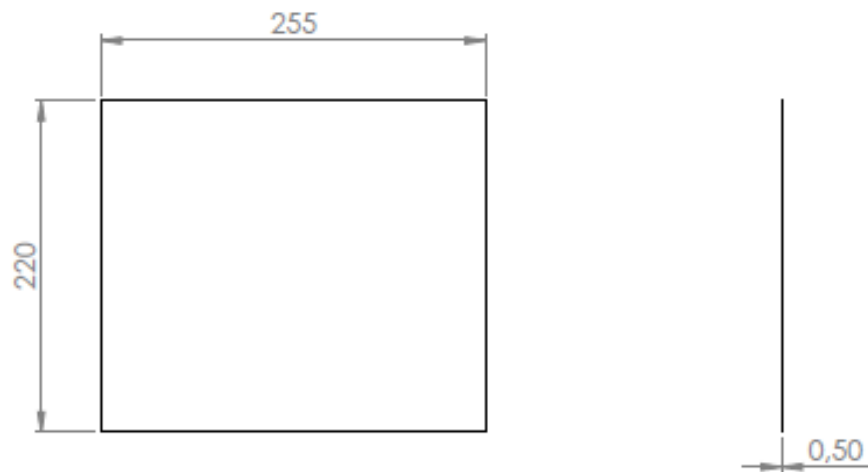
 <p>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola</p>	<b>CONTEÚDO:</b> Tampa superior do cortador				<b>PROJETISTA:</b> Jorge L. R. Marques		
	<b>NÚMERO:</b> 01.01.02.003		<b>MATERIAL:</b> Aço 1020		<b>PROCESSO:</b> Usinagem, dobra e soldagem		
	<b>OBSERV.:</b>	<b>DATA:</b> 07/02/2021	<b>FOLHA:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:4	<b>REVISÃO:</b> 00	<b>N° FOLHA:</b> 1	




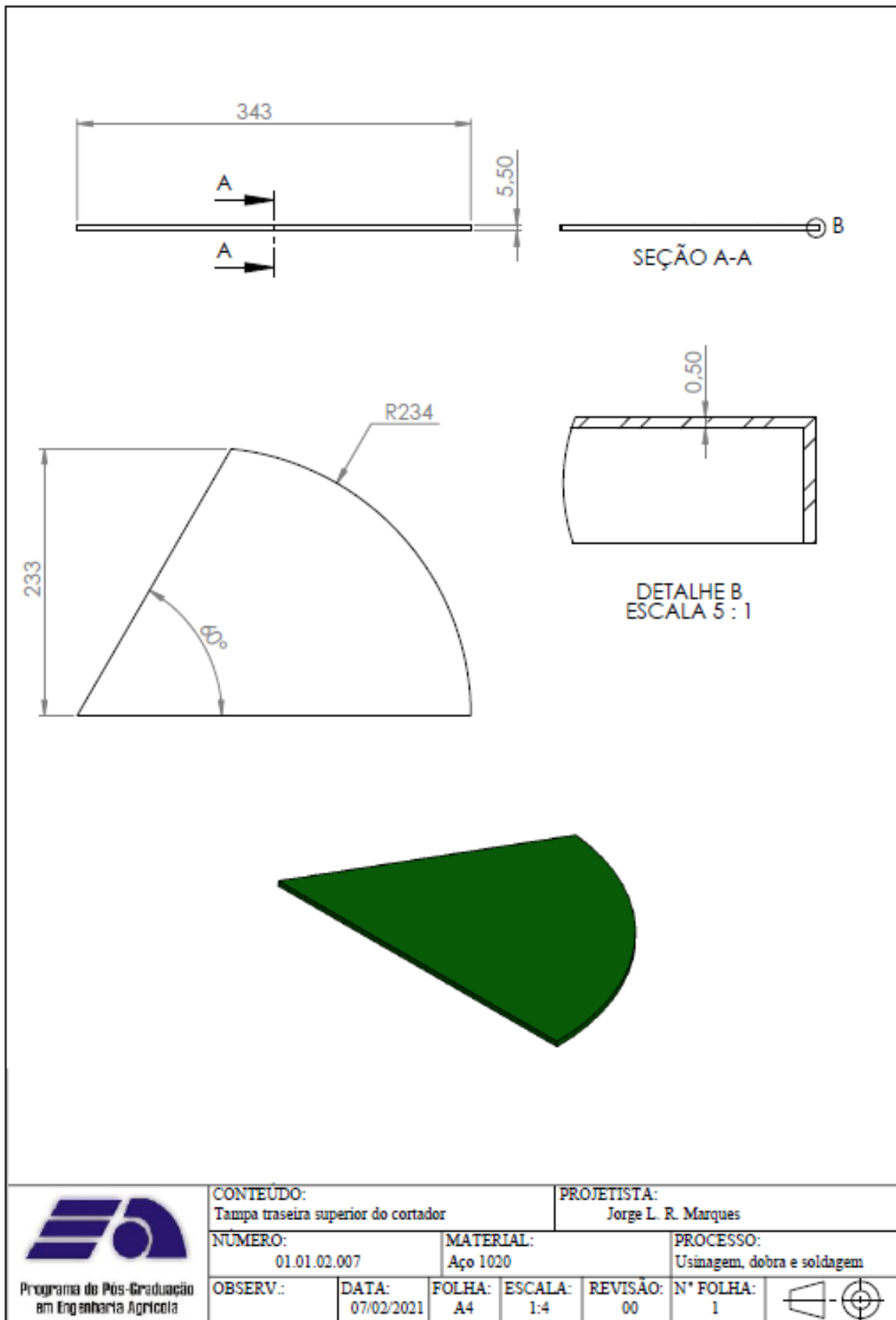
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola	CONTEÚDO: Chapa lateral do cortador				PROJETISTA: Jorge L. R. Marques		
	NÚMERO: 01.01.02.004		MATERIAL: Aço 1020		PROCESSO: Usinagem		
	OBSERV.:	DATA: 07/02/2021	FOLHA: A4	ESCALA: 1:4	REVISÃO: 00	N° FOLHA: 1	





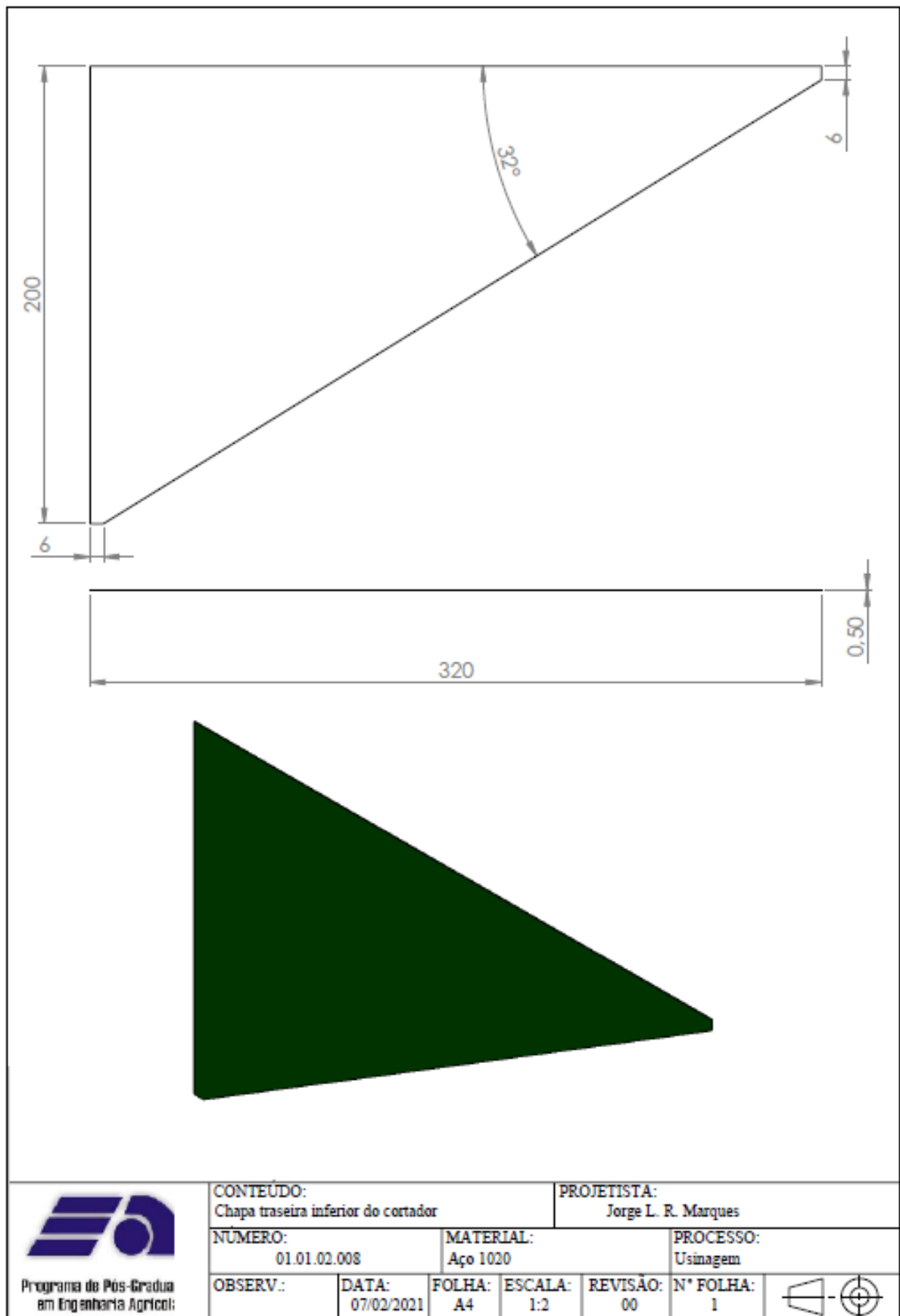


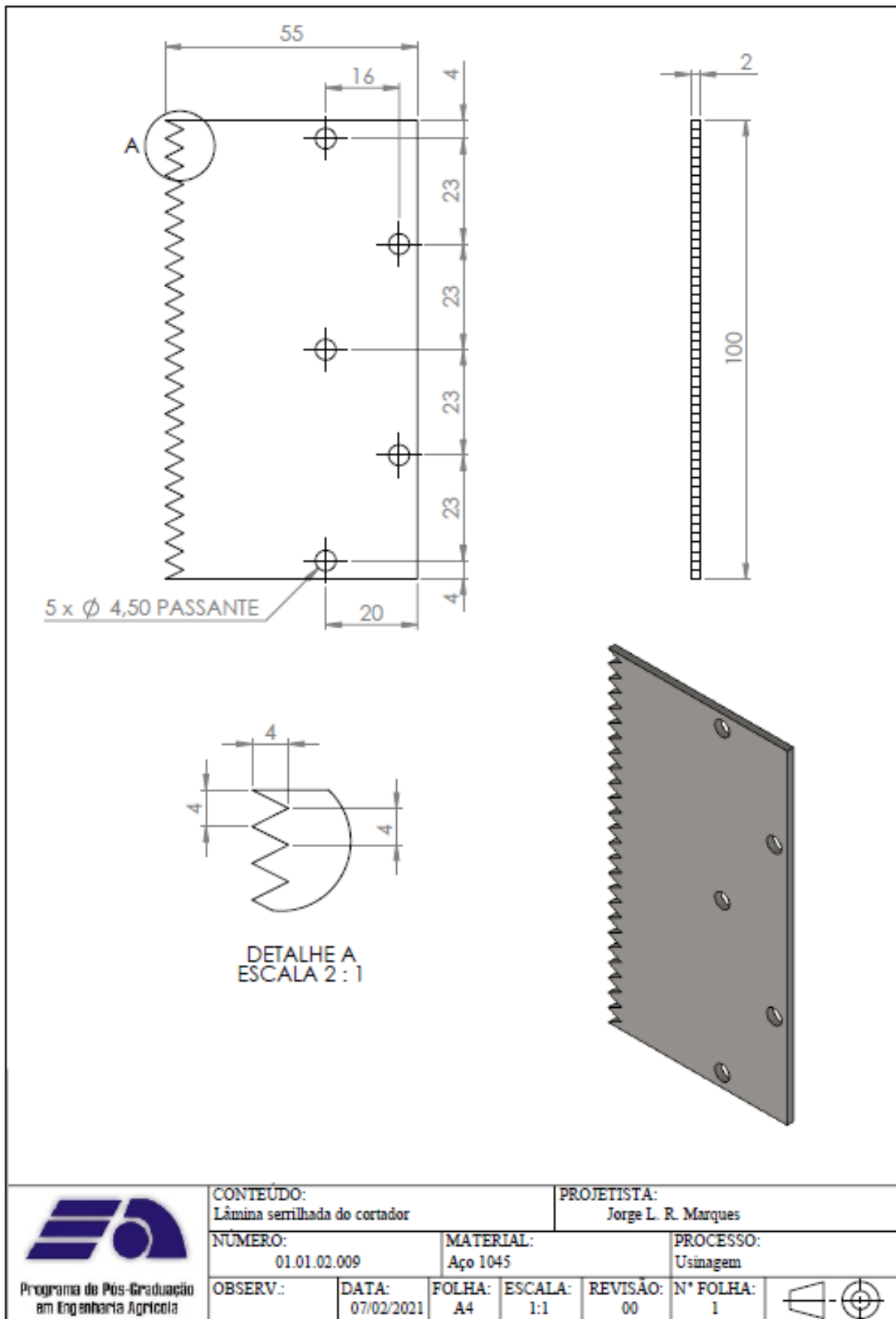
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola	<b>CONTEÚDO:</b> Chapa traseira reta do cortador				<b>PROJETISTA:</b> Jorge L. R. Marques	
	<b>NÚMERO:</b> 01.01.02.006		<b>MATERIAL:</b> Aço 1020		<b>PROCESSO:</b> Usinagem	
	<b>OBSERV.:</b>	<b>DATA:</b> 07/02/2021	<b>FOLHA:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:4	<b>REVISÃO:</b> 00	<b>N° FOLHA:</b> 1



Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Agrícola

<b>CONTEÚDO:</b> Tampa traseira superior do cortador				<b>PROJETISTA:</b> Jorge L. R. Marques		
<b>NÚMERO:</b> 01.01.02.007		<b>MATERIAL:</b> Aço 1020		<b>PROCESSO:</b> Usinagem, dobra e soldagem		
<b>OBSERV.:</b>	<b>DATA:</b> 07/02/2021	<b>FOLHA:</b> A4	<b>ESCALA:</b> 1:4	<b>REVISÃO:</b> 00	<b>N° FOLHA:</b> 1	





**APÊNDICE K – Fotos coletor (Fabricação)****Fotos: estrutura (Fabricação)**

Fotos: conjunto equipamento montado (Fabricação)



## APÊNDICE L – Conjunto de propulsão hidráulica (fabricação)

Foto: Conjunto de propulsão hidráulica (fabricação)

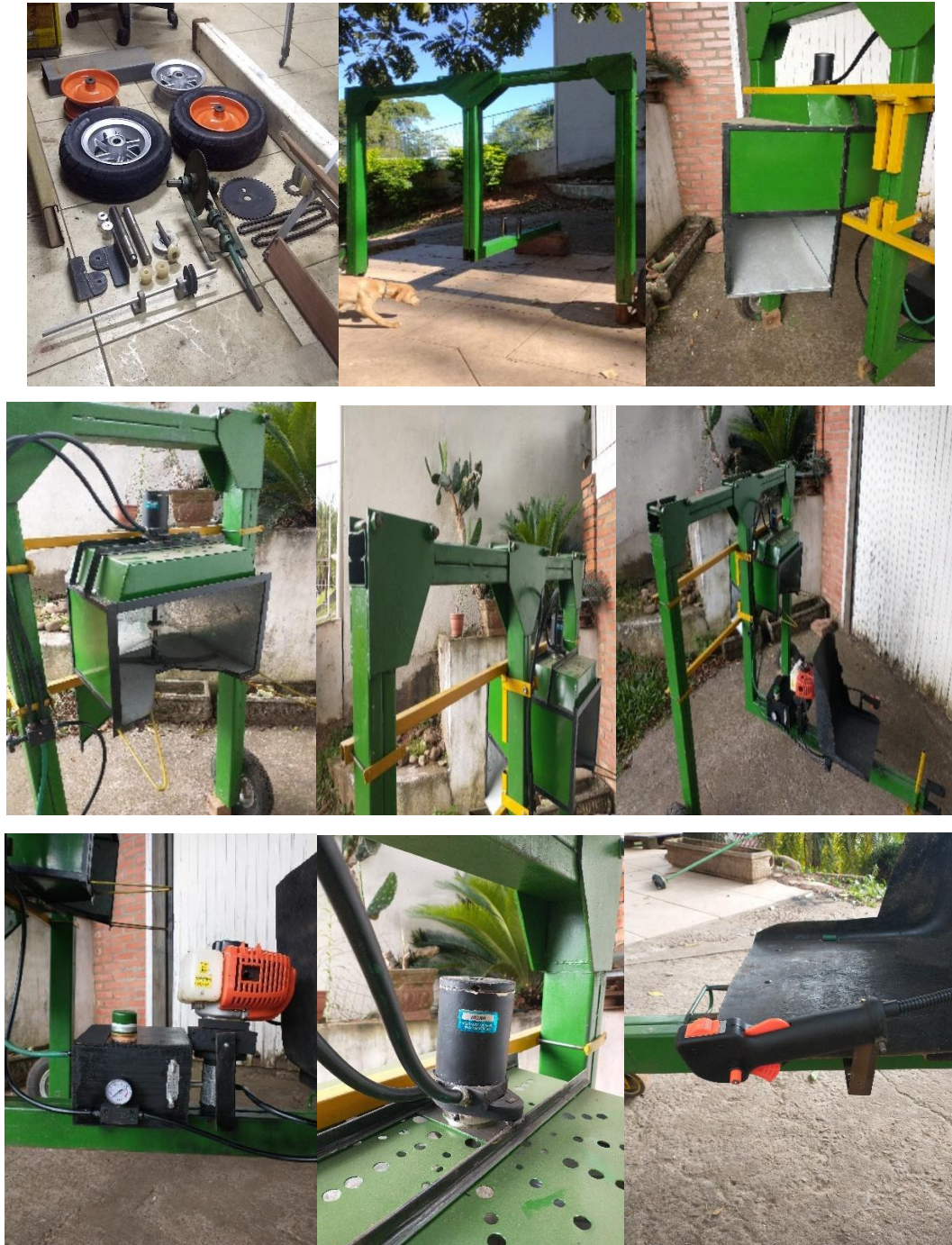






**APÊNDICE M – Dispositivo de teste de conceito (Fabricação).**



**APÊNDICE N – Imagens gerais das etapas de fabricação do protótipo.**



## ANEXO A – Imagens Dados técnicos da cortadora de flor de tabaco, Italiana

Agri JS 120/C  
cimatrice  
www.comanassisi.it



Cimatrice per tabacco  
Semoviente

### Dati Tecnici / Technical data

▪ Motore / Engine	LOMBARDINI Hp50 38kW (51 CV)
▪ Trazione / Traction	Idrostatica 3 ruote motrici / Hydrostatic with three-wheel drive
▪ Freno di stazionamento / Parking brake	Dischi multipli su ruote posteriori / Multiple disks on the back wheels
▪ Guida / Drive	Servoassistita / Servo-assisted
▪ Velocità / Speed	0 - 20 Km/h
▪ Posto guida / Driver's seat	Roll bar integrale / With integrated Roll-bar
▪ Carreggiata variabile / Variable track gauge	Da 2200 a 2340 mm / From 2200 to 2340 mm
▪ Pneumatici / Tires	11.5/80 - 15.3
▪ Cimatore / Shearers	A 2 file con sollevamento indipendente / For 2 rows with independent lift
▪ Altezza di cimatura / Altezza di cimatura	da 1200 a 1900mm / From 1200 to 1900 mm
▪ Peso in ordine di marcia / Weight in operation	2100 Kg
▪ Dimensioni / Dimensions	Altezza / Height 3100 mm Lunghezza / Length 4200 mm Larghezza / Width 2700 mm

ADP Al Studio - Bivio U. (PG)

**Omologata per la circolazione stradale / Homologated for the road circulation**

**Omologata per la circolazione stradale / Homologated for the road circulation**



▪ Colonna cimatori indipendenti  
▪ Independent lift shearers system

▪ Carreggiata posteriore variabile  
▪ Variable track gauge

▪ Cimatori  
▪ Shearers

▪ Poltrona di guida  
▪ Driver's seat

[www.comanassisi.it](http://www.comanassisi.it)

**CO.M.A.N. s.r.l.**  
Zona Industriale - I-06088  
S.Maria degli Angeli - ASSISI (PG)  
Tel. 075-8041116 - 8041105  
Fax 075/8043379  
e-mail: [comansrl@libero.it](mailto:comansrl@libero.it)



**ANEXO B – Imagens da máquina italiana de desponte de flor de tabaco trabalhando**

Sopraadores verticais para direcionamento do galho para o chão.



Sistema de navalhas de corte







**ANEXO C – Imagens de uma colhedora de folha do tabaco do mesmo fabricante.**





## ANEXO D – Motor Hidráulico utilizado no conjunto



Série H-OMP

Parâmetro	Unidade	Opções				
Tamanho Nominal	TN	36	50	80	100	120
Deslocamento Volumétrico	cm <sup>3</sup> /rot	36	51,7	77,7	96,2	120
Rotação Máxima contínua	rpm	1500	1150	770	615	490
Rotação Máxima intermitente		1650	1450	960	770	615
Torque Máximo contínuo	Nm	55	100	146	182	230
Torque Máximo intermitente		76	128	186	227	290
Potência Máxima contínua	hp	10,7				13,4
Potência Máxima intermitente		15,4	16,1		17,4	
Pressão Máxima contínua	Bar	125				140
Pressão Máxima intermitente		165				175
Vazão Máxima contínua	L/min	55				
Vazão Máxima intermitente		60				
Peso Motor	kg	5,6		5,7	5,9	6,0

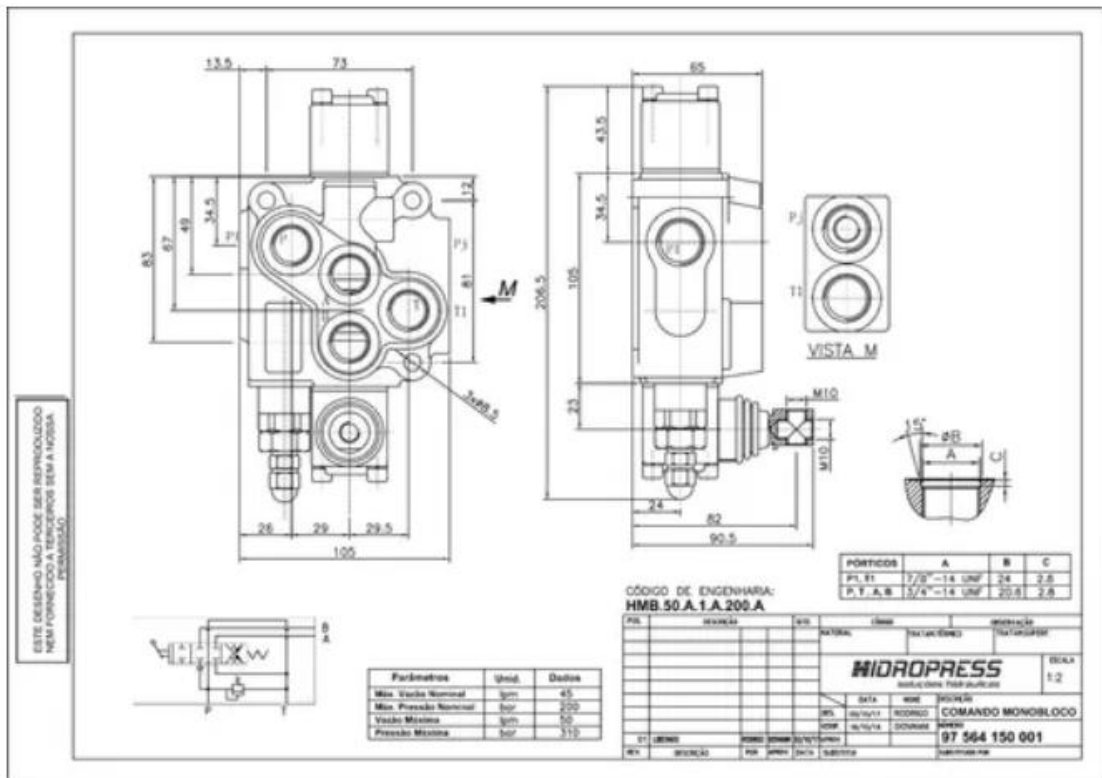
H-OMP







**ANEXO F – Válvula de comando direcional**







## ANEXO G – Válvula reguladora de Vazão



### DESCRIÇÃO

### INFORMAÇÕES DO PRODUTO:

**Válvula Reguladora de Vazão Modular Z2FS10 / Z2FSK10**

**Marca: VH**

**Cód. VZ2FS10-2-4X**

**Tamanho Nominal: 10**

**Função: Reguladora de Vazão**

**Vazão: 160 l/min.**

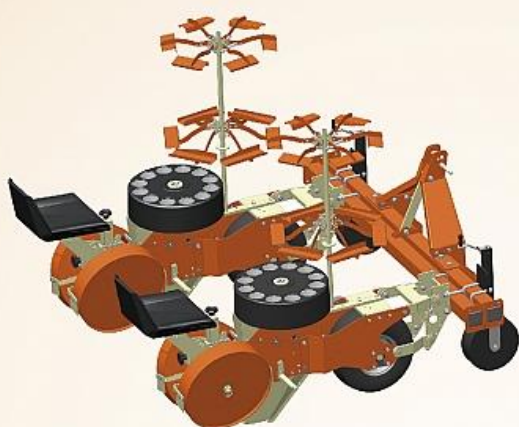
**Pressão Máxima: 315 bar**



## ANEXO H – Transplantadeira Multifuncional BUDNY

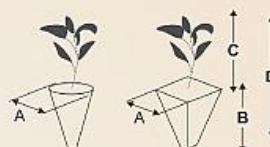
### TRANSPLANTADEIRA

# MULTIFUNCIONAL BUDNY



### TIPOS DE MUDAS

Utilize mudas com base cônica ou piramidais, tais como: **tabaco, tomates, couve, abobrinhas, brócolis, café e outras.**



A (diâmetro do tubete)	1,5 - 6cm
B (altura do tubete)	4 - 7cm
C (altura da folhagem)	8 - 16cm
D (altura total da muda)	12 - 23cm

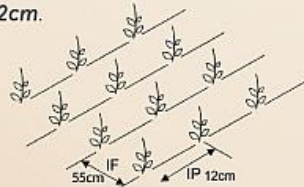
### TERRENOS

É aconselhada para terrenos de qualquer composições secas, limpos e nivelados.

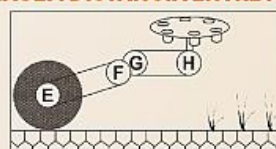
### PADRÃO DE PLANTIO

Distância mínima de transplante entre linhas (IF): **55cm**;

Distância mínima entre mudas na fileira (IP): **12cm**.



### REGULAGEM DISTÂNCIA ENTRE PLANTAS



E	F	G	H	E	F	G	H		
Nº DE DENTES	Nº DE DENTES	Nº DE DENTES	DISTÂNCIA (CM)	Nº DE DENTES	Nº DE DENTES	Nº DE DENTES	DISTÂNCIA (CM)		
12	18	18	12	25	12	18	12	14	45
12	18	18	14	30	12	18	14	18	50
12	18	14	12	33	12	18	11	17	60
12	18	18	16	35	12	18	10	18	64
12	18	16	17	40	12	18	11	20	68
12	18	16	18	43					

\* Os valores descritos podem sofrer alterações devido as condições do solo de trabalho.

budny.com.br

**BUDNY**  
TRATORES E IMPLEMENTOS

(48) 3432-0096

PATENTE REQUERIDA: BR102020016670-0



## ANEXO I – Especificações técnicas



### - Especificações Técnicas:

- :: Motor: Horizontal – 4 Tempos
- :: Cilindradas: 224CC
- :: Potência Máxima do motor: 7,5cv / 3600rpm
- :: Cilindros: Monocilíndrico
- :: Combustível: Gasolina
- :: Rotação de trabalho: 3600rpm
- :: Controle de rotação: RAR
- :: Torque Máximo: 1,55kgf.m / 2500rpm
- :: Capacidade do tanque máxima: 3.6L
- :: Capacidade do óleo no cárter: 0,6L
- :: Diâmetro x Curso: 72x55mm
- :: Taxa de compressão: 8,5:1
- :: Ignição: Eletrônica
- :: Sistema de partida: Manual
- :: Tipo do Filtro de ar: Espuma
- :: Lubrificação: Salpico
- :: Tipo do eixo: Chavetado
- :: Consumo médio: 1,3L/h
- :: Diâmetro do eixo (pol/mm): 3/4Pol. / 19,05 ± 0,05
- :: Comprimento do eixo (mm): 58,3 ± 0,1
- :: Dimensão CxLxA: 364 x 330 x 326mm
- :: Peso Líquido/Bruto: 14,9kg / 19,6kg



## ANEXO J – Furadeiras

	<p><b>Especificações:</b>          Posições de Torque: 15          Torque Máximo: 34Nm          Velocidades Mecânicas: 2          Função: Parafusadeira e Furadeira          Velocidade sem Carga: 0-400 / 0-1.500 RPM          Mandril de Aperto Rápido: 3/4" (16 mm)</p>
	<p><b>Especificações:</b>          Posições de Torque: 15          Torque Máximo: 24 nm          Velocidades Mecânicas: 2          Função: Parafusadeira e Furadeira          Velocidade sem Carga: 0-400 / 0-1.500 RPM          Mandril de Aperto Rápido: 3/8" (10 mm)</p>
	<p><b>Especificações</b>          :: Tensão da Bateria: 12V          :: Bateria de Lítio          :: Mandril: 3/8" (10mm)          :: Rotação (sem carga): 0-700RPM          :: Torque Max: 15Nm</p>